

**YENİLENEBİLİR ENERJİNİN MAKROEKONOMİK ETKİLERİ:  
TÜRKİYE ÖRNEĞİ  
Hamit CAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**İktisat Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Durmuş Çağrı YILDIRIM**

**2017**

**T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİNİN MAKROEKONOMİK ETKİLERİ:  
TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**Hamit CAN**

**İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Durmuş Çağrı YILDIRIM**

**TEKİRDAĞ-2017**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hamit CAN tarafından hazırlanan **Yenilenebilir Enerjinin Makroekonomik Etkileri: Türkiye Örneği** konulu YÜKSEK LİSANS Tezinin Sınavı, Namık Kemal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim Yönetmeliği uyarınca ..... günü saat .....’da yapılmış olup, tezin ..... OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞU ile karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ	KANAAT	İMZA

## ÖZET

Küreselleşmenin etkisiyle sınırlı olan fosil yakıtlarının yetersiz olacağı öngörülerini, yenilenemeyen kaynak belirsizlikleri ile birlikte gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşen nüfus artışı ve sanayileşme artışı enerji talebinin önümüzdeki süreçte de önemli derecede artacağını göstermektedir. Bu noktada, fosil enerji kaynaklarının kullanımında ortaya çıkan problemler, uluslararası siyasi ve ekonomik sorunlara ve fiyat istikrarsızlıklarına neden olmaktadır. Dolayısıyla gelişmiş ve gelişmekte olan çoğu ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgisi artmıştır. Bu çalışmada Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimi ile yurtiçi hasıla arasındaki ilişkiler 1960-2013 dönemi için VAR analizi ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerji üretiminin, reel hasıla üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin mevcut olmadığı görülmüştür. Diğer yandan yenilenebilir enerji üretimi artışının, CO<sub>2</sub> oranını düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** GSYİH, Yenilenebilir Enerji, Yenilenebilir Enerji Üretimi, VAR analizi

## **ABSTRACT**

It is seen that the energy demand will significantly increase in the forthcoming period thereby rising population and industrialization in an emerging economies in the context of assumption that fossil fuels will be inadequate through the effect of globalization. In this point, the problems of using fossil energy resources causes international political and economic problems and also price instability. Accordingly, the attention for renewable energy resources of developed and emerging economies gets higher. In this study, relations between renewable energy production and domestic production in Turkey are being investigated through VAR analysis for 1960-2013 period. According to the results, it is seen that renewable energy production has no significant effect on real output statistically. On the other hand, the increase in renewable energy production has resulted in the reduction of the CO<sub>2</sub> rate.

**Key words:** GDP, Renewable Energy, Renewable Energy Generation, VAR Analysis

## İÇİNDEKİLER

ÖZET

ABSTRACT

İÇİNDEKİLER .....	i
TABLolar LİSTESİ.....	vi
GRAFİKLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER LİSTESİ .....	xx
GİRİŞ .....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

<b>1.ENERJİ KAVRAMI, KAYNAKLARI VE TÜRLERİ .....</b>	<b>7</b>
1.1.Enerji Kavramı ve Kaynakları .....	7
1.1.1.Enerji Kavramı .....	7
1.1.2.Enerji Kaynakları .....	8
1.2.Yenilenemez Enerji Kaynakları .....	8
1.3.Yenilenemez-Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı Sürdürülebilirlik, Arz Güvenliği ve Çevresel Etkileri.....	8
1.3.1.Çevresel Etkiler .....	15
1.3.2.Enerji Çevre İlişkisi.....	15
1.3.3.Enerjinin Çevre ve İnsan Sağlığına Olan Etkileri .....	16
1.3.4.Enerjinin Sera Etkisi, Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri.....	16
1.3.5.Enerjinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri .....	17
1.4.Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	17
1.5.Yenilenebilir Enerji Çeşitleri .....	32
1.5.1.Güneş Enerjisi .....	33

1.5.2.Hidroelektrik Enerjisi .....	37
1.5.3.Rüzgar Enerjisi .....	47
1.5.4.Biyokütle Enerjisi.....	59
1.5.5.Jeotermal Enerjisi .....	64
1.5.6.Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler .....	70
1.5.6.1.Dalga Enerjisi .....	70
1.5.6.2.Gel-git (Med-Cezir) Enerjisi .....	75
1.5.6.3.Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü .....	77
1.5.6.4.Akıntı Enerjisi .....	78
1.5.7.Hidrojen Enerjisi .....	79
1.5.8.Araştırmaları Devam Eden Diğer Yenilenebilir Enerji Çeşitleri .....	83
1.5.8.1.Uçan Rüzgar Türbinleri .....	83
1.5.8.2.Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi.....	85
1.6.Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Genel Durumu .....	89
1.6.1.Dünyada Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Genel Durumu .....	89
1.6.1.1.Güneş Enerjisi .....	94
1.6.1.2.Hidroelektrik Enerjisi .....	96
1.6.1.3.Rüzgar Enerjisi .....	99
1.6.1.4.Biyokütle Enerjisi.....	105
1.6.1.5.Jeotermal Enerjisi .....	108
1.6.1.6.Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler.....	110
1.6.1.6.1.Dalga Enerjisi .....	110
1.6.1.6.2.Gelgit (Med-Cezir) Enerjisi .....	111
1.6.1.6.3.Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü.....	111

1.6.1.6.4.Akıntı Enerjisi.....	112
1.6.1.7.Hidrojen Enerjisi .....	113
1.6.1.8.Araştırmaları Devam Eden Diğer Yenilenebilir Enerji Çeşitleri .....	114
1.6.1.8.1.Uçan Rüzgar Türbinleri .....	115
1.6.1.8.2.Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi .....	115
1.6.2.Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Genel Durumu.....	115
1.6.2.1.Güneş Enerjisi .....	118
1.6.2.2.Hidroelektrik Enerjisi .....	121
1.6.2.3.Rüzgar Enerjisi .....	125
1.6.2.4.Biyokütle Enerjisi.....	140
1.6.2.5.Jeotermal Enerjisi .....	141
1.6.2.6.Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler.....	144
1.6.2.6.1.Dalga Enerjisi .....	144
1.6.2.6.2.Gelgit (Med-Cezir) Enerjisi.....	145
1.6.2.6.3.Akıntı Enerjisi.....	145
1.6.2.7.Hidrojen Enerjisi .....	147

## İKİNCİ BÖLÜM

<b>2.YENİLENEBİLİR ENERJİNİN İKTİSADİ ETKİLERİ .....</b>	<b>151</b>
2.1.Enerjinin Ekonomik Büyümenin Sağlanmasındaki Rolü .....	151
2.1.1.Enerji Büyüme İlişkisi.....	151
2.1.2.Enerji Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi .....	153
2.1.3.Enerji Sanayi İlişkisi .....	153
2.1.4.Enerji Tüketimi Nüfus Artışı İlişkisi.....	155
2.1.5.Enerji Verimliliği ve Tasarrufu .....	155
2.1.5.1.Enerji Üretiminde Verimliliği Sağlayacak Teknolojiler ..	157



2.1.5.2.Enerji İletim ve Dağıtımında Enerji Verimliliğini Sağlayacak Teknolojiler .....	158
2.1.5.3.Enerji Tüketiminde Enerji Verimliliğini Sağlayacak Teknolojiler .....	158
2.1.6.Enerji Yoğunluğu .....	160
2.2.Yenilenebilir Enerjiler Ürün ve Teknolojileri Dış Ticaret Sınıflandırılması ve Dünya Ticareti.....	161
2.2.1.Dış Ticaretin Sınıflandırılması .....	161
2.2.1.1.Güneş Enerjisi .....	162
2.2.1.2.Rüzgar Enerjisi .....	166
2.2.1.3.Hidrolik (Su) Güç Enerjisi.....	167
2.2.1.4.Biyokütle Enerjisi .....	168
2.3.Yenilenebilir Enerji Teşvik, Yatırım ve İstihdam Potansiyeli .....	168
2.3.1.Yenilenebilir Enerji Yatırımları .....	168
2.3.1.1.Türkiye’de Enerji Ticaretine Genel Bakış .....	176
2.3.1.2.Türkiye’de Enerji İhracatına Genel Bakış.....	177
2.3.2.Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığı ve Yenilenebilir Enerji Ekonomisi	178
2.3.2.1.Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli Ekonomi İlişkisi .....	180
2.3.2.2.Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi .....	195
2.3.2.3.Türkiye’de Cari İşlemler Açığı Enerji İthalatı İlişkisi .....	196
2.3.3.Yenilenebilir Enerjinin İstihdam Etkisi .....	197
2.3.3.1.Yenilenebilir Enerji Değer Zinciri .....	201
2.4.Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Ekonomik Etkileri.....	204
2.4.1.Güneş Enerjisi .....	208
2.4.2.Hidroelektrik Enerjisi .....	212

2.4.3.Rüzgar Enerjisi.....	216
2.4.4.Biyokütle Enerjisi.....	220
2.4.5.Jeotermal Enerjisi .....	222
2.4.6.Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler .....	225
2.4.6.1.Dalga Enerjisi .....	225
2.4.6.2.Gelgit (Med-Cezir) Enerjisi.....	225
2.4.6.3.Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü .....	227
2.4.6.4.Akıntı Enerjisi .....	227
2.4.7.Hidrojen Enerjisi .....	227
2.4.8.Araştırmaları Devam Eden Diğer Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ....	230
2.4.8.1.Uçan Rüzgar Türbinleri.....	230
2.4.8.2.Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi .....	231
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM</b>	
<b>3.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE EKONOMETRİK ANALİZ.....</b>	<b>233</b>
3.1.Literatür Araştırması .....	233
3.2.Ekonometrik Analiz .....	245
3.2.1.Genelleştirilmiş (Augmented) Dickey - Fuller (ADF) Testi .....	246
3.2.2. Zivot Andrews (1992) Birim Kök Testi .....	247
3.2.3. Etki Tepki Analizi .....	249
3.2.4. CUSUM Testi.....	255
<b>ÇÖZÜM ÖNERİLERİ VE SONUÇ.....</b>	<b>255</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>260</b>

## TABLOLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Belirsizliğe Sebep Olan Başlıca Bölgesel Enerji Politikaları .....	25
<b>Tablo 2:</b> Enerji Sektörü Politikalarına Etki Eden En Belirleyici Unsurlar .....	26
<b>Tablo 3:</b> Dünya Enerji Arzında Enerji Kaynaklarının Payı (1973-2030) .....	31
<b>Tablo 4:</b> Güneş Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler .....	33
<b>Tablo 5:</b> Güneş Enerjisi Üretim Sistemleri .....	34
<b>Tablo 6:</b> Hidroelektrik Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler.....	38
<b>Tablo 7:</b> Rüzgar Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler.....	48
<b>Tablo 8:</b> Rüzgarı Aldıkları Yöne Göre Rüzgar Türbinlerinin Karşılaştırılması ...	54
<b>Tablo 9:</b> Rüzgar Türbinlerinin Kanat Çeşitlerine Göre Karşılaştırılması .....	54
<b>Tablo 10:</b> Biyokütle Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler .....	60
<b>Tablo 11:</b> Jeotermal Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler.....	65
<b>Tablo 12:</b> Dalga Enerjisinin Kurulduğu Yere Göre Dünyadaki Uygulama Biçimleri .....	71
<b>Tablo 13:</b> Dalga Enerjisinin Kullanılan Teknolojiye Göre Dünyadaki Uygulama Biçimleri .....	71
<b>Tablo 14:</b> Deniz Akım Enerjisinin Diğer Enerji Kaynakları İle Karşılaştırılması	78
<b>Tablo 15:</b> Kanun Çıkarma Yoluyla Resmi Ulusal Politika Belirleyen Ülkeler ....	92
<b>Tablo 16:</b> Güneş Enerjisi Tüketim Değerleri ve Tahminleri.....	95
<b>Tablo 17:</b> Kıtalar Göre Güneş Enerjisi Kurulu Gücü.....	96
<b>Tablo 18:</b> Dünyanın En Yüksek Barajları ve Kurulu Gücü .....	98
<b>Tablo 19:</b> Dünya Geneline En Yüksek Hidroelektrik Üretimi Sağlayan İlk 10 Ülke .....	99
<b>Tablo 20:</b> Dünya Geneline Kurulu Rüzgar Gücü Kapasitesi (MW) .....	101
<b>Tablo 21:</b> Yenilenebilir Enerjiler İçerisinde Rüzgar Enerjisinin Değişimi.....	102
<b>Tablo 22:</b> Rüzgar Türbini Güç Kapasitesinin Ülkelerdeki Değişimi .....	105

<b>Tablo 23:</b> Çeşitli Ülkeler İçin Biyoetanol ve Petrol Kökenli Akaryakıt Maliyetlerinin Karşılaştırılması .....	107
<b>Tablo 24:</b> Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilen Biyokütle Enerjisi Yıllık Enerji Miktarı Toplamı .....	107
<b>Tablo 25:</b> : Biyoyakıt Üretimi İlk 15 Ülke ve AB 2008 Yılı (Milyar Litre).....	108
<b>Tablo 26:</b> Dünya Geneli Jeotermal Enerji Verileri .....	109
<b>Tablo 27:</b> Türkiye'deki Güneş Enerjisi Üretimi Yapan Santrallerin Genel Durumu .....	118
<b>Tablo 28:</b> Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	119
<b>Tablo 29:</b> Devrede Olan İlk 10 Güneş Enerjisi Santrali .....	119
<b>Tablo 30:</b> Türkiye Güneş Panelleri Markalarının Kurulu Gücünün Toplam Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücüne Oranları .....	120
<b>Tablo 31:</b> Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (2009 Yılı) .....	122
<b>Tablo 32:</b> Türkiye'deki Hidroelektrik Enerjisi Üretimi Yapan Santrallerin Genel Durumu .....	122
<b>Tablo 33:</b> 250 MWe'den Büyük Yapım Aşamasındaki Hidroelektrik Santraller .....	122
<b>Tablo 34:</b> 250 MWe'den Büyük Devrede Olan İlk 10 Hidroelektrik Santral .....	123
<b>Tablo 35:</b> Türkiye'deki Akarsular ve Elektrik Üretimi .....	123
<b>Tablo 36:</b> 10 m Yükseklikteki Bölgelerin Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunlukları .....	126
<b>Tablo 37:</b> 50 m Üzeri Rüzgar Enerji Potansiyelinin İllere Göre Dağılımı (MW) .....	126
<b>Tablo 38:</b> Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güçleri (2013 yılı) .....	127
<b>Tablo 39:</b> Türkiye'de Faaliyette Olan En Büyük 10 Rüzgar Enerji Santrali .....	127
<b>Tablo 40:</b> İşletmedeki Rüzgâr Enerji Santralleri İçin Kurulu Gücü Olarak En Yüksek Olan Bölgeler .....	129
<b>Tablo 41:</b> Türkiye'de Biyokütle Enerjisinin Genel Durumu .....	140

<b>Tablo 42:</b> Türkiye’deki Başlıca Biyokütle Santralleri .....	141
<b>Tablo 43:</b> Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Genel Durumu .....	142
<b>Tablo 44:</b> Türkiye’de Devrede Olan Jeotermal Santraller .....	142
<b>Tablo 45:</b> Türkiye’de Yapım Aşamasındaki Jeotermal Enerji Santralleri .....	142
<b>Tablo 46:</b> Türkiye’de Üretim Aşamasındaki Jeotermal Enerji Santralleri.....	143
<b>Tablo 47:</b> Planlanan Jeotermal Enerji Santralleri .....	143
<b>Tablo 48:</b> Türkiye’de Yıllık Hidrojen Enerjisi Kullanımı .....	148
<b>Tablo 49:</b> G7 Ülkelerinin 2007 GSYİH ve Birincil Enerji Tüketimleri .....	152
<b>Tablo 50:</b> Termal Güneş Enerjisi Sistemleri Dünya İhracatı (ABD \$) .....	162
<b>Tablo 51:</b> Termal Güneş Enerjisi Sistemleri Dünya İthalatı (ABD \$).....	163
<b>Tablo 52:</b> Güneş Pili (Fotovoltaik) Sistemleri Dünya İhracatı (ABD \$) .....	163
<b>Tablo 53:</b> Güneş Pili (Fotovoltaik) Sistemleri Dünya İthalatı (ABD \$) .....	164
<b>Tablo 54:</b> Fotovoltaik (PV) DA Jeneratörler Dünya İhracatı (ABD \$) .....	164
<b>Tablo 55:</b> Fotovoltaik (PV) DA Jeneratörler Dünya İthalatı (ABD \$) .....	165
<b>Tablo 56:</b> Fotovoltaik (PV) Jeneratörler (AA) Dünya İhracatı (ABD \$).....	165
<b>Tablo 57:</b> Fotovoltaik (PV) Jeneratör ler (AA) Dünya İthalatı (ABD \$) .....	166
<b>Tablo 58:</b> Rüzgâr Türbin Sistemi Jeneratörü Dünya İhracatı (ABD \$) .....	166
<b>Tablo 59:</b> Rüzgâr Türbin Sistemi Jeneratörü Dünya İthalatı (ABD \$) .....	167
<b>Tablo 60:</b> Küçük Ölçekli Hidrolik Türbin Sistemleri Dünya İthalatı (ABD \$) .....	167
<b>Tablo 61:</b> 2023 Yenilenebilir Enerji Hedefleri .....	171
<b>Tablo 62:</b> 2023 Yılında Brüt Elektrik Üretimi Hedefleri .....	172
<b>Tablo 63:</b> Yenilenebilir Enerji Kullanımının 2023 yılı Hedeflenen Tasarruf Miktarları.....	174
<b>Tablo 64:</b> Yenilenebilir Enerji ile Önlenmesi Öngörülen CO <sub>2</sub> Emisyon Miktarları .....	174
<b>Tablo 65:</b> Rüzgar Enerjisi Ekonomik Göstergeler Örneği .....	175

<b>Tablo 66:</b> Türkiye Birincil Enerji Arzı Talep Tahminleri ve Sapmalar .....	183
<b>Tablo 67:</b> Türkiye'nin En Büyük 22 Enerji Şirketi .....	188
<b>Tablo 68:</b> Seçilmiş Yenilenebilir Enerji (YE) Göstergeleri (2006-2008) .....	189
<b>Tablo 69:</b> Rüzgar Gücü Kapasite Artışı ve Mevcut Kapasite İlk 10 Ülke .....	189
<b>Tablo 70:</b> Şebekeli Güneş Pili Kapasite Artışı ve Mevcut Kapasite (2006-2008) .....	190
<b>Tablo 71:</b> Dünya Biyoyakıt Üretimi İlk 15 Ülke ve AB, Milyar Litre ( 2008 )..	190
<b>Tablo 72:</b> Seçilmiş Yenilenebilir Enerji (YE) Göstergelerine Göre İlk 5 Ülke .	191
<b>Tablo 73:</b> Üç Yenilenebilir Enerji Endüstrisinin Üretim Değeri .....	191
<b>Tablo 74:</b> Cari Açık ve Net Enerji İthalat Tablosu (Milyar Dolar).....	196
<b>Tablo 75:</b> Güneş Pili ve Rüzgar Gücü Endüstrisindeki İstihdam (2008-2018)...	203
<b>Tablo 76:</b> Türkiye'nin Nüfus, Ekonomi ve Enerji Durumu .....	204
<b>Tablo 77:</b> Enerji Santralleri İşletme Bakım ve Yakıt Maliyeti Karşılaştırması .	205
<b>Tablo 78:</b> Enerji Santrallerinin Kapasite Faktörü, İlk Yatırım ve Birim Enerji Üretim Maliyeti .....	205
<b>Tablo 79:</b> Tek Kristal Silisyum Güneş Pili Verileri .....	210
<b>Tablo 80:</b> Tek Kristal Silisyum Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler .....	210
<b>Tablo 81:</b> Çok Kristal Silisyum Güneş Pili Verileri .....	210
<b>Tablo 82:</b> Çok Kristal Silisyum Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler .....	210
<b>Tablo 83:</b> Tek İnce Film Güneş Pili Verileri.....	211
<b>Tablo 84:</b> Tek İnce Film Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler .....	211
<b>Tablo 85:</b> Çoklu İnce Film Güneş Pili Verileri .....	211
<b>Tablo 86:</b> Çoklu İnce Film Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler .....	212
<b>Tablo 87:</b> Tipik Hidroelektrik Santral (Barajlı ve Nehir Santrali) ile Doğalgaz Santrali Genel/Ekonomik Mukayesesi .....	215
<b>Tablo 88:</b> 2007 Yılında Dünya Toplam Biyokütle Arzı Bölgesel Dağılımı .....	220

<b>Tablo 89:</b> Jeotermal Enerjinin Ülke Ekonomilerine Katkısı (2015) .....	224
<b>Tablo 90:</b> Enerji Santralleri Maliyetleri .....	227
<b>Tablo 91:</b> Ekonomik Analizde Kullanılan Seriler .....	245
<b>Tablo 92:</b> Augmented Dickey-Fuller Test İstatistiği Sonuçları .....	247
<b>Tablo 93:</b> Zivot Andrews Test Sonuçları .....	248
<b>Tablo 94:</b> LR Test Sonuçları .....	249

### GRAFİKLER LİSTESİ

<b>Grafik 1:</b> Elektrik Üretim Artışı Verileri (TWh) .....	3
<b>Grafik 2:</b> Elektrik Üretiminde İlk 20 Ülke (2015).....	5
<b>Grafik 3:</b> Türkiye’de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü (2016 Yılı Sonu).....	29
<b>Grafik 4:</b> Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü Değişimi (1970-2016) .....	30
<b>Grafik 5:</b> Türkiye Elektrik Üretimi ve Tüketimi (2016 Yılı Sonu) .....	30
<b>Grafik 6:</b> Elektrik Enerjisi Üretimi Değişimi (1970-2015) .....	31
<b>Grafik 7:</b> Rüzgar Enerjisi İstihdam Verileri 2005-2012 (Bin Kişi) .....	49
<b>Grafik 8:</b> Kıtalara Göre Rüzgar Enerjisi Teknik Potansiyelinin Dağılımı (TWh/Yıl) .....	102
<b>Grafik 9:</b> Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün Dünya Genelinde Artış Oranları ..	103
<b>Grafik 10:</b> Türkiye Alternatif Enerji Kaynakları Üretimi (2008 Yılı).....	117
<b>Grafik 11:</b> Güneş Enerjisi Yıllık Elektrik Üretimi (GWh) .....	120
<b>Grafik 12:</b> Güneş Enerjisi İle Elektrik Tüketimini Karşılama (%).....	121
<b>Grafik 13:</b> Türkiye’deki Hidroelektrik Santralleri Yıllık Elektrik Üretimi (TWh) .....	124
<b>Grafik 14:</b> Türkiye’deki Hidroelektrik Santralleri Üretiminin Toplam Tüketimi Karşılama Oranı .....	124
<b>Grafik 15:</b> Türkiye Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi(2014 Yılı Temmuz Ayı İtibari İle).....	128

<b>Grafik 16:</b> İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı (MW).....	129
<b>Grafik 17:</b> İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı .....	130
<b>Grafik 18:</b> Türkiyede’ki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum .....	131
<b>Grafik 19:</b> Türkiyedeki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum ...	131
<b>Grafik 20:</b> İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı .....	132
<b>Grafik 21:</b> İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı .....	132
<b>Grafik 22:</b> İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı	133
<b>Grafik 23:</b> İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı .....	133
<b>Grafik 24:</b> İnşa Halinde Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı .....	134
<b>Grafik 25:</b> Lisanslı Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	134
<b>Grafik 26:</b> Lisanslı Rüzgar Enerji Santrallerinin İllere Göre Dağılımı .....	135
<b>Grafik 27:</b> Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerin Bölgelere Göre Dağılımı .....	135
<b>Grafik 28:</b> Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	136
<b>Grafik 29:</b> Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı .....	136
<b>Grafik 30:</b> Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı .....	137
<b>Grafik 31:</b> İşletmedeki Lisanssız Rüzgar Enerji Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı .....	137
<b>Grafik 32:</b> İşletmedeki Lisanssız Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	138



<b>Grafik 33:</b> Rüzgar Enerji Santralleri Yıllık Elektrik Üretimi (GWh).....	138
<b>Grafik 34:</b> Rüzgar Enerji Santralleri Elektrik Üretiminin Önceki Yıllara Göre Artışı .....	139
<b>Grafik 35:</b> Rüzgar Enerji Santrallerinin Tüketimi Karşılama Oranı (%) .....	139
<b>Grafik 36:</b> Yıllık Jeotermal Elektrik Üretimi (GWh) .....	143
<b>Grafik 37:</b> Jeotermal Santrallerinin Tüketimi Karşılama Oranları .....	144
<b>Grafik 38:</b> Türkiye'nin Enerji Arzı ve Talebi Gelişimi (1990-2011) .....	176
<b>Grafik 39:</b> Türkiye Toplam Enerji Ticareti .....	177
<b>Grafik 40:</b> Enerjinin Kaynaklar Bazında Gelişimi .....	177
<b>Grafik 41:</b> Türkiye Enerji İthalat Bağımlılığı (2011) .....	178
<b>Grafik 42:</b> Türkiye Birincil Enerji Arzının 2013-2034 Yıllarındaki Artış Oranı Tahmini (%) .....	183
<b>Grafik 43:</b> Türkiye Birincil Enerji Arzı (MTEP).....	183
<b>Grafik 44:</b> Türkiye'nin Birincil Enerji Talebinin Kaynaklara Göre Dağılımı (%), 2013.....	184
<b>Grafik 45:</b> Türkiye'nin Birincil Enerji Arzındaki Kaynakların Durumu .....	184
<b>Grafik 46:</b> Birincil Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı .....	185
<b>Grafik 47:</b> Türkiye Toplam Birincil Enerji Üretim ve Toplam Arzı (1990-2013) .....	186
<b>Grafik 48:</b> Türkiye'nin Birincil Enerji Üretim Arzı Karşılama Oranları .....	186
<b>Grafik 49:</b> Türkiye'nin Birincil Enerji Üretiminde Kaynaklarının Miktar ve Oranları (Mtep, %).....	187
<b>Grafik 50:</b> Türkiye'nin GSMH ve Toplam Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi .....	187
<b>Grafik 51:</b> Yenilenebilir Enerji Yatırımları Gelişimi .....	192
<b>Grafik 52:</b> Yenilenebilir Enerji İstihdamı Belirli Ülke Örnekleri .....	200
<b>Grafik 53:</b> Dünya Üzerindeki Güneş Pili Üretim Gelişimi (MWp) .....	208

<b>Grafik 54:</b> Etki Tepki Analiz Sonuçları .....	250
<b>Grafik 55:</b> CUSUM Test Sonuçları .....	254

### KISALTMALAR LİSTESİ

<b>AA</b>	: Alternatif Akım
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AIC</b>	: Akaike bilgi kriteri
<b>APPA</b>	: Yenilenebilir Enerji Üreticileri Topluluğu
<b>ARDL</b>	: Dağıtılmış Gecikmeli Otoregresif Model
<b>AR-GE</b>	: Araştırma Geliştirme
<b>AWEA</b>	: Amerikan Rüzgar Enerjisi Birliği
<b>BAT</b>	: Havada Asılı Rüzgâr Türbini
<b>BCSE</b>	: Sürdürülebilir Enerji İş Konseyi
<b>BCSEA</b>	: British Columbia Sürdürülebilir Enerji Birliği
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>BNEF</b>	: Bloomberg Yeni Enerji Finansmanı
<b>BOTAŞ</b>	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
<b>BRICS</b>	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika
<b>BSW</b>	: Bundesverband Solarwirtschaft
<b>BTEP</b>	: Bin Ton Eşdeğer Petrol
<b>CEA</b>	: Atom Enerjisi Komisyonu
<b>CNRS</b>	: TÜBİTAK İle Fransa Ulusal Bilimsel Araştırma Merkezi
<b>CRES</b>	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Merkezi
<b>CSP</b>	: Konsantre Güneş Gücü

<b>ÇED</b>	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
<b>ÇEVMER</b> Yayınları	: Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi
<b>CNREC</b>	: Çin Ulusal Yenilenebilir Enerji Merkezi
<b>DA</b>	: Doğru Akım
<b>DC</b>	: Doğru Akım
<b>DEĞİ</b>	: Dalga Enerjisi Gelişim İndeksi
<b>DEK-TMK</b>	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
<b>DERT</b>	: Dikey Eksenli Rüzgar Türbini
<b>DF</b>	: Dickey Fuller
<b>DLR</b>	: Alman Uzay Merkezi
<b>DOE</b>	: Enerji Bakanlığı
<b>DOLS</b>	: Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi
<b>DPT</b>	: Devlet Planlama Teşkilatı
<b>DSBHYP</b>	: Doğrudan Sodyum Borhidrüllü Yakıt Pili
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
<b>EBRD</b>	: Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
<b>ECM</b>	: Hata Düzeltme Modeli
<b>EEC</b>	: Avrupa Ekonomik Topluluğu Komisyonu
<b>EIA</b>	: Enerji Enformasyon İdaresi (EIA)
<b>EIE</b>	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
<b>EİGM</b>	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
<b>EJ</b>	: Eksa Joule
<b>EKK</b>	: En Küçük Kareler
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
<b>EPIA</b>	: Avrupa Fotovoltaik Sanayi Birliği

<b>EREC</b>	: Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi
<b>ESA</b>	: Avrupa Uzay Ajansı
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>EÜAŞ</b>	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
<b>EWEA</b>	: Avrupa Rüzgar Enerjisi Ajansı
<b>FAO</b>	: Gıda ve Tarım Örgütü
<b>FMOLS</b>	: Tam Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi
<b>GCC</b>	: Körfez İşbirliği Konseyi
<b>GDP</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>GEA</b>	: Uluslararası Jeotermal Görünümü
<b>GEO</b>	: Yeredurağan Yörünge
<b>GHz</b>	: Gigahertz
<b>GLS</b>	: Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
<b>GMM</b>	: Genelleştirilmiş Momentler Metodu
<b>GTİP</b>	: Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu
<b>GSMH</b>	: Gayri Safi Milli Hasıla
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>GWEC</b>	: Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi
<b>GWh</b>	: Gigawatt saat
<b>GWth</b>	: Gigawatt Thermal
<b>G7</b>	: Dünyanın En Gelişmiş Yedi Piyasa Ekonomisi
<b>HBS</b>	: Heinrich Böll Stiftung
<b>HES</b>	: Hidroelektrik Enerji Santrali
<b>HQ</b>	: Hannan–Quinn

<b>IAEA</b>	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
<b>ICHET</b>	: Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
<b>IEA</b>	: Uluslararası Enerji Ajansı
<b>IFP</b>	: Fransız Petrol Enstitüsü
<b>ILO</b>	: Uluslararası Çalışma Örgütü
<b>IMF</b>	: Uluslararası Para Fonu
<b>IOE</b>	: Uluslararası İşverenler Teşkilatı
<b>IPCC</b>	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
<b>IRENA</b>	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
<b>IRR</b>	: İçsel Karlılık Oranı
<b>ITUC</b>	: Uluslararası Sendikalar Konfederasyonu
<b>İETT</b>	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
<b>İGDAŞ</b>	: İstanbul Gaz Dağıtım Sanayii ve Ticaret Anonim Şirketi
<b>İTÜ</b>	: İstanbul Teknik Üniversitesi
<b>JAXA</b>	: Japon Uzay Araştırma Ajansı
<b>JES</b>	: Jeotermal Enerji Santrali
<b>JPEA</b>	: Japon Fotovoltaik Enerji Birliği
<b>KDV</b>	: Katma Değer Vergisi
<b>kgep</b>	: Kilogram Eşdeğer Petrol
<b>KHES</b>	: Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santral
<b>KOSGEB</b>	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
<b>kTEP</b>	: Kilo Ton Eşdeğer Petrol
<b>LEO</b>	: Alçak Yörünge
<b>LLL</b>	: Larsson-Lyhagen-Lothgran
<b>LNG</b>	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz

<b>LR</b>	: Olabilirlik Oran Testi
<b>MAED</b>	: Enerji Tahmin Analizi Modeli
<b>MAM</b>	: Marmara Araştırma Merkezi
<b>MARS</b>	: Magenn Hava Pervane Sistemi
<b>MBTU</b>	: Milyon İngiliz Termal Ünite
<b>MEB</b>	: Milli Eğitim Bakanlığı
<b>MGM</b>	: Meteroloji Genel Müdürlüğü
<b>MIT</b>	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
<b>MTEP</b>	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
<b>Mtoe</b>	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
<b>MWe</b>	: Megawatt Elektrik
<b>MWp</b>	: Mega Watt Pik
<b>MWt</b>	: Megavat Termal
<b>NASA</b>	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
<b>NE</b>	: Yeni Enerji
<b>NELHA</b>	: Hawaii Milli Enerji Laboratuvarına
<b>NHA</b>	: Ulusal Hidroenerji Birliği
<b>NREAP</b>	: Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planının
<b>OBITET</b>	: Otomotiv Bilim ve Teknoloji Topluluğu
<b>ODTÜ</b>	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
<b>OECD</b>	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
<b>OIED</b>	: Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü
<b>OLS</b>	: Sıradan En Küçük Kareler
<b>OPEC</b>	: Petrol İhraç Eden Ülkeler
<b>ORC</b>	: Organik Rankin Çevrimi

<b>OTEC</b>	: Okyanus Termal Enerji Dönüşümü
<b>OWC</b>	: Salımlı Su Kolonu
<b>ÖTV</b>	: Özel Tüketim Vergisi
<b>PEM</b>	: Polimer Elektrolit Memran
<b>POX</b>	: Kısmi Oksidasyon
<b>PV</b>	: Fotovoltaik
<b>PWC</b>	: PricewaterhouseCoopers
<b>REA</b>	: Yenilenebilir Enerji Birliği
<b>REN21</b>	: 21. Yüzyıl Yenilenebilir Enerji Politika Ağı
<b>RES</b>	: Rüzgar Enerji Santrali
<b>RGYSH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>RT</b>	: Rüzgar Türbini
<b>SC</b>	: Schwarz Kriteri
<b>SEM</b>	: Yapısal Eşitlik Modeli
<b>SOFC</b>	: Katı Oksit Yakıt Hücresi
<b>SPS</b>	: Uydu Güç Sistemi
<b>SSCB</b>	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
<b>STA</b>	: Güneş Ticaret Birliği
<b>SUR</b>	: Görünüşte İlgisiz Regresyon
<b>TC</b>	: Türkiye Cumhuriyeti
<b>TÇV</b>	: Türkiye Çevre Vakfı
<b>TEAŞ</b>	: Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş.
<b>TEC</b>	: Toplam Enerji Tüketimi
<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
<b>TEP</b>	: Ton Eşdeğer Petrol

<b>THEME</b>	: Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı
<b>TMMOB</b>	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
<b>TPAO</b>	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
<b>TWh</b>	: Terawatt saat
<b>TWs/yıl</b>	: Terrawatt saat/yıl)
<b>TÜBİTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>TTGV</b>	: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
<b>TV</b>	: Televizyon
<b>TYDL</b>	: Toda-Yamamoto, Dolado and Lutkephol
<b>TYDTA</b>	: Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı
<b>UNEP</b>	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
<b>UNIDO</b>	: Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
<b>USA</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>USD</b>	: Amerikan Doları
<b>YEGM</b>	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
<b>YERT</b>	: Yatay Eksenli Rüzgar Türbini
<b>YEU</b>	: Yenilenebilir Enerji Üretimi
<b>VAR</b>	: Vektör Otoregresyon
<b>VECM</b>	: Vektör Hata Düzeltme Modeli
<b>VEC</b>	: Vektör Hata Düzeltme
<b>WCO</b>	: Dünya Gümrük Örgütünün
<b>WEC</b>	: Dünya Enerji Konseyi
<b>WE-NET</b>	: Dünya Enerji Ağı
<b>WEO</b>	: Dünya Enerji Görünümü



<b>WWEA</b>	: Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği
<b>WWF</b>	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı

### **SİMGELER LİSTESİ**

<b>Btu</b>	: İngiliz termal ünitesi
<b>CH</b>	: Metan
<b>cm<sup>2</sup></b>	: santimetrekare
<b>CO</b>	: Karbon Monoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>CUSUM</b>	: Kümülatif Toplam
<b>h</b>	: saat
<b>ha</b>	: hektar
<b>He</b>	: Helyum
<b>H<sub>2</sub>S</b>	: Hidrojen Sülfür
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>Km</b>	: kilometre
<b>kW</b>	: kilowatt
<b>kWh</b>	: kiloWatt saat
<b>m</b>	: metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	: metreküp
<b>MW</b>	: Megawatt
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azotoksit
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen
<b>S</b>	: Kükürt

<b>sn</b>	: saniye
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürtdioksit
<b>vb</b>	: ve benzeri
<b>vd</b>	: ve diğerleri
<b>W</b>	: Watt
<b>yy</b>	: yüzyıl
<b>°C</b>	: Santigrad Derece
<b>€</b>	: AB Para Birimi Euro
<b>\$</b>	: ABD Para Birimi Dolar
<b>Λ</b>	: Rotor Kanat Hız Uç Oranı
<b>~</b>	: yaklaşık
<b>%</b>	: Yüzde

## GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal gelişmelerin sağlanmasında, hayat kalitesinin iyileştirilmesinde önemli faktörlerin başında gelmektedir. Demografik değişikliklerin enerji talebi ve kompozisyonu üzerindeki doğrudan etkisi gibi çeşitli unsurlardan etkilenmekte, ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişimleri amacıyla, kalkınma politikaları ve stratejik planlarında, en önemli gündem maddelerinden biri olarak yerini almakta olup, teknolojik ve toplumsal gelişimin sağlanmasında enerji tüketiminin etkili olduğu öngörülmüştür(Güner vd., 2007; ETKB, 2014(b)).

19. yy sonları, 20. yy başlarında öncelikle petrol, ardından doğalgazın günlük yaşam ve üretim sürecinin her aşamasında ihtiyaç duyulan enerji üretiminde kullanımı, fosil yakıtların egemenliğine neden olmakta, bu sürecin devam etmesiyle birlikte enerjinin, modernliğin, gelişmenin, toplumsal kalkınma, devlet gücünün önemli bir bileşeni olarak görülmekte, doğalgaz ve petrolün değerinin her geçen gün artış göstermesini sağlamaktadır. Bu kaynakların dünyanın her yerinde bulunmaması, yenilenmeme sorunu, insanlar vasıtasıyla geri dönüşüm süreçlerinin olmaması ciddi bir sorun olarak görülmüştür(Bradley, 1973:s.119-225).

Günümüzde birincil enerji ihtiyacında fosil kaynakların oranı %80'lerle ifade edilmekle birlikte, bu oranın belirlenen tarihten 25 yıl önceki rakamlarla çok yakın, neredeyse aynı olması oldukça önemlidir(IEA, 2013(d)). Soğuk Savaşın yaşandığı dönemde nükleer enerji alanında önemli gelişmelerin yaşanmasıyla, bir çok devlet tarafından kaynak olarak nükleer enerjinin benimsendiği söylenebilir. IAEA verilerine göre dünya genelinde 438 adet işler durumda, 70 adet yapım aşamasında reaktörün olması, enerjiye verilen önemin boyutunu gözler önüne sermektedir(IAEA, 2015(a):s.10). Enerji üretiminde nükleer enerji payının önümüzdeki süreçte fosil kaynaklar ile kayıslanamayacak kadar düşük bir oranda olması (ortalama %6-8) beklenmektedir(EIA, 2015(a):s.9).

Fosil yakıtlara veya nükleer enerjiye dayanmayan, uluslararası alanda krize neden olmayacak tükenbilir olmayan kaynakların enerji üretimine dahil olması oldukça önemlidir; fakat petrol krizleriyle fiyatların tekrar düşüş seyri göstermesi yenilenebilir enerji için, teknolojilerin geliştirilmesi gerekliliği ve bu tür geleneksel kaynaklardan önemli derecede fayda sağlayan devlet ve şirketlerin baskısıyla birlikte bu heyecan önemli derecede değerini kaybetmiştir(Yergin, 2011). Genel anlamda enerji üretiminin fosil kaynaklı olduğu, ancak özellikle ekonomik yönden gelişmiş toplumların dünya kaynakları ve biyosferin sürdürülebilirliği bağlamında görüş birliğinin her geçen gün artması yenilenebilir enerjiyi gündeme getirmiştir(Rutger, 2007). Dünya genelinde nüfus artışı ve sanayi gelişiminin

devamında ihtiyaç halindeki enerji kaynakların kısıtlı oluşu, enerji üretim ve tüketimi farkının her geçen gün artış göstermesi, alternatif kaynakların kullanımı ve farklı politika geliştirme zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Enerji tüketimi kapsamında 1998 yılında tüketilen enerjinin 2035 yılında iki, 2055 yılında üç kat artacağı öngörülmüştür(ETKB, 2014(b); Özkaya, 2004; ETKB, 2014(b)).

Gelişmekte olan ülkelerle ilgili yapılan araştırma raporlarına göre, bu tür ülkelerin yakın süre zarfında dünyadaki enerji pazarı düşünüldüğünde, pazarların hakim ve tekel konumunda olabileceği öngörülmüştür. Ayrıca söz konusu ülkelerin enerji tüketimi ile zengin ülkelerin enerji tüketimi kıyaslaması yapıldığında, bu ülkelerin zengin ülkelerin tüketiminin %50'si oranında tüketim gerçekleştirdiği öngörülmekte olup, artış seyrinin 15 yıllık aralıklarla bu tüketimin 2 katına yükseldiği tahmin edilmektedir. Üzerinde durulması gereken konuların başında, gelişmekte olan ülkelerin enerji gereksiniminin nüfus artışıyla birlikte artış göstermesine karşın, zengin ülkelerin ve kişi başına düşen enerji gereksiniminin değişkenlik göstermemesi konusu gelmektedir(Anderson, 1996:s.10).

Demografik değişimlerle ilgili yapılan araştırmalara göre, dünya nüfusunun devamlı artış göstermesi sonucunda 2012 verilerine göre 7,04 milyar olarak öngörülen toplam nüfusun, 2040 yılına gelindiğinde 9 milyarı bulması beklenmektedir. Ayrıca Hindistan nüfusunun aynı süre zarfında Çin nüfusunu aşarak 1,57 milyara ulaşacağı öngörülmüştür(IEA, 2014(a)).

Ayrıca dünya nüfus değerlerine kıyasla 2011 yılında %52 ve 2012 yılında %53 olan kentleşme oranının da, 2040 yılına gelindiğinde %64'e yükseleceği öngörülmüştür. Demografik değişimin enerji ile olan ilişkilerine yönelik veriler doğrultusunda 2012 verilerine göre dünya nüfusunun %18'ine karşılık gelen 1,3 milyar insanın elektrik temin sorunu yaşadığı, elektrik talebinin karşılık bulmadığı ve %97'sinin gelişmekte olan Asya ülkeleri ve Afrika'da yaşadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte dünya nüfusunun %38'ini oluşturan 2,7 milyar insanın yemek pişirme amacıyla geleneksel yöntemleri kullandığı, bu yöntemleri kullanırken biyokütle enerjisinden faydalandığı belirtilmiş olup, %60'ının Çin, Hindistan, Endonezya, Pakistan ve Bangladeş'te yaşadığı öngörülmüştür(IEA, 2014(a)).

IEA'nın tahminlerine göre mevcut durumun önümüzdeki süreçte de devam etmesi durumunda, 2030 yılına gelindiğinde çoğunun kırsal kesimde bulunduğu 970 milyon insanın (2030 yılında öngörülen nüfusun ortalama %12'si) elektrik olmadan yaşamına devam edeceği tahmin edilmektedir. Ayrıca 2,5 milyar insanın ise temiz ve sağlıklı yemek pişirme tekniklerinden yoksun bir şekilde yaşamını sürdürmeye devam edeceği öngörülmüşken, elektrik olmadan yaşamını sürdürmeye

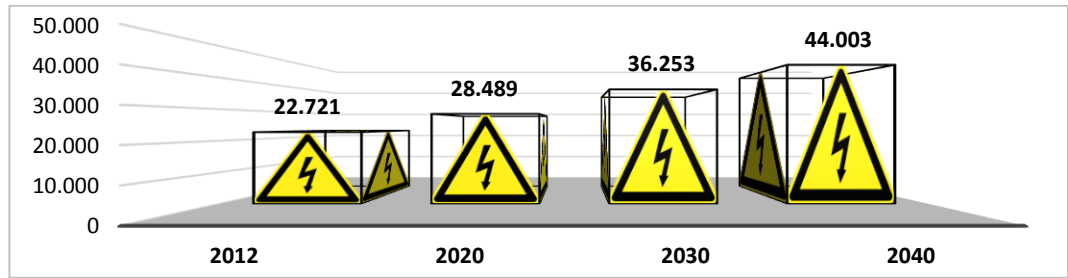
devam etmek zorunda olacak nüfusun Asya Ülkeleri (Çin hariç), Orta ve Güney Afrika, Hindistan'ı kapsadığı belirtilmiştir. Bu tür ülkelerin açlık ve yoksulluk ile mücadelesinde başarılı olabilmesinin yolu, enerjiyle ilgili stratejilerinde önemli girişimlerde bulunup, ciddi ölçüde aşamalar katetmelerine bağlı olduğu belirtilmiştir(IEA, 2014(b)).

ABD ve diğer sanayileşmiş ülkeler düşünüldüğünde, enerjinin tamamına yakını kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılandığı ve kullanımı esnasında ise enerjinin ne şekilde üretildiği, çevreye olan olumsuz etkilerin ciddi ölçüde göz önünde bulundurulduğu söylenemez iken, odak noktasının enerjinin hayatını kolaylaştırması olduğu belirtilmiştir(Geller, 2002:s.1).

Enerji bolluğu kavramının, gelişmiş ülkeler için yaşam tarzını belirleyici bir öge olduğu söylenebilir. Ayrıca enerji bolluğunun üstünlük belirleyici özellikte olduğu belirtilmiştir(Prug vd., 2005:s.127). Ivan Illich'in öngörülerine göre ise (1992:s.14-16) Japonya, Fransa ve ABD vb güçlü ülkeler adeta enerji komasına girmiş olup, enerji tüketimine asla doymacak özelliktedir. Refah düzeyinin enerji tüketimiyle birlikte artacağı öngörülerine rağmen, bu diğer yandan enerji tüketimi bağlamında bağımlılığın, köleliğin ve eşitsizliği artması anlamına gelmektedir. Bu da olumsuz gelişmelerin başında gelmektedir.

Demografik gelişmelerin paralelinde, Uluslararası Enerji Ajansı'nın mevcut politikalarının devamı niteliğinde elektrik üretim artış verilerinin %2.4'lük artışlarla birlikte grafikteki gibi olacağı öngörülmüştür(IEA, 2014(a)).

**Grafik 1:** Elektrik Üretim Artışı Verileri (TWh)



**Kaynak:** IEA, 2014(a)

Grafik 1'deki belirtilen veriler doğrultusunda 2011-2035 döneminde ortalama %93,7'lik artışın gerçekleşeceği, bu öngörülerini destekler nitelikte EIA'nın çalışmalarına göre ise, 2010 verilerine göre 20.200 TWh olduğu tahmin edilen elektrik üretimi verilerinin, 2020 yılına gelindiğinde 26.600 TWh'a yükselmesi, 2010-2035 zaman diliminde ortalama %79,2'lik artışla 2035 yılında 36.200 TWh'ı bulması beklenmektedir(yıllık %2'lik artışlarla)(EIA, 2013; IEA, 2014(a)).

Gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek ekonomik büyüme rakamları, enerji ve enerjiye bağlı elektrik talebi üzerindeki etkisiyle, bu ülkelerde enerji ve talep artışı yaşanmasına sebep olabileceği öngörülmüştür. Konuyla ilgili en önemli parametrelerden GSYİH ve kişi başına olan gelirden artış yaşanmasıyla birlikte hayat standartlarının artacağı ve bunun etkisi ile birlikte endüstriyel aydınlatma ve ev aletleri için elektrik talebindeki artışla birlikte gerçekleşeceği yönünde tahminler vardır. WEO 2013'un verilerine göre elektrik üretiminde gerçekleşmesi beklenen 21.281 TWh'lık artış miktarının büyük bölümünde (yaklaşık %82,3), 2012-2040 döneminde ortalama yıllık 1.1'lik artış gerçekleşeceği öngörülen OECD ülkelerine nazaran %3,3'lük ciddi artışın OECD'ye dahil olmayan ülkelerde meydana gelmesi beklenmektedir(IEA, 2014(a)).

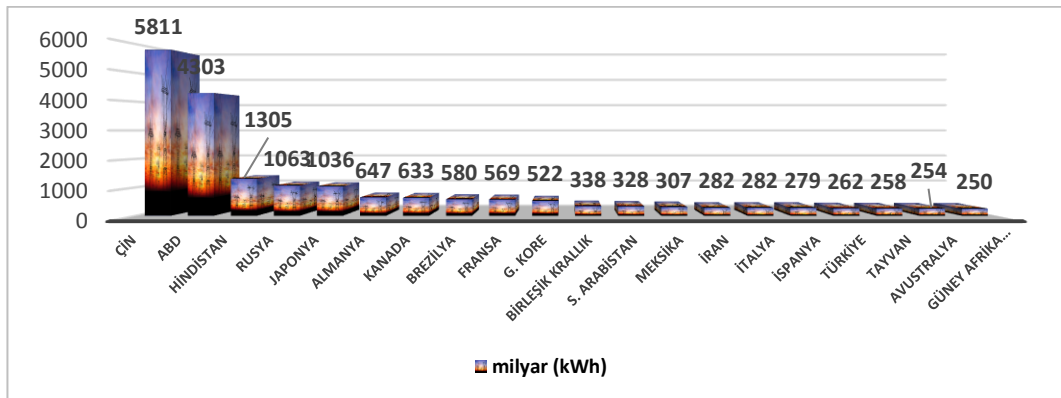
Dünya geneli incelendiğinde 2012-2040 aralığında elektrik enerjine dönük kurulu güç kapasitesinde gerçekleşmesi öngörülen ortalama brüt artışın 5.111 GW olması beklenmektedir. IEA'nın senaryolarına göre 2014-2040 yılları zaman aralığında gerçekleşmesi beklenen 51,1 trilyon \$'lık enerji yatırımının 2013 yılı \$ değerleriyle tek başına 20,8 trilyon \$'ın elektrik sektörüne ayrılması, 11.2 trilyon \$ olarak öngörülen yatırımların %42'lik bölümünün iletim ve dağıtım altyapı projelerine ayrılması planlanırken, %58'lik bölümünün yeni güç santrallerine ayrılması planlanmıştır. Ayrıca bu yatırımların içerisinde 17.3'lük petrol sektörü ve 1.4'lük doğalgaz sektörü de yerini almıştır. Planlanan enerji yatırımlarının üçte ikisinin OECD dışı ülkelerde, OECD ülkelerinde iklim değişikliği senaryoları ve geçmiş yatırımların yenilenmesiyle AB, Çin ve Kuzey Amerika'da gerçekleşmesi öngörülen yatırımların artması beklenmektedir(IEA, 2014(a)).

2012-2040 zaman aralığında yaklaşık %3,4'lük oranda artış seyri göstermesi beklenen dünya ekonomisiyle birlikte, enerjiye ve doğal kaynaklara olan talebin ciddi ölçüde artacağı öngörülmüş, bununla birlikte sanayileşme, kentleşme ve nüfusun oranının da önemli derecede artacağı belirtilmiştir. Aynı politikaların izlenmesi halinde 2012'ye kıyasla 2040 yılında yıllık ortalama 1.46'lık artışla beraber %50'lik daha fazla enerji talebinin söz konusu olacağı belirtilmiştir. Bu oran aynı zamanda 13.361 Mtoe'den 20.039 Mtoe'ye artış olarak da tanımlanabilir. Başta Hindistan ve Çin olmak üzere OECD üyesi olmayan ülkelerde 2012-2040 zaman aralığında, ortalama %87,7'lik talep artışının, yıllık yaklaşık %4,6'ya denk gelen yüksek ekonomik büyüme oranının, yıllık yaklaşık %1'e denk gelen hızlı nüfus artışı oranının toplamda %2'lik oranda hissedileceği öngörülmüştür. Ayrıca yıllık GSYİH artış ortalamasının %1.9 olacağı OECD üye ülkelerde ise ortalama yıllık %0.4'lük artış yaşanacağı öngörülmüştür. 2012 yılı itibarıyla dünyanın en çok enerji tüketen ülke olan Çin'in tüketeceği enerjinin, 2040 yılına gelindiğinde 2. sırada olması öngörülen ABD'nin enerji tüketiminden %97

oranında yüksek olacağı, Hindistan'ın AB'yi geçerek Çin ve ABD'nin ardından en çok enerji tüketimi sıralamasında 3. sırada yer alacağı öngörülmüştür. Konuyla ilgili olarak 4 büyük tüketici göz önünde bulundurulduğunda, dünya toplam enerji arzının 2020 yılında %56,2'si, 2040 yılında %54,3'ünün tükeneceği yönünde öngörüler bulunmakla birlikte, 2014-2040 döneminde dünyadaki enerji talebinin sürdürülebilir koşullarda karşılanabilmesi adına 2013 rakamlarıyla 51,1 trilyon \$ yatırıma ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir(IEA, 2014(a)).

2012 verilerine göre, elektrik üretimi kapsamında dünya sıralamasında 228 milyar kWh ile Türkiye'nin 20. sırada olduğu belirtilmiştir(EIA, 2015). 2015 yılı verilerine göre ise, elektrik üretimi kapsamında dünya sıralamasında ilk 20 ülke Grafik 2'de belirtildiği gibi olup, 2014 yılına kıyasla Türkiye ve İran'ın elektrik üretiminden yükselme gerçekleştiği, 262 milyar kWh ile Türkiye'nin 17. sırada olduğu belirtilmiştir(TEİAŞ, 2016).

**Grafik 2:** Elektrik Üretiminde İlk 20 Ülke (2015)



**Kaynak:** BP, 2016

AB genelinde birincil enerji talebinde 1990-2014 döneminde %4,9'luk azalma meydana gelmiş, 2014-2040 döneminde ise talepte az da olsa %0,1'lik azalma meydana geleceği belirtilmiştir(IEA 2016 (c)). AB genelinde birincil enerji arzında ithalat bağımlılığı oranı 2005 yılında ortalama %52,3 ve 2015 yılında ortalama %55,9 oranında (%69,5'lik oranda doğalgaz, %95,9'lik oranda petrol ve %46,7'lik oranda katı yakıtlar) iken 2030 yılına kadar olan zaman diliminde %56,6'e yükseleceği, 2050 yılına gelinildiğinde %57,6'yı bulacağı öngörülmüştür(European Commission 2016 (a), European Commission 2016 (b)).

AB genelinde birincil enerji arzında ithalat bağımlılığı oranı 2005 yılında ortalama %52,2 ve 2012 yılında ortalama %53,4 oranında (%65,8'lik oranda doğalgaz, %86,4'lik oranda petrol ve %42,2'lik oranda katı yakıtlar) iken 2030 yılına kadar olan zaman diliminde %55,1'e yükseleceği ve 2050 yılına

gelinildiğinde %56,6'lık oranı bulacağı öngörülmüştür(European Commission, 2013(a); European Commission, 2014(a); European Commission 2014(b)).

Ekonomik durgunluk sebebiyle 2009 yılında dünya enerji tüketiminde gerçekleşen azalmaya rağmen 2010 yılında %5,4'lük düzeylerinde meydana gelen ortalama artış oranlarının artması, eski düzeye dönmeyi kolaylaştırmıştır. Yenilenebilir kaynaklardan sağlanan enerjide 2009 yılında herhangi bir azalma söz konusu olmazken, elektrik sektörü, ısınma sektörü ve ulaştırma sektörleri tüketimleri içerisindeki payın artış seyri devam etmiş ve 2010 yılı sonlarına doğru küresel enerji tüketimi oranının %16'lık bölümünü oluşturmuştur(REN21, 2011).

Belirlenen politikaların devamı durumunda, hidrolik-dışı yenilenebilir enerji kaynaklarında en yüksek artışın gerçekleşeceği, kaynak tüketimlerinin %2,02'lik artışlarla beraber 2012 yılına kıyasla 2040 yılında %74,4 oranında artış yaşanacağı öngörülmüştür. Bununla beraber doğalgaz tüketiminin ortalama %1,84'lük oranda artış seyri göstererek %66,7, hidrolik kaynakların kullanım oranları ise %1,68'lik artış oranlarıyla birlikte %59,5 oranda artış göstermesi beklenirken, aynı süre zarfında petrol tüketiminin %0,86'lık oranda artışlarla toplam %27,2'lik bir artış gerçekleşeceği tahmin edilmektedir(IEA, 2014(a)).

Enerji arz güvenliğinin artırılması, enerji verimliliği artışıyla iklim değişikliği, enerji tüketim ilişkisinin azaltılması, yenilenebilir enerji çeşitliliği ve verim artışının ekonomiye ve istihdam üzerindeki pozitif etkisi, dünya üzerindeki çalışmaların büyük bir bölümünün yenilenebilir enerji üzerinde yapılmasını ve yatırım paylarını bu doğrultuda şekillendirmelerini sağlamıştır.

IRENA'nın kurucularından Hermann Scheer'de: "Yenilenebilir enerjiye geçiş sürecini hızlandırmak için daha fazla zaman kaybetmemeliyiz" ifadelerini kullanmıştır(IRENA, 2011 (b)).



## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1.ENERJİ KAVRAMI, KAYNAKLARI VE TÜRLERİ

#### 1.1.Enerji Kavramı ve Enerji Kaynakları

##### 1.1.1.Enerji Kavramı

Yunanca köken olarak “en” ve “ergon” kelimelerinin birleşiminden oluşan “energeia” olarak bilinen enerji; fiziksel anlamda iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilen soyut bir kavram olan enerji, yaptığı iş ile ölçülerek değerlendirilebilir. Enerji, cisimlerin hareket etmesini, yer değiştirmesini sağlayabilir; potansiyel, kinetik, nükleer enerji, ısı, rüzgar enerjisi ve bunun gibi türlerde olup, birbirine dönüşebilir(Ertaş, 2011:s.84-87). Hayatın sürdürülebilmesi adına vazgeçilmez kaynak olarak gösterilebilir(Keleş, 2009). Durgun veya hareket halindeki bulunan yüklü parçacıklarının sebep olduğu elektriğe dönüşmesi için, enerjinin ısı ya da mekanik halde bulunması gereklidir. Elektrik enerjisini, tüketicinin kullanımı amacıyla ısı ya da mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşümü olarak da tanımlayabiliriz(Uğurlu, 2006:s.2).

Genel anlamda ekonomi, teknoloji ve enerjiyle ilgili kararlardan oluşan kurumsal yapıya sahip, kısa dönemde arz talep yönetimi, uzun dönemde planlama faaliyetlerinin enerji politikalarını oluşturduğu söylenebilir(Bayraç, 1999(a):s.14). Enerji arz ve talebinin enerji piyasalarında denge, dolaylı yoldan fiyatı oluşturduğu, ekonomik büyüme, kalkınmışlık düzeyi, yaşam tarzı, enerji fiyatları ve teknolojik gelişimin enerji talebini belirleyen ögeler olduğu söylenebilir. Yatırım ve üretim maliyetleri, dönüşüm teknolojileri, rezervler ve ayrıca bölgeler ve ülkeler arasındaki siyasal ve ekonomik ilişkilerin ise enerji arzını belirleyen başlıca unsurlar olduğu, enerji politikalarının belirlenmesinde enerji arz ve talebini etkileyen faktörlerin bilimsel gerçeklerle öngörülmesi ve bunların küresel değişimlere göre revizesi oldukça önemlidir(Pamir, 2006:s.4).

Enerjinin sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmada, makroekonomik kalkınmanın ana şartını oluşturmasıyla ekonomik, toplumsal ve çevresel politikaların temel gereklerinden olduğu öngörülmüştür. İnsan ihtiyaçlarının ilk şartı olarak sosyal, çevresel sorunların temel kaynağı olmasıyla da çevresel yönü sürdürülebilir kalkınma ile arasında güçlü bir ilişki olduğunu kanıtlar niteliktedir(Najam, Cleveland, 2003:s.119). Ayrıca sürdürülebilir, ekolojik ve enerji etkin mimarlık yaklaşımının gelişiminde, yapı sektörünün enerji gereksinimi ve çevre problemlerinde oluşturduğu etkinin boyutu oldukça önemlidir. Ekonomik, sosyal ve ekolojik boyutlarıyla sürdürülebilir bina tasarımının mümkün olduğu söylenebilir(Kohler, 1999).

Yapılan mimari yapılarda enerji korunumunun sağlanması, enerji giderlerinin düşürülmesi, inşa malzemeleri kullanımında gereken özenin

gösterilerek insan sağlığına yararlı yapılarda az enerji kullanılarak yaşam döngüsünün sağlanması mimarlığın ekolojik boyutudur(Osso vd., 1996).

Nüfus artışı, endüstriyel gelişmelerle birlikte dünya genelinde enerji kullanımını artış seyri göstermektedir(Zhu vd., 2005). 2006 yılında kişi başına düşen yıllık enerji tüketimi ortalaması, 2 TEP düzeyine ulaşmıştır(World Bank, 2010).

### **1.1.2.Enerji Kaynakları**

Çeşitli yollarda enerji üretiminde kullanılan kaynakları enerji kaynakları şeklinde tanımlayabiliriz. Üretim çeşidinin baz alınarak enerji kaynaklarını yenilenebilen ve yenilenemeyen enerji kaynakları şeklinde 2'ye ayırabiliriz(EnerjiBES(a)).

### **1.2.Yenilenemez Enerji Kaynakları**

Temel olarak 2 gruba ayırabileceğimiz bu kaynaklara; fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz ve kömür), nükleer enerji örnek gösterilebilir. Bu kaynakların rezervlerinin sınırlı, gelecekte tükenen miktarda oluşu öngörüsü nedeniyle yenilenemeyen enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedirler. Bu tür kaynakların oluşumu için milyonlarca yıl gerekmesine karşın çok kısa sürede tüketilebilme özelliğinden yola çıkarak, bu kaynakları oluşumundan daha hızlı tükenen enerji kaynakları olarak nitelendirmekte mümkündür(Ertaş, 2011:s.92).

### **1.3.Yenilenemez-Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı, Sürdürülebilirlik, Arz Güvenliği ve Çevresel Etkileri**

Geniş bir perspektiften bakıldığında enerji güvenliğini şekillendiren ana unsurlar, yeterli düzeyde enerji kaynağına erişilebilmesi özelliği, kullanılan enerjini kaynaklarının çeşitlendirilerek bu kaynaklar içerisindeki yenilenebilir enerji kaynakları payının artırılması, olası enerji alımı risklerinin minimum düzeye indirilmesi, enerji alımının uygun fiyatlarla gerçekleştirilmesi, ithalat yapılan ülkelerin çeşitlendirilmesiyle bağımlılığın azaltılması, ulusal çerçevede enerji verimliliğinin artırılması, enerjinin çevre güvenliği ile birlikte değerlendirilmesi, enerjiye dönük yatırımların teşvik edilmesi, geçiş ülkelerinde istikrarın sağlanması, ulaşılabilirlik ve maliyet unsurlarının yakın ve orta vadede maliyet ve ulaşılabilirlik faktörlerinin gelecekte tahmin edilebilir olması şeklinde belirtilmiştir(Winrow, 2007:s.219).

Bunun yansira enerji güvenliğine yönelik bazı risk unsurları da şu şekilde sıralanabilir(Doukas vd., 2011:s.418): Kazalar, doğal afetler, iç çatışma, terörist saldırılar, savaş, ambargo gibi dış ticaret kısıtlamaları, politik istikrarsızlıklar ve enerji piyasasında ortaya çıkabilecek monopoller/karteller.

Enerji, ülkelerin toplumsal refahı arttırmaları, hayat standartlarını yükseltebilmeleri yönünden stratejik öneme sahip olduğu, bu önemin zamanla daha da önemli bir boyuta ulaştığı söylenebilir. Enerji kaynakları unsuruyla ülke endüstriyel gelişimine ivme kazandırılmasına ciddi katkı sağlaması sebebiyle endüstriyel gelişimine ivme kazandırabilen ülkeler adına, enerji kaynaklarına rasyonel bir şekilde sahip olma düşüncesi her zaman stratejik konuların başında gelmiştir(Bauen, 2006:s.893).

Sanayi Devrimiyle birlikte ülkelerin ekonomik, teknolojik gelişimleriyle toplumların yaşam biçimlerini kesintiye uğratmadan devamlılığını sağlayabilmenin, sadece temel enerji kaynaklarına olan erişimle olası olduğu belirtilmiştir. Temel enerji kaynaklarına olan erişim, ulusal güvenliğin sağlanabilmesi adına oldukça önemlidir. Tarih boyunca kimi zaman temel enerji kaynaklarına güvenli erişimlerini sağlayabilmek için çalışan devletler, kimi zaman da rakiplerinin bu kaynaklara erişimlerini engellemeyi hedeflemişler; daha kolay erişim sağlayabilmek içinse kimi zaman, bu alanda aralarında iş birliği yapmışlardır. Enerjinin, devletler ve toplumlar için bu hayati önemi, “enerji güvenliği” kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur(Özkul, 2010:s.51). Enerji güvenliği tartışmalarının geçmiş dönemde de önemli yer tuttuğu görülmektedir. I. Dünya Savaşı'nın öncesinde İngiliz donanmasını, Alman donanmasına kıyasla daha üstün ve hızlı olması amacıyla Winston Churchill'in kararı uluslararası politika ve güvenlik konularında dönüm noktası olduğu söylenebilir. Bu karar ile birlikte kömür yerine petrole dayalı çalışan gemilerin donanmaları oluşturmasıyla birlikte küresel konulardaki güvenlik konuları devrim niteliğinde reform olduğu söylenebilir. Kararın alınmasıyla Ortadoğu ve Hazar Bölgesinin strateji önemi artmış, kaynak sağlayıcı role bürünmüş ve jeostratejik hedef haline gelmiştir. Aynı zaman diliminde petrol ve benzeri hidrokarbon kaynakları ulusal güvenliğin sağlanmasında ve küresel mücadelede en önemli kaynakların başında gelmiştir. Zaman içerisinde Churchill'in petrol arzı konusunda çeşitlilik vurgusu enerji güvenliği olarak günümüze kadar gelmiştir(Çelikpala, 2014:s.79). Bu düşüncenin günümüzde hala enerji güvenliğinin temeli olarak kabul edilmiş ve 70'li yıllardaki Ortadoğu petrol arzı problemlerini hedef aldığı öngörülmüştür. Aynı şekilde 1973 yılı Petrol Krizi de enerji güvenliğinin modern zamanlardaki temeli olduğu belirtilmiştir. Bu gelişmelerin ışığında 1960-1970 zaman aralığında dünya genelindeki ekonomi hızlı bir şekilde artış seyri göstermiştir. Bu artışın etkisiyle enerji/petrol gereksinimi de hızlı bir biçimde artış göstermiş ve uluslararası ticaret önemli derece aşama kaydetmiştir. 1950'li yıllara kadar belirlenen kurallar ile

büyük uluslararası petrol şirketlerinin belirlemiş olduğu ticaret yapısı küçük çaplı petrol şirketleriyle farklı bir hale bürünmüştür. Petrol üretici rolündeki ülkelerin petrol fiyatlarını belirlemesindeki etkisiyle birlikte 1960'da Petrol İhraç Eden Ülkeler Teşkilatı (OPEC) kurulma kararı alınmıştır. Gereksiz fiyat dalgalanmalarını önlemek, üretici ülkelere olan fiyat değişikliği bağımlılığı bağlamında petrol arz güvenliği sağlayıcı bir örgüt olarak belirlenmiştir. Ancak 1974 krizine dek amacını gerçekleştiremeyen, "petrol milliyetçiliği" söyleminin gelişmesine katkı sağlayan başarısız bir örgüt olarak nitelendirilmiştir(Çelikpala, 2014:s.79- 80). 1920 ve 1930'larda Meksika, 1930'larda Rıza Şah, 1950'lerde Musaddık yönetimindeki İran ve Soğuk Savaş döneminde; Venezuela, Katar, Suudi Arabistan, Irak, Cezayir, Libya ve sonrasında Rusya, Bolivya ve Nijerya gibi ülkelerde ortaya çıkan kendi enerji kaynaklarını kendi yönetme, çıkarma ve dağıtma prensibine dayalı petrol milliyetçiliği OPEC'in kurulmasıyla zirve noktasına ulaşmasına, kurumsal bir yapıya bürünmesine neden olmuştur(Mabro, 2008:s.4-5).

1973-1974 ve 1979-1980 yıllarında iki dalga halinde ortaya çıkan enerji güvenliği sorunu büyük güçler ve özellikle batılı devletler için çok ciddi sıkıntılar yaratmıştır. Üretimin yavaşlaması sebebiyle ortaya çıkan üretim kaybı, sanayileşmiş ülke ekonomilerinin daralmasına ve hatta gerilemesine yol açmıştır. Bunun yanı sıra enerji bağımlılığı yüksek olan ülkelerde ciddi bir işsizlik sorunu baş göstermiştir. Son olarak enerji fiyatlarındaki hızlı yükseliş ilgili ülke halklarının gözünde mevcut hükümetlerin itibar kaybetmesine yol açmıştır(Bielecki, 2002:s.236). Enerji güvenliği geleneksel olarak petrol ve kömürle ilişkilendirilmiştir. Günümüzde ise başta doğalgaz olmak üzere Uranyum gibi kimi stratejik madenlerde enerji güvenliği kapsamına girmiş, bu bağlamda enerji güvenliği daha geniş bir yelpazede değerlendirilmeye başlanmıştır(Cherp, Jewell, 2011:s.203). Enerji güvenliğinin yaşadığı bu anlam genişlemesinin bir diğer sebebi de sorun alanlarının giderek genişlemeye başlamasıdır. Günümüzde enerji güvenliği dendiği zaman; taşıma hatlarına yönelik terörist faaliyetlerin engellenmesi, enerji alanındaki kritik altyapılara yönelik siber saldırılarla mücadele, taşımacılık alanında ortaya çıkacak darboğazlarla önlenmesi, enerji verimliliğini yükseltmeye yönelik ekonomik reformlar yapılması gibi pek çok konu bu alanda değerlendirilmeye başlanmıştır(Yi-chong, 2006:s.266). Tüm bunların ötesinde, aslında enerji güvenliği alanında ortaya çıkan en önemli sorun, insanoğlunun enerji ihtiyacının her geçen gün artmasıdır. Nüfus artışı, sanayileşme, şehirleşme ve günümüz yaşam standartlarının yüksekliği vb nedenlerle enerjiye olan talep artışı devam etmektedir(Asif, Muneer, 2007:s.1389). Bunlara ek olarak bilinçsiz tüketim de eklenince enerji alanındaki sorunlar daha da büyümektedir.

Dünya'daki enerji ihtiyacının, ekonomik büyümeyle birlikte artış gösterdiği gözlemlenmiştir. 2003 yılındaki günlük 80 milyon varil yakıt talebinin 2030 yılına gelindiğinde %47 artış göstererek 118 milyon varile çıkacağı öngörülmektedir. Günümüzde dünya ham petrol rezervlerinin yarısına yakınının kullanıldığı, gelişmiş ülkelerin kömür ve petrolü doğalgaza ikame ettiği, gelişmekte olan ülkelerin ise kömüre yönelik yatırım yaptığı, fosil yakıtların ortalama %75'inin güç üretimi ve ısınmada, diğer bölümünün ulaşımda kullanıldığı göz önünde

bulundurulursa; değişken petrol fiyatları ve politik belirsizlikler enerji ithal eden ülkeler için çeşitli problemler yaratmakta ve fosil enerji kaynaklarının belirli ve sınırlı sayıdaki ülkelerde olması, enerji güvenliği adına gelecekte ciddi sıkıntıların meydana geleceğine dair öngörülerin oluşmasına sebebiyet vermektedir(Sims vd., 2006:s.2054-2076; Bhatt, 2006; Lange, 2007:s.39-48).

Yaygın olarak kullanılan fosil kaynaklara olan talep artış gösteren bir grafik çizse de, bunların gelecek periyotta sürdürülebilir bir şekilde rezervlerinin azalma göstermesi çevresel etkilerinin olumsuz olması nedeniyle mümkün olmayacaktır. Buna benzer sebeplerle birlikte sera gazı etkisinin de azaltılmasıyla birlikte önümüzdeki süreçte petrol ürünleri yerine nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının talep görmesi beklenmektedir(Ragauskas, 2006:s.484-489). Türkiye'nin enerji arz güvenliğini esas alan enerji politikasının temel amaçları, kaynak çeşitliliğinin yerli kaynaklarla sağlanması, enerji koridoru konumuna gelebilme, enerji verimliliğinin istenilen düzeye ulaşması, doğalgaz ve petrol vb fosil kaynaklara olan ithalat bağımlılığın ve risklerin kaynak çeşitliliğiyle azaltılması, enerjinin zaman, miktar ve maliyet faktörleri bakımından tüketici erişebilirliğinin artırılması, yatırım oranlarının iyileştirilmesiyle birlikte serbest piyasa koşullarında tam işlerliğin sağlanması, yerli kaynakların ülke ekonomisindeki ve enerji arzındaki payının artırılması, endüstriyel hammadde metal, metal dışı madenlerin enerji ve tabii kaynaklar kapsamında yurtiçindeki değerlendirilmesine yönelik üretim artışının sağlanması, enerji ve doğal kaynaklarla ilgili çalışmaların çevreye duyarlı bir şekilde sürdürülmesinin sağlanması şeklinde belirtilmiştir(ETKB, 2016:s.5-7):

Belirlenen bu politikalarla birlikte 2023 yılı için hedeflenen arz güvenliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği hedefleri arasında, linyit ve taşkömürü kaynaklarının tümünün elektrik üretiminde kullanılması, enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının %30, jeotermal enerjisinden elektrik üretimi kurulu gücünün 600 MW, rüzgar enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW'a, nükleer enerji kurulu gücünün minimum %10'a çıkarılması, iki nükleer santralin devreye alınarak 3. nükleer santralin inşaatına başlanması, teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilebilecek hidroelektrik potansiyelin tamamının elektrik üretiminde kullanılması şeklinde belirtilmiştir(ETKB, 2016:s.5-7):

Enerji güvenliğine yenilenebilir enerjilerin katkıları oldukça belirgindir. Arz kaynaklarının çeşitlenmesine katkı sağlar, üretimi yerelleştirir, ithalat gereksinimlerini ve maliyeti azaltır. Çoğu durumda az karmaşık tedarik zincirine ve yakıtsız teknolojilere sahiptir ve uzun vadeli fiyat oynaklığının azalmasına katkı sağlarlar. Ayrıca Avrupa da ithalat bağımlılığının sınırlanmasına ve çeşitlendirilmiş enerji kaynağı sağlanmasına yardımcı olduğu öngörülmüştür(IEA, 2016 (b)).

Enerji güvenliği denince, genelde bireylerin, tüketicinin enerji ihtiyaçlarının güvence altında olması, gerek toplumun, gerekse devletin ekonomik çıkarlarının iç ve dış tehditlere karşı korunması olgusu anlaşılmaktadır. Bilimsel literatürde enerji güvenliği kavramının hâlen net bir tanımı olmamakla birlikte, daha ziyade 'bulanık', 'zayıf', 'tanımlanması zor' ve 'birçok etkeni kapsayan' bir kavram olarak değerlendirilmektedir(Augutis, 2015:s.301). Enerji güvenliğinin, sadece enerji

sistemlerinin tüketicilere uygun koşullar ve makul fiyatlarla enerji sağlamakla kalmayıp, ayrıca teknolojik, doğal, ekonomik, sosyo-politik ve jeopolitik nedenlerden dolayı oluşan kesintilere karşı koyabilecek bir sistem olması gerekmektedir(Augutis, 2015:s.301). Kavram, IEA'ya göre: "enerjinin kesintisiz, yeterli miktarda, kabul edilebilir fiyattan, ekonomik büyümenin devamlılığını sağlayacak oranda, çevreci yollardan temin edilmesi" olarak tanımlanmaktadır(IEA (a)). IEA enerji güvenliği tanımlamasını uzun ve kısa dönemli olarak ayırmaktadır. Uzun dönemli enerji güvenliği politikaları, ekonomik kalkınmayı ve çevresel faktörleri destekleyecek enerji tedarik yatırımlarının yapılmasını, kısa dönemli enerji güvenliği ani arz/talep dengesizliğine en hızlı yanıt verebilecek enerji sistemlerine sahip olunmasını hedeflemektedir(IEA (a)). Dünya Enerji Konseyi'nin enerji güvenliği tanımlaması, enerji sürdürülebilirliği üzerinden yapılmakta, 3 ana unsura dayandırılmaktadır: Enerji güvenliği, enerji eşitliği ve çevresel sürdürülebilirlik. Bu 3 hedef, kamu ve özel sektörden, hükümetler ve düzenleyicilerden, ekonomik ve sosyal faktörlerden, ulusal kaynaklardan, çevresel kaygılardan ve bireysel davranışlardan oluşan, karmaşık ve iç içe bağlantıları beraberinde getiren bir 'üçleme' oluşturmaktadır(WEC, 2015 (a)).

Dünya nüfusunun 2030 yılında bugün tükettiğinden %45 daha fazla enerjiye ihtiyacı olacağı düşünülmektedir; fakat yeni enerji üretiminin artan talebi karşılayabileceğine dayalı endişeler gün geçtikçe yükselmektedir(Luft, Korin, 2009). Ülkelerin enerji politikaları ve risk kontrol mekanizmaları çeşitlilik göstermektedir, hatta bir ülkenin kendi içindeki bölgelerinde bile enerji politikaları farklılık gösterebilir. Arzın çeşitlendirilmesi, kaynaklar ve talep, stoklama güvenliğinde iyileştirme, enerji verimliliği (talep kontrol), fiyat belirleme ve enerji üretim araçlarının ve dağıtımının bir kuruluş tarafından sahiplenilmesi (vertical integration) çeşitlilik gösteren risk yönetim politikalarından bazılarıdır(Energy Charter Secretariat, 2015). Bu açıdan baktığımızda yenilenebilir enerjinin güvenliğine dayalı yaklaşımlar da çeşitlilik göstermektedir.

Yenilenebilir enerjiyi günümüz dünyasının sorunlarına yönelik en iyi çözüm olarak değerlendirmiştir ve katkılarını 3 maddede özetlemiştir(Rainer Hinrichs-Rahlwes, 2013):

- ✓ *Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için uzun vadeli enerji güvenliği sağlar.*
- ✓ *Geleceğe yönelik yüksek oranda iş olanağı sağlaması ve sürdürülebilir bir büyümeyi tetikler.*
- ✓ *Teknolojilerin gelişimiyle iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olur.*

Yenilenebilir enerji kaynakları iklim koşulları ile doğrudan ilişkilidir ve bu nedenden iklim değişikliğinin yenilenebilir enerji kaynaklarını fosil yakıtlara nazaran daha yoğun bir şekilde etkilemesi muhtemel görülmektedir. Yenilenebilir enerjiyi etkileyebilecek faktörlerden bazıları sıcaklık, rüzgar hız dağılımı, bulutluluk ve hidrolojik döngüdeki değişikliklerdir(Johansson, 2013:s.601).

Yenilenebilir enerjinin çeşitlilik üzerindeki etkisi tartışmalıdır. Hızlı bir gelişme temposu ile yenilenebilir enerji hala ağırlıklı enerji kaynağı olmanın

uzağındadır. Pazara giriş maliyetinin düşük olduğu yenilenebilir enerji yatırım süresince çeşitliliğin artması beklenmektedir. Ancak yenilenebilir enerjinin, enerji sistemlerinde yaygın hale gelmesiyle çeşitlilik avantajları azalacaktır. Bu açıdan, çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki denge önemli olacaktır(Johansson, 2013:s.601). Son olarak arz güvenliği sadece arz talep arasındaki dengeye bağlı değildir. Enerji sağlayıcısı konumundaki ülkelerin içinde buldukları politik istikrarsızlıklar, toplumsal hareketler, enerji yolları üzerinde yükselen terör tehditleri, enerji taşıma güzergâhlarının güvenliğini ve sürekliliğini sarsabilmektedir. Johansson'ın ifade ettiği üzere; mevcut petrol ve doğal gaz pazarları birkaç egemen tedarikçi ülke tarafından belirlenmektedir ve bu yığılmanın gelecekte daha da fazla artması beklenmektedir. Bu durum, söz konusu pazarların, bu ülkelerde gerçekleşen olaylar ve ulaşım hatlarındaki (doğal veya çatışma kaynaklı) aksaklıklardan ciddi bir şekilde etkilenmesine neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarının artmasıyla birlikte bu egemenlik ve bu ülkelere olan bağımlılığın azalması diğer bir muhtemel sonuçtur(Johansson, 2013:s.601).

Fiyat, enerji güvenliğinin en geleneksel tanımlamalarında yer alan diğer bir öğedir. Enerji fiyatlarına yenilenebilir enerjinin etkisine dayalı birden fazla yaklaşım bulunmaktadır. İlk olarak yenilenebilir enerji yatırımlarının yükselmesinin uluslararası pazarlardaki petrol ve doğalgaz fiyatlarını da dalgalandırması beklenmektedir(Apergis, Payne, 2009:s.656). Farklı bir yaklaşım, ekonomik büyümede enerjinin rolünü ve yenilenebilir enerjinin etkisini incelemektedir. Biyofiziksel ve ekolojik görüşe göre enerji, gelirin belirlenmesinde önemli bir rol oynar ve dolayısıyla da enerji kullanımına yoğun bir şekilde bağımlı olan ekonomiler de enerji tüketimindeki değişikliklerden önemli ölçüde etkilenir(Yuan vd., 2008:s.3078). Yenilenebilir enerjinin güvenliği için, gerçekleştirilen yatırımların ekonomik refahı desteklemesi ve ödenebilirliği birlikte sağlayabilmesi gerekmektedir. Bu noktada devletlerin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı teşvikleri önem kazanmaktadır. Fiyat tarifesi garantisi yasalarıyla başlatılan uygulamalar modern yenilenebilir enerji sanayi yaratılmasında ekonomik dayanak oluşturmaktadır(Yergin, 2011:s.542).

Enerji güvenliği perspektiflerinden biri olan elastikiyetin (resilience) ana disiplini ekonomidir(Cherp vd., 2011:s.5-6). Yapılan araştırmalara göre yenilenebilir enerji, enerji elastikiyetini (ekonomisini) iki yolla kuvvetlendirmektedir. Birinci beklenen sonuç, yenilenebilir enerji teknolojisinin, tükenebilir enerji kaynaklarının teknolojik altyapılarında meydana gelebilecek aksamaların ve terörist saldırıların ulusların elektrik şebekeleri üzerindeki olumsuz etkisini düşürmesidir. Örneğin, herhangi bir rüzgar enerji tribününde meydana gelebilecek patlamanın veya aksamının, kömür santralinde meydana gelebilecek patlamadan daha az zararı olacağı yönünde hesaplamalar bulunmaktadır. İkinci olarak yenilenebilir enerjinin petrol gelirleri akışının yönünü değiştirmesi beklenmektedir. Petrol gelirlerinin politik istikrarsız bölgelerdeki yerel girişimcilere doğru akışıyla oluşan finansal kaynaktan terörist grupların faydalanma oranının düşmesi öngörülmektedir. Yapılan araştırmalarda, tükenebilir yakıt teknolojisinin yarattığı iş imkanına nazaran örneğin rüzgar enerjisinin çok daha

fazla yüksek standartta iş imkanına olanak sağlayacağı belirtilmektedir (Valentine, 2011:s.4576). Yenilenebilir enerjinin çeşitlilik-fiyat ilişkisi incelenmesine geçmeden önce belirtmelidir ki; çeşitlilik, sistemin fiyat değişikliklerine karşı savunmasızlığını azaltmada önemlidir. Çeşitli enerji kaynaklarına yönelik fiyatların pazar ile ilişkisinin nasıl olduğu, çalışma alanının (ülke, endüstri, hane) dalgalanan fiyatlara karşı ne kadar savunmasız olduğu ile ilişkilidir. Yenilenebilir enerji fiyatlarının, küresel fosil yakıtı fiyatlarını izlemesi muhtemeldir ve belli bir ulusal ekonomi üzerindeki etkileri de yükselen fiyatlara ilişkin servet aktarımının ülke içinde mi kaldığı yoksa ihracat ülkelerine mi aktarıldığına bağlı olarak değişiklik gösterecektir (Johansson, 2013:s.601). Bu noktada yenilenebilir enerji sisteminin fiyat değişiklikleriyle başa çıkması veya bu değişikliklere adapte olabilmesi bakımından iki taraflı bir inceleme gerektirir. Birincisi yenilenebilir enerji kaynaklarının fiyatları ve gelir dağılımları üzerinden gerçekleşirken, diğeri küresel fosil yakıt piyasasında meydana gelebilecek etkileri kapsamaktadır. Diğer bir taraftan yenilenebilir enerjinin altyapı güvenliği 2 kısımda incelenebilir. Gelişmiş ve yükselen ekonomilerde yenilenebilir enerji ile teknik verimlilik arasındaki ilişkiyi inceleyen bir araştırmaya göre yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın teknik verimliliği de artırdığı öne sürülmüştür. Gelişmiş ekonomilere kıyasla, enerji talebindeki en hızlı artış yükselen ekonomilerde gerçekleşmektedir. Enerji talebi ve CO<sub>2</sub> salınımında en büyük artış bu ülkelerde gerçekleşeceğinden yenilenebilir enerji kullanımının artırılması da yükselen ekonomiler için daha fazla önem taşımaktadır (Sadorsky, 2009:s.4021-4028). Yenilenebilir enerji altyapısı, enerji üretimi ile tüketimine ilişkin mevcut yaklaşımların sınırlarının üstesinden gelinmesi ve enerji sektörünün modernleştirilmesine daha fazla katkıda bulunmasıyla, en uygun seçeneklerden biri olarak değerlendirilmektedir (Kaygusuz vd., 2007:s.19-29). Bunun sonucu olarak artan yenilenebilir enerji kullanımıyla söz konusu olabilecek gerginlik riski; yeni teknolojilere sahip olma, gelişme sürecinde yerel gruplaşmaların yer alması ve gelir dağılımına bağlı olarak yükselecektir. Daha ufak ölçekli yenilenebilir teknolojilerin daha geniş yerel yatırımcı gruplarının pazara girebilmesini sağlayacağından mevcut fosil yakıtı sistemlerine nazaran daha iyi bir duruma gelmesi beklenmektedir. İlginin gittikçe arttığı yeni alanlardan yenilenebilir enerjiden faydalanmaya yönelik temel sistemlerde kullanılacak az bulunan materyallere ilişkin artan talep ve bu kaynakların çoğunun birkaç ülkede toplanması olası çatışma sebeplerinden biri olarak görülmektedir (Johansson, 2013:s.602). Enerji güvenliğinin toplumsal boyutunda toplumun her kesiminin enerjiye sağlıklı ve uygun fiyat üzerinden erişebilmesi yer almaktadır. Sürdürülebilirlik ve çevre, enerji güvenliğinde genellikle birlikte değerlendirilen unsurlardır. Çevre faktörünün enerji güvenliği planlamalarında daha fazla yer almasıyla, küresel ısınmaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik çalışmalar yükselmiştir. İklim değişikliği sorununun üstesinden gelinmesi bakımından yenilenebilir enerji kaynakları son derece önemli görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları enerji verimliliğini artırabilmektedir ve CO<sub>2</sub> salınımının azaltılmasına yönelik olumlu etkileri bulunan güvenilir, maliyeti etkin bir teknoloji olarak görülmektedir (Kaygusuz vd., 2007:s.19-29). Diğer taraftan en büyük çevresel riskin bulunduğu yenilenebilir enerji kaynaklarından baraj



güvenliğinin önemli bir sorun teşkil ettiği hidrolik enerji santralleridir. Hidrojen patlayıcı özelliğe sahiptir. Bu nedenle, kaza riski taşımaktadır ve düşman saldırıları bakımından olası bir hedef niteliğine sahiptir. Çevrecilik ve yenilenebilir enerji özellikle 2000'lerde siyasi bir güç olarak da kendini kabul ettirmiştir. Özellikle, güneş enerjisinin olduğu gibi, geniş coğrafi alanları yayılma, temiz olma, kolayca taşınıp kurulabilme avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Ancak depolama malzemeleri için uygun değildir. Diğer taraftan rüzgar enerjisi türbinlerin sesli çalışmalarıyla, yerleşim merkezlerinin yakın çevresinde ve hassas vahşi yaşam alanlarında uygun bulunmamaktadır. Son olarak jeotermal enerji, okyanus enerjisi ve su enerjisi ekolojik değişikliklere neden olabilmekte, canlıların doğal yaşam alanlarını etkileyebilmektedir.

### **1.3.1.Çevresel Etkiler**

Fosil bazlı yakıtların kullanımının artmasıyla birlikte dünyadaki ortalama sıcaklığın arttığı bilinmektedir. Yoğun hava kirliliğinin yanısıra milyarlarca dolar zarara yol açan sel, fırtına gibi doğal felaketlerin ciddi ölçüde artmasına neden olmuştur. Bundan dolayı fosil yakıt rezervlerinin bitmesini beklemeden, bu kaynaklara alternatif olarak temiz enerji kaynakları arayışları dünya genelinde yoğun bir şekilde sürmektedir(Görez, Alkan, 2005). Yenilenebilir enerjilerden jeotermal enerji temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak gösterilebilir. Hava kalitesinin önemli ölçüde korumaktadır. Doğal ısıtma ve soğutma sistemlerin kullanılmasıyla binaların gereksiz ve aşırı ticari enerji tüketimlerinin önlenmesiyle, çevre dengesi oranların korunabilmektedir. Rüzgar enerjisi kararlı, güvenilir, sürekli bir kaynak olup dışa bağımlı değildir.

### **1.3.2.Enerji Çevre İlişkisi**

Üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar enerjiyle ilgili çoğu kavramın çevre sorunlarına neden olabileceği öngörülmüştür. Bu bağlamda enerjinin güvenilir kaynaklardan, ekonomik bir biçimde, artış seyri gösteren enerji talebinin enerji çevre dengesi kurularak karşılanma zorunluluğu oldukça önemlidir. Gün geçtikçe dünyanın zarar görüğü hesaba katılırsa, bu azalış seyrini durdurmaya yönelik veya en azından zararı azaltıcı önlemlerin alınması şarttır. Enerji ve çevre konularının birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği ve bir bütün olarak ele alınması gereken konuların başında gelmektedir. Enerji bazlı çevresel sorunlarının çözümünde yenilenebilir çevre dostu kaynaklara yönelim etkili bir çözüm olabilir. Geleneksel enerjiler ile yenilenebilir enerjiler kıyaslaması yapıldığında, yenilenebilir enerjilerin hava emisyonları ve atık ürünlerini oluşturmaması ve doğal dengenin korunmasına yardımcı olması en önemli avantajlarına örnek gösterilebilir(Varınca, Gönüllü, 2006).

### **1.3.3.Enerjinin Çevre ve İnsan Sağlığına Olan Etkileri**

İklim değişikliği, enerji üretimi gibi faaliyetlerin insan sağlığı ve bitki örtüsü üzerindeki etkileri gittikçe ciddi bir hal almaya başlamıştır. Fosil yakıt bazlı olumsuz etkilerin bitki örtüsü, insan sağlığı ve hayvan yaşamını üzerindeki gün geçtikçe artan olumsuz etkilerine karşı çeşitli önlemler alınırca bu etkilerin azaltılması ve önlenmesi gerekmektedir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artış göstermesi ile birlikte 21. yy ortalarına 2 katına çıkacağı öngörülmüş, bu artışla beraber küresel gereksinimlerin 2050 yılına doğru ciddi oranda artacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte asit yağmurları, ozon tabakası incilmesi, küresel ısınma çevresel sorunlarının enerji tüketimiyle daha da artacağı öngörülmüştür(ÇEVMER, 1999). Enerjinin üretim ve tüketim süreçlerinde oluşan küresel ve yerel sorunların meydana gelmesinin başlıca nedenlerinin yakıt ve yakıtın enerjiye dönüşüm evresini oluşturan süreçlerin oluşturduğu öngörülmüştür(İpek, 1999:s.71-80).

### **1.3.4.Enerjinin Sera Etkisi, Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri**

Karbon içerikli yakıtların otomobillerde, fabrikalarda vb kullanımı sonucunda CO<sub>2</sub> oranının gittikçe arttığı ve tehlikeli bir boyuta ulaşabileceği öngörülmüştür. Bu zarara karşın karbon içerikli kaynakların kullanımı da gittikçe arttığı bilinmektedir. Bu zararların giderilmesinde yenilenebilir enerji kullanımına gidilmesi önemli bir sonuç olarak düşünülebilir. CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, tozlar ve CH vb gazlar atmosferde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu gazlar içerisinde hidrokarbonlar ve tozlar kirletici etkisiyle, SO<sub>2</sub>'nin asit yağmurlarını oluşumunda etkili olmasıyla ve NO<sub>x</sub>'lerin ise zehirleyici etkisiyle bilinmektedir. Sera gazlarında %80'lik pay ile küresel ısınma konusunda en büyük paya sahip CO<sub>2</sub> fazlalığına karşı önlem alma zorunluluğu ise çoğu kesim tarafından kabul edilen bir gerçek olduğu söylenebilir. Fosil yakıtların yakılması ile birlikte meydana gelen CO<sub>2</sub> ve metan gazı benzeri gazların ısı tutucu özelliği ve bu gazların atmosferden uzaklaştırılmama sorunuyla birlikte sera etkisinin oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca Güneş'in dünyaya vermekte olduğu ısının uzaya dönmesi gereken bölümünün sera etkisiyle önlenmesi birlikte küresel ısınma gerçekleşmektedir. Bunun etkisiyle olumsuz yönde iklimsel değişimler meydana gelmektedir. Yenilenebilir enerji kullanımının bu olumsuz etkiyi ortadan kaldıracığı öngörülmüştür. Ayrıca karbon içeren kaynakları ağaçları ve ormanları tahrip etmesiyle birlikte bitkilerin besinlerden enerji üretimine engel olacak bir etkinin söz konusu olduğu, havaküre kirliliği ile birlikte oluşan asit yağmurlarının topraktaki minarelleri yok ettiği, doğayı tahrip ettiği öngörülmüştür. Ayrıca toprağın asit yağmurlarından etkilenmesiyle birlikte ürün verimi ve çeşitliliğinde azalmanın

meydana geldiği, söz konusu etkilerin en fazla gelir düzeyi düşük ülkelerde gerçekleşeceği öngörülmüştür(makaleler.com, 2016).

### **1.3.5.Enerjinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri**

Fosil yakıtların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri gün geçtikçe artmaktadır. Doğrudan veya dolaylı etkilere örnek olarak ölümler, kalp-damar ve solunum hastalıkları, hava dalgası değişimleriyle meydana gelen hastalıklar örnek verilebilir. Sera gazı etkisiyle meydana gelen iklimsel değişikliklerle aşırı hava olayları yaralanma ve ölümlere, psikolojik etkilere neden olabilmektedir. Ayrıca dolaylı olarak virüs kökenli enfeksiyon ve salgınların meydana gelebileceği, 65 yaş üzeri kişilerde ölüm oranında artış yaşandığı, kentsel ve kırsal kesimlerin gelir düzeyi az olan insanları etkilemesiyle ısı ve gıda temininde problemlerin yaşandığı öngörülmüştür(MGM, 2008).

### **1.4.Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Yenilenebilir enerji kaynaklarını doğal süreç içerisinde süreklilik arz eden enerji kaynaklar şeklinde tanımlamak mümkündür. Bu kaynakların en önemli özelliklerinden başında çok kısa sürede yenilenebilme ve yerini doldurulabilme özelliği gelir. Güneş, hidroelektrik, rüzgar, biyokütle, jeotermal, deniz kökenli enerji kaynakları ve diğer araştırma halindeki doğal enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak örnek gösterebiliriz(Doğan, 2011; Ün, 2003; Çokan).

#### ***Neden Yenilenebilir Enerji***

Thomas Edison bir söyleminde “Paramı güneşe ve güneş enerjisine yatırırdım. Ne büyük bir güç kaynağı! Umarım bunu ele almak için petrol ve kömürün bitmesini beklemeyiz” ifadelerini kullanmıştır(The New York Times Magazine, 2007). Thomas Edison’un uzun zaman önceki bu öngörüsü günümüzde geçerliliği daha da etkili bir şekilde korumaktadır.

Son yıllardaki yaşanan gelişmelerle birlikte ulusların belirlediği stratejilerde enerji kaynakları sürdürülebilirliğin temel kriterleri olarak enerji kaynakları gösterilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramının Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun 1987 yılındaki raporuyla birlikte dünya genelinde “Sürdürülebilir Kalkınma” olarak geçerlilik kazandığı söylenebilir. Sürdürülebilir Kalkınmanın temelini, günümüz ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların ihtiyaçları karşısında hazırlıklı olma özelliğini riske atmadan karşılamak oluşturur(Spangenberg, 2000; Meriç, 2004; Aksu, 2011). Yenilenemeyen kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynakların

kullanımıyla meydana gelen çevre kirliliği, iklim değişikliği gibi olumsuz etkilerin sosyal, ekonomik ve çevresel bazda sürdürülebilir olmayan bir gelecek sunması yenilenebilir enerjiye olan talep artışına sebep olmaktadır. Yenilenebilir enerjinin özünü oluşturan az bir süreçte tekrar yeri dolan, hazır halde bulunabilme özelliği sürdürülebilirlik anlamında ön plana çıkmasına karşın, bu enerji kaynaklarının kullanımında uygulanan teknolojilerin niteliği de oldukça önemlidir(Aykal vd., 2009).

Yenilenebilir enerjiyle ilgili çeşitli tanımlamalar mümkün olmakla birlikte temelinde aynı özelliklere sahiptir. İklim değişikliği azaltımında önemli bir yöntem(Moomaw vd., 2011), enerji üretiminde sürdürülebilir bir çeşit (Elliott, 2000) ve sürdürülebilir kalkınmanın ana parçası (Dinçer, 2000) olarak görülebilir. Bu bağlamda uluslararası platformda 3 ana bileşenin genel geçerlilik kazandığı öngörülmüştür(Szarka, 2004:s.320):

- ✓ *Fosil yakıt kullanımının sera gazı etkisiyle atmosfer bileşimini etkileyerek iklim değişikliğine sebep olduğu*
- ✓ *Çevresel kirliliğin oluşumunda nükleer ve fosil enerji kaynaklarının çok büyük bir risk faktörü olduğu*
- ✓ *Fosil kaynakları enerji arzı kapsamında yetersiz ve tükeniyor oluşu*

Yenilenebilir enerji ve yenilenebilir enerji teknolojilerine gereken desteğin verilmesiyle birlikte düşük karbonlu ve sürdürülebilir enerji ekonomisinin sağlanması, tekno-ekonomik tablonun veya enerji paradigmasının düzene gireceği öngörülmektedir(Tsoutsos, Stamboulis, 2005; Flavin, Dunn, 1999; Toke vd., 2008).

Dünya nüfusu hızla artmaya devam etmektedir. 2000 yılında 6.1 milyar olan dünya nüfusu, Birleşmiş Milletler tahminlerine göre 2050 yılında 9.6 milyara ulaşacaktır(United Nations, 2013:s.1). Bu denli bir artış beraberinde büyük sorunları olduğu kadar enerjiye olan dengesiz, aşırı talebi de getirecektir. Öyle ki British Petroleum (BP) Energy Outlook 2035 rakamlarına göre 2035 yılına kadar birincil enerji tüketimi de %37 oranında artacaktır(British Petroleum (a)). Böylesi bir artış da şüphesiz ki daha çok enerji kaynağı tüketilmesini gerektirecektir. Nüfus artışı ve ülkelerin gelişme yönündeki amansız mücadeleleri dikkate alındığında, fosil yakıtların daha kaç yıl dünyaya yeteceği düşünülmesi gereken bir noktadır. Ayrıca petrol ve doğalgaz rezervlerindeki azalmanın ekonomi mantığı gereği fiyat yükselmelerine sebep olacağını da tahmin etmek güç değildir. Daha fazla enerji ihtiyacı ve azalan kaynaklar da, uluslararası alanda enerji çekişmeleri ve ülke içi sorunların yaşanmasını tetikleyecektir. Ayrıca fosil kaynak sahibi olmayan ülkelerin fosil yakıt ithalatına ayırdıkları bütçenin artması, gelecekte ülke ekonomilerini derinden etkileyeceği öngörülmüştür. Bunun yanı sıra hâlihazırda fosil kaynak ihracatçısı olan ve ekonomileri büyük oradan bu gelire bağlı olan devletler için de kaynaklarının önce azalması sonrasında da tükenmesi büyük bir endişe kaynağıdır.

Son dönemde ekonomik ve sosyal kalkınma enerji unsurundan ayrı düşünülmemeyeceği gibi, nüfus artışları ve bununla ilişkili olarak çeşitlenen toplumsal talepler, kentleşme ve sanayileşme, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere enerji talebi üzerinde artış seyri gösteren bir etki yaratmaktadır. Bu bağlamda çevre kirliliği oluşturmayan ve süreklilik arz etme özelliğine sahip yenilenebilir enerji kaynakları taleplerin cevaplanması adına oldukça önemlidir(Banos vd., 2011:s.1753). Enerji talebinin karşılanması ne kadar önemliyse, ilgili talebin süreklilik arz eden minimum maliyetle maksimum ölçüde karşılanması da bir o kadar önem arz etmektedir. Bu koşulları bütünüyle sağlayan yenilenebilir enerji kaynakları alternatif enerji çeşidi arayışlarına en önemli cevap niteliği taşımaktadır. Bu önemin derecesi doğalgaz, petrol ve kömür bazlı fosil kaynakların yakın gelecekte tükeneceği öngörülerıyla birlikte daha da anlaşılır ve bilim dünyasında kabul edilir bir gerçek olarak yerini almıştır(Shafiee, 2009:s.181-189). Ayrıca bu tür yakıtların çevreye olan zararı, küresel ısınma gibi faktörler de yine kamuoyu ve bilim camiasının kabul ettiği gerçekler arasındadır(Barbir, 1990:s.739-749).

Düşük karbon teknolojilerinin elektriğin içerisindeki payının %45 olan oranının 2020 de ortalama %60, 2030 da ortalama %75-80 ve 2050 de %100'e çok yakın bir seyir çizeceği öngörülmüştür. Yenilenebilir enerji kaynağı büyük ölçüde elektriğin içerisindeki payının büyümesiyle birlikte 2020'da elektrik içerisindeki %30 oranındaki payın yenilenebilir kaynaklardan geleceği öngörülmüştür(Keay vd., 2012). 2015 ve 2035 yılları arasında, çok düşük bir ihtimal olmasına rağmen küresel enerji arzı altyapısı ve enerji verimliliği yatırımı ile ilgili 50 trilyon \$ yatırımın ihtiyaç olduğu öngörülmüştür(Krupa, Poudineh, 2017).

Yenilenebilir enerjiye olan ilgi ve yönelimin aslını oluşturan temel öngörünün az maliyetle daha yüksek büyüme oranı eldesi olduğu öngörülmüştür. Bu büyüme oranları öngörülerine rağmen kamu finansman sorunlarının yaşandığı ülkelerde, bütçe de sorunlar yaşanabileceği ve bu sorunların enflasyonist baskıları doğurabileceği öngörülmektedir. Bu yüzden bu ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin ani bir şekilde değil belirli zaman aralıklarında gerçekleşmesi gerektiği vurgulanmıştır(Chang vd., 2009:s.5797). Dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise gelişmekte olan ülkelerin enerji taleplerinin yakın bir süreç içerisinde gelişmiş ülkelerin enerji taleplerini geçeceği öngörüsüdür. Gelişmekte olan ülkeleri nüfusunun büyük bir bölümü düşük gelir gruplarının oluşturduğu hesaba katıldığında, bu tür ülkelerdeki hızlı büyüme oranlarıyla birlikte orta veya yüksek gelir düzeyine ulaşılmasıyla enerji talep artışının oldukça hızlı artış seyri göstereceği düşünülmüştür(Wolfram vd., 2012:s.4).

Fosil enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynakları kıyaslaması yapıldığında, yerli yenilenebilir enerji kaynaklarının oldukça avantajlı olduğu söylenebilir(Kahraman vd. 2009). Bunu örnekleyecek olursak, fosil kaynaklara

dayalı yakıt kullanımıyla birlikte oluşan dışa bağımlılık, ithalat gelirlerinin yüksek meblağları kapsamı, çevreye verilen zarara rağmen yerel yenilenebilir enerjilerle birlikte çevre zararı ve bağımlılık ortadan kalkacak, fosil kaynakların uzun dönemde korunumu sağlayacaktır(Ertürk, 2006:s.32). Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye olumsuz etkisinin yok denecek kadar az olması, işletme ve bakım maliyetlerinin çok düşük düzeyde oluşu, sürdürülebilir ve doğanın evrimi içerisinde hemen yenilenebilir hazır halde bulunması, ülkelerin stratejik temellerini yenilenebilir enerjiler üzerine kurma gerekliliğine neden olarak gösterilebilir(Küleççi, 2009). Fosil kaynakların dezavantajlarına karşın yenilenebilir enerji kaynaklarının olumlu etkilerinin bir kısmı yine şu şekilde sınıflandırılabilir(MGM, 2006):

- ✓ **Çevresel Faydaları:** Kirlenici özelliği olmaması nedeniyle fosil kaynaklara kıyasla çevreye olan zararı yok denecek kadar azdır.
- ✓ **İş ve Ekonomiye Faydaları:** Enerjide dışa bağımlılık oluşturan fosil bazlı enerjiler yerine yerel kaynaklar ve işgücü kullanımıyla sağlanan enerji, kurulum ve işletme açısından ülke adına ekonomik katkı oluşturur ve enerjide dışa bağımlılığı ortadan kaldırır.
- ✓ **Enerji Güvenliği ve Politik Faydaları:** Ülkelerin genelinde en büyük sorun sayılabilecek petrol bağımlılığının azaltılmasıyla birlikte ülkelerin enerji politika ve stratejilerinde yeni bir yön oluşturulabilir, petrol krizlerinin etkisinden önemli ölçüde kurturulabilir.

Bunun yanı sıra gelecekle ilgili öngörülere göre, yenilenebilir enerjilerin tükenmeme özelliği ve bu yöndeki yatırımların ülke ekonomilerine önemli ölçüde katkı sağlayacağı öngörülmüştür.

Geleneksel enerji kaynakları üzerinden dönen büyük bir ekonomi ve bu doğrultuda büyük kâr elde eden çıkar odakları bulunmaktadır. Geleneksel enerjinin araştırılması, çıkarılması, ulaştırılması, pazarlanması, uygun altyapı ve tesislerin yapılması gibi faaliyetlerden fayda sağlayan pek çok devlet, şirket bulunmaktadır. Fosil kaynakların ve nükleer enerjinin üzerinde oluşan sektörden sadece kaynak sahibi ülkeler değil teknoloji sahibi pek çok gelişmiş ülkede yararlanmaktadır. Devletlerin yanı sıra enerji sektöründe faal olan çok uluslu şirketin de enerji politikaları üzerinde ciddi bir söz hakkı vardır. Forbes 2015 En Büyük Şirketler listesinin ilk 50 basamağında 8 şirket fosil enerji sektöründedir(Forbes, 2015). Bu gerçekler ışığında yenilenebilir enerjinin, enerji üretimine hâkim olması ve fosil kaynakların popülerliğinin azalması sancısız bir süreç olmayacaktır. Ayrıca fosil ve nükleer enerjinin her aşaması için hâlihazırda geliştirilmiş teknoloji bulunmaktadır. Her ne kadar yenilenebilir kaynaklardan günümüzde pek çok ülke enerji üretse de,

yenilenebilir teknolojinin alması gereken uzun bir yol bulunmakta, büyük yatırımların yapılması gerekmektedir.

Fosil yakıtlara kıyasla yenilenebilir enerji birim kurulu kapasite, birim enerji üretimi ve birim dolar yatırımı adına daha fazla iş kapasitesi meydana getirdiği öngörülmüştür(El-Katiri, Husain:2014).

Yenilenebilir enerji kullanımı ile ilgili politikaları belirlemeden işletme, yatırım, bakım maliyetlerinin doğalgaz ve petrole kıyasla ne olacağı iyi hesaplanmalıdır. Ayrıca bunun hanehalkı ve endüstri de kullanım maliyetlerinin ne olacağı iyi araştırılmalıdır. Bu konuda devlet de gerektiği ölçüde teşvik ve yatırım politikaları ile gereken desteği sağlamalıdır(Koo vd., 2011:s.2259). Bu amaçlar önemli ölçüde yerine getirildiği takdirde, enerjide dışa bağımlı ülkelerin petrol krizlerinin etkilerinden korunmuş olacaktır. Buna en belirgin örnek olarak 1973-1974 yılında petrol fiyatlarındaki artışlarla birlikte ABD’de 1974’de %4’lük ve 1975 yılında %2’lik artışla birlikte, üretim hacminin 3 yılda ortalama 150 milyar \$ azalması, tüketim seviyesinin bu süreç içerisinde %3,3 azalırken işsizlik ortalama %2 artması gösterilebilir(Mork, Hall, 1979:s.33). Bu durum ekonomide enflasyon, resesyona birlikte stagflasyon olgusunun meydana getirmiştir.

Elektrik üretimi ile ilgili uzun dönem göstergelerine göre kömür bazlı elektrik üretimi, CO<sub>2</sub> emisyonlarını istenilen düzeye çekebilecek karbon tutma ve depolama teknolojilerin gelişimi, sera gazlarının azaltılması ve sınırlandırılmasına yönelik mevzuat ve uluslararası anlaşmaların yürürlüğe girmesi, maliyeti arttıran karbon vergisi ve emisyon ticareti, yenilenebilir enerji kullanımına teşvik eden ulusal politika ve kaya gazı kullanıma yönelik gelişmelerin geleceğini önemli ölçüde etkileyebilir(IEA 2014(b); EIA 2013 ).

Üretim teknolojileri arasındaki rekabeti ile ilgili gerçekleşen iyileşmeler, gelişen teknolojilere ve bunların etkisi sonucunda düşen maliyet unsuru, yükselen fosil yakıt fiyatları ve fosil yakıtların çevreye olan etkileriyle ilgili endişeler, karbon fiyatlama mekanizması, dünyanın birçok ülkesinde sağlanan teşvikler (2013 yılında ortalama 121 milyar \$), yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının geniş alana yayılmasını sağlamaktadır(IEA, 2014(a), EIA 2013). Yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması yıllık yaklaşık 21 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz ithalatının önüne geçecektir. Bu sayede toplamda 4 milyar \$ gibi bir tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır(ETKB, 2016 (a)).

Yenilenebilir enerji dışındaki enerjilerin son dönemde meydana getirdiği zarar ciddi boyuta ulaşmaktadır. Fukushima Daiichi’de nükleer enerji santralinde oluşan kazalar, tesislerde ortalama 40-50 yılı kapsayan söküm ve temizleme süreci ve bunların sonucunda oluşan milyarlarca maliyet (2012 yılında ortalama 110 milyar \$) olarak hesaplanmıştır, başta OECD ülkelerinin nükleer enerjiye dönük yatırımları ve mevcut kapasitelerini genişletme yönündeki endişelerinin artmasına

neden olmaktadır(IEA, 2014(a)). Fukushima felaketinin ardından, Japonya stratejilerini yenilenebilir enerji kullanımı yönünde önemli ölçüde şekillendirmiş, Dördüncü Stratejik Enerji Planı (2014)'na göre ülkedeki genel enerji içerisinde 2013 de %2 olan yenilenebilir enerji payının 2020 yılında %13.5'e ve 2030 yılında bu payın %20'ye çıkarılması hedeflenmiştir(Yamada, 2016).

Yenilenebilir enerjilerle ilgili üzerinde durulması gereken konulardan biri de rüzgar veya güneş gibi yenilenebilir enerjilerin üretiminde kesinti yaşanması halinde oluşabilecek maliyet ve bu tür enerjileri depolanabilme imkanlarıdır(Heal, 2009:s.2; Gowrisankaran vd., 2011:s.5). Ekonomik anlamda diğerlerine göre daha kötü fakir doğu Avrupa ülkeleri, kendilerine empoze edilmiş olan pahalı yenilenebilir enerjiden dolayı gelecekle ilgili endişe duymaktadır. Bölgedeki bazı kara ülkeleri Çernobil reaktörü nedeniyle Büksel'in sergilemiş olduğu tutum neticesinde rüzgar kaynaklarını kapatmak zorunda kalmakta ve böylece rüzgar kaynaklarından yoksun kalmaktadırlar(Buchan, 2007).

Fosil ve Nükleer enerjiye alternatif enerji arayışlarında yenilenebilir enerji kullanımı stratejilerinin ülkeler gündemini oluşturmasına rağmen, bu enerjilerin dünya genelindeki kullanımının oldukça yaygın olması bu geçişin çok kolay olmayacağı izlenimi yaratmaktadır. Dünya genelindeki 400 nükleer enerji santralinden toplam enerji ihtiyacının %16'lık bölümünün karşılandığı düşünüldüğünde bu geçişin süreç içerisinde olması gerekliliği oldukça açıktır. Bazı bölge ve ülkelerde nükleer enerji daha da stratejik önem arz etmektedir(Parfit, 2005:s.96). Nükleer enerjinin OECD ülkelerinde durumu ile ilgili öngörülere göre ise, nükleer enerji üretiminin dünya genelinin ortalama %87'sini oluşturduğu belirtilmiştir(Koçak, Altun, 2003:s.399). Ayrıca BM üyesi ülkelerin %16'sında (ortalama 31 ülke) nükleer enerji santrali olduğu, dünyadaki toplam nükleer enerji üretiminin dörtte üçünün ise tek başına Japonya, Güney Kore, ABD, Fransa ve Almanya'dan sağlandığı ve bu ülkelerde nükleer silahların da bulunduğu belirtilmiştir(Schneider, Froggatt, 2004:s.6). Bununla birlikte meydana gelen nükleer atıklar konusunda alınması gereken güvenlik önlemlerinin ve lisans maliyetlerinin ciddi bir problem oluşturduğu öngörülmüştür(Çengel, 2003:s.13). Nobel Ödüllü İktisatçı Paul Krugman nükleer enerjilerle ilgili bir söyleminde enerji tedariginde nükleer enerjinin karşımın bir parçası olabileceği; fakat asla ana cevabın olmaması gerektiğini belirtirken, nükleer enerji içerisinde radyoaktif atıkların yok edilme problemine ve terör saldırılarına karşı savunmazlık problemlerine vurgu yapmaktadır. Ayrıca nükleer enerjinin yaygınlaşması durumunda çeşitli silahlar ve teröristlerin odak noktası olabileceği, kötüye kullanımların yaygınlaşabileceğine dikkat çekmektedir(Economist's View, 2006). Nükleer enerji santralleri ile bir diğer handikap da enerji üretim sürelerinin 25-30 yıl ile sınırlı olmasıdır. Bu süreç sonrasında santrallerin ne olacağı ile ilgili



belirsizlikler, atıkların oluşturduğu radyoaktif kirlilik nükleer enerji sorununu daha da arttırmaktadır. Almanya ve İngiltere'nin nükleer santrallerin oluşturduğu atıkları yok etme ile ilgili ciddi problemler yaşadığı bilinmektedir(Torunoğlu, 1997:s.25).

Ayrıca Mark Z. Jacobson'da nükleer enerji ile ilgili söylemlerinde dünyanın yalnızca rüzgar, güneş ve hidroelektrik enerjisiyle enerji ihtiyacını karşılayabileceği ve nükleer enerjiye ihtiyacı olmadığını(BrainyQuote(a)), eğer ulusumuz küresel ısınmayı, hava kirliliğini ve enerji istikrarsızlığını azaltmak istiyorsa en iyi enerji seçeneklerine yatırım yapmalıyız ve nükleer enerji bunlardan biri değildir şeklinde belirtmiştir(BrainyQuote(b)). Ayrıca nükleer enerji için harcanan her dolar yenilenebilir enerji için daha az harcanan dolar anlamına gelmekle birlikte, nükleer enerji ve nükleer silahların elden ele dolaşmasıyla birlikte bu her dolar aynı zamanda dünyayı daha da kirleten ve tehlikeli bir yer haline getirdiği yönünde ifadeler bulunmaktadır(BrainyQuote(c)).

Çoğunun güneş enerjisinin forum değişimi ile meydana geldiği öngörülen yenilenebilir enerji kaynaklarının yenilenebilir özelliğinden dolayı belirli bir ömrünün olmaması, çevre dostu olmasına rağmen fosil kaynakların tükeneceği öngörüsü ve çevreye vermiş olduğu zarar yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır(Durdyev, 2010:s.2).

Yenilenebilir enerjinin çevresel konularda tamamen zararsız olduğunu iddia etmek de yanıltıcı olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretilme aşamasında çevre açısından birtakım olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, hidroelektrik santrallerinin yapılması sırasında nehirlerin yataklarına ve çevredeki ormanlara ciddi zararlar verilebilmektedir. İzlanda görüldüğü üzere, jeotermal enerji üretilirken dikkatli olunmazsa yeraltı sularını tüketilmekte ya da yeterli filtreleme yapılmazsa zehirli gazlar atmosfere karışabilmektedir. Ayrıca biyokütle enerji kaynakların üretilmesi için yer açma girişimleri önemli bir sorun teşkil etmektedir. Önemli bir biyokütle kaynağı olan şeker kamışının üretilmesi için Amazon Ormanları'nın kesilmesi üzerinde düşünülmesi gereken bir örnektir(Marcovitz, 2011). Bunların yanında rüzgar tribünlerinin de bölgede uçan kuşların ölümlerine sebep olduğu ve canlı yaşamına tehdit oluşturabileceği bilinmektedir.

Dünyada kullanılan kaynakların tükenmeye doğru ilerlediği konusunda genel görüş birliğine varılmış durumdadır(Turner, 2008). Yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasına bağlı olarak doğalgaz ithalatının azaltılmasıyla fosil yakıtların çevreye verdiği zararın önüne geçilmiş olacaktır. Bu doğrultuda karbon emisyonu toplamda 47 milyon ton azaltılacaktır(Energy World Dergisi, 2015). Gelişmekte olan ülkelerin çoğu ve nüfusunun büyük bir bölümünün doğal kaynaklar ile direkt olarak bağlantılı olduğu, ayrıca dünyada ekonomik anlamda

zayıf sayılabilecek kırsal kesimin çoğunun ekosistem ve çevre ile ilişkili doğal kaynakları bağımlı olduğu söylenebilir(Barbier, 2005).

Yenilenebilir enerjiler ile nükleer enerjilerin kıyaslamasının yapıldığı 19 ülkeyi kapsayan bir çalışmaya göre ise nükleer enerji kullanımının atmosfer kirliliği ile mücadelede katkı sağlayabileceği belirtilmiştir. Çalışmaya göre %1'lik kullanım artışının CO<sub>2</sub> bazlı kirlilikte % 0.477'lik bir azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Bu öngörülere rağmen yenilenebilir enerjinin ise daha çok doğalgaz, petrole dayalı yüksek dış bağımlılığa sahip ülke ekonomileri üzerinde arz ve fiyat dalgalanmaları karşısında kırılganlıkları azalttığı öngörülmüştür. Ayrıca yenilenebilir enerjilerin enflasyonist baskılar, dış şoklar gibi etkilere karşı ülke ekonomilerini dayanıklı kıldığı söylenebilir(Apergis vd., 2010:s.2259).

2015 Mayıs verilerine göre 31 ülkeyi kapsayan 379.261 MW kurulu gücüne sahip 438 adet nükleer enerji santralının işletme halinde olduğu öngörülmüştür. Ayrıca 65,5 GW'lık güce sahip 67 nükleer enerji santralının 15 ülkede inşa halinde olduğu belirtilmiş, bu santrallerin 24'ünün Çin, 6'sının Hindistan, 5'inin ABD, 4'ünün Güney Kore'de olduğu öngörülmüştür(IAEA, 2015). 2011 yılında gerçekleşen Fukushima Daiichi kazası sonrasındaki gelişmelerle birlikte, dünya genelinde nükleer enerji öngörülere belirsizlik içerisinde girmiş ve bu belirsizlik durumunun günümüzde de devam ettiği öngörülmüştür. Kazanın hemen ardından çeşitli ülkeler nükleer santralleriyle ilgili stratejilerini değiştirmiş ve projelerinden vazgeçmişlerdir. İtalya referandum kararıyla nükleer enerjiye başlamama kararı almıştır. Ayrıca İsviçre ile birlikte, Almanya 2022 yılına kadar Belçika ise 2025 yılından itibaren nükleer enerji santrallerini kapatma ve yeni nükleer enerji projelerine başlamama kararı almışlardır. Çin ise 44 GW'lık nükleer enerji santralleri işletmeye alma kararı vermiştir. Tayvan da ise kamuoyunun göstermiş olduğu tepki sonucunda ülkede %80'i bitmiş 4. santral olarak planlanan inşaat durdurulmuştur. ABD'de ise 2013-2014 zaman aralığında maliyetlerin fazla olması ve düşük toptan elektrik fiyatları nedeniyle nükleer enerjiye dönük kapatma kararları alınmıştır(IEA, 2014(a); EIA 2013). Japonya'nın belirtmiş olduğu Stratejik Nükleer Enerji planına göre nükleer enerjiyi destekleyen ifadeler yer alsa da, ülkede nükleer enerjiye yönelik belirsizlikler devam etmektedir. Japonya'da 2014 yılında herhangi bir nükleer santral elektrik üretimi amacıyla faaliyete başlamaz iken, ülkede 2014 başlangıcı ile Shimane-3 ve Ohma adlı 2 santral bulunduğu bilinmektedir(IAEA, 2015). Stratejik belirsizliklerin devam etmesine rağmen Japonya'nın nükleer enerjiyle ilgi yaklaşımının, 2012'de 46 GW kapasitesinin 2040'da 24 GW kapasitesine düşeceği öngörülmüştür(IEA, 2014(a)).

Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklar açısından zengin potansiyeline rağmen, yenilenebilir enerjilere yönelik yeterli ölçüde ciddi planların olmadığı, bunun yerine fosil yakıt bağımlılığını daha da arttırıcı ithalat ihale planları olduğu

belirtmiştir. Türkiye’de fosil kaynaklardan enerji %70 düzeyindedir. Bu da çevre kirliliği ve küresel ısınma anlamında oldukça risklidir(Froggatt, 2000).

AB ülkelerinde enerji bağımlılığı ile ilgili araştırmalar sonucunda ortalama %50 düzeyinde olan dış bağımlılığın 2030 yılına gelindiğinde %70’i bulacağı, bu öngürlere göre AB’nin ana hedeflerini başında %20 oranındaki enerji israfının sifıra düşürülmesi gelmektedir. Bu amaç doğrultusunda AB en uygun yenilenebilir enerji arayışı çalışmalarına devam etmektedir(Mancisidor vd., 2009:s. 101).

Küresel enerji piyasalarında petrole dayalı egemenliğin ortalama 100 yıldır devam ettiği bilinmektedir. Bu süreçle birlikte petrol ithalatının yoğun olarak yaşandığı ülkelerde petrol artışları ekonomik olarak çeşitli etkiler yaratmıştır. Bu etkilerin önümüzdeki süreçte de devam edeceği; fakat petrole yönelik bağımlılığın azalacağı tahmin edilmektedir. 21. yy ile birlikte yenilenebilir enerjilerin ülkelerin enerji geleceğinde daha fazla yer tutacağı belirtilmiştir(Rapier, 2011:s.3).

AB ülkelerine yönelik araştırmalar kapsamında 28 ülke ele alınarak net ithalat rakamları incelendiğinde, 2005-2012 döneminde doğalgaz ile ilgili %1,8, katı yakıtlarla ilgili %1,2, petrol ile ilgili ise %6,8’lük bir azalama tespit edilmiştir. Bu 7 yıllık zaman diliminde Türkiye verileri %68,5 olarak öngörülmüştür. 2012 yılında Almanya’nın İtalya’yı geçtiği ve AB’de en fazla doğalgaz ithal eden ülke konumuna geldiği; Almanya’nın ardından İtalya, Fransa, İngiltere, İspanya’nın geldiği öngörülmüştür. Türkiye ise 2012 yılında İspanya ve İngiltere’nin ardından Fransa’yı geçtiği belirtilmiştir. 2005-2012’lik dönemde Romanya (-%45), Macaristan (-%38) ve Estonya (-%32) liste başı olan 16 ülke de düşüş yaşadığı belirtilmiştir. AB ülkelerinden yalnızca Hollanda ve Danimarka’nın net ihracatçı konumunda olduğu belirtilmiştir(WEC, 2015).

**Tablo 1:** Belirsizliğe Sebep Olan Başlıca Bölgesel Enerji Politikaları

	Afrika	Asya	Avrupa	Latin Amerika ve Karayipler	Ortadoğu ve Kuzey Afrika	Kuzey Amerika
<b>Makroekonomik</b>	Enerji Fiyatları	Enerji Fiyatları	Enerji Fiyatları	Sermaye Piyasaları	İklim Değişikliği İle İlgili Gelişmeler	Enerji Fiyatları
<b>Jeopolitik</b>	Orta Doğu Dinamikleri	Orta Doğu Dinamikleri	Rusya	ABD Politikaları	AB Ortak Enerji Politikasına Doğru Gidiş	Çin/ Hindistan
<b>İş Ortamı</b>	Enerji Teşvikler	Yenilikçi Düzenlemeler	Yenilikçi Düzenlemeler	Enerji Teşvikleri	Ticaret Engelleri	Bölgesel Bağlantılar
<b>Enerji Vizyonu ve Teknoloji</b>	Elektriğin Depolanması	Karbon Tutma ve Depolama	Karbon Tutma ve Depolama	LNG	Enerji Verimliliği	Elektriğin Depolanması

**Kaynak:** WEC, 2015

Enerji ile yapılan araştırma sonucunda belirsizliğe neden olan bölgesel enerji politikaları Tablo 1’de belirtilmiştir.

**Tablo 2:** Enerji Sektörü Politikalarına Etki Eden En Belirleyici Unsurlar

	Afrika	Asya	Avrupa	Latin Amerika ve Karayipler	Ortadoğu ve Kuzey Afrika	Kuzey Amerika
<b>Makroekonomik</b>	Enerji Fiyatları	Enerji Fiyatları	Enerji Fiyatları	Sermaye Piyasaları	Enerji Fiyatları	Enerji Fiyatları
<b>Jeopolitik</b>	Çin / Hindistan	Çin / Hindistan	Rusya	Çin / Hindistan	Ortadoğu Dinamikleri	Çin/ Hindistan
<b>İş Ortamı</b>	Enerji Teşvikler	Yenilikçi Düzenlemeler	Enerji Teşvikleri ve Bölgesel Bağlantılar	Enerji Teşvikleri ve Ticaret Engelleri	Enerji Teşvikleri	Bölgesel Bağlantılar
<b>Enerji Vizyonu ve Teknoloji</b>	Enerji Verimliliği	Kömür	Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları	LNG	Enerji Verimliliği	Elektriğin Depolanması

**Kaynak:** WEC, 2015

Enerji sektöründe etkili olan unsurlar Tablo 2’de belirtildiği gibi olup, bu unsurların enerji stratejilerinin değişkenliğinde önemli rol oynadığı tahmin edilmektedir. İklimsel değişiklikler, küresel ısınma etkileri, sera gazlarının azalması, doğal kaynakların tükenmesi, enerji kullanımının dünya genelindeki artışı, mevcut kaynakların korunması, fosil yakıtların tükenme tehlikesi, siyasi gelişmelere bağlı izlenen politikaların belirsizliği, siyasi olmayan ani gelişen değişikliklerin yenilenebilir enerji kaynak kullanımı zorunlu kılacağı yönündeki öngörüler artmaktadır(Apergis, 2010:s.656-660; Komor, 2005:s.1873-1881). Petrol fiyatlarında belirsizliğin devam etmesi, karbon emisyonuyla ilgili endişeler, enerjide olan dışa bağımlılık, yenilenebilir enerji kurulumunda ve üretiminden sağlanan kredi desteği, vergi indirimi v.b. devlet politikaları, yenilenebilir enerji piyasası oluşturma düşüncesi yenilenebilir enerjinin dünya gündeminde önemli bir yer tutmasını sağlamaktadır(Bowden, 2010:s.400-408).

Dünyanın 21. yy’da karşılaştığı başlıca sorunlardan biri de güvenli enerjinin tedariği konusudur. Günümüzde enerji üretme ve kullanma biçimlerini sürekli değildir. Bunu insan kaynaklı iklimsel değişikliklerin etkisinden açıkça anlayabiliriz. 1990-2008 yılları arasında enerji tüketiminin %40 oranında arttığı ve enerjinin %80’inin fosil kaynakların oluşturduğunu söyleyebiliriz(IRENA, 2011).

WWF raporuna göre 2050 yılına kadar olan süreçte, küresel enerji arzını bütünüyle yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamanın mümkün olabileceği, yasal, teknik, toplumsal, ekonomik kapsamda küresel dönüşümlerle birlikte gelecek 40 yıllık zaman diliminde artış eğilimi gösteren enerji ihtiyacının tümünün yenilenebilir enerjiden sağlanabileceği, bunların gerçekleşebilmesi adına bireylerin ve özel sektöründe üzerinde düşen sorumlulukları yerine getirip sadece hükümetlerin yaptırım gücünün yeterli olmadığı belirtilmiştir(WWF, 2011).

Önümüzdeki süreçte enerji tüketiminin artmasıyla birlikte, yapılan incelemeler sonucunda 2010 yılından 2040 yılına kadar olan süreçte birincil enerji tüketiminin %56 düzeyinde artması; ancak enerji talebindeki artış yansımalarının her ülkede eşit düzeyde olmayacağı öngörülmüştür(IEA, 2013 (a)). 1980 yılında 7.224 Mtep olan dünya birincil enerji kaynakları tüketiminin, 2000'de 10.034 Mtep'e, 2011'de bir önceki yıla kıyasla % 3,1 artışla 13.113 Mtep'e ulaşacağı öngörülmüştür(IEA, 2013 (a)). Fosil kaynaklar arasında Türkiye için en önemli payı kömür oluşturmaktadır. Genel kapsamda çimento sektörü, termik santraller, konut ve yapıların ısıtılması, demir-çelik endüstrisinin bu sektörle ilişkili olduğu söylenebilir. Yerli kömür üretiminin 2011 yılındaki verilere göre 17,8 Mtep düzeyinde olduğu belirtilmiştir. Bunun toplamda 32,2 Mtep birincil enerji üretim değeri içerisinde %55,5'lik payı oluşturduğu belirtilebilir. Dünya Enerji Konseyi verilerine göre ise dünya kömür rezervlerinin ortalama 861 milyar ton düzeyinde olduğu öngörülmüştür.

AB enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması, bağımlılığın olabildiğince azaltılması, tüketim ve üretimde bazı sınırlandırılmaların kaldırılması, gelişim ve istihdam açısından istenilen hedeflere ulaşılması için yenilenebilir enerji kaynaklarını gündem maddelerinin üst sıralarında tutmuş, konuyla ilgili teknolojik gelişmelerin gerçekleşmesiyle dünyada stratejik bir konumda yerini almıştır. Avrupa yenilenebilir enerji öngörülerine göre 2020 yılında 90'lı yıllara kıyasla CO<sub>2</sub> emisyonunun % 17.6 oranında azalacağı, aynı yıl içerisinde yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımların %20, 2040 yılında ise %50 oranında arttırılacağı belirtilmiş, yenilenebilir enerjinin elektrik sektöründeki payının %33, ısıtma-soğutma sistemlerindeki payının %25 olması gösterilen hedefler arasında olmuştur. Amerika Enerji Bilgi Yönetimi 2012 raporunda yenilenebilir enerji ile ilgili şu ifadeler yer alarak yenilenebilir enerjinin önemine vurgu yapılmıştır(EIA, 2012):

*“Yenilenebilir enerji dünyadaki en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır. 2010 yılında, fosil yakıtların elektrik enerjisi üretimi açısından payı %3 ila %4 artarken, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %10'dan %15'e yükselmiştir.”*

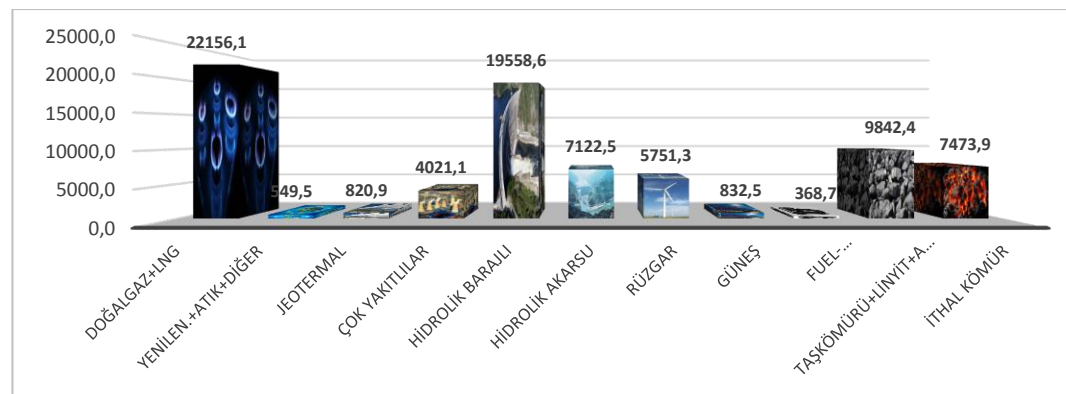
Yenilenebilir enerji kaynaklarının, küresel toplam elektrik enerjisine katkısı %18,3 olmakla birlikte, bu oranın %87'lik kısmının elektrik enerjisi ekonomik alternatiflerinden hidrolik kaynaklar aracılığıyla tek başına karşılanabileceği öngörülmüştür(IEA/OECD, 2008).

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle enerjisinin dünya genelindeki verilerine göre, Asya ülkelerinin %44, Avrupa, Kuzey Amerika, Avustralya ve Japonya'nın %23, Afrika'nın %21 ve Latin Amerika'nın %12'lik biyokütle enerjisi kullanım oranına sahip olduğunu söyleyebiliriz(Bhatt, 2006). Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde geleneksel biyokütle enerjisinin Türkiye'de en büyük potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Yenilenebilir enerji alanında gerek yerel, gerekse Avrupa ve Dünya'daki gelişiminde sürdürülebilirliğin sağlanması, önümüzdeki süreçte enerji geleceğinde meydana gelebilecek problemler karşısında herhangi bir problem yaşanmaması adına bazı stratejiler geliştirilmiş, düzenleme ve uygulamalar yoluna gidilmiştir. Bu çerçevede 59 termal saha 419 milyon \$ bedel ile özel sektöre devrolurken, 2011 itibariyle 1407 MW'ı yenilenebilir enerji santrali olmak üzere toplam 2287 santral sisteme dahil olmuştur(TYDTA, 2012). Yine EPDK'ya olan başvuruların yarısına yakınının yenilenebilir enerjiyle ilgili olduğu, 106 bin MW'lık mevcut gücünde 2100 proje başvurusu olduğu belirtilmiştir(TYDTA, 2012). Hedefler arasında rüzgar enerjisi 2015 yılında itibariyle 10.000 MW'a, 2023 yılına gelindiğinde ise yılı 20 GW kurulu güce ulaşması gösterilmektedir(ETKB, 2011). Türkiye'de rüzgar enerji potansiyel verilerine göre yıllık enerji tüketiminin 2 katını karşılayacak düzeyde rüzgar enerji potansiyelinin var olduğu (160 TWh), jeotermal enerji potansiyelinin ise dünyadaki toplam jeotermal enerji potansiyeline göre 1/8 büyüklüğünde olup, 2268 MW'lık potansiyelin 1229 MW'sı elektrik üretimi ve termal ısı ihtiyacının karşılanmasında kullanıldığı belirtilmiştir(EIE/YEGM, 2012; EPDK). Geleceğe yönelik hedefler çerçevesinde Enerji Bakanlığı yenilenebilir enerji kapsamındaki yatırımlarının %30'a yükseltilmesi, su bazlı enerjiden maksimum ölçüde fayda sağlanması, enerji borsasının oluşturulması, Türkiye adına yenilenebilir enerjiden olumlu sonuç elde edilmesi beklenen hedefler arasındadır(TYDTA, 2012).

Hidroelektrik ve yenilenebilir enerji kaynakların tüketimindeki artışın 2035-2040 döneminde devam edeceği ve yaklaşık olarak %2,9'luk artışların gerçekleşeceği belirtilmiştir(IEA, 2015; EIA 2016). Hidrolik dışında yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç içerisindeki payları 2011 yılında %7,6 olup, 2012 yılında %8,7 ve 2013 %9,6 olup, bu oranın 2020'de %15,2'ye, 2030 yılında %18,5'e ve 2040 yılında da %20,7'ye yükseleceği, bu artışa rağmen aynı zaman diliminde hidroelektriğin %19,3'den %16,4'e düşeceği öngörülmüştür. Yenilenebilir kurulu

gücünün bu artan seyrine olan en büyük katkının 786 GW ile rüzgar ve 636 GW ile güneş enerjisinden gelmesi beklenmektedir. Aynı süreçte elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payının 2013 yılında %21,9 olup, 2020 yılında %25,2 ve 2040 yılında %26,6'ya yükseleceği öngörülmüştür(IEA, 2015; EIA 2016). Yenilenebilir enerji ile öngörülere göre tüketimindeki gerçekleşen artışın OECD üyesi ülkeler haricinde 193 GW ile Çin, 75 GW ile Brezilya, 53 GW ile Hindistan, 59 GW ile Afrika ve Güney Amerika ülkeleri büyük ve orta ölçekli hidroelektrik santrallerinden ve Çin'de 260 GW, AB'de 162 GW, Hindistan'da 79 GW ve ABD'de 78 GW gücünde sisteme dahil edilmesi planlanan rüzgar santrallerinden kaynaklanacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca OECD ülkeleri ve Kanada hariç AB ülkelerinde az da olsa büyük ölçekli hidroelektrik santrali inşa projeleri gerçekleşeceği belirtilmiştir. Önümüzdeki süreçte OECD ülkelerinde petrol, nükleer enerji, kömür kaynaklı enerjinin öneminin önemli ölçüde azalırken, doğalgazın öneminin artacağı, buna karşın rüzgar, güneş, hidrolik ve biyoenerji başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artıştan oluşacak enerji açığının giderileceği öngörülmüştür. Bu doğrultuda ABD, Avrupa, OECD dışı ülkeler ve Çin'de rüzgar enerjisi yatırımlarının önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir(IEA, 2015; EIA 2016). Almanya ve İtalya başta olmak üzere AB'de 80 GW, Çin 17 GW, Japonya 14 GW, ABD 13 GW güç ile güneş enerjisi fotovoltaik (PV) uygulamalarında son dönemde ciddi bir artış yaşanarak hedeflenen düzeye önemli derecede yaklaşmıştır. Buna rağmen odaklanmış güneş enerjisi (CSP), dalga enerjisinde 2013 yılı verilerine göre istenilen seviyeye henüz ulaşılmadığı, ciddi bir ticarileşmenin gerçekleşmediği görülmüş ve 2040 yılı öngörülerine göre PV'den 1.066 TWh, CSP'den 147 TWh ve dalga enerjisinden 37 TWh düzeyinde elektrik üretiminin söz konusu olacağı belirtilmiştir(IEA, 2015).

**Grafik 3:** Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü (2016 Yılı Sonu)

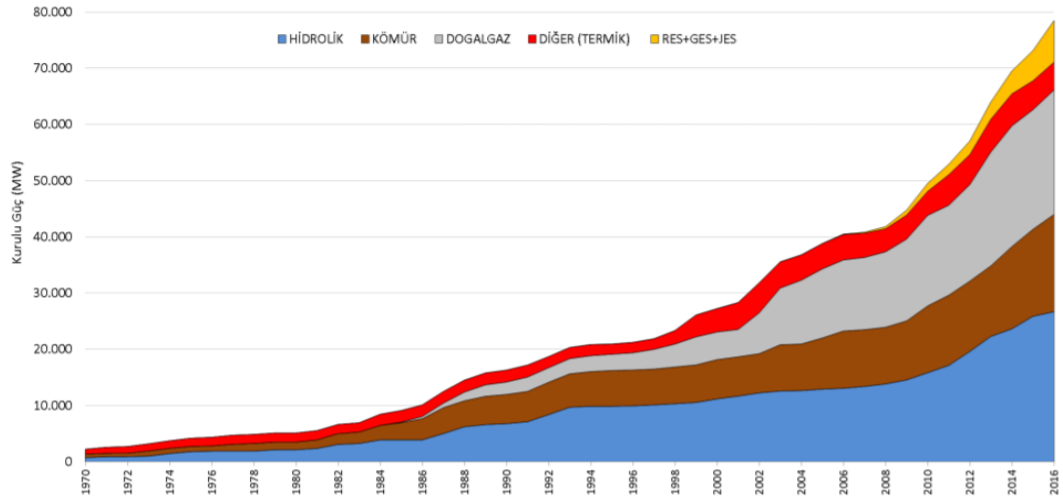


Kurulu Güç: 78.497,4 MW

**Kaynak:** TEİAŞ 10.03.2017

Elektrik enerjisinin 2016 yılı sonu itibari ile kurulu gücü verileri Grafik 3'te belirtilmiştir.

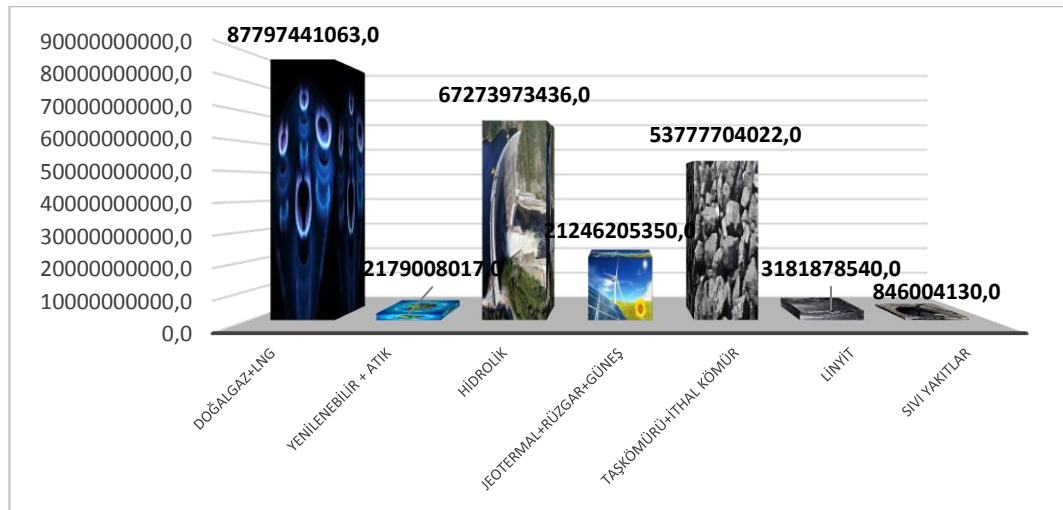
**Grafik 4:** Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü Değişimi (1970-2016)



**Kaynak:** TEİAŞ, 10.03.2017

1970-2016 zaman aralığında Türkiye'deki elektrik enerjisi kurulu gücündeki değişim Grafik 4'te belirtildiği gibidir.

**Grafik 5:** Türkiye Elektrik Üretimi ve Tüketimi (2016 Yıl Sonu)



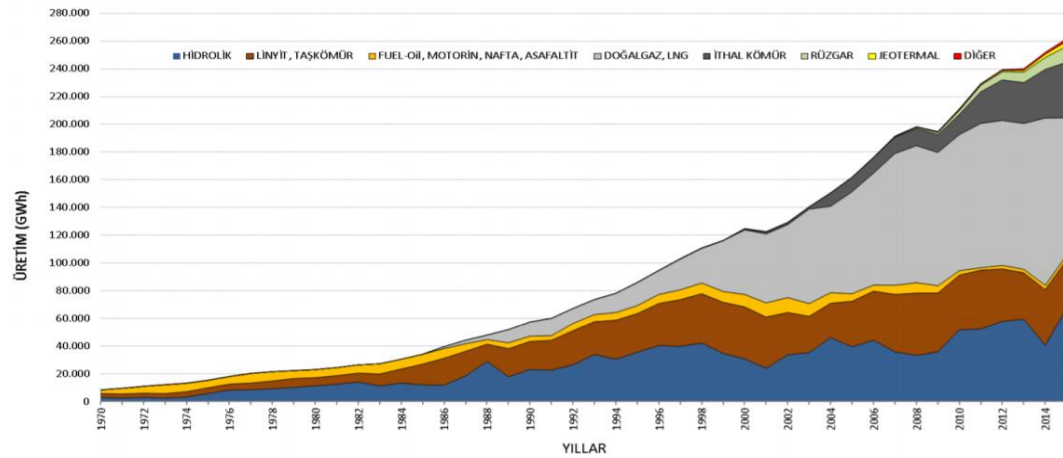
Üretim:273.387.560.799 kWh Tüketim: 278.345.608.308 kWh

**Kaynak:** TEİAŞ 10.03.2017



2016 yılı sonu itibari ile Elektrik Üretimi ve Tüketimi verileri Grafik 5'te belirtildiği gibidir.

**Grafik 6:** Elektrik Enerjisi Üretimi Değişim (1970-2015)



**Kaynak:** TEİAŞ 10.03.2017

1970-2016 zaman aralığında Türkiye'deki elektrik üretimi değişimi Grafik 6'da belirtildiği gibidir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önüne geçilerek enerji ihtiyacının nükleer enerjiyle tedarik edilmesi, nükleer enerji santrallerinin kurulum aşamasından elektrik üretiminin gerçekleşmesine kadar olan sürecin ortalama en az 10 yıl sürmesi, nükleer enerjinin enerji ihtiyacının karşılanmasında sürdürülebilir, elverişli bir yöntem olmadığı düşüncesini beraberinde getirmiştir (IAEA, 2008). Ayrıca nükleer santrallerin kurulma, ömrü dolan santralin sökülme aşamalarının diğer enerji kaynaklarına kıyasla maliyetinin çok yüksek olması, gelecekte enerjiyle ilgili zaman ve maliyet kaygılarının sürmesi, alternatif arayışlarının yenilenebilir enerji yönünde olmasını sağlamıştır. 2008-2030 döneminde dünyadaki enerjiye yönelik talep artışının ortalama %1,6 olması, 2030 sonlarına doğru ise toplam enerji talebi artışının yaklaşık olarak %45'i bulması beklenmektedir (IEA, 2008).

**Tablo 3:** Dünya Enerji Arzında Enerji Kaynaklarının Payı (1973-2030)

OECD	Petrol	Kömür	Gaz	Nükleer	Hidroelektrik	Yenilenebilir Enerji
1973 (%)	52,5	22,6	19,0	1,3	2,1	2,5
2008 (%)	37,3	20,9	23,7	10,9	2,0	5,2
2030 Tahmini (%)	30,0	16,6	20,5	9,5	3,9	19,5
DÜNYA	Petrol	Kömür	Gaz	Nükleer	Hidroelektrik	Yenilenebilir Enerji
1973 (%)	48,1	28,5	19,6	1,9	1,8	0,1
2008 (%)	34,3	32,6	22,9	5,9	2,2	2,1
2030 Tahmini (%)	30,1	28,8	21,6	5,3	2,4	11,8

**Kaynak:** IEA, 2009(a)

Dünya enerji arzında 1973-2030 zaman aralığında enerji kaynaklarının OECD ve Dünya genelindeki durumu Tablo 3’de belirtildiği gibidir. Veriler doğrultusunda yenilenebilir enerji payının OECD ülkeleri enerji arzı içerisindeki payının 1973 yılında %2,5, 2008 yılında %5,2 ve 2030 yılında %19,5 olacağı, dünyadaki genel durumunun ise 1973 yılında %0,1 olup, 2008 yılında %2,1 olduğu ve 2030 yılında bu arzın artarak %11,8’e ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Yenilenebilir enerjinin Türkiye’deki durumunun iyileştirilmesi, kullanımının artırılması ve verimliliğin sağlanması ile ilgili yaptırımlar getirilmiş, böylelikle 2005’de ‘Yenilenebilir Enerji Kanunu’, 2007 yılında ‘Jeotermal Kanunu’ kanunu çıkarılmıştır.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin verimli bir şekilde kullanımı yönünde dünyanın büyük bölümünde olduğu gibi Türkiye’de de mali ve ekonomik kısıtlamalardan bahsetmek mümkündür. Çalışmalar devam etmekle beraber bunların uygulanabilirliği yönünde tartışmalar devam etmektedir. Enerjinin etkili bir biçimde kullanımı ile birlikte, israfın, kayıp ve kaçakların azaltılması, maliyetlerin düşürülmesine yönelik Enerji Verimliliği Kanunu 2007 yılında yürürlüğe girmiş, teşvik amaçlı KOSGEB tarafından sağlanmış, küçük ve orta ölçekli işletmelere olan bu teşviklerin fizibilite ve diğer teknik çalışma maliyetlerinin %70’ini oluşturduğu öngörülmüştür(IEA, 2009(b)). Buna rağmen yenilenebilir enerji ile ilgili ciddi bir devlet yardımı olmamakla beraber belirtilen teşvikler destek sağlanmaktadır(IEA, 2009(b)):

- ✓ *Elektrik enerjisi satın alınması ile ilgili teminatlar*
- ✓ *Şebekeye satılan elektrik için satış tarifesi*
- ✓ *Parçaları yerel olarak üretilmiş yenilenebilir santrallere verilen ekstra satış tarifesi*
- ✓ *Şebekeye bağlantıda yenilenebilir enerjiye öncelik*
- ✓ *Lisans işlemlerinde indirim ve 500 kW altı için ücret muafiyeti*

### **1.5.Yenilenebilir Enerji Çeşitleri**

Yenilenebilir enerjiyi “doğal kaynaklardan elde edilebilen ve kendini sürekli yenileyebilen bir enerji kaynağı” olarak tanımlamak mümkündür(Australian Renewable Energy Agency). Enerji üretilmesi amacıyla doğal kaynaklar baz alınarak kullanılan ve yeni teknolojilerle birlikte gelecekte enerji piyasasında stratejik gündem maddesi olarak dünyada yerini alması öngörülen yenilenebilir enerjilere örnek olarak güneş, hidroelektrik, rüzgar, biyokütle, jeotermal, deniz kökenli, hidrojen ve üzerinde araştırmaların devam eden yenilenebilir enerjiler örnek gösterilebilir(Alternative Energy).

### 1.5.1.Güneş Enerjisi

Güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon süreci sonucunda meydana gelen ışıma enerjisini Güneş enerjisi olarak tanımlayabiliriz. Güneşte bulunan hidrojen gazının helyuma gazına dönüşümü füzyon süreciyle gerçekleşmektedir. Elektrik güç üretimleri, binaların ısıtılıp-soğutulması güneş enerjisiyle ilgili söz konusu çalışmalar arasında olmakla birlikte, genellikle su ısıtma, yüzme havuz sularının ısıtılması için kullanılmaktadır(Morse, 1977).

Başta fotovoltaik (PV) uygulamalar olmak üzere, güneş enerjisiyle ilgili uygulamalarda son dönemlerde ciddi gelişmelerde artış meydana gelmektedir. Avrupada PV kullanımı Almanya 36 GW, İtalya 18 GW seviyeleriyle önemli bir seviyeye gelmiştir. Bunun dışında PV kullanımında Çin 20 GW, Japonya 13 GW ve ABD 13 GW değerleriyle ciddi gelişme gösteren ülkeler arasındadır. Buna rağmen odaklanmış güneş enerjisi (CSP), dalga enerjisi uygulamaları 2012 değerlerine göre henüz önemli derecede ticarileşmenin sağlanmadığı belirtilmiştir. 2040 yılına gelindiğinde PV için 832 TWh, CSP için 173 TWh ve dalga enerjisi için 41 TWh'lık elektrik üretim düzeyine çıkacağı öngörülmüştür(IEA, 2014(a)).

**Tablo 4:** Güneş Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler

Toplam Kurulu Güç	Kurulu Güç Kapasitesi En Yüksek Ülkeler (2011)			Dünya Birincil Enerji Arzı (2010)	Dünya Elektrik Enerjisi Üretimindeki Payı (2010)	Brüt Elektrik Üretimi (2010)	Toplam İstihdam (2011)
	Güneş PV	Isıl Güneş Sistemleri	CSP				
Şebekeye Bağlı PV Sistemler 70 GW CSP Sistemleri 1,8 GW Isıl Güneş Enerjisi Sistemleri 232 GW <sub>th</sub>	Almanya İtalya Japonya	Çin Türkiye Almanya	İspanya ABD Cezayir	19,9 MTEP	% 0,16	Şebekeye Bağlı PV Sistemler 32 TWh CSP Sistemleri 2 TWh	1.750.000

**Kaynak:** REN21, 2012:s.27; IEA,2012 (c):s.33; IEA,2012 (b):s.216

Güneş enerjinin 2010-2011 zaman aralığında dünyadaki genel durumu Tablo 4'te belirtildiği gibidir.

Güneş enerji üretim sistemleri Tablo 5'te belirtildiği belirtilmiştir. Güneş enerjisi, enerjisi üretiminde dışa bağımlılığın azaltılması, arz güvenliğinin sağlanmasında ciddi miktarda katkı sağlamaktadır.

**Tablo 5:** Güneş Enerjisi Üretim Sistemleri

<b>Fotovoltaik Güneş Panel Sistemi (PV)</b>	Yarı-iletken malzemeden yapılan fotovoltaik hücrelerin güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirmesine yarayan sistemdir. Genellikle binaların çatılarına kullanılsa da, ticari amaçlı kurulmuş birçok panelin gruplandırıldığı güneş çiftlikleri de vardır.
<b>Isıl Güneş Enerjisi Sistemleri (SolarTermal)</b>	Güneş enerjisinden ısı elde edilmesini sağlayan sistemdir. Isıl güneş teknolojileri en çok binalarda ve diğer yapılarda suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Buna ek olarak, yeni teknolojilerle bu ısı elektrik üretiminde de kullanılmaktadır.
<b>Yoğunlaştırıcı Güneş Sistemleri (CSP)</b>	Aynalar aracılığıyla toplanan güneş ışığının yüksek sıcaklıklı ısıya ve sonrasında jeneratör kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürüldüğü sistemlerdir. Bu sistemler küçük ölçekli (10 kW) olabildikleri gibi, şebeke bağlantılı büyük sistemler (100 MW) olarak da tasarlanabilmektedir.

**Kaynak:** ETKB, 2012

Güneş enerjisinin yaygınlaşması, gelişen teknolojilerle birlikte iş imkanları artmakta ve temiz enerji kaynakları üretimine ciddi katkı sağlamaktadır. IEA küresel enerji raporlarına göre, 2010 yılında 34 TWh'lık güneş enerjisinin dünya elektrik üretimine katkısının 2035 yılı itibariyle 846 TWh'a çıkacağı tahmin edilmektedir(IEA, 2012(b):s.216).

Güneş enerjisi sektörünün istihdam verileri incelendiğinde REN21 ve ILO'nun IRENA raporlarına göre ısı güneş sistemlerinin 900.000, CSP 40.000 ve PV'nin ortalama 820.000'lik katkısı ile birlikte toplamda ortalama 1 milyon 750 bin yeşil iş imkanı yarattığı öngörülmüştür(REN21, 2012:s.27).

Türkiye'nin şu anki toplam elektrik ihtiyacını karşılayabilmek adına 790 km uzunluğunda bir alana yayılacak güneş panellerine ihtiyaç vardır(WWF Report, 2012). 2023 yılı brüt elektrik talebinin 500 bin MW olacağı öngörüsü altında Türkiye tüm güneş potansiyelini kullanmak koşuluyla 2023 yılına gelindiğinde elektrik talebinin tamamını sadece güneş enerjisinden karşılayabilecektir. Mevcut imkan ve maliyetlerin bu öngörünün gerçekleşmesine olanak sağlamayacağı açıktır. ETKB tarafından yapılan tahminler 2019 yılı için güneş enerjisinde 3 bin MW'lık elektrik üretimi gerçekleştirilmesi ve bu rakamın 2023 yılında 5 bin MW'a ulaştırılması yönündedir(Karagöl, Tavaz, 2017:s.22).

Elektrik üretiminde güneş enerjisi teknik potansiyeli 189 GWh/yıl olan Türkiye, bu alanda kendisine en yakın ülkeler olan İspanya ve Fransa'dan yaklaşık % 30 daha fazla potansiyele sahiptir. Türkiye'nin yeryüzündeki coğrafi konumu gereği yıl içerisindeki güneşli gün sayısının fazla olması, teknik açıdan bu denli

yüksek bir potansiyele sahip olmasında en büyük etkenlerin başında gelmektedir(The EU Project BETTER, 2014).

Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasına rağmen güneş pillerinin hala dezavantajlı olduğu noktalar bulunmaktadır. Direkt dönüşümlerle üretilen yüksek miktardaki elektrik enerjisi, mevcut sistemlerle depolanamama sorunu ve maliyetlerin diğer kaynaklara nazaran halen istenilen ölçüde olmayıp fazla oluşu, güneş pillerinin ana maddesini oluşturan kristal silikon mekanizmalarının geliştirilip, önümüzdeki süreçte maliyetlerin azaltılmasıyla daha verimli çalışacağı öngörülmüştür(Williams, 1974:s.54-55).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda güneş enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Yenilenebilir, temiz, sürekli bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin, taşınabilir ve kolaylıkla kurulumu yapılabilir oluşu, çevreyi kirletici etkisi olmayıp enerji ihtiyacına göre kolayca değişime elverişli olması, mekanik yıpranma yaşanmaması, modüler (değişebilir) olması, işletme kolaylığı, yakıt sorununun olmayışı ve uzun dönem boyunca sorunsuz bir şekilde çalışması güneş enerjisinin önemli avantajları arasındadır(T.C. MEB, 2012).
- ✓ Dünyanın birçok yerinde bol miktarda bulunması, dışa bağımlı olmaması, güneş enerjisi sistemleri güvenilir olması, az veya hiç bakım gerektirmemesi, ilk yatırım maliyeti göz ardı edildiğinde ucuz bir kaynak olması, krizlerin etkisinden uzak olması, oldukça basit teknolojiyle bile yararlanılabilmesi, nakil problemi olmadığından ihtiyaç duyulan yerlerde kolayca elde edilmesi, elektrik şebeke hattının olmadığı, şebeke hattı götürülmesinin maliyetli olduğu kırsal bölgelerde güneş pilinin kullanımı (güvenilir, dayanıklı, uzun ömürlü olmasından dolayı) ekonomik olmakta, ayrıca evlerin çatılarına kurulan sistemlerin o evin ihtiyacını karşılayacak özellikte olması, iletim, enerji taşıma maliyetlerini ortadan kaldırarak enerji kullanımını ekonomik hale getirmektedir. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi kolaylıkla yapılabildiğinden, herkesin profesyonelliğe ihtiyaç duymadan kendi elektriğini güneş enerjisi ile üretebilmesi oldukça önemlidir. Güneşten elektrik üretiminde amortisman sürelerinin ortalama 5-6 yıl arasında olup tesislerinin kurulum aşaması uzun olmaması (yaklaşık 1-9 ay), diğer enerji üretim yöntemlerine göre öne çıkan avantajlarından. Yenilenebilir enerji santrallerinin bakımı ile ilgili kıyaslamalara göre güneş enerji santrallerinin bakımının diğer enerji santrallerine kıyasla daha kolay olduğu söylenebilir. Ayrıca işletme ve bakım maliyetlerinin az olduğu söylenebilir(T.C. MEB, 2012; Güneş Enerji Kılavuzu; EnerjiBES, 2016).
- ✓ Kullanımında herhangi bir kaynağa ihtiyaç duyulmaması, kullanım alanlarının geniş olması (yiyeceklerin kurutulması, sıcak su eldesi, enerji üretimi), solar panellerinin doğal yöntemlerle üretilmesi, elektrik

- üretimi ve kullanımı sırasında çevreye olumsuz etkisi olmaması güneş enerjisinin önemli avantajları arasında gösterilebilir(EnerjiBES, 2016).
- ✓ Doğada hazır halde bulunan, tükenmeyen enerji kaynağı oluşu, çevreyi kirlenici etkisinin söz konusu olamaması (duman, gaz, CO, S gazları ve radyasyon gibi atıklarının olmayışı, yerel bazlı enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmanın mümkün olması, güneş enerjinin başlıca avantajlarındadır. Ayrıca yerel ihtiyaçları giderebilme kolaylığı oldukça önemlidir. Buna örnek olarak hesap makinesinin, çakmağın, saatin, orman gözetleme kulesinin, bir deniz fenerinin bile enerji ihtiyacı gerek duyulduğu yerde karşılanabilmektedir(Metalurji ve Malzeme Platformu, 2014).
  - ✓ Ayrıca lisanssız güneş enerji santralleri için 1 senelik güneş ölçüm istasyonu kurulmasına ihtiyaç duyulmazken zaman tasarrufu sağlanabilmektedir. Diğer santral için ise ortalama en az 1 yıllık ölçüm yapılması gerekmektedir(EnerjiBES, 2016).
  - ✓ Rüzgar ve hidrolik enerjisi gibi tahmin edilmesi zor olan santrallerin aksine güneş enerjisinde tahmin edilebilir hava koşulları (güneşin sabah doğup, akşam batması), ayrıca dayanıklı malzeme yapısı sayesinde, zor hava koşullarına karşı koyabilmesi oldukça önemlidir(EnerjiBES, 2016).
  - ✓ Dışa bağımlı olmaması, ekonomik krizlerden etkilenme riskini ortadan kaldırmaktadır ve çoğu uygulamasında karmaşık teknolojilere gerek duyulmamaktadır(Metalurji ve Malzeme Platformu, 2014).

Güneş enerjisinin dezavantajlarından bazıları ise şu şekildedir:

- ✓ Başlangıç yatırımı yüksek maliyetli olup, fotovoltaik pillerin üretim esnasındaki ilk maliyeti, tüketim maliyeti yüksek ve güneş pilleri yaklaşık %15 düşük verime sahip olabilmektedir. Teknolojik gelişmelerle enerjinin yaygınlaşması, eş zamanlı olarak maliyetin zamanla azalması güneş enerjisi için söz konusu olacağı tahmin edilmektedir. Depolama imkanlarının ciddi derecede az olması ve depolama üniteleri bakımı ve ömrünün maliyetli olması vb nedenlerle birlikte sistem verimi de ciddi ölçüde azalmaktadır. Ana sisteme bağlı değilse gün ışığının olmadığı durumlarda enerji depolama ihtiyacı oldukça önemlidir. Güneş ışınımının depolama ihtiyacının sürekliliği ve bununla birlikte depolama olanaklarının sınırlılığı, enerji ihtiyacının yoğun olduğu dönemlerde (özellikle kış ayları) güneş ışınımının az ve geceleri de hiç olmaması olumsuz yönler olmakla birlikte, Güneş ışınımından faydalanabilmek adına sistemin üzerindeki güneş ışığı devamlılığı bağlamında çevrenin açık gölgele bir alan olmaması gerekmektedir(Metalurji ve Malzeme Platformu, 2014; T.C. MEB, 2012; Ataman, 2007:s.106).
- ✓ Birim yüzeye ulaşan güneş ışınımının yeterli ölçüde olmayışı büyük yüzeylere ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Güneş santralleri

görüntü kirliliğine neden olabilmekte, çevrim verimlerinin az olması sebebiyle büyük alan ihtiyacı doğurabilmektedirler (Ataman, 2007:106; Metalurji ve Malzeme Platformu, 2014).

- ✓ Hava koşulları ve gün ışığı oranına göre performansında dalgalanmalar olmaktadır (Ataman, 2007:106).
- ✓ Güneş enerjisi santrallerinin yatırım maliyetlerinin yüksek olması, güneş panel teknolojisiyle güneş ışınlarının en fazla %12-%20'lik bölümünün elektriğe çevrilebiliyor olması, güneş santrallerinin çok fazla araziye gereksinim duyması, güneşten gelen verimli kullanılmadığından önemli dezavantajları oluşturmaktadır (1 adet rüzgar türbini 1 MW'lık güce sahip olurken, 1 MW'lık güneş enerji santrali tek başına 20.000 m<sup>2</sup> alana ancak sığabilmektedir). Ayrıca küçük ve akü destekli güneş enerji sistemlerindeki mevcut akü ömürlerinin kısa ve dayanıksız olması kısa sürede bozulabilmelerine neden olabilmektedir (EnerjiBES, 2016).
- ✓ Güneş kuleleri elektrik üretim yönteminin, Güneş aynalarının güneş ışınlarına yüksek derecede ısı ile güneş kulelerine yansıtması sonucunda göç eden kuşlara ciddi derecede zarar verdiği ve hayvanları önemli derecede olumsuz etkilediği bilinmektedir. Kurulum esnasında dikkat edilmesi gereken konuların başında göçmen kuşların, göç yollarından uzakta olması konusu gelmektedir. Aksi takdirde bu tür hayvanlar için ciddi bir risk unsuru olmaktadır (EnerjiBES, 2016).
- ✓ Fotovoltaik güneş panellerinin dünyadaki gelişimiyle birlikte, yeni çıkan teknolojilerle eski tip güneş panellerinin değiştirmesine yol açmakta ve bu da çevre kirliliği potansiyeli oluşturmaktadır. Eski güneş panellerinin değerlendirilmesi ile ilgili yeterli bir çalışma bulunmamaktadır (EnerjiBES, 2016).
- ✓ Güneş pilleri üretiminde kullanılan bazı malzemelerin toksik olma olasılığı vardır. Güneş enerjisi ile ilgili belirgin dezavantajları ortadan kaldırmak adına güneşten suyun elektrolizi yardımıyla hidrojen gazı üretimi yoluna gidilmiştir (Ataman, 2007:106; Solar Academy, 2012).
- ✓ Güneş enerjisi tropikal ve tropikal-altı bölgelerde en fazladır. Oysa tüketim en çok ılıman ve soğuk iklime sahip kuzey ülkelerinde yaygındır (Ataman, 2007:106)

### 1.5.2.Hidroelektrik Enerjisi

Suyun yüksekten alçağa doğru yerçekiminin etkisiyle potansiyel enerjinin ilk olarak kinetik, daha sonra jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesini hidroelektrik enerji olarak tanımlayabiliriz (ILO, 2011(c):s.37).

İhtiyaç halinde şebekeye bağlı olarak güç dağıtımını yapabilmeleri, talep yüklerini dengelemeye yardımcı olmalarından dolayı hidroelektrik enerji santrallerinin uzun yıllar boyunca elektrik üretiminde kullanıldığını söyleyebiliriz. Konvansiyonel olanlar oldukça elverişli olmakla birlikte, büyük ve küçük olmak

üzere 2'ye ayrılmaktadır(Egre, Milewski, 2002:s.1225-1230). MW cinsinden elektrik üretim kapasitesi santral boyutlandırılmasında baz alınan kriter olmakla birlikte, küçük ölçekli hidroelektrik santrallerle ilgili kesin bir ölçüt olmayıp ülkelere göre çeşitlilik göstermektedir.

Genel olarak eşik değer 10 MW kabul edilirken, bu değer ülkelere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin Çin'de 50 MW, ABD'de 30 MW, Hindistan'da 25 MW eşik değer olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise rezervuar alanı 15 km<sup>2</sup>'den daha düşük olan hidroelektrik üretim tesisleri, yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmekle birlikte, eşik değer ile ilgili çeşitlilik sürmektedir(REN21, 2012:s.27; UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008: s.321).

**Tablo 6:** Hidroelektrik Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler

Toplam Kurulu Güç (2011)	Kurulu Güç Kapasitesi En Yüksek Ülkeler (2011)	Dünya Birincil Enerji Arzı (2010)	Dünya Elektrik Enerjisi Üretimindeki Payı (2010)	Brüt Elektrik Üretimi (2010)	Toplam İstihdam (2011)
970 GW	Çin Brezilya ABD	294 MTEP	% 16,3	3.431 TWh	Küçük HES 40.000

**Kaynak:** REN21, 2012:s.27; IEA, 2012 (c):s.33; IEA, 2012 (b):s.216

Hidroelektrik enerjisinin 2010 ve 2011 yıllarındaki genel durumu Tablo 6'da belirtildiği gibidir.

AB ülkeleri standartlarına göre 50 MW ve üzeri güce sahip santraller büyük, 10-50 MW aralığı küçük, 10 MW-100 kW aralığı mini ve 100 kW'ın altında güce sahip hidroelektrik santraller ise mikro ölçekli sayılabilir(Olgun, 2009:s.51). Ayrıca yapılan araştırma sonuçlarına göre bazı şehirlerin atık sularından çeşitli ölçülerde hidrolik güç eldesi mümkündür(OECD/IEA, 2009:s.71).

Hidroelektrik projelerinin çoğunda enerji ve su yönetimi hizmetlerinin bir arada ele alınması, çevresel ve ekonomi kalkınmada hızlandırıcı rolü gördüğü söylenebilir(Edenhofer vd., 2012).

Sera gazı emisyonunun azaltılması, su yönetimine yardımcı olması, iklim değişikliği sonucu yağış rejim farklılıklarına engel olarak iklim değişikliklerine olan uyumu sebebiyle hidroelektrik rezervuarlarının en belirgin avantajları arasında sayılabilir(ILO, 2011(c):s.37; Edenhofer vd., 2012). Ancak hidroelektrik santralleri kurulumunun geniş bir alana yapılıyor olmasından dolayı arazi kullanımına etki etmektedir. Bundan dolayı hidroelektrik santrallerinin kurulum öncesinde sosyal ve çevresel etkileri iyi araştırılmalıdır.

Hidroelektrik enerjinin diğer enerji çeşitleri arasında ve çevreye olan pozitif etkisinden dolayı, istihdama olan katkının gittikçe artacağı öngörülmüştür. Her ülkede büyük ölçekli santrallerin istihdam verileri ve hidroelektrik santrallerdeki çalışan sayısı ile ilgili araştırmaların her ülkede yapılmıyor ve yapılan araştırmaların geniş aralıklarla yapılıyor olması rakamların netlik kazanmamasını sağlamaktadır(Yılmaz, 2014).



Ulusal Hidroenerji Birliği (NHA) vasıtasıyla Navigant Danışmanlık'a yaptırılan araştırma sonuçlarına göre küçük ölçekli santraller dahil hidroelektrik sektöründe 200.000-300.000 kişi istihdamın sağlanabileceği öngörülmüştür. Küresel ölçekte hidroelektrik enerji kapsamında yalnızca küçük ölçekli santrallerde çalışan sayısının 400.00, Avrupa'da 20.000, ABD'de 19.000 kişi ve toplamda 39.000 yeşil iş çalışanı olduğu, Çin-Brezilya gibi kurulu güç kapasitesinin fazla olduğu ülkelerin belirtilen rakamlara dahil olmamasından dolayı mevcut istihdam verilerinin daha fazla olduğu tahmin edilmektedir(REN21, 2012:s.27; UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008:s.101-127).

Hidroelektrik enerjisiyle ilgili öngörülere göre 2020 yılında 28.000 kişinin hidroelektrik ile bağlantılı küçük işlerde çalışacağı, NHA raporuna göre 2025 yılına kadar gerçekleşmesi olası 23,3 GW ve 60 GW'lık projelerle birlikte doğrudan ve dolaylı istihdamın 230.000 ve 700.000 kişi olacağı tahmin edilmektedir(EREC, 2008:s.18; Navigant Consulting, 2009:s.25-26).

Başta inşaat, imalat, montaj, proje geliştirme aşamaları olmak üzere hidroelektrik enerji ile ilgili istihdam potansiyelinin artacağı, kurulum aşamasında az olmakla beraber işletme sürecinde de istihdam ihtiyacının oluşacağı, mevcut tesislerin modernizasyonu, depo kapasitesinin artırılması, yıpranmış tesis altyapısının yenilenmesiyle verimliliğin artırılması ile ilgili atılan her adımda istihdamın da büyümesi beklenmektedir. Kırsal alanlara kurulan tesislerin istihdama olan katkısının yerel alanlardaki tesislere kıyasla daha fazla olduğu ve yeşil büyümeye olan katkının hidroelektrik enerji projeleri katma değerini arttırdığı söylenebilir. Ayrıca hidroelektrik enerji projesi parçalarının (türbin vb) tasarım, üretim, AR-GE, proje geliştirme, sosyal ve çevresel etkilerinin araştırılması vb alanlarda uzman mühendis, teknisyen, işçilere iş imkanının yaratacağı tahmin edilmektedir. Çevresel ve sosyal etkilerin minimuma inmesi, projelerin daha da verimli hale gelmesi amacıyla ulusal laboratuvar, üniversiteler, özel şirketler de birçok araştırmacının bu tip proje alanlarında istihdamın bir parçası olması tahmin edilmektedir(U.S. DOE, 2001:s.6-7). Ayrıca kamuda çalışmakta olan çoğu görevli, KHES'lerin değerlendirilmesi, kurulumu, izin sürecinde görev almakta, hidroelektrik enerji ile ilgili değer zinciri proje ve yatırım gelişmelerinde istihdama katkı sağlamaktadır.

Su tarafusu teknolojilerin seçilmesinde önemli bir etkidir. Enerji üretimi ve soğutma sistemlerinde gibi kullanımının önemli olduğu hidroelektrik ve kömüre bazlı elektrik santrallerde kullanılan teknolojiler, diğer su kullanımının gerçekleştiği alanlarla rekabet edebilecek potansiyele sahiptir. İklim değişikliği etkileri ve yağış azlığı da hesaba katıldığında enerji teknolojileri su kullanımını minimize edebileceği öngörülmüştür(Niang vd., 2014:s.1210).

Hidroelektrik santralleri depolamalı, doğal akışlı, pompajlı rezervuarlı olmak üzere 3 gruba ayrılabilir(BlueAGE, 2000). Bu tür sınıflamanın dışında üretilen enerji karakterine, yapılaşlarına ve üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre sınıflandırma yapılması mümkündür.

**Depolamalı Enerji Eldesi:** Suyun önünün set ile kapatılmasıyla, baraj gerisinde birikinti oluşturulması sağlanır. Yağışlı dönemlerde akarsu debileri birikintide

depolanarak, yağışsız ve kurak dönemde gereksinim duyulan su açığı su hacminden tedarik edilebilir. Birikimi sağlanan suların yaklaşık baraj yüksekliğindeki bir mesafeden düşüş mesafesi kazanıp potansiyel enerjilerini arttırmaları. Debi ve yükseklik ile orantılı olan enerji üretiminde, debi ve yükseklik artışının üretilen enerji miktarını da arttırdığı söylenebilir. Debi düzenlemesi barajların önemli avantajları arasında olup, depolamalı hidroelektrik santrallerde, zamanla rastgele değişken olan akım, depolama yapılmak şartıyla düzenlenmekte olup, düzenli debiyle birlikte akarsudan elde edilen güvenilir enerjide önemli miktarda artışın yaşanacağı öngörülmüştür. Yalnız enerji barajlarının değil, içme suyu ve sulama amaçlı barajlarının da sağladığı faydalar arasında debi düzenlemesini örnek verebilir. Bu hizmeti sağlayacak başka tesisin barajlarda olmaması ve barajlardaki debi düzenlemesi mevsimler arasında yapıldığı gibi, yıllar arasında da yapılabilmektedir(yağışlı mevsimde biriktirip kurak mevsimde su vermek, yağışlı yıllarda biriktirip kurak yıllarda su temin etmek)(BlueAGE, 2000).

***Nehir Tipi Santrallerden Enerji Eldesi:*** Akarsuyun üzerine yapılan regülatör yardımıyla su seviyesi bir miktar kabartılarak, debilerin su alma yapısı tarafından daha kolay su alınabilmesi ve bir miktar düşü kazanılması bu tür sistemlerde görülmekle birlikte, debi düzenlemesi bu tür sistemlerde yoktur. Santralin üreteceği elektrik enerjisinin mevsimlere göre değiştiği, üretilecek güvenilir enerjinin, enerji akarsuyun normal şartlarda gelen minimum debisi ile sınırlı olmakla birlikte miktarın az olduğu söylenebilir. Üretilen elektriğin büyük kısmı ikincil enerji olup, depolamalı baraj tesislerde tam tersine, üretilen elektriğin büyük bir bölümünün güvenilir enerji olduğu söylenebilir. Nehir tipi santral güzergahında büyük barajlar var ise, o barajların depolarında sağlanan debi düzenlemesinde, su güzergahındaki nehir tipi santrallerde faydalanır. Bu tür durumlarda, onların üretmiş olduğu güvenilir enerji, önemli derece de artmakta olup, nehir tipi santrallerin ilk yatırım masraflarının düşük olduğu, yakıt masraflarının olmadığı, işletme ve bakım masrafları oldukça düşük olduğu söylenebilir. Bu gibi sebeplerden dolayı enerji maliyetinin de düşük olduğu söylenebilir(Kossler, 1992). Dere yatağındaki doğal yaşamın devamlılığı adına dere yatağında belli bir miktarda su bırakılması zorunludur. Ülkemizde belirli yönetmeliklerle belirlenmiş olan bu su halk arasında da “can suyu” olarak bilinmektedir. Dere yatağında bırakılacak can suyu miktarı, HES projesine esas alınan son 10 yıllık ortalama akımın en az % 10’u olarak yönetmelikte belirtilmiştir. ÇED sürecinde ekolojik ihtiyaçlar tespit edilerek, bu miktarın artırılıp artırılmaması gerektiği şirket insiyatifine bırakılmış olup, gerek kamu kurumu gerek özel sektör olsun bu yönetmelik mecburiyetine uymak zorundadır(Aksungur, 2011). Nehir tipi santrallerde üzerinde durulması gereken önemli bir nokta ise akarsu ekolojik yaşamındaki devamlılığın sağlanması için gerekli su kanallarının imarıdır. İklimsel değişimlerin önüne geçmek amacıyla, yenilenebilir enerji kaynağı olarak öne sürülen bu yapılar, ekolojik yaşama minimum tesir ile birlikte hizmet edebilmesi amacı ile bu tür yapılandırmalara dikkat edilmelidir.

***Pompajlı Rezervuarlı Hidroelektrik Santrallerden Enerji Eldesi:*** Hidroelektrik santrallerin diğeri bir çeşidi de pompajlı depolamalı santralleri olmakla birlikte, amaçları enerji talebinin düşük olduğu saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile suyu pompalayıp, bir üst rezervuarda depolamak ve enerji ihtiyacının fazla olduğu saatlerde biriktirilmiş suyu, üst rezervuarda depolamak, enerji ihtiyacının fazla olduğu saatlerde biriktirilmiş suyu, üst rezervuardan alt rezervuara akıtırken türbinleyerek hidroelektrik enerji elde etmektir. Gerçekte pompajlı depolamalı santraller ülkenin toplam enerji miktarını arttırmazken, sadece kullanılmayan, ziyan olan enerji en pahalı olduğu zamana taşıyarak, arz-talep dengesini sağlamaya hizmet ederler. Zaman dilimine göre fiyat uygulamalarının olduğu bölgelerde kurulmasının, oldukça uygun olduğu sistemler, elektrik enerjisinin ucuz olduğu saat diliminde suyun yüksek zemine pompalanması, elektrik enerjisinin pahalı olduğu dilimde, suyun yüksek zeminden alçak zemine bırakılarak elektrik enerjisi üretiminin hedeflendiği sistemlerdir(Yorgancılar, Kökçüoğlu, 2009).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda hidroelektrik enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ HES'lerin enerji üretiminde kullanılmasının yanısıra, sulama, ziraatin geliştirilmesi, sel taşkınlarının önlenmesine yönelik ağaçlandırmayla estetik görünüm kazandırma ve su kalitenin yükseltilmesinde, yerleşim birimlerinin ihtiyacı olan suyun depolanmasında kullanılabilir (Akkoyunlu, 2006:s.141).
- ✓ Küçük suların değerlendirilmesi, buldukları yöreye enterkonekte şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracığından, iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli derecede bir azalma meydana geleceği öngörülmektedir. Ayrıca KHES'lerin uzun ömürlü olması, yakıt masrafı gerektirmemesi ve yapımının büyük ölçüde yerli kaynaklara dayanması nedeniyle daha ekonomik olduğu söylenebilir (Cebeci, 2005).
- ✓ Elektrik enerjisi üretimi esnasında atmosfere herhangi bir atmosfer sera gazı emisyonunun rezervuarlı ve nehir tipindeki hidroelektrik santrallerde atmosfere verilmemesi, enerji tasarrufu, taşkın önleme, karasal karbon yutakları, su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi, korunması gibi azaltıcı ve önleyici sektörlere yapmış olduğu dolaylı veya dolaysız katkı, küresel ısınmaya sebep olan emisyonların sınırlandırılması, azaltılması yönünde oldukça önemlidir (T.C. MEB, 2012).
- ✓ İletim ve dağıtım kayıplarını önleyebilmesi nedeniyle KHES'ler ulusal şebeke verimliliğini artırıcı bir role sahiptir. Bakımları kolay, maliyetleri düşük ve çevreye zararı bulunmamaktadır. KHES'ler kalkınmakta olan kırsal bölgelerde o yörenin olanaklarıyla yapılabilir ve böylece işsizliğe bir çözüm olmasıyla sosyal açıdan yararlı olurlar. Hidroelektrik santrallerin gerek inşaat ve montaj aşamasında, gerekse işletme sırasında yöre halkına

iş ve istihdam yaratması yanında, yerel nüfusun ürettiği mal ve hizmetlerin satın alınması şeklinde de önemli ekonomik katkıları olmaktadır. Bu tür santraller çoğunlukla kırsal ve ekonomik olarak gelişmemiş yörelerde yer aldığından bu ekonomik katkı daha da önem kazanmaktadır. Özellikle barajlı santrallerde, baraj gölü vasıtasıyla yöre halkına balıkçılık, su üzerinden taşımacılık, sulu tarıma geçiş, rekreasyon, turizm, su sporları yapabilme olanakları gibi çok çeşitli ve önemli ekonomik ve sosyal faydalar da sağlanmaktadır. Nispeten geri kalmış bölgelere daha çok katkı sağladığı için, HES yatırımlarının Türkiye'nin topyekün kalkınmasına da anlamlı bir katkısı olduğu açıktır(Eroğlu, 2003:s.69).

- ✓ Ulaşımı güç olan ve ulusal sistemden beslenemeyen kırsal bölgelerdeki köy ve diğer ünitelerin enerji ihtiyacını karşılar, sosyoekonomik ve kültürel gelişimlerinin hızlanmasına yardımcı olurlar, kırsal bölgelerin artan yakıt bulma ve taşıma problemlerine çözüm getirir(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ Barajlı hidroelektrik santrallerin sağladığı bir başka avantaj da nehir santralleri, rüzgar santralleri, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının daha güvenilir biçimde hizmet vermelerini sağlamaktır. Bu santraller, nehir akımına, rüzgara veya güneşe bağlı olarak zaman zaman üretimini durdurmak zorunda olan ve bu nedenle güvenilir bulunmayan enerji üretim santralleri için “buffer” ya da yedekleme görevi yaparak bir anlamda onlar için enerji depolama fonksiyonunu üstlenip, daha verimli çalışmalarını sağlar. Bu tür santraller enerji ürettiği sürece, barajlı santraller bu üretilen enerji kadar az üretim yapıp, onlar durduğunda da devreye girerek dengeyi sağlar. Böylece rüzgar ya da nehir santrallerinin güvenilirlik sorunu ortadan kalkmış olur(Eroğlu, 2003:s.68). Türkiye’de halihazırda işletmede olan barajlı santrallerin enerji depolama kapasitesinin, yıllık üretim kapasitesinin ortalama yarısı kadar olduğu, ortalama 6 aylık elektrik üretimlerini depolama kapasiteleri olduğu, enerjide dışa bağımlılık adına çok önemli ve stratejik bir avantajdır(Eroğlu, 2003:s.68).
- ✓ Akarsu rejimlerinin kontrol altına alınması, taşkın zararlarının önlenmesi ve depolardan içme suyu, sulama yararlarının sağlanması, enerji eldesi amacıyla şimdiye kadar birçok baraj ve hidroelektrik santral yapılmış olup, HES’lerin ekonomik ömrünün diğer tip santrallere kıyasla ortalama 100-200 yıl daha ucuz olduğu söylenebilir. İşletme giderinin düşük, herhangi yakıt giderinin olmaması, ucuz elektrik üretimi ve rekabetçi piyasa ortamına ciddi oranda katkı sağlaması, işletme kolaylığı ve esnekliği oldukça önemlidir. Enterkonnekte sistemde yük dengelenmesi, frekans düzenlemesi önemli işlevleri arasında gösterilebilir. Yakıtlı santrallere göre enerji üretimi işletme maliyeti düşüktür ve işletme sürecinde karbon salınımı yapmaz(Gökdemir vd., 2012; T.C. MEB, 2012).
- ✓ Hidroelektrik santraller amacıyla yapılan barajlar, suyun hızının kesilmesiyle erozyonun önlenmesinde önemli yere sahip olmakla birlikte, enerji depolama kapasiteleri olduğundan dışa bağımlılığın azalmasına ve böylece arz güvenliğinin sağlanmasına önemli derecede katkı sağlamaktadır. Bölgedeki halk açısından meydana gelebilecek istihdam

olanağı, sulu tarım, taşımacılık, su sporları gibi sosyal olanaklar ve ekonomik faydaların oluşabileceği öngörülmüştür. Hidroelektrik santraller, enerji talebinin fazla olduğu zamanlarda, hızlı bir biçimde devreye girebildiğinden dolayı, elektrik fiyatlarında arz sıkıntısına bağlı olarak meydana gelebilecek artışa karşı sigorta görevi görebileceği ve hidroelektrik santrallerin ani bir şekilde devreye girmesiyle birlikte sistemi ayakta tutabileceği öngörülmüştür(T.C. MEB, 2012).

- ✓ KHES'lerin türbin-jeneratör gruplarının tiplendirilerek standart hale getirilmeleri kolay olup, mekanik ekipmanı ucuzlatılmaktadır. Türbin-jeneratör ve transformatörün bir blok halinde, otomatik işler şekilde yapılmasıyla bölgedeki çok sayıda santral bir tek teknisyen tarafından kontrol edilebilmekte, bakım ve işletme sorunları minimuma inmekte, işletme maliyeti azalmaktadır(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ Yakıt gideri olmaması yüzünden dünya genelinde zaman zaman meydana gelen ekonomik ve diğer krizlerden etkilenmezler, istikrarlı bir enerji fiyatı oluşturulmasında sigorta görevi üstlenerek ülkelerin sosyo-ekonomik kalkınmasında güvenilirlik ve süreklilik sağlarlar(Eroğlu, 2003).
- ✓ Hidroelektrik sistemlerde su, kapalı çevrimde hareket etmekte olup, denizlerden, göllerden, diğer su kaynaklarından buharlaşan su; kâr ve yağmur şeklinde yeryüzüne dönmekte, tekrar nehir, deniz ve göllere akıp, hidrolik güçten enerji eldesi sürdürülebilirliği sağlayabilmektedir(T.C. MEB, 2012).
- ✓ Çevre üzerinde yok denecek kadar az etki oluşturmakta, KHES'lerin kurulacak yerinin iyi tespiti ve projenin çevreye uyumlu olarak tasarlanması gerekmektedir.
- ✓ Hidrolik santraller ortalama 50 yıllık ekonomik ömürleriyle, ortalama ekonomik ömürleri 30-35 yıl olan termik santrallere göre daha avantajlı sayılmaktadır. Bu santraller, yöresel sulama ve içme-kullanma suyunun temini için de gayet kullanışlıdır. Barajlı HES'lerin sağladığı avantajlar arasında, nehir santralleri, güneş ve rüzgar santralleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına güvenilir biçimde hizmet vermeleri örnek gösterilebilir(T.C. MEB, 2012; Sancar, 1992).
- ✓ Dışa bağımlı değildir. Gerek enerji, gerekse çok amaçlı hidroelektrik santrallerinin (HES) taşkın koruma, çevre ziraatını geliştirme, balıkçılığı destekleme, ağaçlandırma ile çevrenin estetik kalitesini ve su kalitesini yükseltme gibi olumlu etkileri vardır(DPT, 2000).
- ✓ KHES'lerde üretilen enerji genellikle bölgede kullanıldığı için uzun iletim şebekelerine ihtiyaç duyulmaz. Büyük oranda enerji kayıplarını engellemektedir(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ KHES'lerde tutulan suyun bir bölümü, su tutma alanı ile türbin deşarj noktası arasında akacak biçimde tutulup, su içerisindeki canlıların yaşam alanlarını korumaktadır(Dalkır, Şeşen, 2011:s.28).
- ✓ Su türbinleri yapımı ile ilgili endüstri kurma çalışmaları günümüzde son aşamaya ulaşmıştır. Mini, mikro ve hatta küçük hidroelektrik tesislerin mekanik aksamının tümü kendi endüstriyel tesislerimizde imal edilebilir.

Küçük kapasiteli ünitelerin imal edilmesi, bu konuda bilgi birikimini artırır ve yakın bir gelecekte daha büyük kapasiteli ünitelerin imalatlarının yerli endüstri ile yapılması sağlar(Gökdemir vd., 2012).

- ✓ Bakımları kolay, ucuz ve hizmet süreleri ise uzundur(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ Hidroelektrik santrallerin yatırım maliyetlerinin doğal gaz çevrim santrallerine kıyasla biraz yüksek olduğu söylene de hidroelektrik santrallerinin ömürlerinin çok uzun olduğu dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu bu santrallerin yıllık yatırım maliyeti açısından daha avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır(Eroğlu, 2006:s.53 sayı 43).
- ✓ Elektrik enerjisi üretimi esnasında sera gazı etkisine neden olan gazların atmosfere yayılmasına neden olmazlar. Ayrıca, fosil yakıtların neden olduğu atmosferde artan kirliliği önlemeye yardımcı olan temiz ve çevreci bir enerjidir(Gülay, 2008:s.70).
- ✓ Ulaşımı güç olan ve ulusal sistemden beslenemeyen kırsal bölgelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında küçük hidroelektrik santraller önemli rol oynamaktadır(Dalkır, Şeşen, 2011:s.28). Kırsal kesimlere ulusal elektrik hattından aktarılacak elektrikte oluşacak kayıpları oluşmadan önleyerek ekonomik yarar sağlar.
- ✓ HES'ler enerji talebinin en çok olduğu saatlerde hemen devreye girebildiklerinden elektrik fiyatlarının arz sıkıntısına bağlı artışlarına karşı bir sigorta görevi de görürler, arıza anında devreye girebilir ve sistemi ayakta tutarlar(DPT, 2000:s.160; Eroğlu, 2006:s.53).
- ✓ HES'lerin ekonomik ömrü diğer tip santrallerden çok daha uzundur (yaklaşık 100-200 yıl). İşletme gideri düşük olup, herhangi bir yakıt gideri yoktur. Ucuz elektrik üreterek rekabetçi elektrik piyasasının oluşmasına, büyük katkı sağlar. İşletme kolaylığı ve esneklik çok önemli bir özelliğidir. Enterkonnekte sistemde yük dengelenmesi, frekans düzenlenmesi gibi çok önemli fonksiyonları vardır. Çevre dostu enerji olduğu için AB ülkelerine ihracatı daha kolaydır. Yakıt kullanmadığı için kirliliğe de neden olmaz. Türkiye'de akarsuların eğimi fazla olduğu için akarsular yoluyla erozyon ciddi bir tehlikedir. HES'ler için yapılan barajlar suyun hızını keserek erozyonun durdurulmasında önemli rol oynar, enerji depolama kapasiteleri olduğundan dışa bağımlılığı azaltırlar, güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunurlar. Yöre halkına istihdam, sulu tarım, taşımacılık, su sporları vb sosyal-ekonomik faydalar sağlarlar(Bacanlı, 2006:s.97-98).
- ✓ HES'lerin yatırım bedelinin büyük bir kısmı yurtiçi harcamalardan oluşmakta, bu da yerli üretimin artması için olumlu bir katkıdır. Santral yatırımında dışa bağımlılık en alt düzeyde olup, KHES'lerde çok az yabancı kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Yerli kaynaktır, dışa bağımlı olmadığından yaşanabilecek krizlerden etkilenmez. Gerek enerji, gerekse taşkın koruma, çevre ziraatını geliştirme, balıkçılığı destekleme, ağaçlandırma ile çevrenin estetik kalitesini yükseltme gibi olumlu etkileri vardır. Kurulduğu bölgede içme ve kullanma suyunun temini için de kullanışlıdır(Ataman, 2007).
- ✓ Ekonomik ömürleri diğer santrallere göre çok yüksektir. 50-200 yıl arası bir ömre sahiptirler. Büyük hidroelektrik santrallere göre ilk yatırım maliyeti

daha düşüktür. KHES kurmak için yapılan harcamalar en fazla 10 yılda geri kazanılmakta, yapım süresi oldukça kısa olup 2-5 yıl arasında gerçekleşmektedir(Özdemir, 2011:s.371-375).

- ✓ HES'lerin çevreyle etkileşimi incelendiğinde, hidro projeler, sera gazları, SO<sub>2</sub> ve partikül (parçacık) emisyonlarının olmaması avantajına sahiptir(Kumbur vd., 2005).
- ✓ Hidrolik güçten enerji üretmek temiz, verimli (%90) ve etkili bir yoldur. HES'lerin sisteminden geçen suların kalite ve miktarında değişiklik olmaz. HES'lerin halihazırda ürettiği yıllık 40 milyar kW elektriği üretmek için linyit santrallerinde her yıl 40-100 milyon ton kömür tüketilmesi gerekir. Çevreye büyük zarar verecek olan 54 milyon ton sera gazı emisyonu, kirlilik ve kül atıkları demektir. 1990 yılı itibariyle dünya genelinde toplam elektrik enerjisi üretimi 9 500 TWh (Türkiye'de 70 TWh) olarak gerçekleşmiştir. Bu tüketimin %23'lük (2200 TWh) bölümü hidroelektrik santrallerinde üretilmiştir. Eğer hidroelektrik santrallerde üretilen 2200 TWh'lik enerji termik santrallerde fosil yakıtlar kullanılarak üretilmiş olsaydı 1,5-2,2 milyar ton/kWh/yıl CO<sub>2</sub> atmosfere bırakılmış olacaktı(Eroğlu, 2006:s.67-68; DSİ, 2006).

Uluslararası Enerji Ajansı'nın hazırlamış olduğu raporda, hidroelektrik santrallerinin olumsuz etkilerinin olduğu belirtilmiştir(Kaya, 2011:s.219).

- ✓ Kuruluş maliyetleri yüksek, inşaat süreleri uzundur. Barajlar çevresindeki bölgenin ekolojisini değiştirirler. Üretime geçen HES'in kendisinin değil, su toplama kısmı (baraj) çevresel etkiler yarattığı, bunun küçük HES'den çok, büyük barajlı HES'ler için söz konusu olduğu, mikroklimatik, hidrolojik ve biyolojik etkilerinin olduğu söylenebilir. Baraj gölü yüzey alanı genişliği, buharlaşmayı arttırmakta, tarım arazilerinde tuzlanma ve çoraklaşmaya, su kaynaklı paraziter hastalıklarda artışa neden olmaktadır. Rezervuar altında kalan bitkilerin kesilerek temizlenmesiyle denge sağlanana kadar başta birkaç yıl su kalitesinin olumsuz etkilenmesiyle hidrolojik rejimde değişiklik olmakta, zorunlu göç yaşanmakta, sıcaklık-yağış-rüzgar rejimleri değişmekte, yöredeki doğal bitki örtüsü, su-kara canlılarında değişim yaşanmakta, yaşama adapte olabilen türler varlığını sürdürebilmektedir. Üretime geçen bir HES'in ise kendisi değil, su toplama kısmı (baraj) çevresel etkiler yaratır. Bu durum KHES'den çok, büyük barajlı HES'ler için söz konusudur. Akarsuyun akış rejiminin, fizikokimyasal parametrelerinin değişmesi yeni hidrolojik etkiler oluşturmaktadır. Doğal fay hareketlerini etkileyerek deprem oluşum riskini arttırmakta, yöredeki tabiat ve tarih varlıklarının korunamaması sonucu, kültürel değerlerin kaybı da söz konusu olabilmektedir(DPT, 2000:s.160; T.C.MEB, 2012; Gülbahar vd., 2000:s.784-785).
- ✓ KHES'lerin olumsuz çevresel etkileri olabilmektedir. En önemli sorunlardan biri, akarsu yatağına bırakılacak su miktarının nasıl belirleneceği konusunun belirsiz olmasıdır(Oğuz, 2008:s.220). Bu

belirsizlikler yerel olarak farklılıklar göstermektedir. Bazen yıllardır düzenli olarak akmakta olan nehirlerde, su yataklarında değişmelere, bazen de azalan su debisi nedeniyle bu bölgelerde yaşayan balıkların ölmesine sebep olabilmektedir. Bölgeye özgü, endemik balık ve canlı türlerinin nesli tükenmektedir. Sel kontrolü, içme ve kullanma suyu sağlamak gibi ek işlevleri yoktur(Kaya, 2011:s.219; Gökdemir vd., 2012).

- ✓ Bilim adamları ve mühendislerin araştırmaları sonucunda enerji eldesi amacıyla kurulan büyük baraj ve diğer ekipmanların getirdiği büyük çaplı proje ve sistemlerin çevre üzerinde önemli ölçüde olumsuz etki yaratmakta, sistemlerin kurulacağı alanlardaki ağaçların ve doğal çevrenin zarar gördüğünü, akarsudaki su rejimini azalarak, akarsu çevresindeki fauna, flora ve dolayısıyla insan yaşamı olumsuz etkileri olduğunu raporlarında belirtmişlerdir(Twidell, Weir, 2005:s.484; Gökdemir vd., 2012).
- ✓ Üretimin devamı sistemin teknolojik özelliklerine bakım ve işletme politikalarına bağlıdır. Üretilen kWh enerji başına etütler için yapılan harcama masrafları fazladır. İnşaat aşamasında, akarsu yatağı ve çevresinde bir çok sorunla karşılaşılabilir(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ Büyük yerleşim birimlerinden uzakta ve oldukça mahrumiyet sayılabilecek yörelerde tesis edilen hidroelektrik santrallerde kalifiye elemanı istihdam etme ve işe devam sağlama sorunları yaşanmaktadır(DPT, 2000:s.4-24).
- ✓ Depolama özellikleri az veya hiç olmadığından enerji üretimi suyun akış düzenine bağlıdır. Bu sebepten dolayı KHES'lerin verimleri düşüktür. Üretimin devamı sistemin teknolojik özelliklerine, bakım ve işletme politikalarına bağlı olarak değişebilmektedir(Gökdemir vd., 2012:s.22).
- ✓ HES'lerin çevre ile etkileşimi incelendiğinde, sera gazları, SO<sub>2</sub>, hidro projeler, parçacık (partikül) emisyonlarının olmaması avantajına sahip olup, barajların arazi kullanımında meydana getirdiği değişiklikler, flora ve fauna üzerindeki etkileri, insanların topraklarını boşaltması, dibe çökme ile baraj alanlarının dolması, su kullanım kalitesi üzerinde etkileri olmakla birlikte, büyük su rezervuarlarının oluşması amacı ile meydana gelen toprak kaybı, doğal ve jeolojik dengenin bozulabileceği öngörülmektedir. Rezervuarlarda oluşan bataklıklar, metan gazının uygun ortamın sağlanmasına neden olabilmektedir(T.C. MEB, 2012).
- ✓ KHES'lerin işletme giderleri büyük santrallere göre fazla olup, türbin, jeneratör, transformatör standardizasyonuna gidilmesi, üretilen kWh enerji başına işletme ve personel maliyetlerini azaltacaktır. 1 kW kurulu güç için gerekli yatırım maliyeti büyük santrallerden yüksektir. Depolama özellikleri olmadığından enerji üretimi akıma bağlıdır. Bu sebepten dolayı KHES'lerin verimleri düşüktür(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ Yapıldığı bölgelerde orman tahribatları yapılabilmektedir. Ormanların tahrip edilmesi veya nehir yataklarına bırakılan su miktarının azalması bölge halkının yaşamını olumsuz etkilemektedir(Kaya, 2011:s.219).



- ✓ Ülkemizde bu konuda yetişmiş teknik eleman sıkıntısı vardır. Bu da uygulamalarda çevresel ve ekonomik açıdan problemler ortaya çıkarmaktadır(Gökdemir vd., 2012).
- ✓ KHES konusunda yatırım yapmak isteyen işletmecilerin de karşılaştığı bazı sorunlar bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetinin yüksekliği ve işletmecinin ürettiği enerjiyi kaçta satacağını bilmemesi, 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı kanunla üretilen enerji için, on yıllık bir süre alım garantisi ve elektrik alım fiyatı belirlenmiştir. Fakat 2015 yılı sonrası durum belirsizliğini korumaktadır. Her işletmecinin kendi enerji nakil hattını inşa etme zorunluluğu, gereksiz enerji iletim hatlarının yapılmasına sebep olmaktadır. Üretim lisansı almak ve onaylatmak için izlenmesi gereken bürokratik süreç zaman kaybı olmasına neden olmaktadır(Oğuz, 2008:s.488).
- ✓ Barajların, arazi kullanımında yarattığı değişiklikler, insanların topraklarını boşaltması, flora ve fauna üzerine etkileri, dibe çökme ile baraj alanının dolması ve su kullanım kalitesi üzerinde etkileri vardır(Kumbur vd., 2005).
- ✓ Büyük su rezervuarlarının oluşması nedeniyle ortaya çıkan toprak kaybı sonucu doğal ve jeolojik dengenin bozulabilmesi olasılığı vardır. Rezervuarlarda oluşan bataklıklar, metan gazı oluşumu için uygun bir ortam teşkil ederler. Akarsularımızın, rejimlerini kontrol altına almak, dolayısıyla taşkın zararlarını önlemek ve depolanan sulardan içme suyu, sulama yararları sağlamak ve enerji elde etmek amacıyla bugüne kadar birçok baraj ve HES yapılmıştır(Kumbur vd., 2005).

### 1.5.3.Rüzgar Enerjisi

Hava akımının sahip olduğu mevcut kinetik enerjinin, rüzgar türbinleri vasıtasıyla elektrik enerjisine, rüzgar gülü/yel değirmeni vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüşmesini rüzgar enerjisi olarak tanımlayabiliriz. Elektrik enerji üretilmesi amacıyla karasal (onshore) ve denize (offshore) kurulan rüzgar santrallerine ek olarak rüzgar gücü sayesinde rüzgar pompaları aracılığıyla drenaj ve su pompalama yapılabilmektedir. Ülkeler yıllar itibarıyla elektrik üretiminde rüzgar enerjisi kullanım oranlarını giderek arttırmaktadır. IEA verilerine göre 2050 yılına gelindiğinde dünya üzerinde kullanılan elektriğin %18'lik kısmının rüzgar enerjisi tarafından sağlanacağı tahmin edilmektedir(IEA, 2013(c)).

Yenilenebilir enerji kaynakları göz önünde bulundurulduğunda, rüzgar enerjisinin en gelişmiş ve ticari olarak en elverişli enerji türü olduğu söylenebilir(Albostan vd., 2009). Bu gelişmenin paralelinde rüzgar enerjisine bağlı kurulu güç kısa bir zaman sürede 2012 yılı sonlarında 282.577 MW'a ulaşmış, son yıllarda ülkelerin geliştirdiği yenilenebilir enerji stratejileri sonucunda Çin rüzgar enerjisi istatistiklerinde ilk sırada yerini alırken ABD, Almanya ve İspanya da Çin'i takip etmektedir(GWEC, 2013). Rüzgar enerjisi kapasitesi bakımından Çin ilk

sırada yer alırken onu sırasıyla ABD, Almanya, Hindistan, İspanya ve Birleşik Krallık takip etmektedir. 2016 yılı kapasite artışı bakımından ise yine Çin yaklaşık 23 GW ile geçtiğimiz yıl en fazla gelişim gerçekleştiren ülke olarak bu alanda da liderliği almıştır(GWEC, 2016). Görüldüğü üzere küresel rüzgar enerjisi sektöründe Çin hem kapasite hem de kapasite artışı bakımından başı çekmektedir. Rüzgar enerjisi 2016 yılında özellikle Avrupa ve ABD’de enerji üretim kapasitesi bakımından öncü bir kaynak olmuştur. Kişi başına düşen rüzgar enerjisi kapasitelerine bakıldığında ise AB ülkelerinin ilk sıralarda yer aldıkları görülmektedir. Küresel ölçekte 2016 yılı için rüzgar enerjisi kapasite artışı 54 GW ve toplam kapasite ise yaklaşık 486 GW’tır(GWEC, 2016).

Rüzgar enerjisinin arz güvenliğine olan faydalarının yanı sıra, temiz enerji, çevresel zararların azaltılmasına çok ciddi katkıları bulunmakta, yatırımlarla birlikte sağlamış olduğu iş imkanları sayesinde işgücü piyasasına olan etkisi gözardı edilemeyecek kadar önemlidir. Rüzgar enerjisinin elektrik üretimi içerisindeki payının 2010 göstergelerine göre %1,6 olduğu ve aynı yıl içerisinde önem sırasına göre düşünüldüğünde hidroelektrik enerjisinin ardında en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olduğu belirtilmiştir(IEA, 2012(b):s.216).

**Tablo 7:** Rüzgar Enerjine İlişkin Genel Bilgiler

Toplam Kurulu Güç (2011)	Kurulu Güç Kapasitesi En Yüksek Ülkeler	Dünya Birincil Enerji Arzı (2010)	Dünya Elektrik Enerjisi Üretimindeki Payı (2010)	Brüt Elektrik Üretimi (2010)	Toplam İstihdam (2011)
237 GW (Şebekeye bağlı kapasite)	Çin ABD Almanya	29,9 MTEP	% 1,6	342 TWh	670.000

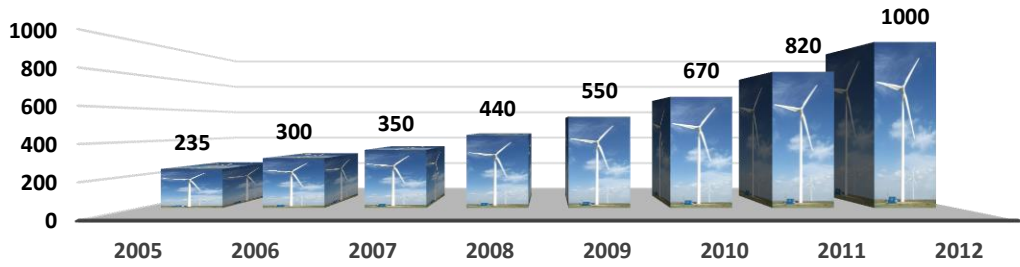
**Kaynak:** WWEA, 2012:s.5; REN21, 2012:s.57-59; IEA, 2012(c):s.33; IEA, 2012(b):s.216; WWEA, 2011:s.5

Rüzgar enerjisinin 2010-2011 yıllarındaki elektrik üretimi içerisindeki genel durumu Tablo 7’de belirtildiği gibidir.

Rüzgar enerjisi, çevreye en az zarar veren kaynaklardan biri olmasının yanında istihdama olan katkısı çok büyük olup, Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği (WWEA) verilerine göre 2005 yılında rüzgar enerjisi ile ilgili çeşitli alanlarda ortalama 235.000 kişi olan istihdamın, 2010 yılında 3 kat artış göstererek ortalama 670.000 kişiyi bulduğu belirtilmiştir(WWEA, 2011). Rüzgar enerjisine olan yatırımlar, stratejik ve politik desteğin artmasıyla birlikte 2030 yılına gelindiğinde 670.000 kişi olan istihdamın yaklaşık olarak 2,1 milyon kişiyi bulacağı tahmin edilmektedir(ILO, 2011(a):s.8). Öngörülere göre rüzgar enerjisinin istihdama olan etkisine yönelik çalışmalar arasında “Enerji Devrimi” senaryosunda rüzgar enerjisi ile ilgili imalat, inşaat, işletme bakım-onarım süreçlerinin 2030 yılında istihdam

olan etkisi sonucunda 1.723.000 kişinin bu alanlarda istihdam edeceği belirlenmiştir(EREC/GWEC/Greenpeace,2012:s.196-197).GWEC ve Greenpeace'in başka bir raporunda ise 2050 yılında istihdamın en az 650.000 en fazla 2,8 milyon kişi olacağı öngörülmüştür(GWEC/Greenpeace, 2006:s.38). 2050 yılında beklenen minimum istihdam verilerine 2010 yılında, çok erken bir süreç de ulaşılması, sektörün ne kadar hızlı büyüdüğü ve istihdam potansiyeline olan katkısının ne kadar büyük olduğunu gözler önüne sermektedir.

**Grafik 7:** Rüzgar Enerjisi İstihdam Verileri 2005-2012 (Bin Kişi)



**Kaynak:** WWEA, 2010:s.10

Rüzgar enerjisi 2005-2012 zaman aralığındaki istihdam verileri Grafik 7'de belirtildiği gibi olup, istihdamdaki artış eğilimi açıkça görülmektedir.

Rüzgar enerjisinin üretim aşamalarının farklı süreçlerinde çeşitli meslek gruplarına ihtiyaç duyulurken, parça tasarım ve üretimi, modelleme ve test aşaması, Ar-Ge, donanım üretme süreçleri, türbinlerin kurulacağı yerin belirlenmesi santral tasarımı süreçlerinde kalifiyeli ve profesyonel mühendis, mimar teknisyenlere, RES'lerin inşa-işletme-bakım-onarım süreçlerinde profesyonel mesleklere ek olarak çok fazla sayıda kalifiyeli işçi, personel de istihdam olanağı yaratılmaktadır. Rüzgar enerjisi elektrik üretimi altyapısının, ekipman ve donanımlarının yeni teknolojilerle kurulumu, yeşil işe katkı sağlayan alanların başında gelmektedir(Global Insight, 2008:s.13).

Rüzgar Enerjisinde yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte farklı nitelik ve yapıda geliştirilen rüzgar türbinlerinin eldesiyle birlikte gün geçtikçe ticari anlamda iyi bir konuma gelen rüzgar enerjisi üretim sistemlerini dönme eksenlerine göre 3'e ayırmak mümkündür:

**Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri:** Dönme eksenlerinin rüzgarın yönüne paralel, kanatlarının ise rüzgarın yönüne dik olduğu, türbinrotor kanatlarının miktar azalması ile birlikte rotorun daha hızlı döndüğü, ortalama %45 civarında verim alınabilen sistemlerdir. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin 20-30m yüksekliğe sahip

ve çevresindeki engellerden 10m yüksekte olacak biçimde yerleştirilmesi gerekmektedir(Elektrikmedya, 2012).

Yatay eksenli rüzgar türbinleri(YERT), türbin kulesi, nasele olarak adlandırılan ve kanatları, rotor milini, elektrik generatörünü oluşturan bileşenlerden oluşmaktadır. Generatörün yatak eksenini yatay biçimde olduğundan dolayı bu ismi alan rüzgar türbinlerinin kanatları rüzgara karşı dik açı oluşturacak biçimde dikey olarak konumlandırılmıştır. Birçok sistemde olduğu gibi kanatların düşük hızını generatörün elektrik üretimi için uygun koşulları sağlamak amacıyla yüksek devire dönüştüren dişli sistemi mevcuttur. Dişli kullanılmayan rüzgar türbinleri de bulunmaktadır(Elektrikmedya, 2012). Türbin kanatları içerik olarak alüminyum ve kompozit malzemelerden yapılmakta olup, rüzgar hızlarına karşı dayanıklı olmaları amacıyla çok sert yapıdadır. Nasele hareketli olup, rüzgarı karşısına alacak biçimde hareket eder. Genel olarak kullanılan rüzgar türbinlerinde bileşen olarak üç kanatlı rotor kullanılmakla birlikte, kanatların rüzgara karşı konumu bilgisayar kontrollü motorlar sayesinde kontrol edilmektedir(Elektrikmedya, 2012). Modern türbinler yüksek verim ve düşük tork sahip salınımına sahip olmakla birlikte 320 km rüzgar hızına karşı dayanabildiği öngörülmüştür. Türbin kanatları genel olarak dakikada 10-22 devirle dönmekle birlikte, ortalama 90 m/sn hızındaki rüzgar karşısında kanatlar 22 devir/dakika hızında döndürebilmektedir. Görüntü kirliliği oluşturmaması adına bulutlara benzemesi için açık gri renkte olmasına dikkat edilen rüzgar türbinlerinde türbin kanadı 20-40m olup, yüksek güçteki rüzgar türbinlerinden bu daha fazla olabilmektedir(Elektrikmedya, 2012). Ayrıca olası çok yüksek rüzgar hızlarına karşı türbinlerin zarar görmemesi adına fren sistemi ile otomatik olarak durdurulabilmeli için mekanizmaları olmakla birlikte genel olarak türbin kulesi boyu 60-90 m arasında olabilmektedir(Elektrikmedya, 2012).

Kanat uç hız oranı ( $\lambda$ )'nın, rüzgar hızının, rotor kanadı uç hızına bölünmesi ile elde edilen oran olduğu varsayılırsa,

- ✓  $\lambda = 1-5$  Çok kanatlı rotor,
- ✓  $\lambda = 6-8$  Üç kanatlı rotor,
- ✓  $\lambda = 9-15$  İki kanatlı rotor,
- ✓  $\lambda > 15$  Tek kanatlı rotor

şeklinde kullanım mevcuttur. YERT'ler, rotor sayılarının farklılık göstermesine rağmen rüzgarı önden ve arkadan olmak üzere farklılık göstermektedir.

**Rüzgarı Önden Alan Makineler:** Rotor yönünün rüzgara dönük olduğu, kulenin arkasında rüzgar kalarak gölgeleme etkisi yaratılmaması amacıyla rüzgar kuleye eğik olarak verilerek verim sağlanarak diğer türbinlere kıyasla üstünlük

sağlanmıştır. Yuvarlak ve düz kuleye rağmen kanadın her geçişinde türbinin ürettiği güç azaldığında ve rüzgarın çekilmesinden dolayı, kanatların sert yapıda, kuleden uzak olması ve önden rüzgarlı makineler de rotoru rüzgaru döndürmek adına “Yaw” olarak adlandırılan sisteme ihtiyaç vardır(Nurbay, Çınar, 2005).

**Rüzgarı Arkadan Alan Makineler:** Rotorun kule arkasında olmasından dolayı dönmesi için Yaw” mekanizmasına ihtiyaç duyulmamakta olup, sistemin diğer sistemlere göre avantajlı olmasını sağlamaktadır. Nacella ve rotor ünitelerinin uygun tasarlanması durumunda nacelle rüzgarı pasif olarak izlemekte, en önemli avantajının kanatların esnek özelliğe sahip olması, hem ağırlık olarak hem de makinenin güç dinamiği olarak diğer çeşitlere daha kullanışlı ve iyi olduğu söylenebilir. Önden rüzgarlı makinalara kıyasla, yapımında daha hafif bileşenlerin olması sonucunda kule yükünün azalması çok önemli bir avantaj olup, kanatın kuleden geçişi esnasında oluşan güç dalgalanması, türbine önden rüzgarlı makinalere kıyasla daha çok zarar verdiği öngörülmektedir(Nurbay,Çınar, 2005).

**Tek Kanatlı Rüzgar Türbinleri:** Tek kanatlı rüzgar türbinleri kanat sayısına göre dönme hızının yüksek olması, makine kütlesinin, rotor dönme momentinin azaltılması amacıyla düşünülmüş olup makine kütlesinin, rotor dönme momentinin azaltılması gerçekleştirebilmektir. Ek olarak, rotor kanadı, kanat üzerindeki yapısal yükleri azaltacak mekanizma, kanat mekanizması hareketinin pürüzsüz olması için tek menteşe ile sabitleştirilmiş, iki karşı ağırlık dengelemesi yapılmıştır. Ayrıca hub bölümünün iyi yapıda olması, ek yüklere karşı meydana gelebilecek aerodinamik balanssızlık, mekanizma hareketinin kontrol altına alınması için oldukça önemlidir. Almanya'nın Wilhelmshaven yakınlarında tasarlanmış 3 çeşit rüzgar türbini 56 m rotor çapına sahip 630 kW gücünde olup çalışmaya devam etmektedir. 120 m/sn civarındaki kanat uç hızının neden olduğu rotorun aerodinamik gürültü seviyesi, en belirgin dezavantajı olarak gösterilebilir. Tek kanatlı rüzgar türbinleri, üç kanatlı rüzgar türbinleri kıyaslandığında, tek kanatlı rüzgar türbini kanat uç hızının iki kat daha hızlı olduğu ve daha fazla gürültüye sahip olduğu söylenebilir. Almanya'da kamuoyu meydana getirdiği gürültü ve rahatsızlıktan dolayı rüzgar türbinlerinin piyasada yer almasına sıcak bakmamaktadırlar(Nurbay, Çınar, 2005).

**Çift Kanatlı Rüzgar Türbinleri:** Üç kanatlı rüzgar türbinlerine kıyasla motor maliyetinin azaltılması adına ortaya çıkan, birçok ülkede 10-100 m rotor çapında tasarlanmış olan Avrupa ve ABD'de çalışmaya başlayan sistemlerdir. Sadece birkaç tanesi prototip durumda olup seri üretime geçmiş olup, iki kanatlı rotor balansı tek kanatlıya nazaran daha düzgün olmasına karşın, iki kanatlı rotorun dinamik hareketlerin önlenmesi adına ilave teknik güce olan ihtiyacı maliyetin artmasına neden olmaktadır(Nurbay, Çınar, 2005). Hub titreşiminin azalması amacı

ile rotor şaftı dükey ve iki rotor kanadına, kadran ilavesi sağlanmış olup, üç kanatlı rotora göre, kanat uç hızının yüksek olması öne çıkan en belirgin avantajı olmasına rağmen, rüzgar türbinleri gürültü seviyesinin yüksek olması, düşük rüzgar hızlarında (3m/sn) çalıştırılabilmesi belirgin dezavantajları arasında gösterilebilir. Birkaç üniteden oluşan iki kanatlı rotorun, en aniden artış trendi gösterebilen piyasada bu yönde eğilim olmadığı söylenebilir(Nurbay, Çınar, 2005).

**Çok Kanatlı Rüzgar Türbinleri:** En gelişmiş rüzgar türbinlerinden olup, su pompalanmasında, moment gereksiniminin sağlanması için, çok şekilde üretilmiş düşük hızda çalışabilen türbinlerdir. Kanat genişliklerinin pervane göbeğinden uçlara doğru arttığı, pervane mili, dişli kutusuna bağlanıp, jeneratör mili devir sayısının artırıldığı, otomobillerde de uygulama alanına rastlanan jeneratörlerin kullanıldığı, rüzgar gülü pervane düzlemi ile rüzgar hız vektörünü sürekli dik olarak alabilmesinin sağlanması amacıyla rüzgargülü yönlendiricisi içermektedir(Nurbay, Çınar, 2005).

**Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri:** Rüzgarı her yönden kabul edebilme özelliğine sahip, dönme eksenleri rüzgar yönüne dik ve düşey türbinlerin kanatlarının düşey olduğu, türbinlerin rüzgarı sürüklediği veya kaldırdığı sistemlerdir. Sistemin dezavantajı olarak hareket geçişlerinin güvenli olmayıp, türbin verimlerinin yaklaşık olarak %35 civarında olduğu söylenebilir. Türbinlerin üreteç ve vites kutusunun toprak seviyesine kuruluyor olması, kuleye olan gereksinimi ortadan kaldırmakta ve bundan dolayı “Yaw” mekanizmasına gerek duyulmamaktadır. Düşük rüzgar hızlarında çalışma zorunluluğu ve az miktarda suyu pompalamak için tasarlanmış olmaları, kanat sayısının artmasıyla malzeme ağırlığı artması ve yüksek rüzgar hızlarında verimsiz çalışmalarına sebep olmaktadır. Rotor çapı 5 m olan türbin, ortamala 0,5 kW güç üretebilmekte ve türbinleri yer yüzüne bağlantısı için çelik hatlara ihtiyaç duyulmaktadır(Nurbay, Çınar, 2005).

Generatör ve rotor milinin dikey olarak konumlandırılmasının avantajı olarak, rüzgarı yakalamak için kanatları konumlandırmaya ihtiyaç duyulmaması örnek gösterebilir. Zira yatay şekilde esen rüzgar sürekli kanatları döndürecek, rüzgar yönünün önemli olmadığı uygulamalara (örneğin binalarda) sıkça rastlanan rüzgar türbini olduğu söylenebilirken dezavantajlarına örnek olarak(Elektrikmedya, 2012):

- ✓ Dönüş hızının düşük olması
- ✓ Güç verimliliği düşük olması
- ✓ Kanatların sürekli dönmesiyle jeneratör miline binen sürekli dinamik yük
- ✓ Değişken yönlü rüzgarların modellenmesindeki zorluk

gösterilebilir.

**Savonius Rüzgar Türbinleri:** İki yatay disk arasına yerleştirilmiş, merkezleri birbirine göre simetrik olarak kaydırılmış, “kanat” olarak adlandırılan iki yarım silindirden meydana gelen, belirli hızdaki rüzgarın etkisiyle, çarkı meydana getiren silindirin iç pozitif ve dış kısmında negatif momentin olduğu sistemlerdir. Pozitif momentin, negatif momentten daha büyük olması, dönme hareketinin pozitif yönde olmasını sağlar(Ushiyama, Nagai, 1988:s.59-75). Diğer dikey eksenli rüzgar türbinleri (DERT)’lere göre düşük rüzgar hızlarında başlangıç performanslarının iyi olması, yapımının ucuz ve kolay olması, rüzgar yönünün bağımsız, kendiliğinden ilk harekete başlayabilmesi gibi üstünlüklere sahiptir. Aerodinamik performansı az olduğundan dolayı, öncelikli uygulama alanlarının havalandırma, su pompalama olarak kısıtlandırıldığını söylenebiliriz. Savonius RT’nin üstün yönlerinin fazlalığına rağmen aerodinamik performanslarının düşüklüğü nedeniyle kullanılmamakta olup, son yıllardaki çalışmalar aerodinamik performansın geliştirmesi yönündedir(Newman, 1974:s.116; Modi, Fernando, 1989:s.71-81).

Çarkın performansı üzerine Aldoss ve Najjar “sallanan kanatlı çark” kullanarak deneysel bir çalışma yapmış, hem rüzgar gerisinde hem de rüzgara doğru, çark kanatlarının optimum açı ile geriye doğru salınımını sağlamışlardır(Aldoss, Najjar, 1985). Reupke ve Probert ise çalışma etkinliğinin artırılması için türbin kanatlarının kavisli kısımlarının yerine sıralı menteşelenmiş kanatçıklar yerleştirmiş, kanatçıklar rüzgara doğru ilerlerken, rüzgar basıncı etkisinde otomatik olarak açılmış, daha az akış direnci sağlamışlardır. Kanatçıkların başlangıç konumuna gelmesi esnasında, otomatik olarak kapandığını tekrar tespit edip, oldukça düşük hız oranlarında, klasik Savonius RT’lere kıyasla daha yüksek moment meydana moment elde edildiğini belirtmişlerdir(Reupke, Probert, 1991).

**Darrieus Rüzgar Türbinleri:** Kanatları geometrik formlu aerodinamik yapıya sahip olduğundan performansları yüksek, hafif bir eğimle kanatlarda oluşan çekme gerilimlerinin minimuma inmesiyle, yüksek hızda çalışabilir. 2 veya 3 kanatlı olabilirler ve ilk hareket amacıyla tahrik motoruna gereksinim duyarlar(Nurbay, Çınar, 2005).

**H-Darrieus Rüzgar Türbinleri:** Dikey eksenli en önemli RT’lerden biridir. Darrirus RT’nin geliştirilmesiyle meydana gelen daha karmaşık tipte bir türbidir. Darrirus RT’den iki önemli farkla ayrılır(Nurbay, Çınar, 2005). Bunlar:

- ✓ Aerodinamik profili düzdür.
- ✓ Kanatlara pitch kontrol uygulanır.

**Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri:** Dönme eksenleri düşeyle, rüzgar yönünde bir açı yapan RT'lerdir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır.

**Tablo 8:** Rüzgarı Aldıkları Yöne Göre Rüzgar Türbinlerinin Karşılaştırılması

	Yaw Mekanizma İhtiyacı	Kanat Malzeme Yapısı	Kuleye Binen Yük	Rüzgarın Türbine Verdiği Zarar
Rüzgarı Önden Alan RT	Var	Sert	Ağır	Az
Rüzgarı Arkadan Alan RT	Yok	Esnek	Hafif	Çok

**Kaynak:** Nurbay, Çınar, 2005

Rüzgar türbinlerinin rüzgarı alış yönüne göre göstermiş oldukları farklılıklar Tablo 8'de belirtildiği gibi olup, rüzgarı önden alan türbinlerde, rüzgarın türbine verdiği zararın rüzgarı arkadan alan rüzgar türbinine göre daha az olması en belirgin farklılık olduğu söylenebilir.

**Tablo 9:** Rüzgar Türbinlerinin Kanat Çeşitlerine Göre Karşılaştırılması

	Tek Kanatlı	YERT			DERT	
		2 Kanatlı	3 Kanatlı	Çok Kanatlı	Savonius	Darrierus
Maliyet	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Estetik Görünüm	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi
Gürültü	Yüksek	Yüksek	Düşük	Az	Az	Az
Çalışma Hızı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Kule İhtiyacı	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
Kullanım Amacı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Az Elektrik & Su Pompalama	Az Elektrik & Su Pompalama	Az Elektrik & Su Pompalama
Günümüzde Kullanımı	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az
Rotorun Dönmesi İçin Rüzgarı	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler

**Kaynak:** Nurbay, Çınar, 2005

Rüzgar türbinlerinin kanat çeşitlerine göre göstermiş olduğu farklılıklar Tablo 9'da belirtilmiştir.

Yapılan araştırmalar doğrultusunda rüzgar enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Fosil kaynakların yakın süreçte tükeneceği göz önünde bulundurulursa, rüzgar enerjisi alternatif enerji arayışlarına katkı sağlamaktadır (Karadeli, 2001:s.10-11). Rüzgâr enerji piyasası büyüdükçe, ciddi oranda maliyet düşüşü yaşanacağı, üretim maliyetlerinin 15 yılda %50'ye varan oranlarda azalabileceği öngörülmüştür. Enerji fiyatlarının yüksek olduğu piyasada, ekonomik dengelerin korunmasında oldukça önemlidir. Türbinlerin ortalama 20-30 yıl süreyle kullanılabilmesi kuruluş, işletme ve bakım



- maliyetlerinin uzun bir zamana yayılması açısından avantaj sağlamakta, gelişen teknolojilerle birlikte enerji birim maliyetleri ciddi ölçüde azalmaktadır(Mehel, 2009:s.6; Uğurlu, 2006:s.157; harbiforum).
- ✓ Yerli bir kaynak olduğu için dünya enerji pazarlarından büyük ölçüde bağımsız olma özelliğine sahiptir. Teknolojinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir. RT'ler modüler (parçalı-değişebilir) olup, herhangi bir büyüklükte imal edilebilmekte ve tek veya gruplar halinde kullanılabilir. RT'lerin işletmeye alınması, inşaatın başlamasından ticari üretime geçişine kadar, yaklaşık 3 ay gibi kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir(Uyar, 1999:s.77).
  - ✓ Rüzgâr enerji sistemleri; üretim, bakım, işletme vb alanlarda önemli oranda istihdam potansiyeliyle işsizlik oranlarının azalmasını sağlamaktadır. 1998 yılında Danimarka Rüzgâr Türbinleri Üreticileri Birliği'nin istihdam verilerine ilişkin olarak; üretilen her 1 MW'lık rüzgâr enerjisi malzemesi için 17, kurulan her MW güç için ise 5 iş-yıl istihdam oluşturmaktadır. Dünya genelinde rüzgâr enerjisi istihdamının ortalama 90-100 bin kişi olduğu belirtilmiş olup, EWEA'ya göre 2020 yılında sektörde çalışanların sayısının 960.000 kişiyi bulması öngörülmüştür(Uğurlu, 2006:s.158).
  - ✓ Rüzgar, kirlilik yaratmayan ve çevreye çok az zarar veren yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hızlı gelişimin en önemli nedenlerinden biri de bu kaynağın çevreye yönelik olumsuz etkilerinin düşük seviyede olmasıdır. Elektrik enerjisi üretimi sırasında doğaya salınan karbon miktarının oldukça düşük seviyelerde oluşu, hava ve su kaynaklarının daha temiz ve daha sağlıklı kalmasını sağlamakla birlikte, küresel iklim değişikliklerinin yaşanmamasına da olumlu etki sağlamaktadır. Yeryüzünün %95'inde kullanılabilir ve rüzgar parklarında aynı zamanda ormancılık gibi faaliyetler de sürdürülebilir. Enerjinin evsel kullanımlarında iyi bir alternatif enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisinden elektrik elde eden tesislerin bir kısmı, yeterli rüzgar olmadığı zamanlarda küçük bir dizel motoru ile çalışmasını sürdürebilmekte veya enterkonnekte (bağlı) sisteme bağlanmak suretiyle yine bu enerjiden optimum (en iyi, en mükemmel) yarar sağlanabilmektedir(Gülay, 2008:s.57).
  - ✓ Yapılan akademik çalışmalara göre, 600 kW gücünde bir rüzgar türbininden elde edilen enerjide, fosil yakıtlardan elde edilme durumuna göre 80.000 ağacın ürettiği oksijene yakın oksijen tasarrufu sağlamakta, dünya genelindeki elektriğinin üçte biri rüzgardan karşılanması halinde 2050 yılına kadar 113 milyar ton CO<sub>2</sub> tasarruf edilebileceği öngörülmüştür(Uyar, 2001:s.32; Greenpeace, 2006). Başka bir çalışmaya göre ise, 1 MW rüzgar enerjisine dayalı kurulu gücün ortalama 150.000 ağaca eşdeğer, 12.000 MW rüzgar enerjisi kurulu gücün, yaklaşık olarak 1,8 milyar ağaca eşdeğer O<sub>2</sub> tasarrufu sağladığı belirtilmiştir(Cumhuriyet Gazetesi, 2006).
  - ✓ Rüzgar elektriğe olan dönüşümde iyi bir verim oranı ile sonuç almak mümkündür(Karadeli, 2001:s.10-11).

- ✓ Rüzgar santrali projeleri karmaşık yapıda olmayıp basit olması, türbin bakımının kolay yapılabilmesi, elektrik üretiminde çeşitliliğin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır(Karadeli, 2001:s.10-11).
- ✓ Ömrü biten türbinlerin kolayca sökülüp kaldırılabilmesi, arazinin yeniden kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Rüzgar tarlalarının geniş alan istemesi sorun gibi görülebilmektedir. Ancak, rüzgar santralinde türbinlerin kapladığı gerçek alan santral toplam alanının %1-1,2'si kadardır. Türbinlerin aralarında tarım ve hayvancılık yapılabildiğinden arazi kaybı olmamaktadır. Tarım alanlarında çiftçilik faaliyetleri türbinlerin hemen altında yapılabilmektedir. Rüzgar enerjisinde üretimde kullanılan doğaya hiçbir zararı olmayan rüzgar türbinleri hem fazla alan kaplamamakta, hem de kuruldukları alanda yaşayan insanlar için iş alanı yaratmaktadır. (DPT, 2000:s.161; Karadeli, 2001:s.10-11).
- ✓ Rüzgar santralleri yüksek gerilim seviyesi olan iletim sistemine bağlanabileceği gibi orta gerilim seviyesi olan dağıtım sistemine de bağlanabilir. Rüzgardan enerji üretimi için en uygun olan yöntem ise, kullanıcılara yakın dağıtım sistemine bağlantı türüdür. Böylece üretilen enerji, kullanıcıların olduğu yerde tüketilir. Bu tür bir uygulamanın yararları; enerji kayıplarının azaltılması, iletim sistem maliyetlerinin düşürülmesi, çevresel faydalar, dağıtım sisteminin güçlenmesi ve kaynak güvenilirliği olarak sayılabilir(Dünya Enerji Komitesi, 2004:s.5-22).
- ✓ Kömürle elektrik üretimine kıyasla rüzgar enerjisi kullanımında çevreye gaz salınımının daha az, katkının ise daha fazla olduğu belirtilmiştir. Hammadde ihtiyacının olmaması, temiz enerji, sürdürülebilir enerji kaynağı olması, çevresel koşullarına uygun olup, enerjide dışa bağımlılığı ve sera gazı etkisini azaltıp küresel ısınmayı engellemeye yardımcı olur. Fosil yakıt tüketimini azaltır. Rüzgar türbin santrallerinin kurulmasının diğer enerji kıyasla hızlı olması, her geçen gün güvenilir kaynak olmakta ve ucuzlamaktadır. Rüzgar türbinlerinin kurulduğu arazi tarım alanı olarak da kullanılabilir, orman alanlarının azalmasını engeller(Bektaş, 2013:s.9; power.gen.tr, 2017; Şen, 2009).
- ✓ Rüzgar enerjisinin ucuz olması, üretici, dağıtım ağı ve kurulum yeri faktörleri göz önünde bulundurulduğunda ortalama 4-6 cent/kwh aralığında mal edilebilmektedir(power.gen.tr, 2017).
- ✓ Rüzgar türbinlerinin her ortama uygunluğu, hayvan alanlarının kullanılabilmesi, tek başına olma zorunluluğunun olmayışı ve bulunduğu alanın paylaşılabilmesi, türbin alanının az yer kaplaması, türbinler arası alanların kullanımına olanak sağlaması oldukça önemlidir. Denizde de kurulabilmekte olup, ortalama bir alanda modern bir rüzgar türbini 3-4 ay içerisinde imalatında kullanılan miktarda enerjiyi üretebilmekte, geri kazanılabilirlik oranı artmakta ve türbinlerin sökölme maliyeti genelde türbinlerden arta kalan parçaların parasal değeriyle karşılanabilmektedir. Rüzgar çiftlikleri kolayca sökülebilmekte ve buldukları arazi kolayca eski haline getirilebilmektedir. Teknolojik altyapı oluşmasına yardımcı olmakla birlikte, rüzgar santrali kurulması kapsamında faiz oranlarının düşürülmesi,

- yatırımcılar için rüzgar santrali kurmasını cazip hale getirmiştir(Uyar, 2001; Karadeli, 2001:s.10-11; power.gen.tr, 2017).
- ✓ Petrol, doğalgaz ve kömür vb kaynaklarla enerji eldesindeki gibi nakil ihtiyacının olmaması, dünyanın her yerinde, en ücra köşelerinde bile kullanılabilmesi, şebekenin olmadığı bölgelerde, dağlarda ve 3. dünya ülkelerinde kurulumuyla birlikte bölgeye elektrik verilmesiyle ciddi bir avantaj, kolaylık sağlar(power.gen.tr, 2017).
  - ✓ Küresel piyasa gelişirken, rüzgar gücü maliyetleri büyük oranda azalmakta, modern bir rüzgar türbini 20 yıl öncesiyle karşılaştırınca yıllık bazda 180 kat daha fazla elektriği yarı fiyatına üretmektedir. Rüzgarı iyi olan yerlerde, hem kömür hem de gaz yakmalı santrallerle maliyet açısından rekabet edebilir durumda olup, rekabet gücü fosil yakıt fiyatındaki son artışlarla daha da büyümüştür. Fosil yakıt ve nükleer üretimden kaynaklanan kirlenme ve sağlık etkileriyle bağlantılı olan “dışsal maliyetler” hesaba katılırsa, rüzgar gücünün kullanımı daha da ucuzlamaktadır(Greenpeace, 2006).
  - ✓ RT’lerin üretim süreci boyunca yakıt ve işletme maliyetlerinin yok denilebilecek kadar az oluşu, yerli kaynak olmasından dolayı dışa bağımlılığı önemli derecede azaltıcı etkisi, modüler (parçalı-değişebilir) yapıda istenilen büyüklükte imal edilip, tek veya gruplar halinde kullanılabilmesi, kirlilik ve çevreye yok denilebilecek ölçüde az olan zararı, rüzgar enerjisinin alternatif enerji arayışlarında yalnızca ticari amaçlı olmayıp aynı zamanda ev ihtiyaçları için kullanımını da gittikçe yaygınlaşmaktadır(power.gen.tr, 2017; Tesisat, 2016).
  - ✓ Rüzgar tarlalarını geniş bir alana ihtiyacı algısı oluşsa da rüzgar santrallerinin kapladığı alan gerçek santral toplam alanının %1-1,2’si kadardır. Tarım ve hayvancılığın türbin aralarında arazi kaybı olmadan yapılabilmesi çiftçilik faaliyetlerine engel değildir(Tesisat, 2016).
  - ✓ Doğaya zararı yok denecek kadar az olan RT’ler, fazla yer kaplamaması, kurulduğu alanda istihdam olanağı yaratması, denizde de kurulabilmesi, rüzgar çiftliklerinin kolayca sökülebilmesi ve buldukları arazinin kolaylıkla eski haline dönüştürebilmesi oldukça önemlidir(Tesisat, 2016).
  - ✓ Kararlı, güvenilir ve sürekli olmasının yanında türbin için geniş alan ihtiyacı doğabilir. Bu tek türbin için ortalama 700-1000 m<sup>2</sup>/MW’tır. Rüzgar tarlalarının birim güç başına toplam gereksinimi ise 150-200 katı kadardır. Türbin alanlarının kapladığı alanın ise bunun %1-1.2 kadar olması bu alanların tarım amaçlı kullanılabilmesini sağlamaktadır(harbiforum).
  - ✓ Rüzgar türbini teknolojisinde geline bugünkü nokta tüm bu olumsuz etkileri son derece azaltmış ya da ortadan kaldırmıştır. RT’ler ile en yakın yerleşim birimleri arasındaki uzaklığın standart 400 m az olmaması koşulunda gürültü koruması sağlanabilmektedir(Dünya Enerji Konseyi, 2004:s.5-23; Uğurlu, 2006:s.158).

Rüzgar enerjisi dezavantajlarından bir kısmı ise şu şekildedir:

- ✓ Rüzgar kaynağı açısından cazip yerlerin genellikle bölgesel tüketimin düşük olduğu şebekenin uç noktaları olması, büyük kapasitede RES tesisi durumunda yeni iletim tesisleri gerektirmekte, bunlarla ilgili yatırımlar ve enerjinin uzak noktalara taşınması nedeniyle kayıpların artması, yerleşim bölgelerinden uzak olması şebekeyle bağlantı kurulmasında problem oluşmasına neden olmaktadır(power.gen.tr, 2017; DPT, 2000:s.81).
- ✓ Rüzgar gücünün her bölgede ve ülkede aynı olmaması, doğru ölçümlerle yapılmış rüzgar haritaları ihtiyacı doğurmaktadır(power.gen.tr, 2017).
- ✓ Üretilen enerjinin stoklanması amacıyla akü, hidrojen ve diğer sistemlerin kullanımı adına AR-GE çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır(power.gen.tr, 2017).
- ✓ RT'lerden yayılan gürültünün iki kaynak tarafından üretildiği ve her birinin insan kulağını farklı biçimde etkilediği belirtilmiştir. Birincisi aerodinamik veya geniş bant gürültüsü olup, makinenin kanatları üzerinden hava geçerken oluşur. İkincisi tonal veya tek frekans gürültüsüdür; dişli kutusu ve jeneratör gibi dönen mekanik ve elektriksel elemanlar tarafından oluşturulur. RT'lerin yarattığı gürültülerin yakın konumlardaki insanların kulağını rahatsız edici etkiye sahip olduğu, aerodinamik veya geniş bant gürültüsü olan bu gürültüler dışında hava akımının makine kanatları üzerindeki geçişinde meydana gelen tonal veya tek frekans gürültüsü oluşumu, dişli kutusu ve jeneratör benzeri dönen mekanik ve elektriksel elemanların oluşturduğu gürültü her zaman risk unsurudur. Rüzgâr santrallerinin görsel ve estetik olarak rahatsız edici görüntüsü, büyük kapasiteli RT'lerin kuş ölümlerine ve göç yollarını değiştirmelerine neden olması, kurulum alanının 2-3 km civarında bulunan radyo ve televizyon alıcılarında, radarlarda parazitler oluşturması, elektronik dalgalara zarar vermesi, sinyallerinin bozulmasına neden olması vb olumsuz çevre etkileri bulunmaktadır. Kamuoyu tarafından görüntü kirliliği oluşturduğu, manzara doğallığını etkilediğinden istenmemekte, başta İngiltere olmak üzere çoğu Avrupa ülkesinde büyük çaplı RT'lerin oluşturduğu çevre sorunları nedeniyle mili parkların sınırları içerisine veya çok yakınlara kurulmasına yasak getirilmiş; türbinlerin radar ekranlarında uçak gibi görünüyor olmaları İngiltere Savunma Bakanlığı ve Sivil Hava Trafik Kontrol yetkililerinin itirazlarına neden olmuştur. Havacılık yetkililerine göre, geniş bir radar görüntü alanı yaratarak yakındaki uçakların fark edilememesine neden olması açısından ciddi tehlikeler oluşturduğu belirtilmiştir(Akman, 2004:s.77; Uğurlu, 2006:s.158; Bektaş, 2013:s.9; Tesisat, 2016; DPT, 2000:s.161; power.gen.tr, 2017; Şen, 2009; harbiforum).
- ✓ RT çeşidine bağlı olarak meydana gelen gürültünün çevreye verdiği rahatsızlık ve çalışma zorluğu faktörü risk oluşturabilmektedir. Rüzgar enerjisiyle elektrik üretim maliyetleri düşmesine rağmen fosil kaynaklı yakıtların üretim maliyetlerine kıyasla ciddi bir maliyet avantajı sağlanamamış, devlet teşvikleri ve vergi indirimlerine rağmen, yüksek

oranda ilk yatırım maliyetinde fiyat düşüşü ve geri dönüşü yeterli ölçüde sağlanamamıştır(power.gen.tr, 2017).

- ✓ Rüzgar santrallerinin kırsal alanlarda kurulumu, arkeolojik anlamda ciddi zarara neden olabilmektedir. Bundan dolayı santral kurulumundan önce , kurulum yapılacak arazi üzerinde detaylı arkeolojik çalışmaların yapılması inşaat başlama süresini uzatabilmekte veya hiç yapılmamasına neden olabilmektedir(Tesisat, 2016).
- ✓ Kesintisiz ve dengeli bir enerji kaynağı olmaması, şebekeye sağlanan gücün dengesiz olmasını sağlar. Amerika körfez bölgesi gibi rüzgarın çok kuvvetli kasırgaların sürekli yaşandığı bölgelerde türbinler zarar görebilmektedir. Rüzgar hızının değişken olması, istenilen her bölgeye rüzgar santrali kurulmasını engellemektedir. Rüzgarın bu değişkenliğini aşmak için elde edilen enerjiyi doğrudan ana iletim hattına bağlamak etkili bir çözüm olabilmektedir(Mehel, 2009:s.7; power.gen.tr, 2017).

#### 1.5.4.Biyokütle Enerjisi

Herhangi bir organik maddeden enerji eldesi olarak tanımlanabilmekte, organik madde girdisi olarak; orman ve değirmen artıkları, hayvan dışkıları, odun ve odun atıkları, hızlı büyüyen ağaçlar ve otsu bitkiler, su bitkileri, belediye atıkları, endüstriyel atıklar vb girdiler biyokütle enerjisi üretimde kullanabilmektedir(REN21, 2012:s.52). Sürdürülebilirlik açısından düşünüldüğünde, yeniden yetiştirilebilme olanağıyla birlikte, mevcut teknolojilerin de gelişimiyle biyokütle enerjisi üretimde fosil yakıtların kullanılmasıyla beraber %80-90 oranında daha az sera gazı emisyon azaltımı sağladığı öngörülmüştür(IPCC, 2012:s.214). Fosil yakıtların tükeneceği göz önünde bulundurulursa biyokütleden üretilen enerjinin, enerji arayışlarına alternatif olabilecek potansiyele sahip olduğu öngörülmektedir. Biyokütle enerji kaynaklarının yanmasıyla meydana gelen CO<sub>2</sub>, fotosentez reaksiyonu sürecinde bitkiler tarafından tutulduğundan çevreci bir kaynak olup, mevcut sorunların çözümünde de etkili olduğu öngörülmüştür(The National Academies Press, 2009:s.50).

Biyokütle enerjisinin fosil yakıtların çevreye yaymış olduğu yüksek düzeydeki karbonu tekrar bünyesinde barındırdığı döngü sayesinde global karbon dengesinin oluşturulmasına önemli ölçüde katkı sağladığı söylenebilir. Bu bağlamda diğer yenilenebilir enerjilere kıyasla çevreci bir enerji türü olduğu söylenebilir. Son yıllarda yenilenebilir enerji çalışmalarının biyokütle üzerinde yoğunlaştığının en belirgin göstergesi olarak 2009 yılında gerçekleşen 9724 çalışmanın 4911 adedinin biyokütle enerji ile ilgili olmasından da kolaylık anlaşılabilmektedir(Ladanai, 2009).

Biyoyakıt üretimi verileri incelendiğinde, 2000 yılından itibaren gerçekleşen en düşük büyüme oranının 2015 (%0,9) yılından gerçekleştiği öngörülmüştür. Aynı yıl etanol üretiminin %4 oranında bir artış seyri gösterdiği, biyodizel üretiminin ise stratejik bölgelerdeki azalmayla birlikte % 4,9'lük düşüş yaşadığı öngörülmüştür(BP Statistical Review of World Energy (a)).

**Tablo 10:** Biyokütle Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler

<b>Toplam Kurulu Güç (2011)</b>		
Biyokütleden elektrik üretimi için kurulu güç 72 GW Biyokütle ısıtma için üretilen 290 GW <sub>th</sub> , Biyoetanol üretimi 86,1 milyar litre / yıl, Biyodizel üretimi 21,4 milyar litre / yıl, Katı biyokütle yakıtları (ahşap pelet)18,3 milyon ton		
<b>Kurulu Güç/Üretim Kapasitesi En Yüksek Ülkeler (2011)</b>		
<b>Biyokütleden Elektrik Üretimi</b>	<b>Biyoetanol Üretimi</b>	<b>Biyodizel Üretimi</b>
ABD, Brezilya, Almanya	ABD, Brezilya, Çin	ABD, Almanya, Arjantin
<b>Dünya Birincil Enerji Arzı (2010)</b>		
Katı biyoyakıtlar 1.152 MTEP, Sıvı biyoyakıtlar 61 MTEP, Biyogaz 25 MTEP, Yenilenebilir belediye atıkları 15 MTEP		
<b>Dünya Elektrik Enerjisi Üretimindeki Payı (2010)</b>		
% 0,15		
<b>Brüt Elektrik Üretimi (2010)</b>		
331 TWh		
OECD ülkeleri		
Katı biyoyakıtlar 145.072 GWh, Sıvı biyoyakıtlar 5.862 GWh, Biyogaz 43.237 GWh, Yenilenebilir belediye atıkları 30.655 GWh		
<b>Toplam İstihdam (2011)</b>		
2.480.000		

**Kaynak:** REN21, 2012:s.27; IEA,2012(c):s.33; IEA,2012 (b):s.216

Biyokütle enerjinin 2010-2011 zaman aralığında dünyadaki genel durumu Tablo 10'da belirtildiği gibidir.

IEA öngörülerine göre 2050 yılında biyoenerji üretiminin bugünkü üretimin 3 katına çıkması öngörülmektedir. Bu bağlamda biyokütle enerjisinin dünya elektrik üretiminin % 7,5'ini, ulaşımda kullanılan yakıtın % 27'sini karşılama potansiyeline sahip olabileceği tahmin edilmektedir(IEA, 2012 (e)).

Teorik olarak 2050 yılındaki küresel enerji ihtiyacını (1000 EJ) karşılayabilecek potansiyele sahip olan biyokütle enerjisinin, aşırı miktarlarda tarımsal alanın kullanılması sonucu küresel gıda kaynaklarını ve uzun vadede tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini etkileyerek, kıtlığa, gıda ürünlerinde fiyat artışına, erozyona, biyolojik çeşitlilik kaybına ve aşırı gübre ve ilaç kullanımından dolayı yer üstü ve yer altı sularının kirlenmesine neden olacağı tahmin edilmektedir(Ladanai, 2009). Bu tahminler doğrultusunda araştırmacılar tarım alanları ve su kaynakları üzerinde daha az baskı yaratan, daha verimli ve daha gelişime açık bir yöntem olan mikroalgler üzerine yoğunlaşmaya başlamıştır. Bu konuda her yıl uluslararası çapta yayınlanan çalışma sayısı hızla artmaktadır.

Alternatif bir enerji kaynağı olarak gündeme gelmesinden çok daha önce mikroalglerin enerji kaynağı olarak kullanılması birçok araştırmacı tarafından yıllardır önerilmektedir(Thomsen, 2010). Uzun yıllar hayvan yetiştiriciliğinde besin katkısı olarak üretilen mikroalgler son yıllarda artan petrol fiyatlarının da etkisiyle hızlanan biyokütle enerjisi araştırmaları sonucu umut vadeden bir enerji kaynağı olarak görülmeye başlanmıştır.

Çoğu araştırmacı tarafından petrol bazlı dizelle ekonomik olarak rekabet edebilmek için biyodizel için mikroalg üretim maliyetinin ciddi şekilde düşürülmesinin gerekliliğine dikkat çekilmektedir(Christi, 2007; Li, 2008).

Şeker kamışı, kanola, soya ve ayçiçeği vb enerji bitkilerinden biyodizel ve etanol üretilerek, geleneksel fosil yakıtlara alternatif bir yakıt oluşturulacağı düşünülen birinci nesil biyokütle enerji kaynaklarının yakın geçmişte gıda piyasaları ve içme suyu kaynakları üzerinde bazı yan etkileri görülmeye başlanmış ve daha çevreci biyokütle kaynakları üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Öte yandan selülozik biyokütleden etanol üretimine dayanan ve halen teknolojik ve ekonomik açıdan yeterli düzeye gelmesi için yoğun araştırma ve geliştirmeye ihtiyaç duyan ikinci nesil biyokütle enerji kaynakları, kullanımdaki diğer enerji türlerine alternatif olmaya uzaktır(Brennan, 2010).

***Fizikokimyasal Dönüştürme:*** Bitkisel yağ oranı yüksek biyokütle hammaddeleri olarak gösterilen yağlı tohumlu bitkiler, fizikokimyasal işlemlerden geçirilen sıvı yağ ve yakıt eldesinde kullanılmakta ve bu tarz işlemler sıvı yağ üretiminin temelini oluşturmaktadır. Esterleşme (metil ester) işlemiyle üretilen sıvı yakıt biyodizel olup enerji amacıyla dizel motorlarda ana yakıt katkı maddesi veya saf halde motorin yerine kullanılabilir(Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu, 2007).

***Biyokimyasal Dönüştürme:*** Alkol üretiminde (fermantasyon) şeker veya nişasta oranı yüksek biyokütle kullanıldığı bilinmektedir. Başta Latin Amerika ülkeleri olmak üzere benzinle birlikte karışımın yakıt olarak kullanıldığı, Türkiye’de de araçlarda yakıt olarak kullanımının yaygınlaştığı öngörülmektedir. Türkiye’de %5’e kadar benzin karışımı ile kullanılabilen yakıt alkolün % 2’lik karışımının çevre mevzuatına göre ÖTV’den muaf tutulduğu belirtilmiştir. Aneorobik parçalanma yönteminde % 80 ve üstü olan nem miktarı yüksek olan organik atıkların kullanımının tekniksel problemlere karşın biyogaz teknolojisinin önemli ve iyi bir teknoloji olduğunu söyleyebiliriz. Yakıt ve gübre şeklinde organik atıklardan maksimum oranda fayda sağlamak mümkündür.

Aneorobik parçalanma sonrasında oluşan gaz biyogaz olarak adlandırılmıştır. Aneorobik fermentasyon sonucunda meydana gelen metan ve CO<sub>2</sub>’den oluşan gaz karışımının motor ve kazanlarda yakıt olarak kullanıldığı öngörülmüş olup, biyokütle dönüşümünde verimin çok düşük, enerji maliyetinin yüksek, maliyet azaltma potansiyelinin az olduğu görülmüştür(Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu, 2007).

***Termokimyasal Dönüştürme:*** Biyokütlenin doğrudan yakıt eldesi için yıllardır kullanılmasına karşın son dönemde, verimin artırılması adına yakma sistemleri geliştirilmiş olup, biyokütle kaynaklarının hemen hemen hepsini doğrudan yakmanın mümkün olabileceği öngörülmüştür. Isıl değerler nem oranı arttıkça azaldığı, kararlı özelliklere sahip, depolanabilen, taşınabilir yakıtların eldesi için biyokütlerde termokimyasal süreçler uygulanmıştır.

Biyokütle yapısındaki yanmaya elverişli maddelerin, O<sub>2</sub> hızlı kimyasal tepkisini yanma olarak nitelendirebiliriz. Bunlara örnek olarak mısır, ayçiçeği sapı gibi tarım içindeki yanabilen bitkileri ve karbon, hidrojenin yanı sıra potasyum benzeri metalik elementleri bunlara örnek gösterebiliriz.

CO<sub>2</sub>, su buharı, bazı metal oksitlerin kimyasal tepkime sonucu oluşan maddelerin, gazlaştırma yöntemiyle tarımsal kökenli biyokütle kaynaklardan enerji eldesinin, Türkiye’de kullanıldığı ve küçük ölçekli sistemlerde tarımsal kökenli biyokütle yakıtlarından enerji eldesinin kullanılan en iyi yöntemlerden biri olduğu söylenebilir(Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu, 2007).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda biyokütle enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Her yerde yetiştirilebilmesi ve kaynak tedariği kolaylığı, her ölçekte enerjiye olan uygunluğu ve düşük ışık şiddetlerinde bile biyokütle enerjisi eldesinin mümkün olması önemlidir. Ortalama 5-35° aralığındaki sıcaklık yeterli olup, depolanabilir olması diğer yenilenebilir enerjilerine kıyasla önemli avantajlarından. Ayrıca çevre kirliliği ve sera etkisi oluşturmaması, atmosferde CO<sub>2</sub> dengesini sağlaması, asit yağmurlarına neden olmaması, sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli rol oynaması diğer olumlu yönlerine örnek gösterilebilir(Türe, 2001:s.3).
- ✓ Biyokütle üretiminde genelde atık maddeler kullanıldığından, atıkların oluşturacağı çevre sorunları önlenmektedir. Yakıt olarak kullanılan biyokütle, ısıtma amacıyla fosil yakıtlar yerine kullanılırsa %75-90, benzinli ve dizel araçlarda kullanılması durumunda %50-85 oranında sera gazı emisyonu azalmakta veya sera etkisi oluşturmamakta, asit yağmurlarına yol açmamaktadır(Yılmaz, 2009:s.213; Enerji Üretim Sistemleri).
- ✓ Biyogaz üretimi sırasında ortaya çıkan atıklar, kimyasal gübrelerden daha verimli biyogübre olarak kullanılabilmekte, biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal atıklar, açıkta bırakılmak yerine biyogaz tesisine konulmakla bazı salgın hastalıkların önüne geçilmektedir(Akova, 2008:s.170).
- ✓ Biyoenerji enerji ithalatının ve orman yangınlarını azaltılması, ormanların bakımını artırılması, değerlendirilemeyen atıkların ekonomiye kazandırılmasına katkı sağlamaktadır. Organik maddelerin kaybolmasını önleyerek, sosyo-ekonomik gelişmeye katkı sağlar ve sera etkisi oluşturmaz (CO<sub>2</sub> fosil yakıtlara göre % 75 daha azdır). Asit yağmurlarına yol açmaz (az miktarda kükürt ve ağır metal içerirler, parçacık emisyonları kontrol edilebilir özelliktedir). Her ölçek enerji verimi için uygun olup, depolanabilmektedir(Elektrikport, 2013).
- ✓ Kentler için yok edilmesi büyük sorun olan çöplerden, enerji elde edilmekte, kentlerin yakınında kurulan çöp termik santralleri, çöplerin çevrede oluşturacağı kirliliği önemli ölçüde ortadan kaldırmaktadır(Özer, 1996:59).
- ✓ Biyokütle kaynağı olarak ağaç yetiştirilmesi ve enerji eldesinde yararlanılması olarak tanımlanan enerji ormancılığının, ekonomik, doğal, sosyal vb. özellikleri yanında petrol ve kömüre bağımlılığı ciddi ölçüde azaltacağı, çevre kirliliğini önleyeceği ve yenilenebilir kaynak kullanım oranını artıracığı tahmin edilmektedir. Kanada, enerji ormancılığının, orta ve uzun dönem sonunda ülkenin birincil enerji kaynağı olmasını hedeflemektedir. Toprak kayıplarının azaltılması, yeşil alanların artırılması,



çölleşmenin önlenmesi ve orman yangınlarının kontrol altında tutulması konularında da enerji ormancılığı etkili olmaktadır(Saraçoğlu, 1996).

- ✓ Biyodizel üretim teknolojisi diğer alternatif yakıtların üretim teknolojilerine göre oldukça basit ve ekonomiktir. Biyodizel yakıt, motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlayan, kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen, ısıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun, mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen, çevre dostu bir yakıttır. Hammaddesi olan yağlı tohum bitkilerinin oluşumları sırasında atmosferden aldıkları CO<sub>2</sub> miktarı ile biyodizel yandığında atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı hemen hemen eşit olduğundan, biyodizel kullanımı atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını artırmamakta ve böylece küresel ısınmaya yol açmamaktadır(Ataman, 2007:s.139).

Biyokütle enerjisinin dezavantajlarından bazıları ise şunlardır:

- ✓ Dönüşüm veriminin düşük olması, su içeriğinin fazla oluşu tarım alanları için rekabet ortamı oluşturması olumsuz özellikleri arasında gösterilebilir(Türe, 2001:s.3).
- ✓ Çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan atıklar çevresel sorunlara neden olabilmekte, depolanması ve ayrıştırılması esnasında açığa çıkan gazların yanma ve patlama ihtimali bulunmaktadır. Çöp depolama tesislerinde yeterli tedbirler alınmadığı takdirde görsel kirliliğe ve kötü kokulara neden olabilmektedir(Ataman, 2007:s.139).
- ✓ Biyokütle enerji kullanımının en tehlikeli ve olumsuz yönü olarak, buğday, arpa, mısır, patates, şeker pancarı, vb. gibi insanların beslenme ihtiyaçlarını karşılayan temel besin maddelerinin, çeşitli yol ve yöntemlerle makineler tarafından tüketilmesine neden olması gösterilebilir. Çiftçiler insanların yiyeceği buğday yerine tarlalarına biyodizel ham maddesi ekmekte, bu nedenle gıda fiyatları giderek yükselmektedir. Dünya nüfusunun 8 milyarı geçtiği, bazı bölgelerde yiyecek ve içecek olmadığından açlıktan ölen insanların olduğu düşünülürse, besin kaynaklarının makinelerce tüketilmesi ne kadar fayda sağlarsa sağlasın olumsuz bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Artan dünya nüfusu karşısında mevcut kaynaklar artmayarak sabit kalmaktadır. Her ne kadar çeşitli teknik yöntemlerle tarımda verim artışları sağlansa da bir süre sonra bu kaynakların insanların beslenmesi için yeterli olmayacağı kanaati oluşmaktadır.

Biyokütle kaynakları kullanımında, insan ve diğer canlıların besin olarak tüketebileceği maddelerin enerji kaynağı olarak kullanılmayarak, çevreye zararlı atıklardan, besin olarak kullanılmayan bitkilerden üretilen enerjinin sürdürülebilirlik ve çevreci anlayışa daha uygun olacağı öngörülmektedir.

### 1.5.5. Jeotermal Enerji

İnsanlığın uzun yıllar boyunca kullandığı, yer kabuğunun iç ısısından yararlanılarak elde edilen, jeotermal enerjinin, ısı pompaları, endüstriyel amaçlı ısı temini, tarımsal kurutma, merkezi ısıtma ve soğutma, sera ısıtması, alan ısıtması, gölet ısıtması, yıkanma ve yüzme havuzu suyunun ısıtılması vb doğrudan kullanım alanlarına sahip olduğu söyleyebilir (Lund, Freeston, 2000:s.3-6). Ayrıca türbinler aracılığıyla, jeotermal enerjide sıcak su ve kızgın buharlar elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Çevre dostu olmasıyla birlikte yeşil büyümeye katkıda bulunduğu söylenebilir. Ayrıca kaynağın bulunma, üretime geçiş aşamalarının ortalama 5-7 yıl sürdüğü, sondaj işlemlerinin sonraki aşamalarında jeotermal kaynak büyüklüğü netlik kazandığı, her tesisin farklı bir proje olarak tasarlanması gerektiği belirtilmektedir (REN21, 2012:s.41).

Jeotermal enerjiden elektrik üretimi bağlamında Türkiye, Dünya sıralamasında 12. sırada yer almakta olup ilk sırada ABD ve sırasıyla Filipinler, Endonezya ve Meksika gelmektedir (GEA, 2013). 2015 yılında 13,2 GW olan toplam jeotermal enerji kapasitesi yaklaşık 315 MW miktarında bir kapasite artışı gerçekleşmiştir. Dünyada jeotermal enerji kapasitesi bakımından ilk sırada ABD yer alırken onu sırasıyla Filipinler, Endonezya ve Meksika takip etmektedir (GEA, 2016). Jeotermal enerji kurulu gücü yıllar içerisinde önemli bir gelişim göstermiştir. 2002 yılında 17,5 MW olan kurulu güç 2016 yılsonu itibarıyla 821 MW seviyesine gelmiştir (ETKB 2016(b)). Bu rakamın 2023 hedefleri çerçevesinde 1.000 MW'a ulaştırılması öngörülmektedir. Türkiye jeotermal ısı enerjisi kapasitesi bakımından dünyada Çin'in ardından ikinci sırada, 2015 yılı kapasite artışı bakımından ise ilk sırada yer almaktadır. Türkiye jeotermal enerjide potansiyel ve kapasite artışı bakımından dünyada önemli bir yere sahiptir.

Konutların ısıtılması ve termal turizm amacıyla kullanım şekli yaygın olan jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesinin dünyada ortalama 50.583 MW olduğu, doğrudan kullanım amacıyla Türkiye'de yaygın olarak konut, termal tesis ve seraların ısıtılmasında kullanıldığı öngörülmüştür (Kömürcü, Akpınar, 2009). Bu şekilde kullanım kapasitesi anlamında dünyada ilk sırada ABD (12.611 MW) yer alırken, sonra Çin (8.898 MW), İsveç (4.460 MW), Norveç (3.300 MW), Almanya (2.485 MW), Japonya (2.099 MW) gelmektedir (GEA, 2013).

Jeotermal enerji sistemlerinin çevresel etkileri konusunda yapılan çalışmalar sonucunda temelde aynı olan bazı sınıflandırmalar yapılmış, jeotermal alanın özelliklerine ve kullanım amacına göre, çevresel etkileri söz konusu olduğu belirtilmiştir. Jeotermal alanın hazırlanması, kuyu açma, testlerin yapılması işletimi esnasındaki etkiler bunlara örnek olarak gösterilebilir (Bustamente, 2000).

İklim koşullarından bağımsız bir şekilde, günün her saatinde kullanılabilmesi, diğer enerji türlerine göre oldukça önemli özelliklerinden olup, böylece gerekli şartlarda elektrik üretilip şebekeye verilerek talep yük dengesinin sağlanmasında yardımcı olduğu söylenebilir. 2010 yılında toplam elektrik enerjisi üretiminin %0,3'ünün bu şekilde karşılandığı söylenebilir (IEA, 2012 (b):s.216). Jeotermal ile ilgili verilere göre 2011 yılında dünya jeotermal kurulu kapasite

gücünün, jeotermal elektrik enerjisi sistemlerinde 11,2 GW'a ulaştığı, jeotermal ısı enerjisi üretim kapasitesi 58 GWth olduğu tahmin edilmektedir(REN21, 2012:s.40). Jeotermal enerjinin doğrudan ısı olarak kullanımında Çin, ABD ve İsveç'ten sonra Türkiye gelmektedir(REN21, 2012:s.19, 40-42). Planlanan strateji ve politikaların gerçekleşmesi durumunda, 2035 yılında jeotermal elektrik üretiminin 300 TWh'in üzerine çıkacağı öngörülmüştür(IEA, 2012 (b):s.230).

Küresel ölçekte jeotermal enerjiden elektrik üretim oranı yaklaşık % 0,04 civarında olup, IEA'nın tahminlerine göre 2050 yılına gelindiğinde toplam elektrik üretiminin yaklaşık % 3,5'i jeotermal enerjiden elde edilecektir(IEA, 2011).

**Tablo 11:** Jeotermal Enerjisine İlişkin Genel Bilgiler

Toplam Kurulu Güç/Üretim (2011)	Dünya Birincil Enerji Arzı (2010)	Kurulu Güç/Üretim Kapasitesi En Yüksek Ülkeler			Dünya Elektrik Enerjisi Üretiminde Payı (2010)	Brüt Elektrik Üretimi (2010)	Toplam İstihdam Elektrik, Isı Uygulamaları (2011)
		Jeotermal Elektrik Üretimi	Jeotermal Isı Üretimi	Jeotermal Doğrudan Isı Kullanımı			
Jeotermal elektrik enerjisi 11,2 GW Jeotermal Isı Enerjisi 58 GWth	64 MTEP	ABD Filipinler Endonezya	ABD Çin İsveç	Çin ABD İsveç Türkiye	% 0,3	68 TWh	90.000

**Kaynak:** REN21, 2012:s.19, 40-41; IEA, 2012(c):s.33; IEA, 2012(b):s.216

Jeotermal enerjinin 2010-2011 zaman aralığında dünyadaki genel durumu Tablo 11'de belirtildiği gibidir.

Jeotermal enerjiyle ilgili yapılan araştırmalar sonucunda bu alanda çalışanların elektrik ve ısı üretimi dahil olmak üzere ortalama 90.000 kişi olduğu, büyük bölümünün ABD, Almanya ve diğer AB ülkelerinde elektrikle ilgili işlerde çalıştığı, ABD Jeotermal Enerji Derneği'nde ortalama üçte biri imalat, üretim, idame; üçte ikisi destekleyici işler olmakla birlikte 2008 yılında ortalama 18.000 kişinin jeotermalle ilgili alanlarda istihdam ettiği belirtilmektedir(GEA, 2009:s.4).

Yenilenebilir enerji arzının artırıldığı "enerji devrimi" senaryosuna göre, 2030 yılında jeotermal elektrik enerjisi üretiminde önemli derecede artış yaşanacağı, yaklaşık olarak 165.000 istihdamın yeşil işlerde sağlanacağı, jeotermal ısı pompaları ile birlikte doğrudan istihdam sayısının 582.000'i bulacağı öngörülmektedir(EREC/GWEC/Greenpeace, 2012:s.195-197). Sondaj aletleri ve ısı pompalarının üretimi, sayımında çalışan mühendisler, tasarımcılar, fizibilite etüt çalışanları, ısı tepkileri ölçen jeoloji mühendisleri, sondaj sistemleri kurulum, ısıtma-soğutma sistemleri, dağıtım altyapı oluşturulması, inşaat aşamasında çalışmakta olan uzmanlar, işçiler jeotermal enerji ile ilgili başlıca istihdam alanları olarak gösterilebilir.

Jeotermal enerjinin işletim sürecinde, hidroelektrik ve biyokütle enerjisine kıyasla daha az sayıda tam zamanlı insan gücüne ihtiyaç olmaktadır. Bu tip santrallerde teknik arızanın giderilmesi ve bakım-onarımı gibi durumlarda

profesyonel anlamda desteğe ihtiyaç duyulduğundan dolayı, sektörde profesyonelleşen meslek gruplarının eş zamanlı olarak birden fazla projede çalışması mümkündür(ILO, 2011(c):s.51). Jeolojik koşullara bağlı olarak değişiklik gösteren projelerde konuyla ilgili uzman kişilere iş sürekliliği sağlanabilmektedir.

Hazne sıcaklığının 150°C'den fazla olduğu jeotermal sahalarda, konvansiyonel elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Son dönemdeki teknolojik gelişmelerle birlikte, ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan sistemle, buhar noktaları düşük gazlar kullanılarak  $T > 80^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıktaki sulardan elektrik üretilebilmekte, buhar ve sıvı baskın sistemlerin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde çeşitli sistemler mevcut olmakla birlikte, kullanımı en kolay sahaların kuru buhar sahaları olduğu söylenebilir.

Kuyudan alınan buharın filtreden geçirilmesiyle birlikte yoğunlaşmalı türbine iletilmesiyle gerçekleşen, kondensere ek olarak doğal veya mekanik soğutma kulesi kullanılmaktadır. Sıvı baskın sistemlere şunları örnek gösterebiliriz(Kaymakçıoğlu, Kayabaşı, 2006):

**Atmosferik egzozlu (back pressure) konvansiyonel buhar türbinleri:** Basit ve ilk yatırım masraflarının en ucuz türbin çeşidi olduğu bu tür santrallerde jeotermal akışkanın önce seperatöre gelip, daha sonra sıvı ve buhara ayrılarak, buhar fazın bir buhar türbinini beslediği ve çürük buharın direkt olarak atmosfere atıldığı öngörülmüştür(Kaymakçıoğlu, Kayabaşı, 2006).

**Yoğuşmalı konvansiyonel buhar türbinleri:** Atmosferik egzoz tasarımının termodinamik gelişmiş olduğu, iki fazlı akışkanın ilk olarak seperatörde sıvı ve buhar faza ayrılması ve buhar türbinde direkt atmosfere atılmak yerine, çok düşük bir basınçta tutulan (ortalama 0.12 bar) bir kondensere atıldığı söylenebilir(Ağahı R. vd., 2011).

**Çift kademeli buharlaştırma:** Yer altından çıkarılan jeotermal akışkanın tam anlamıyla buhar fazında olması her zaman olağan bir durum değildir. Buhar yüzdesi yeterli ölçüde yüksek olduğu hallerde buhar sıvıdan ayrıştırılır, buharın türbine gönderilmesi sırasında sıvının yer altına enjektisi sağlanır. Buhar yüzdesinin az olduğu veya jeotermal akışkanın bütünüyle sıvı halinde bulunması durumunda püskürtmeli buhar çevrimleri kullanılmakta, püskürtme işlemi kısımla vanalarının işleyiş prensibine göre püskürtme havuzunda gerçekleştirilmektedir. Jeotermal akışkanın püskürtme odasının çıkışında basıncın daha az; fakat entalpinin girişteki akışkanla eşit olması nedeniyle sıvının belli bir yüzdesi buharlaşmaktadır. Püskürtme işleminden sonra jeotermal akışkan sıcaklığının düştüğü, yeni sıcaklığın yeni basınçtaki doyma sıcaklığı olduğu sistemlerdir(Kanoğlu, 2005).

**Çoklu buharlaştırma (multi-flash):** Seperatörden ayrılan sıvının ikinci bir seperatöre gönderilmesi, seperatör sayısının ekonomik kısıtlar dikkate alınarak artırılabilirdiği sistemlerdir(Kaymakçıoğlu, Kayabaşı, 2006).

**İkili çevrim santralleri:** Jeotermal sahalarda en önemli atık ısı kaynağı seperatörden ayrılmış sıvı olup, konvansiyonel buhar türbinleri yalnızca buhar kullandıklarından dolayı, kalan büyük miktardaki sıvı genellikle yerüstü sularına atılmakta veya yeraltına enjekte edilmektedir. Orta-düşük sıcaklıklı kaynaklardan elektrik üretimi, termal kaynakların kullanımının arttırılmasıyla atık ısının geri kazanımıyla binary teknolojisinin geliştirildiği söylenebilir(Kaymakçioğlu, Kayabaşı, 2006). Binary sistemler, düşük kaynama sıcaklıklı ve düşük sıcaklıklarda yüksek buhar basınca sahip, ikincil bir çalışma akışkanı kullanırlar. Böylelikle konvansiyonel bir Rankine çevrimine uygun çalışıp, uygun çalışma alanı ile birlikte binary sistemler 80-170°C aralığında giriş sıcaklıklarında çalışabilmektedirler. Diğer bir deyişle, 2. bir çalışma sıvısına ısı geçişinin bir ısı değiştiricide gerçekleşmesi, 2. sıvının da türbinde genişip yoğuşturucuda faz değiştirmesiyle meydana gelen artık ısının soğutma kulesinden atılmasıyla tamamlanan kapalı devre Rankine çevrimi olarak da tanımlanabilir(Kaymakçioğlu, Kayabaşı, 2006; Serpen, 2010).

**Hibrid fosil-jeotermal sistemler:** Hibrid fosil-jeotermal sistemlerde jeotermal enerji, ön ısıtıcı halinde veya kızgın buhar eldesinde kullanılabilir(Kaymakçioğlu, Kayabaşı, 2006).

**Toplu akış:** İki fazlı buhar-su karışımlarından, doğrudan enerji eldesinde kullanılabilir. Ekonomisi henüz iyi bir şekilde belirlenmemiş olup, işletme tecrübesi 5 yıldan fazla değildir. Bilinen örneğinin Desert Peak, Nevada, ABD'ndeki 9 MWt'lik, iki fazlı rotary seperatörlü turbo-alternatörlü santral olduğu söylenebilir(Kaymakçioğlu, Kayabaşı, 2006).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda jeotermal enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Jeotermal enerjinin çevreye zararlı olmaması için uygun kullanım şekliyle, fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmurları, yangın, zehirlenme, doğalgaz patlaması vb risk ve çevre sorunlarının minimuma indirilmesi ve önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bunun için kullanılan jeotermal sıvının geri basım yoluyla rezervuara geri verilmesi işleminin uygun bir şekilde, zamanında yapılması önemlidir. Çevre kirliliğinin minimuma indirilmesi amacıyla geri verme (reenjeksiyon) yöntemi çeşitli ülkelerde yaptırımlarla zorunlu hale getirilmiş, böylece kömür, petrol, doğalgaz'ın yerine kullanıldığından dolayı döviz tasarrufu sağlamıştır. Türkiye'deki uygulamaların çoğunda geri verme yöntemi uygulanmaktadır. Ayrıca akışkanın yer altına geri gönderilme işleminin jeotermal enerji kullanım ömrünü uzattığı bilinmektedir(Akova, 2008:130; Gülay, 2008:81; T.C. MEB, 2012). Jeotermal enerji üreten tesisler ilave yakıt gerektirmediğinden atık madde oluşturmaması, partiküler veya toksik maddeler üretmemesi ve yüzeye çıkan az miktardaki radyoaktif materyalin yer yüzeyinin altına geri enjekte

edilerek ihtimal dahilinde bulunan çevre tahribatının önüne geçileceği öngörülmüştür. Ayrıca çalışma sıvısının korozif olmadığı belirtilmiştir(Çetiner, 2013; Gibilisco, 2007:s.254).

- ✓ Yüksek basınç ve düşük sıcaklıklarda çalışmaya elverişlidirler(Çetiner, 2013).
- ✓ Doğrudan elde edilebilme özelliği, veriminin yüksek, maliyetinin düşük olması, yerli, kesintisiz ve çevre dostu vb özelliklerinden dolayı, jeotermal enerji talep gören birim güç maliyeti hidroelektrik dışında diğer santrallerden ucuz olan yenilebilir enerji olarak ön plana çıkmaktadır. Türbin boyutunun küçüklüğü ve ucuz olması, gelişen teknolojilerle düşük sıcaklıktaki alanlarda elektrik iletimi sağlanabilmesi ve birim enerji maliyetinin minimuma inmesi beklenmektedir(Çetiner, 2013; T.C. MEB, 2012).
- ✓ Geri basım (reenjeksiyon) uygulamasının gün geçtikçe aşama kaydetmesiyle, termik santrallere göre çok daha az olan çevre sorunu, minimuma inerek hiç zarar vermeyecek düzeye inmesi öngörülmektedir(T.C. MEB, 2012).
- ✓ Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> salımı çok düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır. Kömür katkılı santrallerdeki CO<sub>2</sub> salımı jeotermal santrallerine göre 1600 kat daha fazladır. Doğal gaz santralleri ise, jeotermalin en az 2000 katı daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonuna sahiptir. Ayrıca hava sızması vb problemler yaşanmamaktadır(Çetiner, 2013; Ataman, 2007:128).
- ✓ Türbin genişmesinin tamamen kuru bölgede gerçekleşmesi, böylece toplam türbin ömrünün uzatılması(Çetiner, 2013).
- ✓ Jeotermal enerjiden elde edilen elektriğin birim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuzdur. Elektrik santrallerinin ilk kurulum maliyeti yüksek olsa da işletme maliyetinin düşük olması ve kullanılan kaynağın herhangi bir maliyetinin olmaması ekonomik getirisinin diğer santrallere göre yüksek olmasını sağlamaktadır. Elektrik üretimiyle entegre olarak geliştirilen sistemlerle, jeotermal akışkandan daha fazla güç elde edilebilmekte ve diğer kullanımlarla entegrasyon sağlanabilmektedir. Bütünleşmiş (entegre) kullanımlarla birlikte maliyet oldukça düşmekte ve jeotermal kaynaklar birden fazla amaca hizmet edebilmektedir. Yüksek teknoloji gerektirmeyen yerli bir enerji kaynak olması, jeotermal enerjiden yararlanan ülkelerin teknolojik ve politik yönden dışa bağımlı olmamaları, yaşanan uluslararası krizlerden etkilenmemeleri oldukça önemlidir(Akova, 2008:s.131; TÇV, 2006:s.108; T.C. MEB, 2012).
- ✓ Düşük kondenser basıncı, yüksek sistem verimi, Isantropik türbin verimlerinin yüksek olması diğer avantajlarından(Çetiner, 2013).
- ✓ Çok verimli bir enerji kaynağıdır. Doğrudan ısı enerjisinde kullanılabilmesi gibi yüksek sıcaklıklarda elektrik enerji eldesinde yararlanılmakta, enerji elde edildikten sonra artan sıcak su farklı alanlarda değerlendirilerek kaynaktan elde edilen verim artmaktadır(Akova, 2008:s.131).
- ✓ Sıcaklık, gürültü ihtimalleri göz önünde bulundurulduğunda, jeotermal enerjinin yerinde kullanılan enerji türü olması (maksimum 100 km ), uzun

mesafelere nakil sınırlamaları vb olumsuz etkilerini olumlu hale dönüştürmektedir. Santrallerin az yer kaplaması, görüntü kirliliği oluşturmamakta, sürekli (kesintisiz) güç üretimi, hava değişiminden etkilenmemesi sebebiyle güvenilir bir kaynak olmaktadır(T.C. MEB, 2012).

Jeotermal enerjisinin dezavantajlarından bazıları şu şekildedir:

- ✓ Jeotermal akışkanın paslanmaya, çürümeye, kireçlenmeye, içerdiği bor yüzünden atılacağı yüzey sularının kirlenmesiyle su ve toprak kirliliğine neden olabileceği öngörülmüştür. İkincil sıvı olarak hidrokarbon kullanıldığında, hidrokarbon yanıcı olma riski taşıyabilmektedir. Suyun tabakalardaki mineralleri çözerek suyun kirlenmesine, bu suyun kullanımı toprakların kirlenmesine ve tuzlanmasına neden olmaktadır. Ayrıca, tüketime sunulan suyun yeraltı su tabakasından çekilmesi, yüzeyin su tutma kapasitesini olumsuz etkilediği gibi su tabakasının da daha derin düzeylere inmesine yol açmaktadır. Ayrıca ikincil sıvı maliyetlerinin yüksek olduğu söylenebilir(Çetiner, 2013; Uğurlu, 2006, 172; Ataman, 2007:129).
- ✓ Jeotermal enerjinin elde edildiği suların yer altı tabakalarında sürekli çevrimi, ısı değiştirgeçlerinin pahalı oluşu, ikincil sıvı olarak freonlar kullanıldığında ozon tabakasına zarar vermeyecek sıvılar seçme zorunluğu, toplam jeotermal akışkan akış oranlarının yüksek olma gereksinimi dezavantajlar arasındadır(Çetiner, 2013).
- ✓ Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı esnasında gerekli tedbirler alınmadığı takdirde birtakım çevre sorunları yaşanabilmektedir. Örneğin sıcaklık ve gürültü vb çevre sorunlarının yanı sıra jeotermal sıvının içerisinde bulunan, civa, arsenik, kurşun, lityum, amonyak gibi kimyasal atık maddeler ciddi problemlere neden olabilmektedir(Akova, 2008:s.150). Akışkanın paslanma, kireçlenme, çürümeye sebebiyet vermesi, bor içeriğinden dolayı atılacağı suların kirlenmesi, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S vb içeren kimyasından dolayı teknolojik önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır(T.C. MEB, 2012). Jeotermal kaynakların tedariği amacıyla kuyuların açılması sırasında genellikle doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerjilere gerek duyulmakta, ayrıca bu işlem esnasında inilecek derinliğe bağlı olarak gürültü kirliliği oluşabilmektedir(Bowen, 1973:s.198).
- ✓ Jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili diğer bir olumsuzluk ise, bu enerji kaynağının yerinde kullanılması gerekli olup, uzak mesafelere taşınma zorluğudur. Günümüzde jeotermal enerji, yaklaşık 100 km'lik mesafeye kadar taşınabilmektedir(Gülay, 2008:82).

## 1.5.6. Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler

### 1.5.6.1. Dalga Enerjisi

Archimedes prensibi ve yerçekimi arasında meydana gelen güç olarak tanımlanan dalga enerjisinin, güneş ve rüzgar enerjisinin %20-30'ını temini, dalga gücü zamanına göre % 90 oranında elde edilebilir olması, doğal, temiz, ucuz, doğal dengeyi koruyan, solunabilir temiz hava sağlaması, diğer enerji kaynaklarına göre daha güvenilir olması, ülke ekonomisine katkısının yüksek olması, yenilenebilir enerji kaynakları arasında daha tercih edilebilir olmasına neden olmaktadır. Bu nedenler göz önünde bulundurulduğunda üç tarafı denizle çevrili ülkeler adına dalga enerjisinin önemi göz ardı edilemez boyuttadır(Pelc, R., 2002:s.471-479). Güç kaynağının sonsuz ve bol olması, dolaylı olarak fosil yakıt bağımlılığını, asit yağmurlarını, küresel ısınmayı, çevresel kirliliği azaltması, iş sahası açarak istihdam oranını arttırması, elektrik şebekesi bulunmayan uzak alanlara elektrik sağlaması, tuzlu suyun tatlı suya dönüşümüyle ihtiyaç halindeki bölgelere pompalanması, deniz ortamında yapılması planlanan her türlü çalışmalarda potansiyel teknolojinin kullanımını elverişli hale getirmesi, deniz dibi zenginliklerinin yüzeye pompalanması ve kıyıların korunmasına pozitif etkide bulunmasıyla dalga enerjisi gelecek vadeden farklı bakış açılarını beraberinde getirmektedir. Bu bakış açılarını eyleme dökmeden önce, deniz dalgası kullanımında, her dalganın boyutunun kullanılması için tasarımın oluşturulamaması, askeri tatbikatlar, balık avlama sahaları, su altı kabloları, gemi rotalarının geçtiği yollar dikkat edilmesi gereken kıstaslardır(Future Offshore, 2002). Yapılan çalışmalara verilerine göre, dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucunda meydana gelen rüzgarların, deniz yüzeyinde esmesi sonucunda oluşan deniz dalgalarındaki gücün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla 10-15 defa daha kesin olduğu belirlenmiş, birçok ülkenin kullanımı için elverişli, bol elde edilebileceği düzeyde, yaygın olduğu öngörülmüştür.

Kıyaslama yapılacak olursa; güneş enerjisi kullanımından yüzey etkin olduğu için yüzey baz alındığında, 1 kW elektrik üretimi için 10 m<sup>2</sup>'lik alan ihtiyacı, rüzgar enerjisi ile aynı miktarda elektrik üretmek için 2 m<sup>2</sup>'lik alan ihtiyacı olduğu belirtilmiştir. Bu alan dalga gücü (1-5 veya 1-10) için sadece 1 m<sup>2</sup>'dir(kıyı Dalgası)(Universitat Leipzig, 2003). Okyanuslardaki bu gücün sadece % 1'i, bugünkü dünya enerji talebinin 5 katından fazla olduğu belirtilmiştir(Thorpe, 1999 (a)).

Dalga gücü genliğinin karesi ve hareket periyodu ile orantılı olduğu belirtilmiştir. Uzun periyotlu (~7-10s), büyük genlikli (~2m) olan dalgaların



yaklaşık olarak, metre genişliği başına 40-50 kW enerji meydana getirdiği öngörülmüştür.  $\sim 30^\circ$  ve  $\sim 60^\circ$  enlemler arasında batı rüzgarlarının etkisiyle yüksek dalga hareketi gözlemlenmekte olup, Akdeniz sahillerinde 4-11 kW/m arasında değişmekte olan dalga gücünün, Ege Denizinin güneybatı bölgesinde en yüksek değere ulaştığı öngörülmüştür. Avrupada 320 GW olan toplam dalga enerji kaynağının, Akdeniz sahillerindeki yıllık 30 GW civarında olduğu öngörülmektedir(Clement vd., 2002:s.408).

Dalga üretim sistemlerini kurulduğu yere ve kullanılan teknolojiye göre 2'ye ayırabiliriz.

**Tablo 12:** Dalga Enerjisinin Kurulduğu Yere Göre Dünyadaki Uygulama Biçimleri

Kıyıda	Kıyıya Yakın	Kıyıda Uzakta	Açıkta
The Wave Dragon	Pelamis	Pelamis	MWPP (Metin's Wave Power Plant)
Tapchan	McCabe Wave Pump	AWS	
Pendular			
Osprey			
OWC			

**Kaynak:** Çokan

**Tablo 13:** Dalga Enerjisinin Kullanılan Teknolojiye Göre Dünyadaki Uygulama Biçimleri

Hava Sıkıştırarak Çalışan Sistemler	Deniz Suyu Kullanarak Çalışan Sistemler	Mineral Yağ Kullanarak Çalışan Sistemler
OWC	Tapchan	MWPP (Metin's Wave Power Plant)
Osprey	Wave Dargon	McCabe Wave Pump
	The Mighty Whale	Pelamis
		Pendular

**Kaynak:** Çokan

**Kıyı Şeridi (Shoreline) Uygulamaları:** Enerji üretim yapıları gömülü veya kıyıda sabitlenmiş konumdadır. Diğer uygulamalardan farklı olarak bakımı ve inşasının daha kolay olduğu söylenebilir. Bu tür sistemlerde uzun su altı elektrik kablolarına, derin su bağlantılarına gerek duyulmamaktadır. Dalga rejimi gücünün az olması sebebiyle dalga enerjisi az olabilmekte ve kıyı yapısı, dalga şeridi jeolojisi, gel-git seviyesi yaygınlaşma oranını belirlemektedir(Ün, 2003:s.2). Bu tür sistemlere Salınlı Su Kolonu, Daralan Kanal Sistemi, Pendular örnek gösterilebilir.

**Salınlı Su Kolonu (OWC: Oscillating Water Column):** Bir bölümünün su seviyesinin altında bulunduğu denize açılan çelik veya beton, çukur yapılardır. Sistemlerde üst üste su ve hava kolonu bulunmakta, dalgaların sisteme çarpması sonucunda, su sütununun yükselip alçalmasıyla birlikte hava sütunu sıkışıp, basıncın düşmesini sağlar. Sıkışan havanın Wells türbinine hareketiyle oluşan enerji ile elektrik üretimi sağlanmaktadır(Thorpe, 2001:s.103-110; Thorpe, 1999

(b); Wave Energy' European Commision Web Site; Wavegen; Wave Energy", The Australian Greenhouse Office Web Site). Dünya üzerindeki çeşitlerine örnek olarak European Pilot Tesisi (CRES, 2003; Thorpe, 1999; Clement vd.,2002:s.405-431, 2002; Thorpe, 2000), Wavegen Limpet, Energetech OWC (CRES, 2003; Thorpe, 1999; Wavegen; Clement vd.,2002:s.405-431; Thorpe, 2000) Energetech OWC (Thorpe, 1999; Clement vd., 2002:s.405-431; Thorpe, 2000), Srilanka OWC(Thorpe, 2000)'yi örnek verebiliriz.

**Daralan Kanal Sistemi (Tapchan: Taperated Channel Device):** Genel hidroelektrik üretim sistemlerinin benzeri olarak tanımlanabilir. Giderek daralan kanaldan oluşan, uçurum kenarındaki hazneyi besleyen ,deniz seviyesinin 3-5 m yukarisına inşa edilen duvarlardan oluşan sistemde, kanalın daralmasıyla dalga yükseliği artar, yükselen dalga kanal duvarlarından geçerek hazneye boşalır. Böylece haznede depolanan su sayesinde, hareketli dalganın kinetik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşür ve depolanan su türbine geçer. Hareketli parçaların az oluşu yüksek güvenilirliği, düşük bakım maliyetinin beraberinde getirir. İhtiyaç duyulana kadar enerji depolanabilmesine karşın tüm kıyı sistemleri yapısına uygun değildir(Thorpe, 1999, 'Wave Energy' European Commision Web Site, Wave Energy", The Australian Greenhouse Office Web Site; Clement vd.,2002:s.405-431).

**Pendular:** Tek tarafın denize açık, açık olan tarafın sarkaç kapak menteşeli olan, dikdörtgen şeklinde ve dalga hareketiyle kapağın ileri geri hareketi ile birlikte jeneratör ve hidrolik pompanın çalışması için kullanılır(Thorpe, 1999, 'Wave Energy' European Commision Web Site, Clement vd.,2002:s.405-431).

**Kıyıya Yakın (Near Shore) Uygulamalar:** 10-25 m su derinliğinde uygulanan, Salınlı Su Kolonu (OWC:Oscillating Water Column)' un değişik versiyonu olan sistemlerdir. Bu tür sistemlere OSPREY, WOSP 3500 örnek gösterilebilir(Ün, 2003:s.3).

**OSPREY:** İnşa maliyetinin azaltılması ile ilgili çalışmaların devam ettiği, gücünün 1,5 MW'lık rüzgar türbini ilave ile 2 MW'a çıkarılan wavegen tarafından geliştirilen ve ticari gösterimi üzerine çalışmaların yoğunlaştığı sistemlerdir(Thorpe, 1999; 'Wave Energy' European Commision Web Site, Clement vd.,2002:s.405-431; CRES, 2003; Wavegen).

**WOSP 3500:** WOSP (Rüzgar ve Okyanus Salınım Enerjisi) , 1,5 MW'lık rüzgar üretim kapasitesinin tesis kapasitesini 3,5 MW'a yükselttiği, kıyıya yakın dalga ve rüzgar enerji istasyonunun birleştiği sistemlerdir(Wavegen).

***Kıydan Uzak (Offshore) Uygulamalar:*** Uzun elektrik kablolarına ihtiyaç duyulan, 40 m'den daha derin sularda kıydan uzak uygulanan aygıtlar kullanılmaktadır. Bir çok çeşidi üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu sistemler: Salter Duck (Clement vd., 2002:s.405-431; CRES, 2003), Floating Wave Power Vessel (Clement vd., 2002:s.405-431; CRES, 2003; 'Wave Energy' European Commision Web Site), Mighty Whale (Clement vd.,2002:s.405-431), PS Frog (Bracewell, 1990; French, Bracewell, 2010), Wave Dragon (CRES, 2003; Clement vd., 2002:s.405-431; Soerensen vd., 2000; Wave Dragon ApS), Swedish Housepump ('Wave Energy' European Commision Web Site), DWP Float ('Wave Energy' European Commision Web Site), Point Absorber Wave Energy Converter (CRES, 2003, Clement vd.,2002:s.405-431), SDE (Clement vd.,2002:s.405-431) oluşmaklar birlikte, en bilinleri arasında Mccabe Dalga Pompası, WEC, PELAMIS, Archimedes Dalga Salınımı örnek gösterilebilir.

***Mccabe Dalga Pompası:*** : Birbirine menteşeli, bağımlı hareket eden 3 adet 4 m genişliğinde dikdörtgen çelik dubadan oluşmaktadır. Ekstra bir kütle eklenmesiyle merkez dubanın süredurumuyla birlikte, enerjinin merkez duba ve diğer dubalar arasına monte edilen hidrolik tulumba aracılığıyla menteşe noktalarındaki hareketinden elde edilmektedir. İrlanda'da örneklerine rastlanmaktadır(CRES, 2003; Thorpe, 1999; Thorpe, 2001; Bracewell, 1990; ;'Wave Energy' European Commision Web Site).

***Opt Dalga Enerji Dönüştürücüsü (WEC):*** Üstü kapalı , 2-5 m çaplı, silindirik yapıda olan WEC'in , tepesi ile yapı içerisinde yüzen çelik yüzücü arasındaki hidrolik pompa sayesinde, yüzücüye göre elektrik enerjisi üretilen sistemdir. Amerika Okyanus Güç Teknolojisi tarafından gerçekleştirilmiş olup, Doğu Atlantik de test edilmiş ve Avusturya, Pasifik de ilk ticari yapılar üzerine çalışmalar başlamıştır(Thorpe, 1999; Clement vd.,2002:s.405-431).

***PELAMIS:*** Su içerisindeki silindirik yapıların menteşelerle birbirine bağlı olduğu eklemsi bir yapıdır. Birleşim noktaları ile dalga hareketi sayesinde hidrolik pompalar elektrik jeneratörlerini çalıştırdığı, 375 kW gücünde, 130 m uzunluğunda 3,5 m çapındaki sistem üzerindeki çalışmalarla daha da gelişeceği öngörülmüştür(Thorpe, 1999; Thorpe, 2000; Thorpe, 2001; Clement vd.,2002:s.405-431; Ocean Power Delivery.ltd).

***Archimedes Dalga Salınımı:*** 10-20 m çapında silindirik içi hava dolu bir yüzücü içeren sistemin üzerinden geçen dalganın yüzücü içindeki havanın basıncı yükseltip

düşürmesiyle, zemine göre yükselip alçalmanın hareket enerjisi üretmesine neden olan sistemlerdir(CRES, 2003; Thorpe, 2001; Clement vd., 2002:s.405-431; Thorpe, 2000; Archimedes Wave Swing ).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda dalga enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şeklidir:

- ✓ Çevresel zararların yok denecek kadar az olan dalga enerji üretim sistemleri, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmakta, deniz üzerinde kurulduğu için tarım alanlarının korunmasını, ormanların kesilmesini önleyerek ekolojik dengeye çok büyük bir katkı sağlamaktadır. Sistemlerin inşası süresince az oranda emisyon açığa çıkmasına rağmen, denize herhangi bir kimyasal, fiziksel ve organik kirletici bırakılmamaktadır. Temiz ve sonsuz enerji kaynağı olmasıyla birlikte, dalga enerji sistemlerinde suda meydana gelen durgunluğun kano ve dalma sporlarını elverişli hale getirmesi, dalga enerjileri yatırımlarının alternatif enerji arayışlarında çözüm oluşturabileceği öngörülmüştür(Ün, 2003:s.7).
- ✓ Deniz canlılarının üreme ve saklanması için elverişli ortamın sağlanması adına barınakların oluşturulup, ekonomik ömrünü tüketmiş gemilerin batırıldığı bilinmektedir. Dalga enerji sistemleri bunu ek yük harcamadan kendiğinden sağlayarak, deniz canlıları için doğal habitat oluşturarak, canlı popülasyonunun gelişimine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır(Ün, 2003:s.7).

Dalga enerjisinin dezavantajlarından bazıları ise şunlardır:

- ✓ Hidrodinamik çevre üzerinde etki oluşturabilen bu sistemler, tortuların akış yollarını değiştirebilmekte, dalga ve akım değişim yüzeyine yakın türleri büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Sistemlerde yer seçimi oldukça önemlidir('Wave Energy' European Commision Web Site).
- ✓ Kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalar başta olmak üzere Wells Türbinleri'nin oluşturduğu ses gürültü kirliliğine yol açabilmekte olup, ses geçirmeme özelliğinin üzerinde çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca kıyı şeridine yakın uygulamalarda, kıyıya ve şebekeye elektrik iletim hatları estetiksel ve çevresel açıdan olumsuz etki yaratabilir(Ün, 2003:s.7).
- ✓ Kıyıdan uzak uygulamalar, denizcilik faaliyetleri için handikap oluşturabilmektedir. Görsel ve radar uyarı sistemlerinin enerji sistemlerine entegrasyonu bu handikapın önüne geçilebileceği öngörülmüştür(Ün, 2003:s.7).
- ✓ Dalga enerji sistemlerinin, su yüzeyini kaplayan büyüklüğünün artışı atmosfer ile teması engellediğinden dolayı deniz yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir. Dalga enerji tesislerinin dalgakıran davranışı sergilemesi denizi durgunlaştırabilmekte, deniz üst tabakasının karışımını yavaşlatıp, deniz ekosistemini ve balıkçılığı olumsuz yönde

etkileyebilmekte, böylelikle denizi alt tabakasındaki yaşam da azalan karışımdan dolayı üretim farklılık gösterip, otçul populasyon yiyecek temininde azalış gerçekleşebilmiştir(Pelc, 2002).

### 1.5.6.2. Gel-git (Med-Cezir) Enerjisi

Gelgit enerjisi üretiminde türbinler dikey ve yatay eksenli olup, yatay eksen türbinleri içerik bakımından yatay eksenli türbinler gibidir. Kanatlar çevresinde akışı arttırmaya yönelik veya türbinlerden güç eldesi amacıyla toplayıcılar kullanılmaktadır. Yatay eksenli prototip türbinleri 10 KW'lık inşa edilmekle birlikte, İngiltere'nin güney kıyılarında 300 KW'lık kurulumla yönelik projeler mevcuttur.

Dikey eksen türbinleri, türbin çitleri biçimdedir. Bu tür türbinlere 3 veya 4 pervaneli enine kesitli kanatları olan Darrieus türbinleri örnek verilebilir. Japonya'da (Kurushima) 5 KW'lık örnekleri mevcut olup, Filipinlerde 30 MW'lık ve Kanada'da dikey eksenli rüzgar türbini kurulum çalışmaları yapılmaktadır (Rudkin, 2005).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda deniz kökenli enerjiler ve gelgit enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Deniz kökenli enerji kaynakları, çevre üzerinde hemen hemen hiçbir olumsuz etkisi olmayan tükenmez ve temiz enerji kaynaklarıdır. Dalgalar rüzgâr estiği sürece, gel-git dünya ile ay arasındaki kütle çekim kuvveti var olduğu sürece devam edecek olan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yakıt maliyetleri yoktur ve ömürleri uzundur(Çukurçayır, Sağır, 2008:s.268). Gelgit barajı dalgakıran görevini de görerek bulunduğu bölgeyi sel baskınlarına karşı korur. Bu enerjinin, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltıcı etkisi vardır. Elektrik şebekesinin olmadığı kıyı bölgelerine ve özellikle adalarda elektrik sağlaması gibi olumlu yönleri bulunmaktadır.
- ✓ Yalnızca kurulum maliyeti gerektirmekte olup, işletmesi pahalı değildir.
- ✓ Denize bıraktığı hiçbir fiziksel, kimyasal ve organik kirleticisi yoktur. İlk yatırımından başka önemli bir gideri yoktur. Öngörülen enerji ihtiyacına göre büyük ya da küçük olarak yapılabilirler. Büyük dalga boyutu maliyeti düşürür. Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmez. Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretir. Dalgalardan elde edilebilecek ucuz elektrik enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerde ısınma amaçlı kullanıldığı zaman, hava kirliliğini önlemede önemli katkısı olacaktır(Ataman, 2007:s.154).
- ✓ Yakıt gerektirmeden güvenilir yakıt oluşumu sağlar.
- ✓ Deniz üzerinde kurulduğu için tarım alanlarının korunmasını sağlar. Yerel bir kaynak olduğu için dışa bağımlılığı yoktur. Olası krizlerden etkilenmez.

Santral üzerine oteller, sosyal mekânlar vb. tesisler kurularak turizm amaçlı kullanılabilir. Dalyan görevi sayesinde balık neslinin çoğalmasını sağlar. Dalga elektrik santralleri ulusal elektrik sistemine bağlanılarak kullanılabilir. Ayrıca dalgaların enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında daha çok elektrik üretecek olması da diğer bir olumlu yönüdür(Koca, Çıtlak, 2008).

- ✓ Akımlar önceden kestirilebilmekte olup, sera gazı veya başka atıkların oluşumu söz konusu değildir.
- ✓ Kıyıya uzak türbinler ile dikey eksenli türbinlerin geniş çevresel etkileri söz konusu olmayıp, inşasının pahalı olmadığı tespit edilmiştir (European Commision, 2005).
- ✓ Deniz akım enerjisi kullanımı ile çevresel etkiler minimize olup, proje uygulanmadan önce deniz memelileri ve korunan balık türlerinin bilinmesinde fayda vardır. Ayrıca kanat hızları ve basınç gradyanları probleme neden olmamaktadır.
- ✓ Çevresel etkiler deniz akım enerjisinin kullanımıyla minimize olur. Projede deniz memelileri ve korunan balık türlerinin bilinmesine gerek vardır. Bununla birlikte kanat hızları ve basınç gradyanları olası bir probleme neden olmamak için düşüktür.
- ✓ Türbinlerin kurulumunda, gemi rotalarına ve rekreasyonel kullanımı, balıkçılık ve dalgıçlık zorunlulukları göz önünde bulundurulmaktadır(Rudkin E., 2005).

Deniz kökenli enerjiler ve gelgit enerjisinin enerjisinin dezavantajlarından bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Akım bölgeleri için uygun bölge belirli sayıda ve azdır. Yalnız alçalırken ve yükselirken akımlardan güç sağlanabilmektedir(10 saat/gün)(European Commision, 2005).
- ✓ Kesintili bir enerji kaynağıdır, günün her saatinde dalga oluşmadığı gibi gelgit olayı da belli aralıklarla gerçekleşmektedir bu nedenle bu santrallerden sürekli enerji sağlamak günümüz teknolojisi ile zordur. Denizlerde kurulacak santrallerin ilk yatırım maliyeti diğer alternatif enerji kaynaklarına göre oldukça yüksektir(Çukurçayır, Sağır, 2008:s.268).
- ✓ Her ne kadar çevresel olumsuz etkileri olmasa da meydana gelen değişim, buralarda yaşayan canlı türleri olumsuz etkileyecektir. Kıyıya çok yakın kurulan santrallerde gürültü kirliliği ve estetik açıdan görüntü kirliliği oluşabilmektedir. Kıyılardan uzaklara kurulan santraller deniz taşımacılığı ve balıkçılığı olumsuz etkileyebilmektedir. Su yüzeyinin büyük bir kısmının dalga enerji sistemleri ile kaplanması deniz yaşamına zarar verebilmektedir(Koca, Çıtlak, 2008:s.4).

### 1.5.6.3. Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü

Suların yüzey ve derinliklerindeki sıcaklık farkından faydalanarak enerji eldesi gerçekleştiren sistemlerdir. Sistem çalışmasına etki eden başlıca faktörler arasında okyanus yüzeyi ve dibindeki sıcaklık farkının boyutudur(Alternatürk).

**Kapalı Devre Sistemi:** Kaynama noktası düşük olan sıvıyı buharlaştırmak amacıyla okyanus yüzeyinin ısısı kullanılmakta olup, oluşan buhar genişmesiyle türbinler çevrilir, jeneratörleri aktif hale gelir ve elektrik üretilmiş olur(Limitsiz Enerji, 2010). Çevrimler için amonyak, propan veya klor-flor-karbon bileşimleri gibi kaynama noktası düşük olan sıvılar, kapalı çevrim içine pompalanmaktadır. Bu tür sıvıların evaporatörden geçiş sırasında sıcak yüzey suyu ile buharlaşmakta ve basıncın artmasına neden olmaktadır. Yüksek basınca sahip buharın alternatör-türbin ünitelerinden geçmesi sonucunda elektrik enerjisi üretilmektedir. Türbinden atılan buhar, kondenserden geçip yeniden sıvı faza döndürülmektedir. Soğutma suyu, derin deniz tabanından alınan soğuk sudur ve böylece çevrim yeniden başlar ve devam eder(Gülsaç, 2009).

**Açık Devre Sistemi:** Deniz suyu düşük basınç altında buharlaşır ve elektrik üretimi için yine türbin ve jeneratörler kullanılmaktadır(Limitsiz Enerji, 2010). Yüzey sıcak deniz suyu buharlaştırılmış flaşın vakum odasına pompalanmasıyla oluşan buhar türbini tahrik edilir. Soğuk deniz suyu yüzeye gelen su, çevre içine buhar yoğunlaştırmada kullanılır. Açık çevrimin oluşması şu şekilde gerçekleşir:

- ✓ Sıcaklığına karşılık gelen doygunluk değerinin altında basınç indirilmesiyle sıcak deniz suyunun bir bölümünü flaş buharlaştırma işlemi
- ✓ Buhar genişletilmesi amacıyla türbin aracılığıyla güç oluşturma işlemi
- ✓ Çalışma sıvısı yoğunlaşmasıyla meydana gelen soğuk deniz suyunun ısı emicisine transferi işlemi
- ✓ Sistemden tahliyesi amacıyla uygun basınç değerlerinde olmayan, yoğunlaşmayan gazların sıkıştırılma işlemi(Etemadi vd., 2011).

**Hibrid Sistem:** Her iki sistemin birlikte kullanılmasını sağlar(Limitsiz Enerji, 2010). Hibrid sistem, maksimum verim eldesi amacıyla hem kapalı ve açık çevrim OTEC sistemlerini kullanan sistem olduğu söylenebilir. Genelde deniz sıvısı ve diğer çalışma sıvısı olarak amonyak kullanılarak tasarlanmıştır(Takahashi, Trenka, 1996; Finney, 2008). Temiz su kapalı çevrimdeki gibi vakum kabı içerisinde flaş buharlaşmaya maruz kalır ve aynı reaksiyonla kap içerisinde amonyak, ılık suyla ısı alış verişiyle buharlaştırılır. Amonyak fiziksel olarak iki fazlı iki madde karışımı olarak sıcak deniz suyu ile karıştırılır. Buharlaştırılan amonyak daha sonraki adımlarda buhar/su vasıtasıyla ayrılır ve sonra tekrar buharlaştırılır. Bu şekilde kapalı döngü yeniden başlar ve buharlaşan amonyak elektrik üretimi için türbini çalıştırır(Thomas, 1993; Finney; 2008; Gülsaç, 2009).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda okyanus enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bilim adamlarının öngörülerine göre okyanus

enerjisi ile 140-200 MW düzeyinde enerji üretiminin mümkün olduğu, bu düzeydeki enerji eldesinin nükleer reaktör'den yaklaşık olarak 12-15 kat fazla enerji eldesi anlamına geldiği belirtilmiştir. 2015 yılından OTEC sistemleri ile ilgili ilk sayılabilecek çalışmaların Hawai'de yapıldığı, öncelikle 120 evin elektrik ihtiyacını karşılaması beklenen tesisin gelecek yıllarda 120.000 evin elektrik ihtiyacını karşılamada kullanılabileceği öngörülmüştür(Anno 2070 Wiki, TKB, 2013).

Okyanus enerji sistemlerinde karşılaşılan başlıca sorunların başında maliyetlerin çok yüksek olması gösterilebilir. Bunun dışında sistemin oluşturuğu elektriğin, sıcak suyun iletim sorunları ve okyanusun dibine kadar inilme zorunluluğu ile karşılaşılabilecek mimari sorunların da var olduğu bilinmektedir. Bu yüzden bu teknolojilerin üzerinde ciddi çalışmalar yapılması gerekmekte olup mimari açıdan okyanusun tabanına kadar sistem bütünü taşınması günümüz teknolojileriyle oldukça zordur(Anno 2070 Wiki; TKB, 2013).

#### 1.5.6.4. Akıntı Enerjisi

Eksenin yönüne bağlı olarak, akıntı türbinleri yatay ve düşey eksenli akıntı türbinleri olarak 2 gruba ayrılır. Yatay eksenli akıntı türbinlerinin demir mili yatay eksene, düşey eksenli akıntı türbinlerinin demir mili ise düşey eksene yerleştirilmiştir. Yatay eksenli türbinlerde dönme eksenini akıntıya paralel, kanatlar ise dik açı yapacak şekilde dizayn edilmiştir. Düşey eksenli türbinlerde ise dönme eksenini akıntı yönüne dik kanatları ise düşey durumdadır. Düşey eksenli türbinlerinde akıntının her yönde kabul edebildiği ve bakım probleminin daha az olduğu öngörülmüştür(Tulgas vd.).

Akıntı enerjisinin avantajlı olduğu yönler bulunmaktadır. Akışkan özelliklerinden dolayı yüksek yükleme faktörlerine sahip. Araştırmacıların öngörülerine göre, çoğu yenilenebilir enerjinin aksine gelecekteki mevcudiyeti yüksek oranda planlanabilir, ölçülebilir(Ponta, 2008). Mevcut potansiyeli oldukça fazla olup çevreye olan minimum etkisi en belirgin özelliklerindedir. Büyük ölçekli elektrik üretimi için en az zararlı yöntem olduğu söylenebilir(Bahaj, 2003).

**Tablo 14:** Deniz Akım Enerjisinin Diğer Enerji Kaynakları ile Karşılaştırılması

	Fosil	Nükleer	Rüzgar	Güneş	Hidro	Dalga	Akım
Yenilenebilir Enerji Kaynakları	x	x	✓	✓	✓	✓	✓
Düşük Ana Maliyet	✓	✓	x	x	✓	x	x
Düşük İşletme Maliyeti	x	x	✓	✓	✓	✓	✓
Asgari Çevre Etkileri	x	x	✓	✓	x	✓	✓
Tahmin Edilebilirlik	✓	✓	x	x	✓	x	✓
Asgari Görsel Etki	x	x	x	x	x	✓	✓
Modüler	x	x	✓	✓	x	✓	✓

**Kaynak:** Şimşek, 2005

Dalga ve akım enerjilerinin diğer enerjiler içerisindeki durumu ve kıyaslaması Tablo 14'de belirtildiği gibidir.



Akıntı enerjisinin dezavantajları da mevcuttur. Deniz akıntılarında, denizlerde ekosistemlerde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyoekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir.

### 1.5.7.Hidrojen Enerjisi

Doğada serbest halde bulunmayan hidrojenin genel olarak eldesinin olarak, fosil ve nükleer enerjiden bazlı birincil enerji kaynaklardan sağlandığı söylenebilir. Ayrıca su bazlı kaynaklardan hidroliz yoluyla ve alternatif kaynaklardan üretiminin gerçekleştiği bilinmektedir. Genel kullanım şekli olan fosil kaynaklı üretim esnasında enerji harcanmakta ve bu da verimliliğin azalmasına neden olmaktadır.

Hidrojenin gaz veya sıvı halde naklinin mümkün olduğu, gaz hacminin fazla olmasından dolayı genel olarak sıvılaştırma kullanımıyla hidrojen naklinin gerçekleştiği söylenebilir. Ancak bu yöntemde enerjide ortalama %38 düzeyinde bir kayıba (H gazının sıvılaştırılması için (-253 °C'ye soğutulma işleminde ortalama 10-15 kW/kg enerji harcanır) neden olmaktadır. Bu aynı zamanda verimliliğin düşmesi anlamına gelmektedir. Hidrojen gaz şeklinde üretilip, depolanması halinde, ihtiyaç duyulan enerji sahip olduğu potansiyelin % 10-15'i düzeyindedir(Liptak, 2009:s.119). Boru hatları aracılığıyla naklinin gerçekleştirildiği, doğalgaz hatlarındaki düzenlemelerle hidrojen taşınması mümkündür.

Fosil kaynakların önümüzdeki yıllarda tükeneceği düşünüldüğünde, fosil kaynaklara olan bağımlılığın azalması adına hidrojen üretiminin su bazlı kaynaklardan sağlanması, potansiyeli artırıcı etkide bulunabilir. Su bazlı kaynaklardan elektroliz işlemlerinin % 75-80 düzeyinde verim düzeyinde gerçekleşmesi, sürdürülebilirlik ve ucuz maliyet açısından bu yöntemin kullanışlı olmasını sağlamaktadır. Hidrojen enerjisi potansiyeli bakımından en geniş rezervlerinin deniz ve okyanuslar olduğu, elektroliz yönteminin uygulanabilmesi adına ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin fosil kaynaklardan tedarik ediliyor olması, önümüzdeki süreçte kalıcı bir çözüm olarak öngörülmemektedir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının, hidrojen üretiminde etkili olabilmesi adına araştırmalar devam etmekte, özellikle güneş, rüzgar ve biyokütle kaynaklarından elektroliz ile ihtiyaç duyulan enerjinin temin edilebileceği öngörülmüştür(Yerebakan, 2008:s.206). Potansiyel açısından yüksek olan diğer bir kaynak olarak görülen suyun termal parçalanma tekniğiyle elde edilmesi, sınırsız kabuledilebilecek su kaynakları nükleer tesisler vb yüksek buhar ısı ile çalışan santrallerde termal parçalanma ile ekonomik açıdan uygun maliyetlerde hidrojen gazı üretilebileceği tahmin edilmektedir(Netzer, 2006:s.10,58).

Ağırlıklı olarak kimya ve petrol endüstrilerinde tüketilen hidrojen gazı üretiminde çeşitli teknikleri mevcut olup en bilinenleri:

**Fosil kaynaklardan Hidrojen Üretimi:** Petrol, doğalgaz, kömür vb fosil kaynaklardan termokimyasal yöntemlerle hidrojen üretilmesi olarak tanımlanabilir. Ayrıca hidrokarbon içeren gazlardan da üretim sağlanabilmektedir(İder, 2003:s.102). Dünyadaki hidrojen üretiminin büyük bir bölümünün fosil kaynaklardan sağlandığı söylenebilir. Hafif hidrokarbonların buhar reformasyonu, Ağır Hidrokarbonların Kısmi Oksidasyonu, Kömürün Kısmi Oksidasyonu, Doğal Gazdan Elektrik İle Hidrojen Üretimi bu gruba giren hidrojen üretim teknikleridir(Yumurtacı vd., 2002:s.38-50).

**Elektrokimyasal Yolla Hidrojen Üretimi:** Sudan hidrojen üretilme yöntemi olarak tanımlanabilir. Ortalama 100 yıllık bir süreç boyunca bu üretim şeklinin kullanıldığından bahsedilebilir(Yumurtacı vd., 2002:s.38-50). Suyun Elektrolizi, Elektrik enerjisinin kullanılarak, suyun kimyasal bağlarının çözünerek suyun 2 adet H atomu ve 1 adet O atomuna ayrışması olarak tanımlanabilir. Moleküllerin tekrar birleşmesiyle meydana gelen enerjiden doğru akım (DC) üretilmektedir(Creative Science and Research, 2004). Yüksek Basıncılı Su Elektrolizi, Yüksek Sıcaklıkta Su Elektrolizi bu gruba giren hidrojen üretim teknikleridir(Yumurtacı vd., 2002:s.38-50).

Fosil yakıtlardan hidrojen eldesinin en ucuz yöntem olarak kullanılmasına rağmen çevreye olan etkisi ve fosil kaynaklara bağımlılığı artırıcı özelliği bulunduğu söylenebilir, suyun hidroliz yoluyla hidrojen eldesinin daha ucuz ve çevreye zararı olmayan bir yöntem olduğu söylenebilir(İder, 2003:s.102)

Üretilen hidrojen gazının kullanımının öncesinde bazı aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Uygulanan ilk aşama saflaştırma işlemi olup, yakıt pillerinde bulunan saf halde olmayan hidrojen sistemin aktifliğinin azaltılması buna örnek gösterilebilir(Şahin, 2006:s.10). Diğer aşamalara ise kullanılacağı bölgeye taşınması amacıyla sıvılaştırma sürecinin uygulanması ya da özel sistemlerle depolanma süreçleri örnek gösterilebilir.

Yapılan araştırmalar doğrultusunda hidrojen enerjisinin çeşitli avantajları ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Bu avantajlardan bir bölümü şu şekildedir:

- ✓ Kullanımı süresince çevreye zarar vermeyen su, su buharı üretmektedir. Hidrojen karbon içermediği için fosil yakıtların oluşturduğu sera etkisi yaratan gazlar bulunmamaktadır. Çevre sorunu, kirli hava ve asit yağmurları oluşturan kimyasal maddeler oluşturmamaktadır(Ataman, 2007:s.160).

- ✓ 1970'li yıllarda yaşanan enerji darboğazları ve küresel ısınma tehdidinin artması, enerji sektörünü hidrojen bazlı kaynaklara yöneltmiş, çevre üzerindeki pozitif etkisiyle ön plana çıkan hidrojen enerjisinin fosil kaynaklardan daha pahalı olmasına karşın, sera etkisinin önlenmesi konusunda ideal bir yaklaşım olarak görülmüştür(Rajeshwar vd., 2008:s.4).
- ✓ Hidrojen enerjisinin çok geniş kullanım alanı olduğu, motor yakıtı olarak kullanılabilirdiği gibi, elektrik üretiminde, otomobillerde, mobil bilgisayar ve cep telefonlarında, konutlarda güvenle kullanılabilen bir yakıt olduğu söylenebilir. Hidrojen enerjisi üretim, dağıtım ve kullanım teknolojilerinin sürekli gelişmekte olduğu söylenebilir(Varınca, 2006:s.3-12).
- ✓ Enerji taşıyıcı olan hidrojen, yakıt pilleri ve içten yanmalı motorlarda girdiği termokimyasal reaksiyon sonucunda su oluşturduğundan dolayı temiz enerji kaynakları arasında gösterilmektedir. Atmosfere CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> vb zararlı emisyonlar salınımı gerçekleşmemesi, alternatif bir kaynak olarak yaygınlaşarak sera gazlarının azalmasına yardımcı olmaktadır. Çeşitli yöntemlerle Hidrojen gazının üretimi esnasında kullanılan kömür veya doğalgaz benzeri kaynaklar yanma sonucunda tahribat verici özellik kazanabilmektedir. Tam hidrojen ekonomisine dayanan, yenilenebilir kaynaklardan karşılanan güvenilir ve minimum zararlı üretim olduğu söylenebilir(Tabak, 2009:s.156).
- ✓ Hidrojen enerjisinin verimi diğer yakıtlara göre yüksek olduğu, hidrojen enerjisinin, petrol'e kıyasla iki buçuk kat daha verimli olduğu söylenebilir. Hidrojen, istenen enerji türüne diğer yakıtlara göre çok daha verimli şekilde dönüştürülebilmektedir(Veziroğlu, 2003:s.46).
- ✓ Hidrojen gazı, doğalgaz ve petrol gibi borular aracılığıyla her yere taşınabilmektedir. Doğalgaz için kurulan yer altı boru dağıtım ağının ileride çok az bir değişiklikle hidrojen içinde kullanılma imkânı vardır. Boru hatları dışında hidrojen, basınçlı olarak veya sıvılaştırılarak tüplere konup, tankerlerle taşınabilmekte, her yerde, bölgesel olarak üretilebilmektedir(T.C. ETKB(c)).
- ✓ Hidrojen enerjisinin çeşitli şekillerde depolanabilmekte. Sıvılaştırılmış hidrojen, düşük sıcaklıktaki tanklarda ve basınç altında çelik tüplerde de depolanabilmektedir. Aynı zamanda hidrojen metal alaşımlarda metal hidrit olarak da depolanabilmektedir. Metal hidrit ısıtıldığında hidrojen gazı buradan ayrılır. Diğer yakıtlara göre daha güvenlidir. Havadan daha hafif olduğu için herhangi bir kaçak durumunda hızla yükselerek atmosfere karışır. Yine bir yanma durumunda hidrojen hemen yanar ve yukarı çıkar(Aslan, 2007:s.283-298).
- ✓ Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarınca üretilen elektrik enerjisi, hidrojen olarak depo edilebildiği için, bu kaynakların geliştirilmesi için hidrojen enerjisi önem taşımaktadır. Birincil enerji kaynaklarını tamamlamakta ve bunları kullanıcılara istenen yer ve zamanda uygun bir şekilde erişim kolaylığı sağlamaktadır. Hidrojen üretiminde herhangi bir mekanik işlem olmadığından gürültü kirliliği gibi etkilere neden olmamaktadır.

Hidrojen enerjisinin dezavantajları ise şu şekildedir:

- ✓ Hidrojen enerjisi kullanımının karşısındaki en büyük engel, günümüz şartlarında hidrojenin diğer enerji kaynaklarına oranla yaklaşık 3 kat kadar pahalı olmasıdır. Dolayısıyla hidrojenin, elektrik üretiminde, motorlu taşıtlarda, mobil araçlarda kullanılabilmesi için ekonomik olarak diğer enerji türleri ile rekabet edebilecek seviyelere gelmesi gerekmektedir(Güvendiren, Öztürk, 2003:s.3).
- ✓ Hidrojen alevli yanma işlemiyle kullanıldığında, az miktarda NOx meydana gelmekte, NOx sera etkisi oluşturarak küresel ısınmaya neden olmaktadır. Hidrojenin yanması sonucu, yanma ürünü olarak ısı ve su buharı açığa çıkmaktadır. Birçok kaynaktan oluşan su buharı ve ısının çevreye hiçbir zararının bulunmadığı, oluşan su buharının, iklim değişikliğine neden olabileceği belirtilmiştir(Uğurlu, 2006:s.176).
- ✓ Hidrojen eldesinde su dışında kaynak kullanıldığında, çevreye zarar veren gazlar oluşabilmektedir. Bütün biyolojik temelli ve fosil kaynaklardan hidrojen üretildiğinde serbest kalan çok sayıda farklı gaz bulunmaktadır. Açığa çıkan gazlardan biri de sera etkisi oluşumuna en çok etkisi olan CO<sub>2</sub>'dir(Aslan, 2007:s.286).
- ✓ Üretilen hidrojenin depolanmasında bazı güçlüklerle karşılaşılmaktadır. İyi bir depolama 150 atmosfer veya daha yüksek basınç değerlerini gerektirmektedir. Yüksek basınç ve bu basınca dayanabilecek tankın hafif olma gerekliliği, tank tasarımı ve üretimi açısından çok güç olmaktadır. Ayrıca hidrojenin sıvı halde depolanmasında da sorunlar yaşanmaktadır. Hidrojen -253°C'de sıvı hale geldiğinden çok düşük sıcaklık değerinde depolanmak zorundadır. Sıvılaştırma için gerekli enerji küçümsenmeyecek düzeyde, hidrojenden sağlanacak enerjinin yaklaşık %25'i kadar olduğu öngörülmüştür(Güvendiren, Öztürk, 2003:s.4).
- ✓ Depolanan hidrojenin korunması ve kapalı yerlerde uzun süre tutulması, kolay sızabildiği için oldukça zordur. Hidrojen oksijenle kontrolsüz bir ortamda patlayarak birleştiğinden oldukça tehlikeli olmaktadır(Ataman, 2007:s.161).
- ✓ Dünya genelinde enerji tüketimi, 2025 yılına gelindiğinde 12,000-16,000 Mtep aralığında olacağı, bu miktarın 1,500-2,600 Mtep'lik kısmının hidrojen enerjisi kullanımıyla karşılanacağı öngörülmektedir(Yerebakan, 2008:s.223). Bu durumda mevcut konvansiyonel kaynakların % 10-15'lik kısmı, hidrojen enerjisiyle değiştirilmiş olduğundan çevresel tahribatının ciddi anlamda önüne geçilebileceği öngörülmektedir.
- ✓ Hidrojen doğalgaza kıyasla hacimsel açıdan daha düşük kapasiteli enerji potansiyeline sahiptir. Mevcut boru hatlarında hidrojen gazı nakli, kamyonlarla gerçekleşen nakle göre daha güvenli, düşük maliyetli olduğu öngörülmüştür. Boru hatlarının endüstriyel veya evsel kullanım ağırlıklı bölgelerde yaygınlaştırılmasının çevresel açıdan olumsuz etkiler yaratabileceği tahmin edilmektedir(Hordenski, 2007:s.204).

- ✓ Hidrojen kullanımının ciddi ölçüde yaygınlaşması halinde, hidrojen gazının atmosfere yerleşip ozon tabakası üzerinde hasara sebep olabileceği, bulutların yeryüzüne alçılmasıyla, mikrobik hastalıkların artarak ekolojik dengeyi bozabileceği belirtilmiştir. İklimlerin hidrojen teknolojileri üzerindeki etkileri, araştırma konusu olan diğer konular arasındadır. Yakıt hücrelerinde hidrojen gazı üretiminde kullanılacak saf suyun 0 °C'nin altındaki soğuk iklimlerde donarak, sistemi çalışmaz duruma getirebileceği olası ihtimaller arasındadır(Schlager, Weisblatt, 2006:s.162-163).

### **1.5.8.Araştırmaları Devam Eden Diğer Yenilenebilir Enerji Çeşitleri**

#### **1.5.8.1.Uçan Rüzgar Türbinleri**

Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı verilerine göre, önümüzdeki 10 yıl içerisinde, özellikle yer seviyesindeki (100 m'ye kadar) olan rüzgarlardan çok daha hızlı olan yüksek irtifa rüzgarlarının dünya enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yer tutacağı öngörülmüştür(Enerji Enstitüsü, 2011).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda dünya üzerinde varolan rüzgarlar içerisinde en hızlılarının yer yüzeyinden ortalama 6,4-10 km hız aralığında estiği, bu seviyelerde esen rüzgarların hızlarının saatte 160 km seviyelerine kadar yükselebileceği bilinmektedir. Bu öngörülere dayanarak Boston merkezli Altaeros Energies şirketinden Adam Rein'e göre(Enerji Enstitüsü, 2011):

Ortalama 600 m yükseklikte ölçülen rüzgar hızının, 100 m'lik bir rüzgar türbininin elde ettiği rüzgardan ortalama 20 kat daha hızlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca rüzgar hızı 2 kat artış gösterdiğinde elde edilebilecek enerji miktarının ortalama 8 kat arttığı belirtilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2011).

Rüzgar hızlarının, yüksek irtifalarda sürtünme olmamasından dolayı yüksek olduğu öngörülmüş olup, yer seviyelerinde esmekte olan hava kütlelerinin yer sürtünmesi sebebiyle kısmen daha az gerçekleştiği belirtilmiştir. Yüksekte ölçülen rüzgar hızlarının çok yüksek olması, yüksekte esen rüzgarda hız azaltıcı sürtünmenin yaşanacağı tek şeyin hava olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2011).

İş enerji potansiyeli incelendiğinde, teorik anlamda rüzgardan elde edilebilecek enerji miktarının rüzgar hızıyla bağlantılı olarak "üstel" biçimde arttığı belirtilmiştir. Buna göre rüzgar hızının 2 kat artış göstermesi durumunda enerji

miktarının 8 kat artacağı ve yüksek irtifa rüzgarlarının gelecekte enerji problemine katkısının çok büyük olacağı öngörülmüştür(Enerji Enstitüsü, 2011).

Son dönemde yüksek irtifa rüzgarlarından enerji eldesinde ana problemin teknoloji kaynaklı olmayıp uygulamadaki kurallar olduğu, Amerika’da federal uçuş kuralları, askeri ve sivil havacılığın etkilenmemesi için buna izin vermediği, bu sorunun aşılması için uzun bir sürenin geçmesi gerektiği belirtilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2011).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda yüksek irtifalardaki rüzgarların önümüzdeki 10 yılda ve gelecekte dünyanın ihtiyaç duyduğu enerjinin 100 katını sağlayabileceği, burada irdelenmesi gereken asıl sorunun rüzgarın nasıl elde edileceği sorusu olduğudur. Konu ile ilgili mühendis ve bilim adamlarının araştırmaları doğrultusunda uçurtma benzeri türbinler vasıtasıyla havadan yüzen türbinler gibi bir çok yaratıcı fikir üzerinde ciddi bir şekilde çalışmaktadır(Enerji Enstitüsü, 2011).

Yeryüzündeki mevcutta konuşlanmış olan RT’ler rüzgar enerjisinden ortalama %20-25 düzeyinde yararlanabildiği, buna rağmen gökyüzünden 300 m den itibaren olası bir rüzgar türbininin veriminin 2 kat olabileceği fikrinden yola çıkılarak Ottawa Kanada’daki Magenn şirketi dünyanın ilk hava “yüzen” rüzgar türbini tasarlanmıştır(Cihan Özdemir).

Magenn Hava Pervane Sistemi (MARS), içi helyum dolu küçük bir balonun iki yanında bulunan jeneratörler vasıtasıyla, rüzgar enerjisiyle dönmesi sonucunda meydana gelen elektrik enerjisinin kablolar aracılığı ile yere ileten sistem düşünülmüştür. Böylece MARS’ın üzerinde bulunan santrifüj bıçakları sayesinde yüzlerce MW’lık temiz, yenilenebilir enerji yerde bulunan rüzgar türbinlerinden çok daha az maliyetle üretilebilmektedir(Cihan Özdemir).

Magenn Hava Pervane Sistemi (MARS) geliştirdiği bu sistem sayesinde, her kesimin ihtiyacını rahatlıkla karşılayabileceği, kullanışlı bir elektrik kaynağını hayata geçirmek olmuştur. Bu fikirle birlikte özellikle elektrik sorunu yaşanan bölgelerde, elektriğin ulaşamadığı kırsal bölgeler, kamp alanları, karavanlar, felaket bölgeleri, madenler gibi yerlerde kullanımının yaygınlaşması ve kolaylıkla sisteme dahil edilebilmesi üzerinde durulmuştur(Cihan Özdemir).

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sistemlerinde yaşanan gelişmelerle birlikte tüm ülkelerin gündemlerinde uçan rüzgar türbinleri yerini almıştır. Massachusetts Institute of Technology (MIT) mühendisleri tarafından kurulan Altaeros Energies şirketi az maliyet ile mevcut rüzgar türbinlerinin tek bir tanesinden üretilen elektrik

enerjisinin yaklaşık olarak 2 kat daha fazla enerji üretilmesi amacıyla özel uçan rüzgar türbinleri tasarlanmıştır. Enerji kullanımının doğaya minimum ölçüde zarar verilerek azami ölçüde verim elde edilme amacı düşünüldüğünde uçan rüzgar türbinlerindeki olası gelişmelerin ülke gündemlerinin üst sıralarda yer olması olağan bir sonuç olarak görülmüştür. Uçan rüzgar türbinlerinde daha yüksek seviyelere çıkılarak, daha güçlü ve sürekli rüzgarların etkisiyle rüzgar enerjisinden maksimum fayda elde edilebileceği öngörülmüştür(Arseven, Hocaoglu).

Çalışma prensibi olarak; yapısında bulunan He gazı ile uçan ve bir römork vasıtasıyla gökyüzüne bırakılan uçan rüzgar türbinleri, çelik halatlarla gerilerek gökyüzünde durarak, yeryüzündeki rüzgar türbinleri gibi enerji üretmektedir(Arseven, Hocaoglu).

#### **1.5.8.2.Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi**

Atmosferdeki verimi azaltıcı kesintilerden uzak, uzaydaki güneş ışınlarından faydalanılarak herhangi bir kesintiye uğramadan, ucuz ve güvenilir enerjinin yeryüzünde kullanımına yönelik geliştirilen enerji türü olduğu söylenebilir(Hoffert vd., 2002:s.981-987). Uzaydaki güneş ışınlarından kesintisiz bir biçimde yararlar fırkrinden doğan çalışmalarla ilgili olarak, Bill Brown 30 kW'lık gücün 1 millik bir mesafeye %84'lük verimlilikle gönderilmesini mümkün olduğunu ileri sürmüştür(Brown,1984). Kaliforniya'daki Goldstone'da çalışmalarda da onlarca kW'lık mikrodalga güç iletimi çalışmalarından olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu enerji çeşidi ile ilgili çalışmalar 1968 yılında devam etmiştir(Glaser, 1968). 1968 yılında ise Peter Glaser ilk uzay tabanlı güneş enerjisi kavramsal tasarımı sayılabilecek çalışmayla 1973' te patent almıştır(Glaser, 1973). Uzayda toplanan güneş enerjisinin dünyada kullanılmak üzere taşınması fikri 1970'li yıllardan bu yana üzerinde araştırmaların devam ettiği konuların başında gelmektedir(Space-Based Solar Power (a), 2014; Space-Based Solar Power (b), 2015). Ayrıca 70'li yıllarda Peter Glaser de mikrodalgalarla uydular vasıtasıyla enerji transferinin mümkün olabileceği konusunda öngörülerde bulunmuş ve bu araştırmasıyla patent almaya hak kazanmıştır. Aynı süreçte Glaser çeşitli ortaklıklar kurarak çalışmalarını yürütmüş ve çalışmaların sonucunda araştırma ve deneyim eksikliği problemine vurgu yapmıştır. Burdan yola çıkarak NASA desteğiyle çalışmalarını yürütmeye devam etmiştir(Glaser, 1974). NASA ve DOE tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda "NASA/DOE 1979 Referans" kavramsal tasarımı ileri sürülmüştür(Dietz vd., 1981). NASA'nın desteği ile yürütülen araştırmaların sonucunda Uydu Güç Sistemi Konsept Gelişme ve Değerlendirme Projesi ortaya çıktığı ve bu projenin 50 milyon \$'lık bütçeye sahip olduğu

belirtilmiştir. Aynı zamanda bu projenin dönemin en yüksek bütçeye sahip olan projelerinden biri olduğu ve konu ile ilgili en ciddi araştırmaların yapıldığı proje olduğu belirtilmiştir(Statement of John C. Mankins, 2000). Uzay tabanlı güneş enerjisine yönelik ilk ticari anlaşmaların 2009 yılından 200 MW'lık elektrik için yapıldığı söylenebilir(CPUC, 2010).

Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi ile ilgili uzun süren araştırmalar ve deneyim eksikliğini kapamaya yönelik çalışmaların sonucunda raporlar elde edilmiştir. Yoğun bir mühendislik çalışması ve bilimsel araştırmaları içeren bu raporlarda şu maddelere yer verilmiştir.Mühendislik projesi gibi mühendislik fizibiletisini araştıran raporların derlenmesi sonucunda ortaya çıkan içerikte şu konu başlıkları sonuçlar yer almıştır:

Kritik materyaller, finans/yönetim senaryoları, kamu kabulü uygulamalı güç sistemleri olarak eyalet ve yerel yönetmelikler, öğrenci katılımı , uzay tabanlı güneş enerjisi transferi için lazer potansiyeli, uluslararası anlaşmalar, merkezileştirme/yerelleştirme, alıcı antenlerin siteleri için dışlama alanlarının haritalama, dağıtım ile ilgili ekonomik ve demografik sorunlar, bazı soru ve cevaplar, lazer ışın yayımının meteorolojik etkileri ve doğrudan güneş pompalı lazerler. kamu ulaşma deneyi, enerji iletimi ve alımı teknik özeti ve değerlendirme, uzay taşımacılığı(Satellite Power System (SPS) Resource Requirements, 1978; Satellite Power System (SPS) Financial/Management Scenarios, 1978(a); Satellite Power System (SPS) Financial/Management Scenarios, 1978(b); Satellite Power System (SPS) Public Acceptance, 1978(c); Satellite Power System (SPS) State and Local Regulations, 1978(d); Satellite Power System (SPS) Student Participation, 1978(e); Potential of Laser for SPS Power Transmission, 1978(f); Satellite Power System (SPS) International Agreements(g), 1978; Satellite Power System (SPS) International Agreements(h), 1978; Satellite Power System (SPS). Centralization/Decentralization(i), 1978; Satellite Power System (SPS) Mapping of Exclusion Areas For Rectenna Sites(i), 1978; Economic and Demographic Issues Related to Deployment of the Satellite Power System(j), 1978; Some Questions and Answers About the Satellite Power System (SPS)(k), 1980; Satellite Power Systems (SPS) Laser Studies(m), 1980; Satellite Power System (SPS) Public Outreach Experiment(n),1980; Satellite Power System Concept Development and Evaluation Program(o), 1981; Satellite Power System Concept Development and Evaluation Program(p), 1981).

Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların çoğunda, ortak nokta olarak sistemin çok uzun mesafede GW düzeyinde enerjinin diğer enerjilere kıyasla ucuz maliyetle taşıyabilme zorluğuna ve vurgu yapılmıştır. Ayrıca sistemlerin devasa boyutlarda oluşu uzaya tam anlamıyla entegresinde birtakım zorluklar çıkarmaktadır(Sasaki vd., 2012).



Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Alman Uzay Merkezi (DLR) ortak çalışmasıyla 2002 yılından “Sail Tower” tasarımını geliştirilmiştir(Sebolt, 2001:s.785-792).

Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi ile ilgili sağlıklı kararların alınabilmesi adına ekonomik ve çevresel boyut üzerinde iyi bir çalışmanın gerekliliği ve deneyim eksikliğine vurgu yapılmıştır. Konu ile ilgili yeterli düzeyde mühendislik çalışmalarının gerçekleştirilmediği taktirde bu yöndeki yatırımların oldukça riskli olduğu belirtilmiştir(Solar Power Satellites. Office Of Technology Assessment (r), 1981). NASA'nın 1977 yılında yayınlamış olduğu Fresh Look adlı çalışmaya göre ise taşıma maliyetinin azaltılmasına yönelik teknolojik anlamda ciddi büyüklükte yatırımların yapıldığı ve uzay tabanlı güneş enerjisinin gelecekte zorunluluk olacak derecede önemli olduğunu vurgulanmıştır(A Fresh Look at Space Solar Power, 1997). Aynı şekilde Dr. Pete Worden uzay tabanlı güneş enerjisi ile ilgili maliyet öngörülerine göre, uzay tabanlı güneş enerjisinin Arizona Çöl'ündeki güneş enerjisine kıyasla yaklaşık 5 kat maliyetli olmasına rağmen bazı çözümlerle bunun düşürebileceği hakkında öngörülerde bulunmuştur(Dr. Pete Worden on thespaceshow).

Uzay tabanlı güneş enerjisi fikrinin temelinde reflektör veya şişme aynalarla güneş pilleri üzerine uzayda güneş enerjisini toplama, mikrodalga veya lazer vasıtasıyla Dünya'ya kablosuz güç iletiminin sağlanması, yeryüzüne alıcı anten ve mikrodalga anten aracılığıyla gücün alınması düşüncelerinin yattığı belirtilmiştir(Space-Based Solar Power (DOE) (a)). Ayrıca gelgit gerilmeler, uzay tabanlı bölümün yerçekimi riski taşımamasına rağmen güneş patlamaları ve mikrometrenin risk unsuru olabileceği belirtilmiştir. Uzun mesafede yüksek hassasiyetli mikrodalga ışın kontrolü ile kablosuz enerji iletiminin uygulanabilmesi ile ilgili çalışma sayısının artırılması ile maliyet zaltılabileceği tahmin edilmektedir(Strassner, Chang, 2013:s.1379-1396). Güneş hücreleri kullanımıyla meydana gelen elektrik enerjisi, yükselteçler kullanılarak mikrodalgaya dönüştürülerek, yeryüzündeki alıcı antene iletilen mikrodalganın dönüşüm cihazlarıyla kullanılarak tekrar elektriğe dönüştürülerek, kablosuz enerji iletimi gerçekleştirilebileceği öngörülmüştür(Glaser, 1994).

NASA'nın araştırmalarının konunun başka bir boyutu olan lazer ışınlama gücü çalışmalarına göre ise, çalışmalarına konsept niteliği taşıdığı belirtilmiştir. Ayrıca 80'li yıllarda güneş enerjili lazerin gelişimine ağırlık vermiş olup, potansiyelin arttırımına yönelik çalışmalar yapmıştır. 1989 yılında gücün Dünyadan Uzaya lazer formunda öngörülerıyla birlikte, 1991 yılında içeriği bir ay üssüne güç sağlamak amacıyla lazer güç çalışması dahilindeki SELENE projesi (uzay lazer enerjisi) başlatılmıştır. İki yıllık süren araştırmaların sonucunda çok

yüksek olduğu ve bir uzay tabanlı gösterime ulaşmadan önce 1993 yılında resmi projenin sona erdiği belirtilmiştir(Glenn Involvement with Laser Power Beaming).

Çeşitli araştırmaların sonucunda ortaya çıkan öngörülere göre yörüngeye bir uzay güç istasyonu bulma fikrine göre ise anten geometrisi sabit kalma avantajı sağlayabileceği ve güç aktarımının şimdi hemen hemen kullanılabilir olabileceği belirtilmiştir. Güç üretiminde sürekliliğin sağlanabileceği ve diğer uzay tabanlı santrallere kıyasla uzun bir başlama zamanları olduğu öngörülmüştür(Komerath, 2006). Toprak alıcı antenler öngörüsüne göre ise kısa diotlarla bağlanmış dipol antenlerle birlikte, uydudan mikrodalga yayılan yayınların ortalama %85 verimlilik düzeyinde dipol olarak kabul edileceği düşünülmüştür(Mankins, 2012). Fakat maliyeti ve karmaşıklığın yüksek düzeyde olabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte lazer uzay tabanlı güneş enerjisi fikrine göre ise Ay veya Mars yüzeyinde bir baz veya araç gücü olabileceği, uzay gemisi veya başka bir uydunun da benzer şekilde güç olasılığı üzerinde durulmuş ve 2012 yılında Uzay Güneş Enerjisi NASA'nın yayınladığı çalışmalarda Uzay Güneş Enerjisi ardında teknoloji için başka potansiyel kullanımıyla ilgili görüşlerini belirtmiştir(Mankins, 2012; Young 1989; Brandhorst 2010).

Uzay tabanlı güneş enerjisi ile devam eden araştırmalarla birlikte yeni fikirler ortaya çıkmıştır. 1970'li yıllarda Gerard O'Neill fırlatma maliyetlerinin çok ciddi boyutlara ulaşabileceği öne sürülmüştür. Buna çözüm olarak Ay'a yörüngesinde SPSS bina inşa fikrini ortaya atmıştır(O'Neill, 1977). Düşük yerçekimi, atmosferik drag eksikliği vb sebeplerden dolayı ay'a fırlatma maliyetlerinin çok daha az olduğu ve ay'da kitle sürücülerinin kurulması amacıyla ciddi sermaye yatırımlarına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Bu gelişmelerle birlikte 1979 de NASA sözleşme kapsamında General Dynamics 'Convair Bölümü'nün yayınlamış olduğu raporda Aysal kaynakların kullanımının daha ucuz olacağı belirtilmiştir(General Dynamics Convair Division, 1979).

İklim değişikliği, fosil yakıtların tükeneceği öngörülerinin çözümü olarak uzay tabanlı güneş enerjisinin gelecekteki yenilenebilir enerji çözüm arayışlarına iyi bir yanıt olacağı öngörülmektedir. Günümüzde Çin ve Japonya'nın Uzay tabanlı güneş enerjisi geleceği ile ilgili geniş çaplı araştırma ve projelere sahip olduğu bilinmektedir. Bununla ilgili olarak 2008 yılında kamuoyuyla JAXA adında reklam filmiyle uzay tabanlı güneş enerjisinin milli hedef olduğu paylaşılmıştır(Basic Plan For Space Policy, 2009). Ayrıca konuya ilgili olarak Çin Akademisi Uzay Teknolojileri bölümü yaptığı çalışmalarla ilgili olarak, 2050 yılına kadar ticari stratejileri hakkında bilgilerini 2015 yılında Uluslararası Uzay Gelişim

Konferansı'nda kamuoyla paylaştılar. Ayrıca son dönemde ABD'de uzay tabanlı güneş enerjisi çalışmalarında lider olma çabalarına girmiş ve bu konuda ciddi stratejiler belirlemiştir(Space Solar Power Team Breaks Through at D3 Innovation Summit).

2012 yılına gelindiğinde Hindistan ve Çin bazı ortak projeler imza atmış ve bu uzay projeleriyle ilgili olarak uzay tabanlı güneş enerjisi ile ilgili uzun süreli işbirliklerinin diğer uluslara çok güzel bir örnek teşkil ettiği belirtilmiştir(China proposes space collaboration with India-The Times of India, 2012).

Güneş enerjisinin uzaydan yeryüzüne iletilmesi ile ilgili yapılan çalışma ve programlara göre güç uydusu, yoğunlaştırıcı lens, güneş ısı motorları, eş zamanlı yörünge sistemleri, senkronize güneş yörünge sistemleri üzerinde vurgu yapılmış ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre uzay güneş sistemlerinin gelecek alternatif enerji arayışları içerisinde ciddi anlamda çevresel avantajlara sahip olabileceği, enerji taleplerini karşılayabileceği üzerinde durulmuştur. Ayrıca kilogram başına yörünge maliyetinin 100-200 \$ aralığında olduğu belirtilmiştir(T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015).

Yenilenebilir enerjiler kapsamında devrim niteliği taşıyan uzay tabanlı güneş enerjileri ile ilgili olarak teknolojik gelişmelerle birlikte büyük çaplı uydularda güneş enerjisinin yüksek miktarda toplanmasıyla birlikte bunun dünyaya güvenli bir şekilde taşınmasının mümkün olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu tür yöntemlerin gelecekte enerji üretiminde oluşan karbon salınım problemini ortadan kaldıracak ve dünyadaki her bölgesine çevre dostu, kesintisiz yenilenebilir enerjinin bu şekilde sağlanabileceği öngörülmüştür(National Space Society (a)).

## **1.6.Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Genel Durumu**

### **1.6.1.Dünyada Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Genel Durumu**

Yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilgi, ithalat bağımlılığının azaltılmasına, çevrenin korunmasına, kaynak çeşitlendirmesine olan olumlu katkıları, tarım ve imalat sanayi vb ilişkili olduğu sektörlerde yeni iş alanlarına imkan tanınması, yerel bazda ve modüler olarak istenilen miktarda enerji talebini karşılayacak şekilde kurulabilmesi, daha çok kırsal ve dağınık yerleşim yerlerinin enerji talep yapısıyla uyum gösterebilmesi vb nedenlerle önem kazanmakta ve AB ülkeleri ve dünyada pek çok ülke 1980'li yılların sonlarından itibaren yenilenebilir enerji üretimini desteklemektedir.

Hükümet politikaları ekonomik büyüme ve yeniliklere olan teşviklerde oldukça kritik rol oynamaktadır. Ayrıca böyle bir müdahale aracı değişikliğin

yönünü belirlemede doğrudan bir etkiye sahiptir(Stoneman, 1995; Foray 2009). Bununla birlikte Kenneth Arrow gibi iktisatçılardan bazıları, belirli dönemde, rekabetçi firma ve rekabetçi pazarların ekonomide en uygun yenilik ve pazarın üretilmesinin gerekli olmadığını savunmaktadır(Arrow 1962, Kamien, Schwartz 1982).

Yeşil ekonomilere geçişte kamu, özel veya yerli ,yabancı yatırım finansmasıyla ilgili konuları içeren raporlara göre doğal kaynakların bir üretim faktörü olarak kullanılması diğer makroekonomik modellerden ayırt edici bir özellik olarak düşünülebileceği belirtilmiştir(Pollitt vd., 2010). 1973 Petrol Krizi enerji kaynakları konusunda ilk kez bir güvensizlik ortamı yaratmıştır. Bu güvensizlik ortamı, bütün dünyada yenilenebilir kaynaklara karşı yoğun bir ilgiye yol açmış, 80'li yılların ortalarında petrol fiyatları düşmesine rağmen petrole dayalı enerjisi kullanımı riskli olarak kabul edilmiştir. Artan petrol ve doğal gaz fiyatları ve "enerji güvenliğinin sağlanması gerekliliği" nedenleriyle "enerjinin çeşitlendirilmesi" enerji politikalarının vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenler yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji yelpazesinde yer almasına yol açmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini destekleyen bir başka gelişme de 90'lı yıllarda çevre bilincinin ortaya çıkmasıdır. Bu bilinç, geleneksel enerji üretim ve tüketiminin çevre ve doğal kaynaklar üzerinde yerel, bölgesel ve küresel seviyede doğrudan olumsuz etkilere neden olduğunun anlaşılmasına ve atmosfere kirlilik yaratıcı emisyon vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının "temiz enerjiler" olarak destek görmesine yol açmıştır. Hidrolik, rüzgar, jeotermal, güneş, biyokütle, deniz dalgası, med cezir başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilgi, ithalat bağımlılığının azaltılmasına, çevrenin korunmasına, kaynak çeşitlendirmesine olan olumlu katkıları, tarım ve imalat sanayi gibi ilişkili olduğu sektörlerde yeni iş alanlarına imkan tanınması, yerel bazda ve modüler olarak istenilen miktarda enerji talebini karşılayacak şekilde kurulabilmesi, daha çok kırsal ve dağınık yerleşim yerlerinin enerji talep yapısıyla uyum gösterebilmesi vb nedenlerle önem kazanmakta, AB ülkeleri ve dünyada pek çok ülke 1980'li yılların sonlarından itibaren yenilenebilir enerji üretimini desteklemektedir(Çağlar, 2006).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma hususunda bölgesel farklılıklara da dikkat edilmesi gerekmektedir. Örneğin, güneş enerjisinden faydalanma konusunda tropik bölgelerin, diğer bölgelere göre 3 kat daha fazla avantajlı olduğu söylenebilir. Deniz kaynaklarından yararlanmak için deniz kıyısı bölgeler, jeotermal enerjiden yararlanmak için ise yeraltı kaynaklarının uygun olduğu bölgeler avantaj sağlar. Yani coğrafik, iklimsel ve hatta toplumsal özellikler yenilenebilir enerjiden yararlanma ve kullanma hususunda önemli bir faktör oluşturmaktadır. Dünya üzerindeki pek çok devlet de, içinde bulunduğu şartlar ve sahip olduğu imkanlar dahilinde bu konuya eğilmekte ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma yolunda yenilenebilir enerji kaynaklarına umut bağlamış durumdadır(Gross, 2002:s.106).

2050'ye kadar tamamen yenilenebilir enerji ile küresel bir ekonomi gerçekleştirilebileceği, tüm dünyanın enerji ihtiyacının rüzgar ve güneş gibi

yenilenebilir enerjilerle karşılanabileceği ve kısa bir süre önce gerçekleştirilen bir araştırmaya göre bu mümkün olduğu belirtilmiştir(Krugman, 2011).

ABD Stanford Üniversitesi'nde bir grup akademisyen tarafından yapılan çalışmaya göre, Kaliforniya Eyaleti'nin tüm enerji altyapısını güneş, rüzgar ve hidroelektrik vb yenilenebilir enerjilere dönüştürmenin ekonomik ve teknik olarak mümkün olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın başkanlığını yürüten Stanford Atmosfer/Enerji Programı direktörü Mark Z. Jacobson, plan uygulandığı takdirde hava kirliliği sorununun ortadan kalkacağını, küresel ısınmaya yol açan emisyonların azalacağını, istihdam yaratılarak fiyatların istikrarlı hale geleceğini belirterek, "Projenin başarısızlık ihtimali çok az" demiştir(Enerji Günlüğü, 2014). Eyalette enerji ihtiyacının sürdürülebilir, ucuz ve güvenilir enerji kaynaklarından karşılanmasının binlerce insana istihdam sağlamanın yanında hava kirliliğiyle bağlantılı sağlık harcamalarında milyarlarca dolarlık tasarruf sağlayacağı da öngörülmüyor.

Dönüşüm tamamlandığında Kaliforniya'nın enerji ihtiyacı yaklaşık %44 oranında düşmesi ve enerji fiyatlarının da fosil yakıtlar sıfırlanana kadar istikrara kavuşacağı belirtilmiştir. 220 bin yeni istihdam sağlanabileceği ve devletin bu işlerden yıllık yaklaşık 12 milyar \$ kazanacağı belirtilmiştir. Hava kirliliğine bağlı ölümlerin yılda yaklaşık 12.500 kişi azalacağı ve 103 milyar \$ sağlık tasarrufu sağlanacağı belirtilmiştir. Emisyon oranının azalmasıyla iklim değişikliğinin neden olduğu zararın yılda yaklaşık 48 milyar \$ azalacağı belirtilmiştir. Kaliforniya Üniversitesi'nden çalışma ortağı Mark Delucchi, 2050 yılına kadar hava kirliliği ve iklim değişikliğiyle bağlantılı olan masrafların yılda yaklaşık 150 milyar \$ azalacağına ve bu miktarın da bütün enerji dönüşümü için gerekli olan finansı 7 yıl gibi bir süre içinde karşılayacağını belirtmiştir. Hiçbir yerden destek almayan araştırma grubu ABD'nin diğer eyaletleri için de benzer çalışmalar yürütmektedir(Enerji Günlüğü, 2014). Avrupa çapında mekanizma ve kapasitenin tanıtılması gibi, her ülke için pratikte farklı temelde yenilenebilir enerjinin giderek büyüyen piyasaların güvenilirliği için bir akım başlatıldığı, bu akımla birlikte elektrik üretim santrallerindeki artışın sadece elektrik üretim gelirlerinden sağlanmayıp, çeşitli hükümet politikalarıyla birlikte düşük karbonlu kaynaklara yapılan yatırım ve teşvik ödüllendirmeleri gelirlerinden de sağlanacağı belirtilmiştir(Durand, Keay, 2014).

Türkiye'nin enerji politikası, ETKB'e göre, "sınırlı olan doğal kaynakları daha akılcı kullanarak, çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri minimum seviyeye indirmek, yeni kaynaklara ilaveten yeni teknolojilerle enerjiyi çeşitlendirmek, alternatif enerji kaynaklarını en faydalı şekilde hizmete sunarak ülkenin kalkınması ve refah artışını sağlayacak, daha temiz, daha güvenli, daha verimli, daha ucuz ve ticari açıdan ulaşılabilir ve sürdürülebilir enerji arzını sağlamak" şeklinde belirlenmiştir. Yerlilik ve yenilik unsurlarıyla bütünleştirilmiş yenilenebilir enerji kaynaklarımızın harekete geçirilmesi, temiz çevre gereklerinin yerine getirilmesinde ve enerji ihtiyaçlarının yerinden üretim yaklaşımı ile karşılanmasında önemli katkılar sağlayacaktır(Çağlar 2006).

Günümüzde uzun dönemde talebin karşılanmasında emisyon azaltımını destekleyecek bir kaç düşük karbon teknolojisi bulunmaktadır.

Fakat fosil yakıtların yerini alacak büyüklükte bir teknoloji tam anlamıyla var olduğu söylenememektedir. Konuyla ilgili olarak rüzgar ve güneş enerji ele alındığında düşük karbon teknolojileri market payının olduğu söylenemez fakat diğer yönleriyle son yıllarda oldukça hızlı gelişim gösterdikleri söylenebilir. Pazar payının büyümesi azalan fiyatlar ve özellikle güneş enerjisi için hızlı maliyet düşüşlerinin tetiklendiği, yüksek büyüme oranlarının rüzgar ve fotovoltaiik güneş enerjisinin karakteristik özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu karakteristik özelliklere esnek kurulum tarifeleri, nükleer enerji hidroelektrik biyoenerjisi ve konsantre güneş enerji gibi alternatiflere nazaran nispeten büyüme potansiyelinin daha eşit bir dağılımı gösterilebilir. Bu büyüme potansiyelinin enerji kaynağı kullanılabilirliği ve diğer faktörlerin çeşitliliği (yerel su kaynakları üzerindeki etkisi, arazi kullanımının yerel nüfus üzerindeki etkisi, genişleme için işgücü uzmanlığı, çeşitli algılanan riskler) tarafından belirlendiği söylenebilir(Edenhofer vd., 2014).

**Tablo 15:** Kanun Çıkarma Yoluyla Resmi Ulusal Politika Belirleyen Ülkeler

Yıl	Ülke	Eklenen Ülkeler
1978	1	ABD
1990	2	Almanya
1991	3	İsviçre
1992	4	İtalya
1993	6	Danimarka, Hindistan
1994	8	İspanya, Yunanistan
1997	9	Sri Lanka
1998	10	İsveç
1999	13	Portekiz, Norveç, Slovenya
2000	13	-
2001	15	Fransa, Letonya
2002	21	Cezayir, Avusturya, Brezilya, Çekoslovakya, Endonezya, Litvanya
2003	28	Kıbrıs, Estonya, Macaristan, Güney Kore, Slovakya, Maharashtra(Hindistan)
2004	33	İsrail, Nikaragua, Prens Edward Adaları(Kanada), Andhra Pradesh ve Madhya Pradesh(Hindistan)
2005	40	Karnataka, Uttaranchhal ve Uttar Pradesh(Hindistan), Çin, Türkiye, Ekvador, İrlanda
2006	43	Ontario(Kanada), Arjantin, Tayland
2007	49	Güney Avustralya(Avustralya), Arnavutluk, Bulgaristan, Hırvatistan, Makedonya, Uganda
2008	61	Queensland(Avustralya), Kaliforniya(ABD), Gucerat, Haryana, Rajasthan, Tamil, Nadu, Batı Bengal(Hindistan), Kenya, Filipinler, Polonya, Ukrayna

**Kaynak:** IEA, 2009(c).

Resmi Ulusal Politikalarını Kanun çıkarma yoluyla belirleyen ülkeler Tablo 15’de belirtildiği gibidir.

2008 yılında ve 2009 yılının başlangıcında birçok ülke ulusal düzeyde yeni hedefler oluşturmuştur. Bunlardan Avustralya yenilenebilir kaynaklardan elde edeceği elektrik enerjisi miktarını 2020 yılına kadar 45 TWh olarak belirlemiştir. Hindistan, 2012 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasitesini 14 GW'a çıkarmayı hedeflemiştir. Japonya güneş pilinden elde edeceği enerjiyi 2020 yılında 14 GW'a 2030 yılında ise 53 GW'a çıkarmayı planlamaktadır. 2008 ve 2009 yıllarında bazı ülkelerde mevcut kapasiteleri artırma politikaları belirlemiş bulunmaktadır. Örneğin Fransa 2020 yılına kadar güneş pilinden elde ettiği enerjiyi 4,9 GW'a çıkarmayı hedeflemektedir. Kenya 2025 yılı itibariyle rüzgâr ve biyokütle yoluyla 350 MW'lık enerji elde etmeyi beklemektedir. Endonezya da 2025 yılına kadar jeotermal enerji yoluyla 9,5 GW'lık bir kapasiteye ulaşma hedefine sahiptir. Birçok ülke yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisiyle ilgili hedef ve politikalarını belirlemiştir. Bu ülkelerden bazıları ve toplam elektrik üretimi içinde yenilenebilir enerjiden elde edilmesi planlanan oranlar şu şekildedir: Abu Dabi (2020'ye kadar % 7), Bangladeş (2020'ye kadar %10), İrlanda (2020'ye kadar %40), İsrail (2020'ye kadar %10), Jamaika (2020'ye kadar %15), Madagaskar (2020'ye kadar %75), Rusya (2020'ye kadar %4,5), Ruanda (2012'ye kadar %90), ABD (2012'ye kadar %10, 2025'e kadar % 25). Yenilenebilir enerjileri birincil enerji konumuna getirmek isteyen birçok ülke, toplam enerji içindeki yenilenebilir enerji payını şu şekilde belirlemiştir: Arnavutluk (2020'ye kadar %40), Kore (2020'ye kadar %6,1 2030'a kadar %11), Pakistan (2012'ye kadar %10), Tunus (2011'e kadar %10), Danimarka (2011'e kadar %20), İsrail (2020'ye kadar % 20), Fas (2012'ye kadar %18). Dünyanın en hızlı büyüyen ekonomisine sahip olan Çin de yenilenebilir enerji konusunda kesin hedefler belirlemiştir. 2020 itibariyle rüzgâr gücünden 30 GW enerji elde etmeyi planlamaktadır. Çin ayrıca ülkedeki 6 bölgeyi büyük ölçekli "rüzgâr gücü alanı" olarak belirleyip 100 GW'lık rüzgâr gücü kapasitesine ulaşmayı hedeflemektedir. 2007 ve 2008 yılları boyunca bazı ülkeler 2010 yılı için belirlemiş oldukları hedefleri bile aşmış bulunmaktadır. Örneğin; Çin rüzgâr gücü kapasitesi hedefinin, Almanya ve Macaristan elektrik enerjisi hedefinin, İspanya da güneş pili kapasitesi hedefinin üzerine çıkmıştır(IEA, 2009).

Bölgesel elektrik ticareti Ortadoğu ve Kuzey Afrika bölgesindeki yenilenebilir enerji yatırımlarını daha efektif ve cazip hale getireceği öngörülmüştür. Sınır ötesi elektrik ticareti, büyük çaplı yeni projelerde yatırımcılar adına önemli bir maliyet unsuru olan ölçek ekonomileri için fırsatlar yaratan, elektrik üretim pazarını genişleten bir unsur olarak görülmektedir. Bölgeler arası ticaret planları, Avrupa gibi daha değerli piyasalara elektrik ihracatı yapmak, mevcut piyasa fiyatları zaten yenilenebilir enerji fiyatını destekleyecek kadar yüksek olan piyasalara erişim imkanı sağlamaktadır. Türkiye, İspanya, Fas ve Levant gibi yakın çevre komşu

ülkelerde hissedilen bu etki bu duruma örnek olarak verilebilir(El-Katiri, 2014). Ekonominin her alanında olduğu gibi, enerji alanında da belirlenecek olan ulusal strateji, hedef ve politikaların ne kadar önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Politika değerlendirmeleri ve politikasını zamanında belirleyen ülkelerin ulaşılmış olduğu seviyeler, bu konunun önemini bir kez kanıtlamaktadır(Kum, 2009).

Nobel Ödüllü ekonomist Milton Friedman hükümetlerin yenilenebilir enerji ile ilgili olan izlemiş olduğu politikalarla ilgili Newsweek’de 1977 yılındaki yazısı günümüzde geçerliliğini geçmişten daha etkili bir biçimde korumaktadır. Milton Friedman yazısında enerji probleminin sadece mühendislerin çözüme oluşturacağı bir problem olmayıp, kamudaki mühendislerin evin ısıtılması, araçlarda kullanımı, ürün üretiminde kullanılacak enerji türünün belirlenmesinde tam yetkili ve uygun pozisyondaki kişiler olamayacağını; aynı şekilde kamu mühendislerinin fabrika sahipleri pozisyonundaki gibi en ekonomik yakıtın amaçlar doğrultusunda ve enerjinin korunmasında karar verme yetkisinin olmadığını; yine kamu mühendislerinin enerji kullanımı dolaylı etkilerini ve korunmasını hesaplayarak pazarlara yön vericek yetkide olmadıklarını dile getirmiştir(Friedman, 1977).

Ayrıca UNEP’in Global Green New Deal raporunda ekonomik ve iş hayatının pozitif yönde eğilim göstermesi ve kalıcı yoksulluğun ortadan kalkmasına yönelik mücadelede ısrarcı olmayı amaçlayan yeşil ekonomileri geçiş paketleri yer almaktadır(Barbier, 2010).

Çoğu ülkenin 2008 yılında yenilenebilir enerji konusunda yeni politikalar belirlediği ve varolan politikalarında zorlayıcı yaptırımlar oluşturduğu, düzenlemelerin yapıldığı öngörülmüştür. 2009 yılı başlangıcıyla ise 61 ülkede hükümet politikalarında bu konunun yer aldığı belirtilmiştir. Bu politikaların belirlenmesinde ABD ve Almanya’nın öncü konumda olduğu, bu iki ülke arasındaki güç yarışı göz önünden bulundurulduğunda belirlenen bu politikaların kritik rol oynadığı öngörülmüştür. AB ise 2020 yılına kadar olan hedeflerinde her ülke için farklı bir senaryo düşünülerek stratejilerin belirlendiği, yakıt enerjisinin en az %10’unun ulaştırma sektöründe kullanımının yenilenebilir enerjilerden sağlanma zorunluluğu getirilmesi, bu payın minimum %40’ının ikinci nesil biyoyakıtlardan karşılanacağı belirtilmiştir. Böylelikle biyoyakıt kullanımında sera gazı salınımından %50 oranında tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür.

### **1.6.1.1.Güneş Enerjisi**

Güneş enerjisi yeryüzünde en yaygın bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu enerji çeşidinden elektrik ve ısı elde etmek için



faydalanılır. Diğer taraftan fotovoltaik panel kullanımı fosil yakıt tüketmekten daha maliyetli olduğu için yeryüzüne gelen güneş enerjisinin yalnızca % 0,04'ü insanlar tarafından kullanılmaktadır(Mohtasham, 2015:s.1289-1297).

Çin, Almanya, İspanya, ABD ve Japonya 'nın güneş enerjisi ile ilgili yeşil istihdam alanında ilk sırada yer aldığı bilinmektedir(UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008:S.127). Hükümet politikalarının desteği ile birlikte güneş enerji sistemlerine olan desteğin de artmasıyla bu yönde eğilim, ilgi ve yatırımların artarak 2030 yılına gelindiğinde 6,3 milyondan fazla kişinin bu alanda istihdam edeceği öngörülmüştür(UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008:s.128). Ayrıca EPIA ve Greenpeace tarafından yürütülen başka bir çalışma olan “paradigma değişimi senaryosu” ’na göre 2015 yılında 1,37 milyon olan yeşil iş sayısının 2030 yılında 3,54 milyon, 2040 yılında da 5,56 milyon olacağı tahmin edilmektedir(EPIA/Greenpeace, 2011:s.77). Greenpeace, GWEC ve EREC’ in ortak yürüttüğü projeler kapsamında “enerji devrimi” senaryosuna göre 2030 yılına gelindiğinde fotovoltaik güneş panel sistemlerinde 1,528 milyon, yoğunlaştırıcı güneş sistemlerinde 826 bin, ısıl güneş sistemlerinde 1,692 milyon olmak üzere ortalama 4 milyon kişinin istihdam etmesi beklenmektedir(EREC/GWEC/Greenpeace, 2012:s.196-197). Enerji kaynakları kullanımının yaygınlaşması yeni teknolojilerle yatırımların artması ve güneş enerji endüstri sistemlerinin gelişmesiyle birlikte yüksek ücretli, vasıflı istihdamların çoğalması ve ulusal laboratuvar, özel şirketler, üniversiteler de Ar-Ge çalışmalarının artarak düşük maliyetli, güvenilir, yüksek verimli güneş enerji ürünlerinin oluşmasına sebep olmaktadır(U.S. DOE, 2001:s.4).

Dünya üzerinde güneş enerjisi kullanımının 17. ve 18. yy'da, güneş enerjisinden, Archimedes'in kullanmış olduğu odaklayıcı aynalarla toplama yöntemi geliştirilerek madenlerin eritilmesinde; 19. yy'ın sonlarına doğru buharlı ısıtıcılarda, 20. yy'ın ortalarında güneşli su ısıtıcılarında, aynı dönemlerde güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren güneş pili sisteminin geliştirilmesinde kullanıldığı, 21. yy'da bu yöndeki teknolojik gelişmelerin hız kazandığı söylenebilir(Gülay, 2008:s.41).

**Tablo 16:** Güneş Enerjisi Tüketim Değerleri ve Tahminleri

	2001	2010	2030
Güneş Işıl	4,1	11	127
Güneş Işıl Elektrik	0,1	0,4	9
Güneş Pili- PV	0,2	1	110
<b>Toplam Enerji Tüketimi</b>	10.038	12.389	17.700

(Değerler Milyon ton petrol eş degeri “MTEP” cinsindedir)

**Kaynak:** Gülay, 2008, s:42

Güneş enerjisi tüketim değer ve tahminleri Tablo 16'da belirtilmiştir. Dünya'nın tüm yüzeyine bir yıl boyunca düşen güneş enerjisi,  $1,22 \times 10^{14}$  ton eş değer taşkömürü,  $0,709 \times 10^{14}$  ton eşdeğer petrol kadar olan bu değerün dünyada bilinen kömür rezervinin 157, petrol rezervinin 516 katı olduğu öngörülmüştür(Ültanır, 1996:51). Dünyadaki 1.311.737 kW güneş kurulu gücü potansiyelinin 636.842 kW potansiyelinin Japonya, 277.300 kW'nın Almanya ve 212.000 kW potansiyelin Amerika'da olduğu, en fazla güneş kolektörünün 15 milyon m<sup>2</sup> ile Japonya ile Türkiye'de olduğu, Avusturya'nın da 4 milyon m<sup>2</sup> kolektör potansiyeliyle ilk sıralarda yer aldığı öngörülmüştür. Dünyadaki güneş kolektörü kullanım verilerine göre ise kişi başına düşen kullanımın 0.85 m<sup>2</sup>/kişi ile Kıbrıs, 0.55 m<sup>2</sup>/kişi ile Yunanistan'ın ilk sıralarda olduğu, Türkiye'deki kullanımın 15 m<sup>2</sup>/kişi olduğu, ABD, Japonya, Almanya'nın yaklaşık olarak Türkiye ile aynı seviyede olduğu belirtilmiştir(Fidan, 2006:24).

Güneş enerjisi kurulu gücünün %46 oran ile Asya kıtasında yoğun olduğu görülmekte olup, kıtalara göre kıyaslama belirtildiği gibidir.

**Tablo 17:** Kıtalara Göre Güneş Enerjisi Kurulu Gücü

Kıtalar	Fotovoltaik Kurulu Güç (MWp)
Kuzey Amerika	136
Güney Amerika	5
Avrupa	146
Afrika	8
Okyanusya	25
Asya	273
Orta Doğu	1
Toplam	594

**Kaynak:** Yıldız, 2006:s.55

Kıtalara Göre Güneş Enerjisi Kurulu Gücü Tablo 17'de belirtilmiştir. Asya kıtasını 146 MWp' lik kurulu gücü ile %25 orana sahip Avrupa kıtası, 136 MWp' lik kurulu gücü ile de %23 oranına sahip olan Kuzey Amerika kıtası izlemektedir. Fosil kaynaklar bakımından çok zengin olan Ortadoğu Bölgesi ise yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden mahrumdur.

Çoğu ülkenin PV sistemlerinin kabulü ve ticaretinin desteklenmesi konusundan son derece aktif durumda olduğu söylenebilir(Bolinger, Wiser 2003).

### 1.6.1.2.Hidroelektrik Enerjisi

Dünya genelinde 1400 milyon km<sup>3</sup> su olduğu, bu miktarın %97.5'sini deniz ve okyanus sularının oluşturduğu, %2.5'lik kısmı (35 milyon km<sup>3</sup>) tatlı su kaynağı olduğu ve tatlı su miktarının %68.7'sinin buzul kütle halinde buzullarda, %0.8'inin fosil halde ve %30.1'i yeraltı suyu şeklinde, %0.4'ü yerüstü suyu ve atmosferik buhar şeklinde olduğu öngörülmüştür. Yapılan incelemeler sonucunda dünya yüzeyine yağışla düşen su miktarı yılda ortalama 800 mm veya ortalama 119.000 km<sup>3</sup> olduğu ve bunun yalnızca 9.000 km<sup>3</sup>'lük kısmının teknik ve ekonomik olarak

kullanılabildiği belirtilmiştir(Ekodialog). Dünya genelinde teknik ve ekonomik kullanılabilirlik potansiyeline göre teorik hidroelektrik potansiyelin brüt olarak 40.000 TWh/yıl, teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyelin 14.000 TWh/yıl, ekonomik potansiyelin 8.000 TWh/yıl olduğu tahmin edilmektedir. 2003 yılı verilerinden öngörülen potansiyelin 728.5 GW'nın kurulu gücün işletmede, 100.7 GW'ın inşa halinde, planlanan toplam kapasitenin ise 337.9 GW olduğu, geliştirilmesi planlanan hidroelektrik potansiyelinin büyük bir bölümünün Afrika, Asya ve Latin Amerika ülkelerinde bulunduğu, Afrika kıtası 1.100.000 GWh/yıl ekonomik yapılabilir hidroelektrik potansiyeline sahip olmasına rağmen kıtada yer alan birçok ülkede kişi başına tüketilen enerji oranı araştırmalara göre 100 kWh'in altındadır(Ekodialog).

Dünyanın en çok hidroelektrik enerjisi üreten ülkesi Kanada'nın 2002 yılı verilerine göre toplam üretimi 353,2 TWh olup 27 AB ülkesinin toplamına (364,5 TWh) çok yakın bir değerde olduğu görülmektedir . Enerji amaçlı kullanımının %20 düzeyinde, amaç ve çeşidine göre değişkenlik gösteren ortalama %31'inin gelişmiş ülkeler, %46'sının Çin, %9'unun Hindistan, % 3'ünün Afrika ve %1'inin Türkiye'de inşa edilen 45.000 büyük, 100.000 küçük baraj sayısının, yıllık 200-300 yeni baraj inşasıyla daha da arttığı öngörülmüştür. Konunun diğer bir boyutu olarak 166 milyon kişinin 18 farklı ülkede su kıtlığı sorunu ile karşı karşıya olduğu ve 11 farklı ülkede de 270 milyon kişinin su sorunlarıyla yaşamını sürdürdüğü belirtilmiştir (Ekodialog).

Hidroelektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklar içerisindeki payının OECD üyesi ülkeler ve üye olmayan ülkelerde büyük bir orana sahip olduğu tahmin edilmekte olup, bölgesel anlamda en yaygın kullanımın % 30'la Asya-Pasifik, ardından sırasıyla Avrupa-Avrasya, Orta ve Güney Amerika, Kuzey Amerika, Afrika ve Orta Dogu bölgelerinde gerçekleştiği öngörülmüştür(BP, 2009:s.38). Kanada'ya benzer biçimde Çin'in de elektrik enerjisi ihtiyacının çoğunu hidrolik güçten sağladığı, ortalama 18 GW kurulu potansiyeline rağmen, planlanan baraj ve HES'lerle varolan potansiyelini arttırmayı amaçlamaktadır(Evans, 2007:s.104).

Dünyadaki enerji arz kaynakları ile ilgili yapılan araştırmalar doğrultusunda hidroelektrik enerjinin, yenilenebilir enerji kaynakları arasında ikinci sırada yer aldığı, 2010 yılı verilerine göre toplam elektrik üretiminin yaklaşık % 16,3'ünü karşıladığı ve üretiminin ortalama olarak 3.431 TWh olduğu tahmin edilmektedir (IEA, 2012(c):s.33, IEA, 2012(b):s.216).

Doğalgaz ve kömürden üçüncü büyük enerji kaynağı olarak gösterilen hidroelektrik enerjini, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde küresel bazda elektrik üretiminde en fazla orana sahip olduğu, IEA'nın "yeni politikalar" tahminlerine göre 2035 yılında hidroelektrik enerjinin dünya ekonomisine katkısının % 15,5 ile 5.677 TWh olacağı tahmin edilmektedir(IEA, 2012(b):s.216).

**Tablo 18:** Dünyanın En Yüksek Barajları ve Kurulu Gücü

Sıra	Baraj Adı	Yükseklik	Tip	Kurulu Güç	Ülke	Akarsu
1	Jinping-I Barajı	305,0 m	Beton Kemer	3.600 MW	Çin	Yalong Nehri
2	Nurek Barajı	300,0 m	Dolgu, toprak dolgu	3.015 MW	Tacikistan	Vakhsh Nehri
3	Xiaowan Barajı	292,0 m	Beton Kemer	4.200 MW	Çin	Lancang Nehri
4	Xiluodu Barajı	285,5 m	Beton Kemer	13.860 MW	Çin	Jinsha Nehri
5	Grande Dixence B.	285,0 m	Beton Kemer	2.069 MW	İsviçre	
6	Enguri Barajı	271,5 m	Beton Kemer	1.320 MW	Gürcistan	Enguri Nehri
7	Yusufeli Barajı	270,0 m	Beton Kemer	540 MW	Türkiye	Çoruh Nehri
8	Nuozhadu Barajı	261,5 m	Dolgu	5.850 MW	Çin	Mekong Nehri
9	Manuel Moreno Torres B.	261,0 m	Dolgu, toprak dolgu	2.430 MW	Meksika	Grijalva Nehri
10	Tehri Barajı	260,5 m	Dolgu, toprak dolgu	1.000 MW	Hindistan	Bhagirathi Nehri

**Kaynak:** Enerji Atlası

Dünya'nın en yüksek barajları sıralaması Tablo 18'de belirtildiği gibidir.

Dünya genelinde 13 ülkenin elektriğinin tamamını, 30 ülkenin %80'ini ve 65 ülkenin elektrik ihtiyacının %50'sinin karşılandığı hidroelektrik enerjinin, 150'ye yakın ülkeye yayılan hidrolik kaynaklarıyla birlikte, teknik(14.000 TWh/yıl) ve ekonomik (8000 TWh/yıl) potansiyelinin var olduğu, elektrik ihtiyacının %69'unun bu potansiyelden karşılandığı söylenebilir(REN21, 2006). Ülke ekonomilerinin şekillenmesinde bu potansiyeller göz önüne alınarak stratejiler belirlenmektedir(DEK-TMK, 2004:2-3).

Dünya geneli kurulu elektrik kapasitesi içerisinde, ortalama 720 bin MW olan hidrolik güç kapasitesini %25'lik bölümü oluşturduğu, bu kurulu gücün 2000 yılında birincil enerji tüketiminin %2,3'lük ve elektrik tüketiminin ise %17,5%'lik bölümüne (2700 TWh) eşdeğer elektrik üretimine sahip olduğu söylenebilir. Üretim değerlerinin 2/3'ünün gelişmiş ülkelerde, 1/3'ünün gelişmekte olan ülkelerde gerçekleştiği öngörülmüştür(Nazlı, 2007:53). Hidroelektrik enerji tüketiminin ise Rusya %5.8, ABD %9.6, Brezilya ve Kanada %11.5, Çin %13.7 lik değerleriyle gelişmiş ülkelerin ilk sıralarda yer aldığı söylenebilir. Potansiyel ve yararlanma oranı kıyaslandığından %80'lik potansiyelle rağmen yaklaşık %25-30'luk yararlanma oranının düşük olduğu söylenebilir(Akbulut, 2008:131).

**Tablo 19:** Dünya Genelinde En Yüksek Hidroelektrik Üretimi Sağlayan ilk 10 Ülke (2003 Yılı)

	<b>Kurulu Güç(MW)</b>	<b>Üretim (GWh)</b>
Kanada	67121	353302
ABD	76000	300000
Brezilya	64000	300000
Çin	82700	257500
Rusya	44700	173849
Norveç	27596	120984
Japonya	27348	94250
Fransa	25200	79300
Hindistan	25751	73954
İsveç	16200	65000

**Kaynak:** DEKTMK, Hidrolik Kaynakları Çalışma Grubu Raporu

Dünya üzerinde hidroelektrik üretimini sağlayan ülkelerin sıralamasını Tablo 19’da görmekteyiz. 353.302 GWh ile en yüksek üretim kapasitesine sahip olan Kanada’yı, 300.000 GWh ile Amerika ve Brezilya takip ederken, Çin ise 257.500 GWh ile hemen arkalarında yer almaktadır.

### 1.6.1.3.Rüzgar Enerji

Yenilenebilir enerjilerin dünyadaki kullanım oranları göz önünde bulundurulduğunda, rüzgar enerjisinin kullanım oranı olarak en çok artış seyri gösteren enerjilerden biri olduğunu söylemek mümkündür. Öngörülere göre teknik anlamda kullanılabilir rüzgar enerjisi 53 TWs/yıl, yapılan araştırmalara göre 2020 yılına gelinildiğinde enerji talebinin 25,579 TWs/yıl olduğu belirtilmiştir. Rüzgar enerji potansiyeli ile enerji talebi kıyaslaması yapıldığında, mevcut rüzgar enerjisi potansiyelinin kullanımı durumunda dünya elektrik arzının iki katından çok bir arzın sağlansağı belirtilmiştir(Yağlı, 2008:s.32).

Batılı üretici firmaların aracılığıyla 1930’lı yıllarda küçük çaplı rüzgar türbinleri özellikle kırsal kesimlerde, çiftçilikle uğraşan bölgelerde yaygınlaşarak 1940-1950 zaman aralığında çökme tehlikesine içerisinde olan türbin endüstrisi 1970’li yıllarda gerçekleşen petrol krizleri ve enerji arayışları sebebiyle tekrar gündem noktası olmuştur. 1980’li yıllarda Amerika merkezli teknolojik gelişmelerle birlikte gelişmekte olan rüzgar türbinleri, ticari amaçlı şehir şebekelerine bağlanıp 1990’lı yıllarda da çevre bilinci stratejilerini şekillendiren bir öge haline gelmiştir. Almanya, Danimarka, Hollanda öncü olmak üzere Avrupa’da iklim değişikliğine karşı olan mücadele de rüzgar türbinlerine gereken önemin verilmesine dair vurgu yapılmıştır(Gipe, 1999:s.3).

Teknolojik gelişmelerle birlikte 21.yy’da rüzgar enerjisi sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmış ve bu alanda gelişmeler yaşanmaya devam etmiştir. 2006

yılı verilerine göre dünya üzerindeki rüzgar enerjisi kurulu gücünün yaklaşık olarak 73.904 MW seviyesinde olduğu belirtilmiştir(Gülay, 2008:57). Diğer yandan rüzgar kaynağı 53 TWh/yıl düzeyinde olduğu belirtilmiştir.

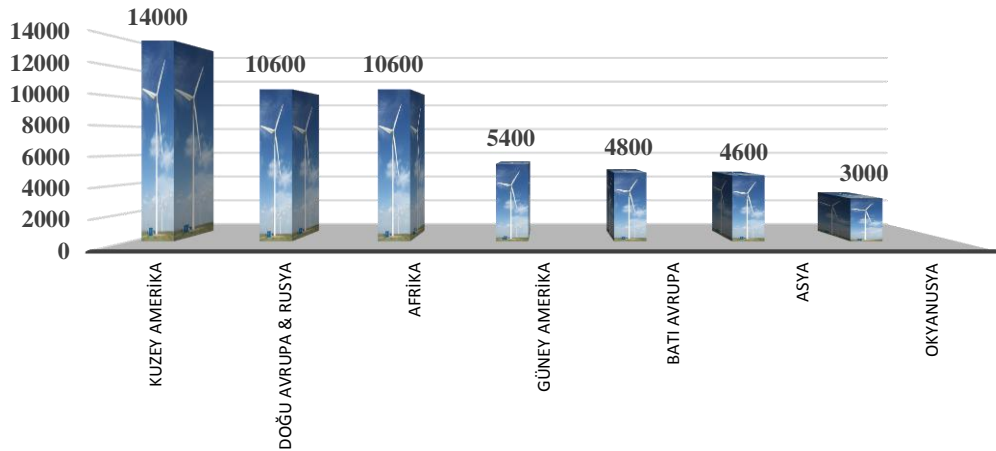
Son dönemdeki verilere göre rüzgar enerjisi toplam gücünün 40.301 MW düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Dünya genelinde ülkeler bazında elektrik üretimi verileri göre ise Almanya'nın yaklaşık 14.612 MW'lık üretimle dünya rüzgar enerji üretiminin %36,3'ünü oluşturduğu öngörülmüştür. Almanya'nın yenilenebilir enerjilerle ilgili verilerine göre, Kuzey Almanya'nın çeşitli kesimlerinde elektrik gereksiniminin %50'sinin yalnızca rüzgar enerji ile karşılandığı belirtilmiştir. Ayrıca Danimarka rüzgar enerjisi verilerine göre ise 2008 yılında mevcut rüzgar enerjisi potansiyeliyle %40'luk oranda bir gereksinimin karşılanabileceği belirtilmiştir. Verilere göre rüzgar enerjisinden yüksek oranda faydalanan ülkelerin ABD, İspanya, Çin, Hindistan, İtalya, Birleşik Krallık, Hollanda ve Japonya olduğu belirtilmiştir. Rüzgar enerjisi üretimi kapsamında belirtilen ülkeler dışındaki ülkelerin yaklaşık olarak %9,3 (3.756 MW) paya sahip olduğu belirtilmiştir(Enerji Teknolojileri). Rüzgar enerji üretimiinde Almanya ve ABD'nin çekişme halinde olduğu ve Almanya'nın toplam kurulu gücün üçte birini oluşturduğu, 2008 yılı verilerine göre ABD'nin Almanya'yı geride bırakarak rüzgar gücü kapasitesinden ilk sıraya yerleştiği belirtilmiştir. Aynı yıl verilerine göre ABD'nin ortalama 25 GW düzeyine yükselmesiyle yaklaşık 5 milyon hanenin enerji gereksinimini giderebilecek düzeyde olduğu, Almanya'nın ise ortalama 24 GW güç verilerine sahip olduğu ve dünya genelinde rüzgar enerjisininin 121 GW (%29 büyüme yaşanarak) güç verilerine ulaştığı belirtilmiştir(Kılıç, 2009:18).

**Tablo 20:** Dünya Genelinde Kurulu Rüzgar Gücü Kapasitesi(MW)

Sıra	Ülke	2005	2006	2007	2008
1	ABD	9,149	11,603	16,818	25,170
2	Almanya	18,415	20,622	22,247	23,903
3	İspanya	10,028	11,615	15,145	16,754
4	Çin	1,260	2,604	6,050	12,210
5	Hindistan	4,430	6,270	8,000	9,645
6	İtalya	1,718	2,123	2,726	3,736
7	Fransa	757	1,567	2,454	3,404
8	Birleşik Krallık	1,332	1,963	2,389	3,241
9	Danimarka&Fareo Adaları	3,136	3,140	3,129	3,180
10	Portekiz	1,022	1,716	2,150	2,862
11	Kanada	683	1,459	1,856	2,369
12	Hollanda	1,219	1,560	1,747	2,225
13	Japonya	1,061	1,394	1,538	1,880
14	Avustralya	708	817	824	1,306
15	İsveç	510	572	788	1,021
16	İrlanda	496	745	805	1,002
17	Avusturya	819	965	982	995
18	Yunanistan	573	746	871	985
19	Polonya	83	153	276	472
20	Türkiye	20	51	146	433
	Avrupa'nın geri kalanı	129	163		
	Amerika'nın geri kalanı	109	109		
	Asya'nın geri kalanı	38	38		
	Afrika'nın geri kalanı	31	31		
	Okyanus'un geri kalanı	12	12		
	Dünya Toplamı (MW)	59,091	74,223	93,849	120,791

**Kaynak:** <http://www.ruzgarturbiniturk.com>

Dünya Genelinde Kurulu Rüzgar Gücü Kapasitesi(MW) Tablo 20'de belirtilmiştir. IEA'nın raporlarına göre rüzgar enerjisinin kullanım oranında ve potansiyelindeki artışın önümüzdeki süreçte de gelecek vadeden, rüzgar enerjisinin vazgeçilemez enerji kaynaklarından biri olacağı yönündeki öngörülerini beraberinde getirmiştir. Rüzgar kapasitesinin 5.1 m/s olduğu bölgelerde toplumsal ve uygulamaya yönelik kısıtlamalar nedeniyle %4'ünün kullanılacağı tahmininden yola çıkılarak dünya teknik rüzgar potansiyelinin 53000 TWh/yıl olduğu, rüzgar enerjisinin ise kıtalardaki potansiyelinin ise (Kuzey Amerika (14000TWh/yıl), Doğu Avrupa ve Rusya (10600 TWh/yıl), Afrika (10600 TWh/yıl), Güney Amerika (5400 TWh/yıl), Batı Avrupa (4800 TWh/yıl), Asya (4600 TWh/yıl), Okyanusya (3000 TWh/yıl)) olduğu, veriler doğrultusunda Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya, Afrika'nın %66'lık oranı ile dünya rüzgar enerji potansiyelindeki yeri belirtilmiştir(IEA, 2014).

**Grafik 8:** Kıtalara Göre Rüzgar Enerjisi Teknik Potansiyelinin Dağılımı (TWh/Yıl)

**Kaynak:** IEA, 2014

Kıtalara göre rüzgar enerjisi dünya teknik potansiyelinin dağılımı Grafik 8’de belirtildiği gibidir.

Belirtilen raporlarda 4-5 m/s rüzgar hızına sahip bölgelerin göz ardı edilmesine rağmen, bu bölgelerde de rüzgar potansiyelinin iyi durumda olduğu, tek başına Almanya’da bu değerın 90 TWh/yıl olduğu belirtilmiştir(IEA, 2014). Karasal bölgeler baz alınmasına rağmen, açık deniz (offshore) bölgelerinde ciddi bir potansiyel oluşturabileceği öngörülmüştür. 2003-2013 zaman aralığında dünya yenilenebilir enerji kurulu gücü ve güneş enerjisi kurulu gücün ortalama 2 kat, rüzgar enerjisi kurulu gücünün ise ortalama 7 kat artış gösterdiği, 2013 yılında dünya yenilenebilir enerji kurulu gücünün 1560 MW olup, %20,4’lük payın rüzgar enerjisi oluşturduğu belirtilmiştir(REN21, 2014).

**Tablo 21:** Yenilenebilir Enerjiler İçerisinde Rüzgar Enerjisinin Değişimi

	Hidrolik Enerji	Biyoenjerji	Jeotermal Enerji	Güneş Enerji	Rüzgar Enerji	Yenilenebilir Enerji
2003 Yılı Kurulu Gücü (GW)	715	<36	8,9	3	48	800
2012 Yılı Kurulu Gücü (GW)	960	83	11,5	102,5	283	1440
2013 Yılı Kurulu Gücü (GW)	1000	88	12	142,4	318	1560

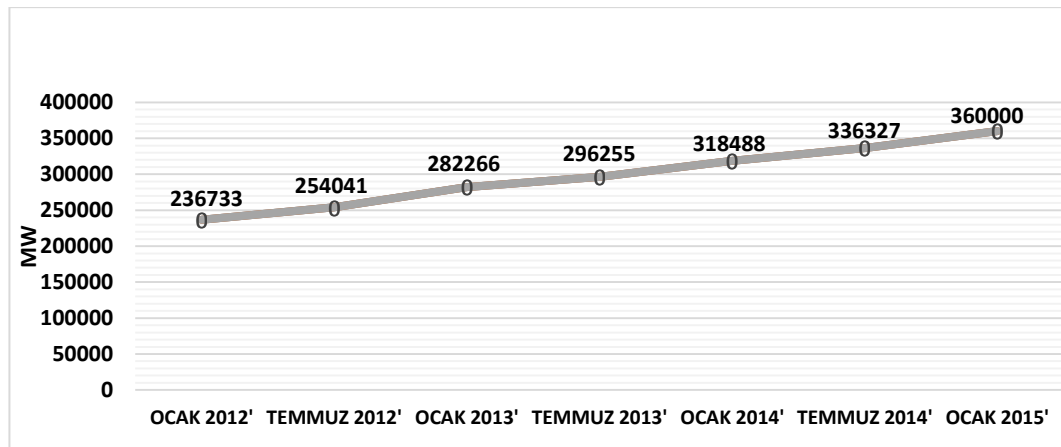
**Kaynak:** REN21, 2014



Yenilenebilir Enerjiler İçerisinde Rüzgar Enerjisinin Değişimi 2003, 2012, 2013 yılları değişimi Tablo 21’de belirtildiği gibidir.

Yapılan incelemeler doğrultusunda rüzgâr türbini kurulu gücü payının, dünya yenilenebilir enerji kurulu gücündeki payının her yıl arttığı, ekonomik ve endüstriyel gelişmelere paralel olarak bu artış nedeninin, rüzgar enerjisinin stratejik hedeflerin belirlenmesi ve enerji politikaların belirlenmesinde başlıca konulardan biri olmasından kaynaklanmaktadır. 2014 yılı Temmuz verilerine göre Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün 336327 MW olduğu belirtilmiştir(WWEA, 2014).

**Grafik 9:** Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün Dünya Üzerindeki Artış Oranları



**Kaynak:** WWEA, 2014

Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücün Dünya Üzerindeki Artış Oranları Grafik 9’da belirtildiği gibidir. Rüzgar enerjisine yönelik teşviklerle birlikte dünya rüzgar enerjisi kurulu gücünde her yıl %10’dan daha fazla bir büyümenin gerçekleşmesiyle, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı büyümenin gerçekleşeceği öngörülmüştür. En fazla kapasite artışı gerçekleşen ülkelerin Çin (7.1 GW), Almanya (1.8 GW), Brezilya (1.3 GW), Hindistan (1.1 GW) olduğu belirtilmiş olup, Brezilya’nın ABD’den (0.835 GW) daha fazla kapasite artışının gerçekleşmesiyle, rüzgâr enerji santralleri güç kapasitesini en fazla arttıran ülkeler arasında 3. olduğu belirlenmiştir. 2014 yılında Çin de gerçekleşen kapasite artışıyla, Çin’in rüzgar enerjisi kurulu gücünün 100 GW’a yaklaştığı, dünya rüzgâr türbini kurulu gücündeki artış payının %41 oranında gerçekleştiği öngörülmüştür(WWEA, 2014).

WWEA 2013 raporuna göre Türkiye, Brezilya, Çin gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacının rüzgar türbini kurulu gücünü arttırdığı, dünya kurulu rüzgar enerjisi gücü büyüme oranının %12,8 olduğu, 2014 yılı Temmuz itibariyle

rüzgar enerjisi kurulu gücünün en yüksek olduğu ülkeler, Çin (98588 MW), ABD (61946 MW), Almanya (36488 MW), İspanya (22970 MW), Hindistan (21262 MW) olarak belirtilmiştir.

Çin'in Ocak 2014-Temmuz 2014 zaman diliminde rüzgâr türbini kurulu gücünü 7175 MW arttırması, yatırımcıların rüzgar enerjisine yapmış olduğu teşviği arttırıcı politikalardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. 2013 yılında Polonya (%35,8), Brezilya (%35,6), Türkiye (%28), İngiltere (%24,7), Kanada'daki (%24,1) oranında gerçekleşen büyüme oranlarının yanında Çin, ABD, Almanya, İspanya, Hindistan gibi rüzgâr türbin teknolojisinde en başta gelen ülkelerin 2014 yılındaki rüzgar enerji kurulu gücünün dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücüne oranının %72 olduğu öngörülmüştür(REN21, 2014; WWEA, 2014). Rüzgâr türbin teknolojisinin geliştiği yerlerde, rüzgar enerjisine dönük yatırım fazlalığının göze çarptığı, 2014 yılında rüzgâr türbini kurulu gücünü en çok arttıran ülkenin Almanya, en az arttıran ülkenin İspanya olduğu öngörülmüştür(Şenel, Koç, 2015).

2021 yılına kadar Almanya'nın mevcut nükleer santrallerini kapatarak yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımları, yenilenebilir enerjiye verdiği önemi ve uygulamış olduğu politikaların önümüzdeki süreçte de bu yönde olacağını göstermektedir. Meydana gelen ekonomik krizler nedeniyle İspanya'da rüzgar enerjisine ile ilgili istenen gelişmelerin gerçekleşmediği söylenebilir. Rüzgar türbini imalatının dünya üzerindeki yeri üzerine çalışma öngörülerine göre Çin, ABD, Almanya, Danimarka, İspanya ve Hindistan listenin ilk sıralarını oluşturduğu, aynı ülkelerdeki rüzgar gücü kapasitesinin de yüksek olduğu belirtilmiştir. 2013 yılı verilerine göre pazar payı sıralamasında en yüksek güç üreticilerinin Vestas (%13,1), Goldwind (%11), Enercon (%9,8), Siemens Wind Power (%7,4) ve General Electric (GE) Wind Energy (%6,6) olduğu gözlemlenmiş olup, Çin menşeli rüzgar türbini üreticilerinin Çin'deki ekonomik büyüme ile eş zamanlı olarak pazar payında kapladığı payın yüksek olması dikkat çeken unsurlar arasındadır(REN21, 2014).

**Tablo 22:** Rüzgar Türbini Güç Kapasitesinin Ülkelerdeki Değişimi

	Ülkeler	2015 Yılı Kapasite (MW)	2014 Yılı Kapasite (MW)	2013 Yılı Kapasite (MW)
1	Çin	124710	114763	91413
2	ABD	67870	65754	61108
3	Almanya	42367	40468	34658
4	Hindistan*	23762	22465	20150
5	İspanya	22987	22987	22959
6	İngiltere	13313	12440	10531
7	Kanada	10204	9694	7698
8	Fransa	9819	9296	8254
9	İtalya	8787	8663	8551
10	Brezilya	6800	5962	3399
11	İsveç	5582	5425	4470
12	Danimarka	4959	4883	4772
13	Portekiz*	4953	4953	4724
14	Türkiye	4193	3763	2958
15	Polonya	4117	3834	3390
16	Avustralya	4006	3806	3049
	Diğerleri	34600	32219	26493
	<b>Toplam</b>	<b>392927</b>	<b>371374</b>	<b>318577</b>

\*Mart Sonu 2015

**Kaynak:** WWEA, 2015:s.21

Rüzgar Türbin Güç Kapasitesinin Ülkelerdeki Değişimi Tablo 22’de belirtildiği gibidir.

Ayrıca 2016 yılı WWEA verilerine göre 2016 yılının ilk yarısında ortalama 21 GW’lık yeni kurulum gerçekleşmiş, dünya rüzgar gücü kurulumunun 456 GW’ya ulaştığı yıl sonunda bunun 500 GW’yı bulacağı ve pazarın büyümesinden Almanya, Hindistan ve Brezilya’nın öncü konumunda olduğu belirtilmiştir(WWEA, 2016).

#### **1.6.1.4.Biyokütle Enerjisi**

Artan enerji talebiyle birlikte fosil yakıtların yakın süreçte tükeneceği öngörülerıyla beraber, biyoyakıtların enerji talebini kapatmak adına fosil yakıtların yerini alması beklenmektedir. Bu öngörülerin maliyet unsuru, üretim verimliliği ve çevresel etkilerle daha belirgin hale geleceği öngörülmüştür(Ong, 2010; Frondel, 2007). Siyasi olaylardan kaynaklanan kriz ve savaşların etkisiyle petrol fiyatlarında yaşanan ciddi artış, biyoyakıtların küresel olarak üretilmeleri için gerekli olan

süreyi kısaltmış, enerji pazarına hızlı bir şekilde girmelerini sağlamıştır(Prasad, 2007; Hahn-Hägerdal, 2006).

21. yy'ın sonuna kadar, yenilenebilir enerji çözüm arayışlarında biyoyakıt üretimlerinin kolay, bilinir ve teknolojik açıdan oturmuş olmasıya ön plana çıkacağı belirtilmiştir(Gross, 2003).

Yükselen enerji açığı trendi ve çevresel zararların azaltılması amacıyla biyokütle enerjisinin stratejik öneminin gittikçe arttığı, son dönemdeki verilere göre dünya enerji ihtiyacının %14'ünün biyokütle enerjisinden karşılandığı belirtilmiştir. Kullanım sıralamasına göre doğalgaz, petrol ve kömürden sonra 4. sırada yer aldığı belirtilmiştir. Uluslararası Enerji Birliği verilerine göre 2050'li yıllara gelindiğinde ülke enerji ihtiyacının %25-50 oranında biyokütle enerjisinden karşılanması hedeflenmektedir(Belen, 2010).

Gelecek 50 yıl süresince enerji piyasasında artan taleple birlikte, başta biyogaz, biyohidrojen, biyoetanol ve biyodizel olmak üzere biyoyakıtların önemli yer tutacağı öngörülmüştür(Malça, 2006; Demirbaş, 2007:s.1-18). Bu öngörülere göre biyoyakıtların (özellikle biyoetanol) benzine eşdeğer özellikleri taşımasıyla beraber ulaşım, taşımacılık vb sektörlerde biyoetanöl kullanım verilerinden yola çıkılarak varılmıştır(Demirbaş, 2009:s.2239-2249). Günümüzde ise biyoyakıt pazarının yaklaşık olarak %90'ını oluşturan biyoetanolün(Mabee, 2009), 2006 yılında artan enerji talebiyle birlikte 50 milyar litreye ulaştığı ve kapasitesinin daha da artarak, gelecek dönemlerde ekonomik-siyasi krizlerin önlenmesi, çevresel sorunların önüne geçileceği, enerji açığını kapatmadaki rolünün daha da stratejik bir hal alacağı öngörülmüş olup, 2020 yılına gelindiğinde 150 milyar litre seviyelerine ulaşacağı öngörülmüştür. (Jonsson, 2006; Mathews, 2007:s.3550-3570). Bu üretimin, %49,6'sı ABD'de ve %38'i Brezilya'da yapılmıştır(Pohit vd., 2009:s.4540-4548). Büyük pazarın neredeyse tamamı, %88'i, bu iki ülke tarafından yönetilmektedir.

Biyoeanol üreticisi ülkelerin biyoeanol üretim fiyatları belirtildiği gibidir.

**Tablo 23:** Çeşitli Ülkeler İçin Biyoeanol ve Petrol Kökenli Akaryakıt Maliyetlerinin Karşılaştırılması

	Biyoeanol Maliyeti(US\$/litre)				Benzin Maliyeti(US\$/litre)		
	Buğday	Mısır	Şeker Kamışı	Şeker Pancarı	Vergili	Vergisiz	Bölgesel Tedarik Maliyeti
Amerika	0,545	0,289	-	-	0,540	0,384	0,311
Kanada	0,563	0,335	-	-	0,680	0,401	0,311
AB-15	0,573	0,448	-	0,560	1,316	0,406	0,311
Polonya	0,530	0,337	-	0,546	1,200	0,392	0,311
Brezilya	-	-	0,219	-	0,840	0,394	0,311

**Kaynak:** Biyoeanol Fiyat Analizi, 2010

Çeşitli Ülkeler İçin Biyoeanol ve Petrol Kökenli Akaryakıt Maliyetlerinin Karşılaştırılma Tablo 23'te belirtildiği gibidir. Dünya genelinde biyokütleden üretilen yıllık enerji miktarı toplamı 23.100.000 MW'lık enerjinin dağılımı yaklaşık olarak şu şekildedir(Deveci vd., 2007:s.54):

**Tablo 24:** Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilen Biyokütle Enerjisi Yıllık Enerji Miktarı Toplamı

Kaynak	Enerji Miktarı (MW)
Saman	1.120.000
Hayvan Atıkları	500.000
Orman Atıkları	1.360.000
Çöpler	2.400.000
Şeker Kamışı, Odunsu Bitkiler, Enerji Tahılları	17.700.000

**Kaynak:** Deveci vd., 2007:s.54

Dünya genelindeki biyokütle kaynaklarının %80'inin konutlarda, %18'inin endüstride ve geri kalan %2'lik kısmının ulaşım sektöründe kullanıldığı belirtilmiştir(FAO, 2008).

**Tablo 25:** Biyoyakıt Üretimi İlk 15 Ülke ve AB 2008 Yılı (Milyar Litre)

Ülkeler	Etanol	Biyodizel
ABD	34	2,0
Brezilya	27	1,2
Fransa	1,2	1,6
Almanya	0,5	2,2
Çin	1,9	0,1
Arjantin	-	1,2
Kanada	0,9	0,1
İspanya	0,40	0,3
Tayland	0,3	0,4
Kolombiya	0,3	0,2
İtalya	0,13	0,3
Hindistan	0,3	0,02
İsveç	0,14	0,1
Polonya	0,12	0,1
İngiltere	-	0,2
AB Toplamı	2,8	8
Dünya Toplamı	67	12

**Kaynak:** Kum, 2009:s.213

Biyoyakıt üretiminde öncü ülkeler tablo 25'te belirtildiği gibidir. ABD ve Brezilya tahıllar, şeker kamışı, şeker ve patatesten ürettiği etanol, avrupa ülkeleri genelinin ise etanolden yerine biyodizel üretimine ağırlık vermektedir. Ayrıca birincil enerji tüketiminin dünya genelinde %15, gelişmekte olan ülkelerde %38 oranında biyokütleden sağlandığı öngörülmüştür.

Latin Amerika, Avrupa ve geçiş ekonomilerinde, sabit uygulamalarda, taşımacılık sektöründe, modern teknolojilerin kullanılması anlamında biyokütle enerjisinin çok ciddi bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Geleceğe dönük uzun bir zaman dilimi göz önünde bulundurulduğunda potansiyelinin % 60'ı tarımsal ürünlerden, kalan kısmının orman artıklarından, endüstriyel odun atıklarından, samandan karşılanacağı öngörülmektedir.

Çin, Güney Asya ve Orta Doğu ülkelerinde söz konusu ürünlerin sınırlı olması, bulunmasındaki güçlükler ve mevcut olmaması sebebiyle biyokütlenin mevcut kullanımına ilave yapılması sınırlandırılmış, yüksek oranda geleneksel kullanım söz konusu değildir. Modern teknolojilerin daha da gelişmesiyle bu teknolojilere geçişle birlikte biyokütle kullanımının verimlilik ve sürdürülebilirliğinin artması beklenmektedir(Greenpeace, EREC, 2007:s.32).

#### 1.6.1.5.Jeotermal Enerjisi

Dünya geneli jeotermal güç üretimi 2050 hedefinin 250.000 MWe olduğu belirtilmiş olup, 2014 yılı verilerine göre jeotermal kaynaklı elektrik kurulu gücü potansiyelinin ortalama 13.000 MW düzeyinde olduğu, üretimin 106 kWh/yıl, elektrik üretimi dışında kullanımın 55000 MWt olduğu öngörülmüştür(Türkiye Jeotermal Derneği).

Dünya genelinde tüketilen enerjinin yalnızca %4'ünün jeotermal kaynaklardan karşılandığı, doğrudan veya dolaylı olarak ABD (2228 MWe), Filipinler (1909 MWe), İtalya (785 MWe), Meksika (755 MWe), Endonezya (590 MWe), Japonya (547 MWe), Yeni Zelanda gibi pek çok ülkede kullanıldığı, ilk endüstriyel kullanımın İtalya'da gerçekleştiği, İzlanda'da sıcak jeotermal sular, bina ısıtılması amacıyla kullanıldığı belirtilmiştir. İzlanda'da toplam ısı enerji ihtiyacının %86'lık, Filipinler'de toplam elektrik üretiminin %27'lik bölümünün jeotermal enerjiden sağlandığı, Papua Yeni Gine'de 56 MWe jeotermal elektrik üretimi potansiyeli olduğu ve Altın Madenciliği faaliyetlerinden %75 oranda jeotermal enerjiden yararlandığı öngörülmüştür. Dünyanın farklı bölgelerinde çeşitli amaçlarla kullanıldığı bilinen jeotermal enerjisinin ısıtma, soğutma termalizm 2000 yılı potansiyelinin 17174 MWt olduğu, sera ısıtması %3,1, kaplıca-sağlık amaçlı kullanım %13,2 mahal ısıtma %80,4 oranda kullanıldığı belirtilmiştir(Türkiye Jeotermal Derneği; Arslan, 2001:s.24). Kent endüstrisi ve tarımda da yüksek bir kullanım oranı sahip olduğu söylenebilir(Doğan, 2010:s.21). 1990 yılında 6000 MWh elektrik ve 11.400 MWh termal kurulu kapasite ile toplam 708.000 GWh kadar enerji üretimi yapılmıştır(<http://asif.co.sr>). Elektrik üretiminin başlangıcından 100 yıl sonra, jeotermal santrallerin kurulu güç kapasitesi 25 ülkede 8900 MW<sub>e</sub>'a ulaştığı, ortalama 56830 GWh/yıl enerji üretildiği öngörülmüştür(TMMOB).

**Tablo 26:** Dünya Geneli Jeotermal Enerji Verileri

Ülkeler	Elektrik(MWh)	Isı(MWh)	Elektrik(BTEP/yıl)	Isı (Btep/yıl)	Toplam
ABD	2837	1776	3999	642	4641
Japonya	270	4764	381	1675	2056
Filipinler	894		1260		1260
İtalya	548	631	772	240	1012
Meksika	700	-	987		987
İzlanda	45	1306	63	650	713
Macaristan	-	1580	-	630	630
BDT	-	1404	16	640	656
Yeni Zelanda	264	176	372	111	483
Fransa	4	676	6	266	272
Çin	25	395	35	216	251
El-Salvador	95		134	-	134
Endonezya	143		202	-	202
Romanya	1	273	1	95	96
Türkiye	20	200	28	75	103
<b>Toplam</b>	<b>5989</b>	<b>13990</b>	<b>8443</b>	<b>5544</b>	<b>13987</b>

**Kaynak:** <http://asif.co.sr>

Dünya geneli jeotermal enerji verileri Tablo 26'da belirtilmiştir. Günümüzde jeotermal enerjiden elde edilen elektrik üretimi ABD, Japonya, Filipinler ve İtalya başta olmak üzere toplam 15 ülkede yapılmaktadır. Dünyadaki jeotermal enerji bazlı elektrik üretim kapasitesi 5989 MW düzeyinde, ülkelerin

toplam jeotermal enerji kapasitesi 13987 MW düzeyinde olduğu. Genel toplamda en büyük pay ABD'ye ait iken en küçük payda Romanya'nın olduğu belirtilmiştir.

Dünyanın genç tektonik kuşağında dolaylı yer alan Türkiye'de çok miktarda jeotermal kaynak mevcuttur. Türkiye jeotermal enerji bakımından 31.500 MW kapasite ile dünyada 7. sırada yer almakta ve elektrik enerjisi olarak teknik kapasitenin 500 MW olduğu öngörülmektedir. 31.500 MW'lik potansiyelin 5 milyon evin ısıtılması ile eşdeğer, ısıtma maliyetinin elektrikten 100, doğalgazdan 40, kömürden ise 32 kat daha az olduğu belirtilmiştir(Yılmaz, 2004:s.6).

### **1.6.1.6.Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler**

#### **1.6.1.6.1.Dalga Enerjisi**

1000'in üzerinde patent alınan dalga üretim sistemleri, ticari potansiyeli olan tesisler faaliyete girmiş olup, ilk ticari dalga enerji tesisi olarak bilinen Limpet 500, İskoçya'da 2000 yılında Islay adasında kurulmuştur. 2000 Kasım sonuna kadar İngiltere şebekesine güç sağlamış olan Limpet 500, 0,5 MW kapasiteli olup Wavegen tarafından tasarlanmıştır. İskoçya'nın Edinburgh Okyanus Güç Dağıtım Ltd. şirketi 200 evin gücünü karşılayacak düzeyde kıyıda uzak dalga enerji sistemi inşasıyla 2002 yılında biten bir tesis inşa etmiştir. Yılda 2,5 milyon kWh elektrik üreten sistem, İskoçya'nın desteğiyle birlikte toplam kapasitesi 700 MW ve 900 cihazlı sistemle birlikte 2,5 milyon kWh/yıl'dan fazla üretim yapmayı hedeflemiştir(Pelc, 2002).

Japonya'da (Sakata Port'da 60kW, Sanze'de 40 kW, Kujukuri-Cho'da 30kW, Haramachi'de 130kW), İskoçya'da (75kW), Hindistan'da (150kW), Norveç'de (500kW) olmak üzere çeşitli yıllarda birçok ülkede kıyı boyunca Salımlı Su Kolonu (OWC:Oscillating Water Column) uygulanmış olup, Avusturalya'da Energetech OWC ve Sri Lanka OWC test amaçlı kullanılmaktadır ('Wave Energy' European Commission Web Site).

Avrupa ülkelerinde dalga enerjisi ile ilgili yürütülen programlarda önemli adımlar atılmış ve bu programlar çerçevesinde Norveç'te OWC ve Tapchan 1980'lerde ticari olarak kurulmuş, Portekiz'de kıyı boyu OWC uygulaması (500 kW) Azores'in Pico adasında yapılmış, İsveç'te İsveç Housepump, İngiltere'de de OSPREY OWC geliştirilmiş ve Avustralya'da, Hindistan'da, Japonya'da ve Kore'de de bir çok dalga enerjisi projesi faaliyete geçirilmiştir.



### 1.6.1.6.2.Gel-git (Med-Cezir) Enerjisi

Bilinen ilk gel-git enerji santralının 6 yıllık bir süreç sonunda 1966'da Fransa da faaliyete geçen 240 MW gücündeki Rance Gel-git Enerji Santrali olduğu söylenebilir. Güney Kore'de kurulu olan Sihwa Gölü Gel-git enerji santrali ise 254 MW gücünde olup 2011 yılında tamamlanmıştır. Kuzey Amerika'nın ilk gel-git santralının ise 20 MW gücündeki 1984 yılında tamamlanan Annapolis Royal Generating Station, Çin'de ise 1985 yılında 3.2 MW gücüyle Jiangxia Gel-git Enerjisi Santrali olduğu bilinmektedir. Eski Sovyetler Birliği döneminde 0,4 MW'lık enerji santrali 2006 yılında 1,2 MW'a çıkarılmıştır. Güney Kore'de ise 2009 yılında 1 MW'lık kurulu güç ile Jindo Uldolmok Gelgit Enerji Santrali'nin kapasitesinin 90 MW'a çıkarılması öngörülen hedefler arasındadır. Ayrıca Daewoo tarafından Güney Kore'de Gangwa Adasına 812 MW'lık gelgit barajı yapılması hedeflenmiştir. Ayrıca 1.320 MW'lık gelgit barajı projesinin 2017 itibari ile başlatılması planlanmıştır. İskoç'ta 40 milyon pound'a mal olan ve ortalama 5000 evi enerjilendirebilecek potansiyele sahip 10 MW'lık enerji santrali kurulmuştur. 2012 yılında Atlantis Resources firmasının yapmayı hedeflediği 50 MW'lık güce sahip Güney Asya'nın ilk ticari gelgit santrali projesi ise Hindistan'ın Gujarat eyaletinde düşünülmüştür(Elektrikport (a), 2011).

### 1.6.1.6.3.Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü

Okyanusun sıcaklık farkından enerji üretme konusuyla ilk çalışmaların 1970'li yıllarda Fransız fizikçi Jacques d'Arsonval tarafından gerçekleştirildiği, çoğu yenilenebilir enerji türünde olduğu gibi OTEC'in gelişmesinin sebebinin de petrol krizi sonrası ortaya çıkan enerji ihtiyacı olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmaların ardından petrol fiyatlarının ucuzlaması, bu teknolojinin gelişmesini uzun bir süre rafa kaldırmıştır. Fakat günümüzde petrol fiyatlarının yüksek seyretmesi ve yenilenebilir enerji konusunun ağırlık kazanması OTEC'i tekrar raftan indirmiştir. Son dönemde projeye ilgilenen, adını OTEC teknolojileri ile duyurmaya başlayan Lockheed Martin şirketi kendine ortak bularak 10 MW gücünde bir OTEC santrali için çalışmalara başlamış, proje kapsamında santral maliyetinin 500 milyon \$'a çıkabileceği düşünülmeye karşın Lockheed Martin ve ortağı projenin getirisinin bu maliyetle karşılayacağını belirtmiştir(Ünal, 2015).

Yenilenebilir enerji haberleriyle ilgi çeken gelişmeler Hawaii'de gerçekleşmiş, küçük ancak fonksiyonel OIED tesisi açılmıştır. Dünyada bir ilk olan bu 100 kW'lık tesis, Amerikan elektrik şebekesine bağlı ilk kapalı devre OIED

tesisi olduğu, üretilen enerjiyle Hawaii’de senede sadece 120 eve elektrik sağlanacak olsa da 120 bin evi elektrikledebileceği öngörülmektedir. Tesis Makai (Hawaii dilinde “okyanusa doğru”) Okyanus Mühendisliği tarafından yapılarak Hawaii Milli Enerji Laboratuvarına (NELHA) yerleştirilmiştir. 2045 yılında tamamen yenilenebilir enerji kullanma hedefi olan Hawaii için bu enerjinin gelişimi oldukça önemlidir. Makai Okyanus Mühendisliği, tesisi NELHA’dan, Pasifik okyanusunun derinlerine taşımayı planlamaktadır. Böylece pompalanan suyun daha az mesafe katederek şirketin hesaplarına göre bu boyutlarda 12 ticari ölçekli tesisin tüm Hawaii’nin enerji ihtiyacını sağlayabileceği belirtilmiştir(Gaia dergi, 2015).

#### **1.6.1.6.4.Akıntı Enerjisi**

Dünya genelinde prototip halinde olduğu öngörülen akıntı enerjisiyle elektrik üretimi örnekleri incelendiğinde İngiltere Lynmouth’ta bulunan kurulu sistemden 300 kW güç elde edildiği ve gel-git enerjisinden enerji üretimi amacıyla planlanmış SeaGen sistemi vasıtasıyla derin deniz akıntılarında enerji eldesinin mümkün olabileceği öngörülmüştür(Sureyelken). Türkiye’de ise benzer uygulamaların Çanakkale Boğazında yapılması öngörülen projelerle birlikte gerçekleştirileceği tahmin edilmektedir(Sureyelken).

Akıntı enerjisinde kullanılacak teknolojilerin gelişmesiyle birlikte yaklaşık 1-2 m/sn'lik akıntı hızlarında çalışması mümkün olan jeneratörlerin kullanılabilmesi ve boğazlardaki akıntılarla birlikte yüzlerce MW'lık kinetik enerjinin mevcut olduğu öngörülmüştür. Su yoğunluğunun hava yoğunluğuna göre ortalama 1000 kat daha fazla olduğu göz önünde bulundurulduğunda, küçük jeneratörlerle bile rüzgar enerjisine kıyasla daha fazla enerjinin üretilebileceği öngörülmektedir. Yaklaşık olarak oda büyüklüğündeki bir jeneratörün 2 m/sn akıntı hızında ortalama 300-400 ailenin elektrik ihtiyacını karşılayabileceği öngörülmüştür. Boğazlarda akıntı enerjisi üretim sistemlerinin tuzlu suda olması dezavantaj olarak sayılabilir; fakat akıntıların kararlı ve düzenli yapısı önemli avantajları arasındadır(Elektrikport, 2012).

Siemens’in deniz akıntısı enerji santralleriyle ilgili çeşitli çalışmalarının var olduğu öngörülmektedir(Enerji Enstitüsü (b)). İngiltere’deki Marine Current Turbines firması hisselerini % 45 düzeyine çıkaran Siemens’in özellikle yatay eksenli deniz akıntısı türbinleri konusunda çalışmalarıyla birlikte dünya sıralamasında ilk sırada yer aldığı belirtilmiştir. Devam eden çalışmalarla birlikte enerji santrallerinin ticari kullanıma sunulmasının aktif olarak reformu uğrayacağı öngörülmüştür.

Araştırmacıların öngörülerine göre CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasında alternatif olarak dünya genelinde okyanus ve gelgit enerjisi santrallerinin 2020 yılına kadar olan süreçte önemli bir yüzdeye sahip olabileceği öngörülmüştür. Yılda sağlanabilecek 800 TWh enerjiyle birlikte, Almanya'nın yıllık enerji talebinin %25 ve dünya enerji ihtiyacının % 3-4'lük kısmının karşılanabileceği öngörülmüştür.

Okyanus akıntıları ve gelgit dalgalarının bir yapıya sabitlenen türbinlerce enerjiye çevrildiği sistemlerin avantajları arasında elde edilen enerjinin tahmin edilebilirlik özelliği gelmektedir. Ayrıca sistem hava koşullarından bağımsız olarak günde ortalama 20 saate kadar elektrik üretebilmektedir. Deniz akıntısı türbinleriyle birlikte Siemens, dünyanın en büyük çevre dostu teknoloji tedarikçisi olduğu ve aynı dönemde, ürettiği ürün ve çözümlerle; New York, Londra, Hong Kong, Tokyo, Delhi ve Singapur gibi mega kentlerin toplam yıllık karbon emisyonuna eşit oranda yaklaşık 270 milyon tonluk bir tasarruf sağladığı öngörülmüştür. Yapılan uygulamalardan Kuzey İrlanda'da Strangford Lough'taki deneme de Kasım 2008'den bu yana 1,2 MW birleşik kapasiteye sahip iki eksenli türbinden ortalama 1500 evin ihtiyacını karşılayacak ölçüde toplamda 2,7 GWh üzerinde enerji eldesi sağlanmıştır. Üretilen bu enerjinin, deniz akıntısı enerjisi sektöründe üretilen en büyük miktar olduğu tahmin edilmektedir (Enerji Enstitüsü (b)).

Dünya genelinde akıntılardan enerji üretiminde geniş çaplı ekonomik üretimin tam anlamıyla mevcut olduğu söylenemezken, bu yöndeki yatırımlarla beraber temiz ve güvenilir, çevre dostu akıntı enerjisinin gelecekte daha değerli bir yenilenebilir enerji çeşidi olabileceği öngörülmektedir(Elektrikport, 2012).

#### **1.6.1.7.Hidrojen Enerjisi**

Hidrojen balonlarının tarihteki ilk hidrojen kullanım örnekleri arasında olduğu söylenebilir. Hidrojen balonunu tasarlanıp, uçuşun başarılı bir biçimde gerçekleştirilmesiyle hava taşımacılığında çok önemli bir adım atıldığı öngörülmüştür. 19. yy'da hidrojen kullanımı geniş bir alana yayılmıştır. 1839 yılında geliştirilen yakıt pilleri ve NASA'nın uzay araçlarında faydalandığı (Schlager, Weisblatt, 2006:s.136-141), zeplinlerden ve sentetik gazlarda kullanımı bunlara örnek olarak gösterilebilir.

Odun, kömür ve biyolojik atıkların gazlaştırılıp sentetik gazlarla % 50 düzeyinde hidrojenle karıştırılmasıyla ısınma, yemek pişirme amaçlı evlerde kullanımının mümkün olabildiği, Amerika ve Avrupa'da belirli alanlarda kamu alanları, şehirlerin aydınlatılmasında faydalandığı belirtilmiştir.

Hidrojen enerjisinin artan enerji problemlerinin çözümünde etkili bir rol oynaması öngörülmekle beraber, günümüzde hidrojen teknolojisinin yakıt pilleri üzerinde yoğunlaştığı belirtilmiştir. Yakıt pillerinin verimli çalışması bu yöndeki eğilimin başlıca sebepleri arasında gösterilirken, içten yanmalı klasik motorlarda doğrudan kullanım da önemli avantajları arasında gösterilebilir. Ayrıca uçak, otomobil, otobüs, elektrik üretimi amacıyla tasarlanan yakıt hücreli jeneratörler, elektronik cihazlar diğer kullanım alanlarına örnek gösterilebilir.

Yakıt pilleri üzerindeki çalışmalara göre kimyasal enerjiden elektrik enerjisi eldesinin Doğrudan Metanol, Alkali, Proton Değişim Membranlı, Fosforik Asit ve Platin Yakıt Pili vb aygıt türleriyle gerçekleştirilebildiği öngörülmüştür(Harper, 2008:s.51,57,77,95). Başta Fosforik Asit ve Proton Değişimli Membran yakıt pilleri verimliliğinden söz etmek mümkün iken, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılabilceği öngörülmektedir(Büchi vd., 2009:s.29).

Hidrojen üretiminin dünya genelindeki üretiminin yıllık 500 milyar m<sup>3</sup> düzeylerinde olup, ortalama 90 milyar m<sup>3</sup>'ünün Avrupa'da meydana geldiği, hidrojen gazı üretiminin ucuz olmadığı, maliyetli işlemlerle % 40'ının imalat sanayinin yan ürün şeklinde meydana geldiği öngörülmüştür(Şahin, 2006:s.10).

#### **1.6.1.8.Araştırmaları Devam Eden Diğer Yenilenebilir Enerji Çeşitleri**

##### **1.6.1.8.1.Uçan Rüzgar Türbinleri**

Altaeros Enerji adlı, rüzgâr enerjisi üzerine MIT (Massachusetts Institute of Technology) çıkışlı girişimcilerin kurulmuş olduğu şirketin, 21 Mart 2014'te yaptığı açıklamada Alaska'da test ettikleri projenin dünya rekorunu kırmaya hazır olduğunu, Kısmen Alaska Enerji Kurumu tarafından finanse edilen BAT (Buoyant Airborne Turbine)(Havada Asılı Rüzgâr Türbini) projelerinin, düşük maliyetli olup çevreye zarar vermeden enerji üretmenin şimdiye kadarki en yeni yöntem olduğu belirtilmiştir. Bu yüksek irtifalı rüzgâr türbini, Dünya'nın dört bir yanına kolayca taşınabilen ve çiftliklerden, felaket bölgelerine kadar geniş bir yelpazeye enerji sağlayabilecek bir enerji kaynağı olarak tasarlanmıştır. BAT'ı yere sabitlenmiş ve taşınması çok güç olan rüzgâr türbinlerinden ayıran en önemli özelliğinin, daha yüksek irtifalardaki daha güçlü rüzgâr akımlarına erişip, sıradan bir rüzgâr türbinin 2 katı daha fazla enerji üretebilmesi olarak gösterilmiştir(Yeşilist, 2014).

### 1.6.1.8.2.Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi

Uzay tabanlı güneş enerji sistemleri ile ilgili en önemli gelişmelerin Japonya tarafından gerçekleştirildiği söylenebilir. Mayıs 2014 te, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Enstitüsü Spektrum Dergisinde Dr. Susumu Sasaki'ın yayınlamış olduğu çalışmada “uzay her zaman güneşlidir” adlı uzun bir makaleye göre, “Yıllardır yapılan çalışmalar bilim kurgu içeriklidir ancak uzay tabanlı Güneş enerjisi gerçek olabilir” cümleleri yer alırken, Japon Uzay Araştırma Ajansı 12 mart 2015 te, kablosuz olarak 1.8 kW 50 m ötede bir alıcıya, elektriği mikrodalgaya çevirerek ilettiklerini daha sonra da tekrar elektriğe çevirdiklerini kamuoyu ile paylaşmıştır. Bu denemeden yola çıkılarak uzaya kurulması öngörülen güneş panelleri sistemleriyle temiz, çevre dostu enerjinin dünyaya aktarımının mümkün olduğu belirtilmiştir. Japon Hava-Uzay Araştırma Ajansı çalışmalarına göre 55 m mesafeye taşınan enerjinin bir su ısıtıcı çalıştırmaya yetecek düzeyde olması olumsuz bir sonuç olarak nitelendirilmez iken, önümüzdeki süreçte çok daha büyük uzaklıklarla beraber oldukça başarılı sonuçların elde edilebileceği vurgulanmıştır. Uzayda toplanabilecek büyük miktarda enerjinin, 2 kW düzeyindeki yüksek enerji çıkışının yöneltme cihazıyla mikrodalga aktarımı aracılığı ile hedefe gönderilmesiyle beraber, çok daha iyi bir düzeye gelebileceği vurgulanmış olup, bu yönde öngörüler dile getirilmiştir. Bu öngörülerle beraber dünyadan 36.000 km uzaklıkta kurulacak anten ve paneller aracılığı ile toplanan güneş ışığı enerjisinden, mikrodalga aktarıcılarla yeryüzüne taşınması planlanmıştır. En önemli avantajlar arasında 24 saat enerji toplanabilmesi ve hava koşullarından etkilenmemesi faktörü gösterilebilir. Sürekli gelişim kaydeden bu yöndeki projelerin bir örneğinin Japonya’da 2040’larda gerçekleşeceği yönündeki öngörüler bulunmaktadır(Mühendis Beyinler). Gelişmelerle beraber 12 Mart 2015 de Mitsubishi Endüstri, 10 kW bir enerjiyi 500 m uzaklığa ilettiklerini açıklamıştır.

Türkiye yenilenebilir enerji hedefleri kapsamında Prof. Dr. Alim Rüstem ASLAN, 2035 yılı Havacılık ve Uzay teknolojisi vizyon ve hedefi olarak uzaya güneş panellerinin yerleştirilmesiyle uzaydaki güneş enerjisinden yararlanılarak elektrik üretimine yönelik radyo frekans dalgaları vasıtasıyla Türkiye dahil her yere bu enerjinin ulaştırılabileceğini belirtmiştir(T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013).

### 1.6.2.Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Genel Durumu

Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıt sınıfına giren enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalan rezervleri, çevreye olan zararları dünya ülkelerini alternatif enerji kaynağı arayışına itmiştir. Yenilenebilir enerji

kaynaklarıyla ilgili gerçekleşecek yatırımın 2030'da 10 trilyon \$'ı bulması, 2020 yılında 400-500 milyar kW's olarak tahmin edilen enerji ihtiyacının sadece 200 milyar kW's'ini kendi kaynaklarından sağlayabilecek potansiyele sahip Türkiye, güneş, jeotermal ve rüzgar alanında yeterli yatırımları ve Ar-Ge çalışmalarını gerçekleştirilmekte, bundan dolayı fosil yakıtlara olan ithalat bağımlılığı büyük bir ivmeyle artış göstermektedir. Dünya Enerji Ajansı verileri bu göz alıcı tabloyu ayrıntılı bir şekilde yansıtmaktadır.

En büyük petrol şirketlerinden BP'nin bile yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönelik adımları, yenilenebilir enerji kaynaklarına gereken önemin verilmesi gerekliliğini göstermektedir.

Türkiye de enerji ile ilgili hızlı talep artışı ve ithalat bağımlılığının artış seyri göstermesi, enerji ve mineral ithalatında 50 milyar \$/yıl gibi göstergeler, hükümeti başta enerji üretim sektörü olmak üzere enerji içerisinde gaz yüzdesini azaltıcı tedbirler almaya, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üzerine bir takım stratejiler ve eylem planları geliştirmeye zorunlu kılmıştır(Rzayeva, 2017:s.2).

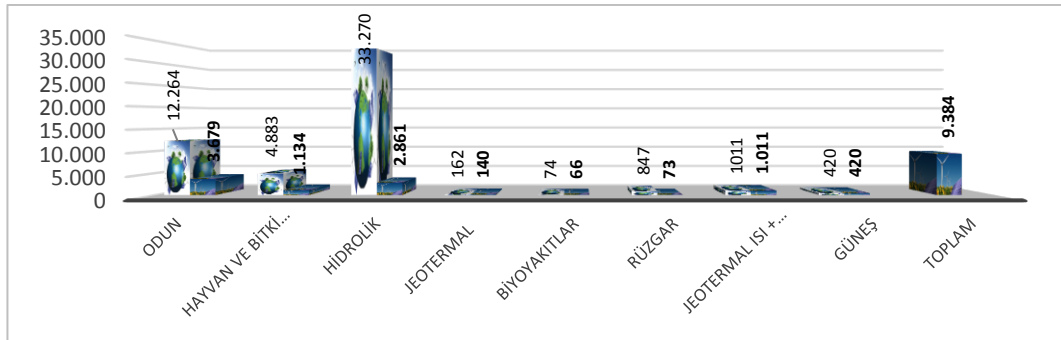
TEİAŞ'ın raporuna göre Türkiye'nin yıllık 140 milyar kW's elektrik üretimine karşın kişi başı elektrik tüketimi yıllık 2 bin kW/s, AB ortalaması kişi başı 8 bin, OECD'de ise bu değer 5 bin kW's'dir. Türkiye'nin son yıllardaki enerji politikasının doğalgaza yönelik olması, yenilenebilir enerjilere olan eğilimin yeterli düzeyde olması engellemektedir.

Hükümetin elektrik üretim sektöründe gaz payının azaltılması adına, gaz kullanımı yerine yerel olarak yenilenebilir enerji, linyit kömürü ve nükleer enerji ile elektrik üretimi ile ilgili stratejiler belirlediği öngörülmektedir. Bu politikanın belirlenmesinde 2008-2014 yılları arasında Rusya ve İran'dan ithal edilen yüksek petrol fiyatları ve yüksek meblağlı gaz sözleşmeleri ana etken olmuştur. Elektrik sektöründe gazın azaltılması adına BOTAŞ'ın 2018-2020 yıllarını kapsayan gazla çalışan santral sözleşmelerin son bulması ve bunların yerini kömür ve yenilenebilir kaynaklarla elektrik üreten özel şirketlerin alması öngörülmektedir(Austvik, Rzayeva, 2016). Gaza bağlı elektrik üretiminin tetikleyicisi konumundaki BOTAŞ verilerine göre 2030 yılına kadar %40'a kadar bir büyüme gerçekleşeceği, hükümetin azaltma politikalarıyla birlikte %45'ten % 30'luk yüzdeye hatta daha da altına indirilmesi ve yerli kömür, linyit, yenilenebilir enerji ve nükleer enerjinin bunun yerini alması beklenmektedir. Fakat elektrik talebindeki 6-7% artışla %30'luk gaz talebi artışının dahi önemli bir sahip olduğu belirtilmiştir(Rzayeva, 2015).

Türkiye'nin 2004 yılı verilerine göre 36.824 MW toplam kurulu gücünün, 12.645 MW'ı hidrolik, 24.145 MW'ı termik, 33,9 MW'ı jeotermal ve rüzgar santrallere aittir. Aynı yıl içerisinde 151 GW's'i jeotermal ve rüzgar (%0,1), 46.084 GW's'i (%24,9) hidroelektrik, 104.464 GW's'i (%74,2) termik santrallerinde olmak üzere toplam elektrik enerjisi üretimi ise 150.698 GW's olduğu öngörülmüştür.

ETKB verilerine göre, Türkiye'nin 125 milyar kW's/yıl hidroelektrik potansiyeli bulunmakta ve hidroelektrik enerji kaynaklarının sadece % 35'i değerlendirilmekte olup, bu kadar az kapasitede bile elektrik enerjisinin ortalama % 30-40'ı hidroelektrik santrallerinden sağlanmaktadır(ETKB(a)).

**Grafik 10:** Türkiye Alternatif Enerji Kaynakları Üretimi (2008 Yılı)



**Kaynak:** ETKB, 2010

2008 Yılı itibari ile Türkiye'nin alternatif enerji kaynakları üretimi Grafik 10'da belirtildiği gibidir.

Özellikle 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji konusunda önemli gelişmelerin kaydedildiği öngörülmektedir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretimindeki toplam kurulu güç kapasitesi 2009 yılında 15,5 GW iken 2015 yılı itibarıyla bu rakam 31,7 GW seviyelerine getirilerek bu alanda gözle görülür bir ilerleme yaşanmıştır(IEA, 2016). 2016 yılsonu itibarıyla ise Türkiye'nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü 34,2 GW olarak kayıtlara geçmiştir(TEİAŞ, 2017(a)). Yenilenebilir enerji formu olarak limanlar için yaygın olarak Rüzgar, Güneş ve Jeotermal enerji kullanılmaktadır. Bunun haricinde biyokütle ve dalga-akıntı gibi enerji kaynakları da katkı sağlamaktadır(Boyle, 2004:s.6).

ETKB'nin orta vadeli planları arasında enerji üretimine yönelik hedefler ise şu şekildedir(Rzayeva, 2014):

- ✓ Katı ve linyit kömür kullanımının 2023 yılına kadar sürmesi
- ✓ Ekonomik açıdan verimli hidro enerjinin kullanımı
- ✓ 2023 yılı itibari ile rüzgar santralleri kurulu kapasitesinin 20,000 MW'ye yükseltilmesi
- ✓ Güneş enerjisi kullanımını uzatmak
- ✓ Doğalgaz kullanımının %30 'a azaltılması hedefi kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı oranında %30, kömürde %30, nükleer enerji de %10 hedefine ulaşılması.
- ✓ Nükleer enerji santralleri inşasının hızlandırılması

### 1.6.2.1.Güneş Enerjisi

Türkiye’de güneş enerjisi ile ilgili yapılan incelemeler doğrultusunda, Güneş Enerjisi Santralleri toplama kurulu gücünün 792,80 MW olduğu ve 2015 yılı verilerine göre Güneş Enerji Santralleri ile 194.100.000 kWh elektrik üretimi yapıldığı öngörülmüştür(Enerji Atlası (d)).

Türkiye’nin güneşten elektrik üretim potansiyelinin yapılan hesaplamalar doğrultusunda en az 500 bin MW olduğu tahmin edilmektedir(Bayraktar, 2016:s.50). Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş Türkiye’de en fazla potansiyele sahip enerji kaynağıdır. 2016 yılsonu itibarıyla elektrik enerjisi toplam kurulu gücünün yaklaşık 79 bin MW olduğu göz önüne alındığında güneş enerjisindeki potansiyelin üretime dönüştürülmesinin önemi bir kez daha anlaşılmaktadır.

Elektrik üretiminde güneş enerjisi teknik potansiyeli 189 GWh/yıl olan Türkiye, bu alanda kendisine en yakın ülkeler olan İspanya ve Fransa’dan yaklaşık % 30 daha fazla potansiyele sahiptir. Türkiye’nin yeryüzündeki coğrafi konumu gereği yıl içerisindeki güneşli gün sayısının fazla olması, teknik açıdan bu denli yüksek bir potansiyele sahip olmasında en büyük etkenlerin başında gelmektedir(The EU Project BETTER). Devrede olan güneş santrallerinden bazıları ve güneş enerji profilleri şu şekildedir:

**Tablo 27:** Türkiye’deki Güneş Enerjisi Üretimi Yapan Santrallerin Genel Durumu

Aktif Santral Sayısı	Kurulu Güç	Kurulu Güce Oranı	Yıllık Elektrik Üretimi	Üretimin Tüketime Oranı	Lisans Durumu	Şebeke Bağlantısı
465	626 MWe	% 0,80	~ 927 GWh	% 0,36	4 lisanslı, 461 lisanssız	463 var 2 yok

**Kaynak:** Enerji Atlası (d)

Türkiye bulunduğu konumdan dolayı “güneş kuşağı” içerisinde bir ülke olarak nitelendirilmektedir. Yıllık ortalama güneş alma süresi 2609 saat ve yılın tahmini olarak %30’unu güneş olarak geçirmektedir. Bunlara rağmen enerji kaynağının kullanımını sıcak sudan ibaret olarak görmektedir. Türkiye güneş enerjisi üretiminde dünyada 4. sırada yer almaktadır. Ülke üzerine düşen güneş enerjisi 80 milyon ton petrole eşdeğerdir. Güneş enerjisi potansiyeli ile Türkiye, Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında daha avantajlı bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Ülke genelinde yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m<sup>2</sup>’dir. Türkiye yüzeyine yılda düşen güneş enerjisi 977x10<sup>12</sup> kWh kadar olup, bu değer ülkedeki elektrik santrali kurulu gücünün 5.000 katını aşan bir güce eşdeğerdir(Enerji-Kojenerasyon Dünyası, 2006).

İzmir, Adana, Antalya gibi illerde birer adet bilgisayar destekli Güneş enerjisi gözlem istasyonu tesis edilmiş ve 5 yıl süreyle veri toplanması programlanmıştır. Dünya Bankası tahminlerinde güneş enerjisi sektörünün ticari



hacmi önümüzdeki 30 yıl içinde 4 trilyon \$ olarak yer almaktadır(Görez, Alkan, 2006:s.13).

**Tablo 28:** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Toplam ortalama güneş Enerjisi kWh/m <sup>2</sup> -yıl	En çok güneş Enerjisi (Haziran) kWh/m <sup>2</sup>	En az güneş enerjisi (Aralık) kWh/m <sup>2</sup>	Ortalama güneşlenme süresi Saat/yıl	En çok güneşlenme süresi (Haziran) saat	En az güneşlenme süresi(Aralık) saat
Güneydogu Anadolu	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Dogu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

**Kaynak:** ETKB

Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı Tablo 28'de belirtilmiştir.

**Tablo 29:** Devrede Olan İlk 10 Güneş Enerjisi Santrali

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Konya Karatay Kızören GES	Konya	Tekno Enerji	18 MW
2	Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali	Nevşehir		17 MW
3	Makascı Mühendislik GES	Konya	Makascı Mühendislik	10 MW
4	Astor Enerji Bozova GES	Şanlıurfa	Astor Enerji	8,97 MW(10.9667 MW)
5	Kayseri Çiftlik Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Bayraktar İnşaat	8,40 MW
6	Entar Enerji Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Entar Enerji	8,00 MW
7	Solentegre GEA	Elazığ	Akfen Enerji	8,00 MW
8	Yarışlı Güneş Enerji Santrali	Burdur	Zen Enerji	8,00 MW
9	Sunergi Güneş Enerji Santrali	Konya		7,98 MW
10	Ventis Solar Park	Kayseri	Citus Power	7,92 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (d)

Devrede olan ilk 10 güneş enerji santralinin durumu Tablo 29'da belirtildiği gibidir. Türkiye'de şebekeye bağlı (on-grid) fotovoltaiik güneş enerji santrallerinde kullanılan solar panel markaları kurulu güç değeri, Türkiye toplam güneş enerji santrali kurulu gücüne oranı, pazar payları bilgileri şöyledir:

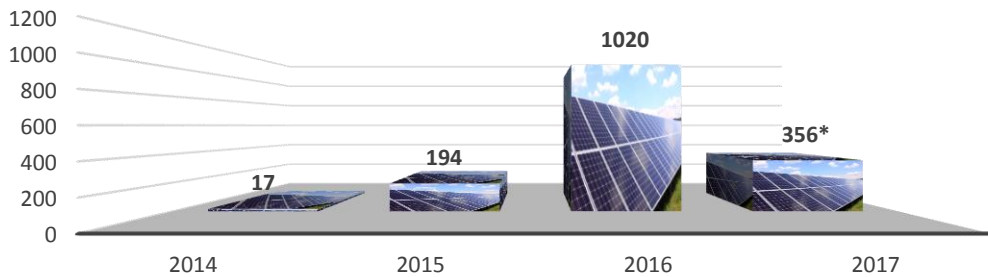
**Tablo 30:** Türkiye Güneş Panelleri Markalarının Kurulu Gücünün Toplam Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücüne Oranları

Sıra	Panel Markası	Kurulu Güç (on-grid)	Oran
Panel markası bilinmeyen tesisler		495,58 MWe	62,20 %
1	Jinko Solar	76,64 MWe	9,62 %
2	Yingli Solar	48,20 MWe	6,05 %
3	Hanwha Solar	32,70 MWe	4,10 %
4	Upsolar	28,95 MWe	3,63 %
5	Trina Solar	23,50 MWe	2,95 %
6	CW Enerji	23,41 MWe	2,94 %
7	SolarTürk	11,88 MWe	1,49 %
8	Canadian Solar	11,80 MWe	1,48 %
9	Axitec Solar	11,20 MWe	1,41 %

**Kaynak:** Enerji Atlası (e)

Türkiye toplam güneş enerji santrali kurulu gücüne oranı yani pazar payları Tablo 30'da belirtildiği gibi olup, geçici kabulü yapılmış tesislerde kullanılan panel markaları özetlenerek panel markası bilinmeyen tesisler listenin başında belirtilmiştir.

**Grafik 11:** Güneş Enerjisi Yıllık Elektrik Üretimi (GWh)



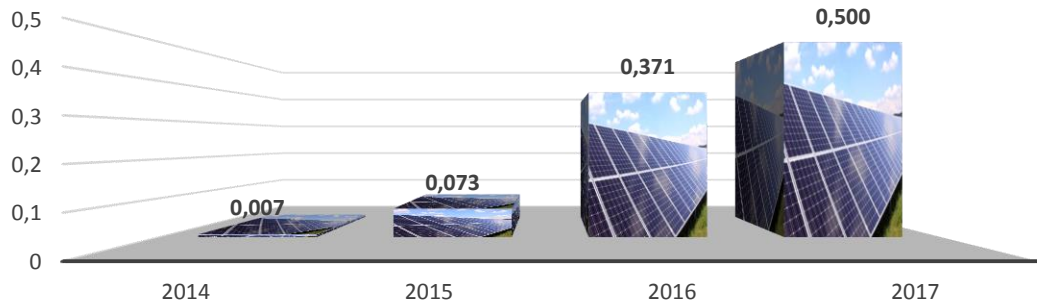
\*2017 yılı Ocak-Mart aylarını içermektedir

**Kaynak:** Enerji Atlası (g), 2017

2014-2016 yılları arası güneş enerjisi ile gerçekleştirilen elektrik üretimine yönelik veriler (GWh türünden) Grafik 11 gösterilmiş olup, 2016 yılı üretimi sadece Ocak-Ekim dönemini kapsamaktadır. Güneş enerjisiyle üretilen elektrikle toplam tüketimin ne kadarlık bölümünün karşıladığı sorusunun cevabı, şebeke bağlantısı olmayan veya lisanssız üretim kapsamında üretim yaparak öz tüketiminin önemli bir kısmını bu şekilde karşılayan tesis sayısının fazla olmasından dolayı oldukça zordur. Ancak şebekeye verilen, ihtiyaç fazlası üretilerek başkalarının kullanımına sunulan enerji miktarı bilinmekle beraber, toplam tüketim miktarı da

tüketime sunulan enerji değeri üzerinden hesaplandığından dolayı güneş enerjisi ile elektrik tüketiminin ne kadarının karşılandığını kısmen tahmin edilebilmektedir.

**Grafik 12:** Güneş Enerjisi İle Elektrik Tüketimini Karşılama (%)



\*2017 yılı Ocak-Mart aylarını içermektedir

**Kaynak:** Enerji Atlası (g), 2017

Güneş Enerjisi ile Elektrik Tüketimini Karşılama (%) Grafik 12’de belirtildiği gibidir.

### 1.6.2.2.Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik santralleri ilk yatırım maliyetinin doğalgaz santrali dışında diğer termik ve nükleer santrallerle rekabet edecek düzeyde olduğu öngörülmekle beraber işletiminin oldukça ekonomik olduğu vurgulanmıştır(Gençoğlu, 2001:20). Türkiye’de hidroelektrik potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda mevcut 678 projeden 136’sının tamamlandığı ve 502’sinin proje aşamasında olduğu öngörülmüştür. Mevcut kurulu gücün ise ortalama 36.260 MW düzeyinde olduğu, bunun 12.733 MW’ının işletme halindeki santrallere ait olduğu belirtilmiştir. Belirtilen gücün toplam potansiyel içerisindeki oranının %35,9 olduğu ve %56,1’lik bölümün planlanmış santral kurulu gücü ile %8’lik bir kısmın inşaat halindeki santrallerin kurulu gücünü oluşturduğu belirtilmiştir(Doğan, 2005:83).

**Tablo 31:** Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (2009 Yılı)

2009 Yılı İtibariyle	İşletmede			İnşa Halinde (Programda)		
	DSİ	DIĞER	TOPLAM	DSİ	DIĞER	TOPLAM
<b>Baraj (Adet)</b>	655	18	673	145	1	146
<b>Büyük Su İşleri</b>	242	18	260	63	-	63
<b>Küçük Su İşleri</b>	413	-	413	82	1	83
<b>HES (Adet)</b>	57	115	172	23(sadece inşa halkindeki )	235	258
<b>Kurulu Güç (MW)</b>	10,784	2,916	13,700	3,576	7,270	10,846
<b>Yıllık Üretim (GW)</b>	38,140	9,461	47,871	11,555	27,849	39,404

**Kaynak:** DSİ Genel Müdürlüğü 2010

2009 yılında hidrolik enerji potansiyelini gösteren veriler Tablo 31'de belirtildiği gibidir.

**Tablo 32:** Türkiye'deki Hidroelektrik Enerjisi Üretimi Yapan Santrallerin Genel Durumu

Aktif Santral Sayısı	Kurulu Güç	Kurulu Güce Oranı	Yıllık Elektrik Üretimi	Üretimin Tüketime Oranı	Lisans Durumu
595	26.770 MWe	% 34,06	~ 70.493 GWh	% 27,11	595 lisanslı, 0 lisanssız

**Kaynak:** Enerji Atlası (a)

Türkiye'deki hidroelektrik enerjisi üretimi yapan santrallerin genel durumu Tablo 32'de belirtildiği gibidir

**Tablo 33:** 250 MWe'den Büyük Yapım Aşamasındaki Hidroelektrik Santraller

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	İlisu Barajı ve HES	Mardin	EÜAŞ	1.200 MW
2	Yukarı Kaleköy Barajı ve HES	Bingöl	Cengiz Enerji	627 MW
3	Yusufeli Barajı ve HES	Artvin	EÜAŞ	558 MW
4	Çetin Barajı ve HES	Siirt	Statkraft	517 MW
5	Aşağı Kaleköy Barajı ve HES	Bingöl	Cengiz Enerji	500 MW
6	Pervari Barajı ve HES	Siirt	Enerjisa Elektrik	409 MW
7	Doğanlı 3 Barajı ve HES	Hakkari	DC Hidro Enerji	314 MW
8	Çukurca Barajı ve HES	Hakkari	DC Hidro Enerji	288 MW
9	Eriç Barajı ve HES	Erzincan	Palmet Enerji	283 MW
10	Kayraktepe Barajı ve HES	Mersin	EÜAŞ	282 MW
11	Alpaslan 2 Barajı ve HES	Muş	Enerjisa Elektrik	280 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (a)

250 MWe'den Büyük Yapım Aşamasındaki Hidroelektrik Santraller Tablo 33'de belirtildiği gibidir.

**Tablo 34:** 250 MWe'den Büyük Devrede Olan İlk 10 Hidroelektrik Santral

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Atatürk Barajı ve HES	Şanlıurfa	EÜAŞ	2.405 MW
2	Karakaya Barajı ve HES	Diyarbakır	EÜAŞ	1.800 MW
3	Keban Barajı ve HES	Elazığ	EÜAŞ	1.330 MW
4	Altınkaya Barajı ve HES	Samsun	EÜAŞ	703 MW
5	Birecik Barajı ve HES	Şanlıurfa	EÜAŞ	672 MW
6	Deriner Barajı ve HES	Artvin	EÜAŞ	670 MW
7	Beyhan Barajı ve HES	Elazığ	Cengiz Enerji	582 MW
8	Oymapınar Barajı ve HES	Antalya	Cengiz Enerji	540 MW
9	Boyabat Barajı ve HES	Sinop	Boyabat Elektrik	513 MW
10	Berke Barajı ve HES	Osmaniye	EÜAŞ	510 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (a)

Türkiye'de devrede olan ilk 10 santral Tablo 34'de belirtildiği gibidir. Türkiye'de bulunan akarsular ve bu akarsularda kurulu baraj ve HES'ler ile yapılan elektrik üretimi ise şu şekildedir:

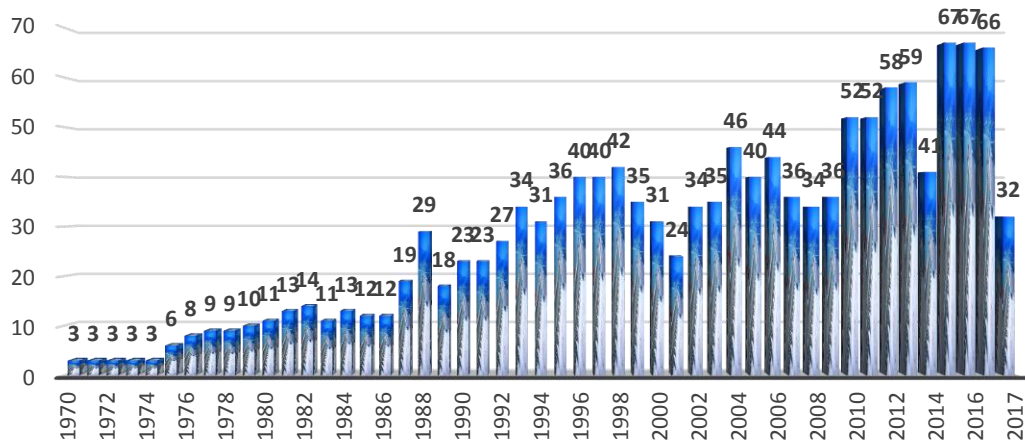
**Tablo 35:** Türkiye'deki Akarsular ve Elektrik Üretimi

Sıra	Akarsu Adı	Santral Sayısı	Yıllık Üretim	Kurulu Güç	Plan+ Kurulu Güç
1	Fırat Nehri	5	22.022 GW	6.396 MW	6.396 MW
2	Murat Nehri	2	1.480 GW	742 MW	2.650 MW
3	Çoruh Nehri	6	3.689 GW	1.758 MW	2.602 MW
4	Kızılırmak	14	3.634 GW	2.066 MW	2.090 MW
5	Dicle Nehri	2	301 GW	205 MW	1.645 MW
6	Ceyhan Nehri	10	4.673 GW	1.632 MW	1.632 MW
7	Botan Çayı	3	773 GW	323 MW	1.470 MW
8	Zap Suyu	1	70 GW	30 MW	1.012 MW
9	Yeşilirmak	18	2.411 GW	887 MW	934 MW
10	Sakarya Nehri	9	1.151 GW	564 MW	802 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (a)

Türkiye'deki akarsular ve elektrik üretim verileri Tablo 35'de belirtildiği gibidir.

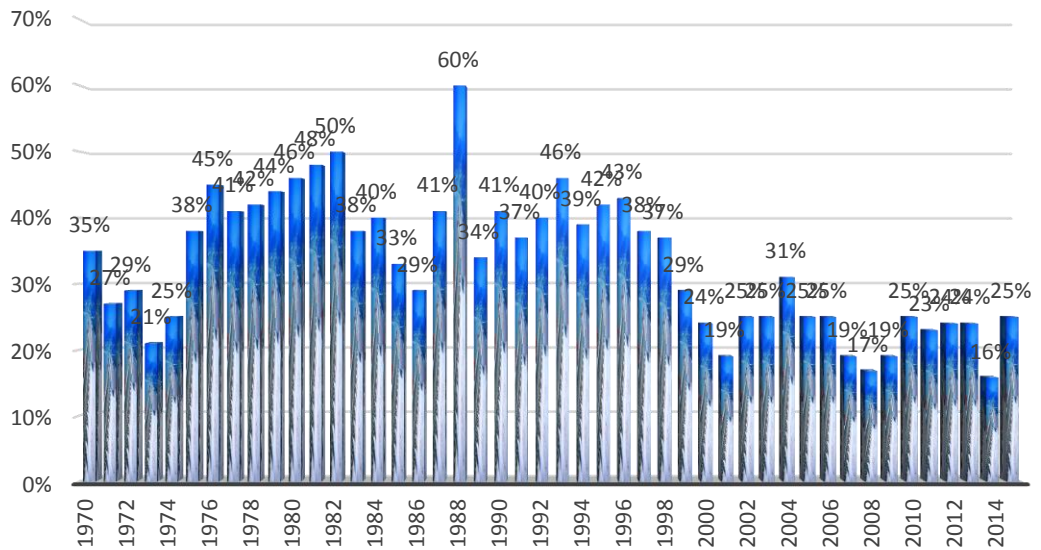
**Grafik 13:** Türkiye'deki Hidroelektrik Santralleri Yıllık Elektrik Üretimi (TWh)



**Kaynak :** Enerji Atlası(i), 2017

Türkiye'deki Hidroelektrik Santralleri Yıllık Elektrik Üretimi Grafik 13'te belirtilmiştir. 2017 yılına ait 66 değeri 08.06.2017 tarihinden önceki 365 güne ait verilerdir. 2017 yılına ait 17 olarak işaretlenen değer ise 1 Ocak - 08.06.2017 tarihleri arasındaki 31.525.152.420 kWh olan 2017 yılı hidroelektrik santralleri elektrik üretimini gösterir.

**Grafik 14:** Türkiye'deki Hidroelektrik Santralleri Üretiminin Toplam Tüketimi Karşılama Oranı



**Kaynak :** Enerji Atlası (i), 2017

### 1.6.2.3.Rüzgar Enerjisi

Türkiye’deki rüzgar enerji potansiyeline yönelik çalışmalara göre 160.000 MW rüzgar gücüne eşdeğer yıllık brüt 400 TWh karasal alan ve 48.000 MW rüzgar gücüne eşdeğer 120 TWh/yıl teknik potansiyelin var olduğu öngörülmüştür. Ekonomik rüzgar potansiyelinin 50 TWh/yıl olduğu tahmin edilirken, bu potansiyelin ortalama 20.000 MW kurulu rüzgar gücü ile değerlendirilebileceği hesaplanmıştır(Gençoğlu, Cebeci, 2009). Dünya sıralamasında Türkiye’nin rüzgar kurulu gücü en yüksek olan ülkeler arasında olduğu öngörülmüş, rüzgar enerjisi ile ilgili en elverişli bölgelerin Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgesi kıyıları olduğu, “Yap-işlet-Devret” modeliyle beraber hükümet desteğinin sağlanmasıyla kurulan rüzgar enerjisi santrallerinin kurulu gücünün 8,7 MW’ı bulacağı belirtilmiştir(Yılmaz, 2004:s.10).

Kıyı şeritleri, yüksek bayırlar, dağ tepeleri ve açık alanların yıllık ortalama değerleri göz önünde bulundurulursa, Türkiye’nin rüzgar kaynağı bölgeler bakımından zengin bir ülke olduğu söylenebilir. Özellikle batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresi ve Antakya civarındaki açık alanlarda yıllık ortalama rüzgarların, en şiddetli bir şekilde gerçekleştiği belirtilmiştir. Türkiye’nin orta kesimlerinde ise orta şiddetteki rüzgar hızına ve rüzgar gücü yoğunluğuna sahip bölgelere rastlanmaktadır(Altuntaşoğlu, 2012:s.56-63).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’nin yaptığı rüzgar hız ölçümlerine göre, 6.5 m/s’nin üzerindeki rüzgâr hızları göz önünde bulundurulursa, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 131756.40 MW olduğu, rüzgâr hızının 6.5-7.0 m/s olduğu yerlerdeki rüzgâr potansiyeli göz ardı edilip, rüzgar hızının 7.0 m/s den fazla olduğu bölgelerde Türkiye kara rüzgâr potansiyelinin 48000 olduğu, rüzgâr hızının 6.5 m/s’nin üzerinde olduğu bölgelerde Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17393.20 MW olduğu tespit edilmiştir(Şenel, 2015). Ayrıca karaya kurulan rüzgar enerji santralleri maliyetinin, deniz üzerine kurulanlara kıyasla az olması, Türkiye için öncelikli olarak kara rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesinin olumlu bir strateji olacağı öngörülmüştür. MGM tarafından 10 m yükseklikte yapılan ölçümlere göre, rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan bölgeler şöyledir:

**Tablo 36:** 10 m Yükseklikteki Bölgelerin Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunlukları

Bölge Adı	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Marmara Bölgesi	3.3	51.91
Güneydoğu 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
Türkiye Toplamı	2.54	24

**Kaynak:** Şenel, 2015

Türkiye’de 10 m yükseklikte bölgelerin ve ortalama rüzgâr güç yoğunlukları Tablo 36’de belirtildiği gibidir.

En düşük rüzgâr güç yoğunluğuna sahip bölge olan Doğu Anadolu Bölgesinde işletme halinde herhangi bir rüzgâr enerji santrali yoktur. Rüzgar santrali projelerine ekonomik yatırımların güvenle yapılabilmesi için, rüzgar enerji santrallerinin rüzgâr türbinin kurulacağı araziden 50 m yükseklik ve ortalama rüzgâr hızının minimum 7.0 m/s şartının sağlanması gerekmektedir. Türkiye’de 50 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızlarına göre, illerin rüzgâr potansiyelleri şekildeki gibidir:

**Tablo 37:** 50 m Üzeri Rüzgar Enerji Potansiyelinin İllere Göre Dağılımı (MW)

50m’de Rüzgar Hızı (m/s)	Balıkesir	Çanakkale	İzmir	Manisa	Samsun	Muğla
6.8-7.5	7557.12	4318.48	4665.44	2371.76	4499.92	4519.36
7.5-8.1	4254.80	4014.96	4341.52	1507.84	722.56	650.96
8.1-8.6	1422.56	3805.44	1588.40	969.28	0.00	0.64
8.6-9.5	576.16	873.68	1258.88	453.44	0.00	0.00
>9.5	16.72	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
TOPLAM	13827.36	13012.56	11854.32	5302.32	5222.48	5170.96

**Kaynak:** ETKB, 2014

Türkiye’de 50 m üzeri Rüzgar Enerji Potansiyelinin İllere Göre Dağılımı (MW) Tablo 37’de belirtildiği gibidir. Verilere göre Balıkesir, Çanakkale ve İzmir illerinin rüzgâr enerjisine yönelik yatırım yapacak girişimciler için en güvenilir yatırım bölgeleri olacağı öngörülmektedir(ETKB, 2014).



Türkiye’de 2013 yılı sonu itibariyle toplam kurulu gücün 64007.5 MW olup, bu gücün 25591.9 MW’lık bölümünün yenilenebilir enerji kaynakları oluşturduğu belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde de kurulu gücü en yüksek enerji kaynakları şu şekildedir:

**Tablo 38:** Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güçleri (2013)

Enerji Türleri	2013 Yılı Kurulu Güç (MW)	Yenilenebilir Enerjideki Payı(%)
Hidrolik Enerji	22289	87
Rüzgar Enerjisi	2759.6	10.8
Jeotermal Enerji	310.8	1.2
Biyoenjerji	224	0.9
Güneş Enerjisi	8.5	0.1
Yenilenebilir Enerji Toplamı	25591.9	100

**Kaynak:** Şenel; Koç, 2015:s.46-56

Türkiye’de 2013 yılı itibari ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güçleri Tablo 38’de belirtildiği gibidir.

2013 yılında elektrik enerji üretiminin 242121.1 GWh, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminin 69512.7 GWh, rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin ise 7557.5 GWh olduğu öngörülmüştür(ETKB Mavi Kitap, 2014). Türkiye de 2000 MW’lık jeotermal elektrik enerjisi potansiyeli bulunmasına karşın 310.8 MW’lık jeotermal kurulu gücün olması üzerinde durulması gereken konular arasındadır.

RES kurulu gücünün gün geçtikçe artış gösterdiği gözlemlenmiştir. 1998 yılında 8.7 MW olan kurulu gücün, 2014 Temmuz ayı itibari ile 3424.48 MW olarak gerçekleştiği, son üç yıl içerisinde kurulu gücün 1620 MW’dan fazla artış gösterdiği, RES’lere yönelik yapılan yatırımların önemli derecede arttığı, Türkiye de işletme halinde 87 RES bulunduğu ve ilerki yıllarda da RES kurulu gücünün daha da artacağı öngörülmüştür(TÜREB, 2014).

**Tablo 39:** Türkiye’de Faaliyette Olan En Büyük 10 Rüzgar Enerji Santrali

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Soma Rüzgar Santrali	Manisa	Polat Enerji	240 MW
2	Geycek Rüzgar Santrali	Kırşehir	Polat Enerji	168 MW
3	Balıkesir Rüzgar Santrali	Balıkesir	Enerjisa Elektrik	143 MW
4	Osmaniye Gökçedağ RES	Osmaniye	Zorlu Enerji	135 MW
5	Karaburun Rüzgar Santrali	İzmir	Alto Holding	120 MW
6	Bergama Rüzgar Santrali	İzmir	Bilgin Enerji	120 MW
7	Dinar Rüzgar Santrali	Afyonkarahisar	Gürüş Holding	115 MW
8	Şamlı Rüzgar Santrali	Balıkesir	Aksa Enerji	114 MW
9	Bilgin Enerji Soma Rüzgar Santrali	Manisa	Bilgin Enerji	111 MW
10	Şah Rüzgar Santrali	Balıkesir	Doğan Enerji	93 MW

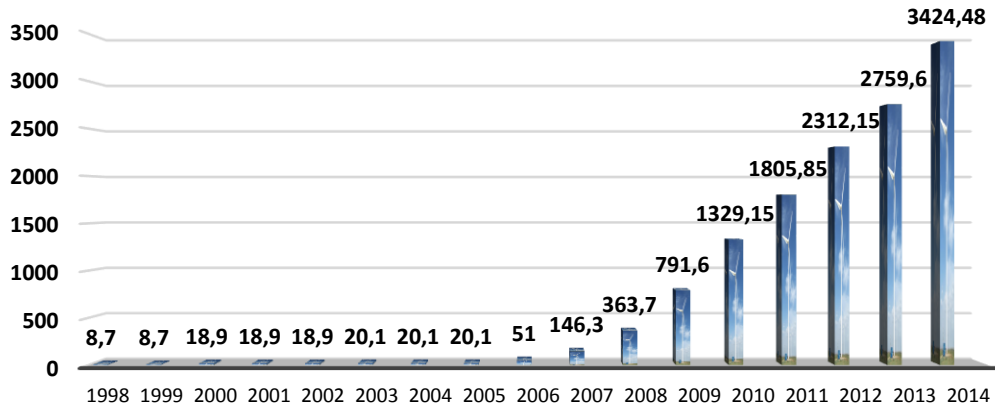
**Kaynak:** Enerji Atlası (b)

Türkiye’de Faaliyette Olan En Büyük 10 Rüzgar Enerji Santrali Tablo 39’da belirtildiği gibidir.

Temmuz 2014 ayı itibariyle Türkiye’de RES’lerin kurulu güç anlamında önde gelen türbin marka ve pazar payları şu şekildedir(Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2014): Enercon-Almanya (888.9 MW, %26), Nordex-Almanya (847.5 MW, %25), Vestas-Danimarka (738.25 MW, %21), General Electric-Amerika (526.25 MW, %5) ve Siemens-Almanya (234.5 MW, %7).

Enercon, Nordex ve Vestas üreticilerinin ülkemizdeki payı %72 olmakla birlikte bu üç türbin üreticisinin dünya pazarında da %26,2’lik payının, rüzgar türbini kurulu gücünü arttırmaya yönelik stratejiler geliştiren ülkelerin, yerli rüzgar türbini üreticilerini destekleyici bir tutum sergilemesinden kaynakladığı tahmin edilmektedir(Şenel, Kum, 2015).

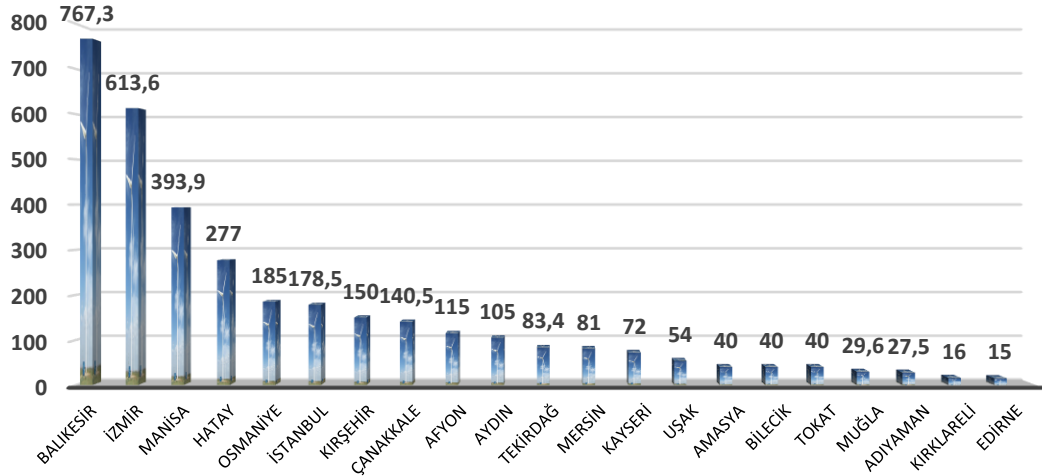
**Grafik 15:** Türkiye Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi(2014 Yılı Temmuz Ayı İtibari İle)



**Kaynak:** Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2014

2014 Yılı Temmuz Ayı İtibari ile Türkiye Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi Grafik 15 belirtildiği gibidir.

RES’ler 2014 Temmuz ayı itibari toplam kurulu gücün 3424.85 MW, inşa halindeki RES toplam kurulu gücün 1162.8 MW, lisans aşamasında olan RES toplam kurulu gücün 5435 MW olduğu öngörülmüştür.

**Grafik 16:** İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı (MW)

**Kaynak:** Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2014

İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı Grafik 16'da belirtildiği gibidir.

**Tablo 40:** İşletmedeki Rüzgâr Enerji Santralleri İçin Kurulu Gücü Olarak En Yüksek Olan Bölgeler

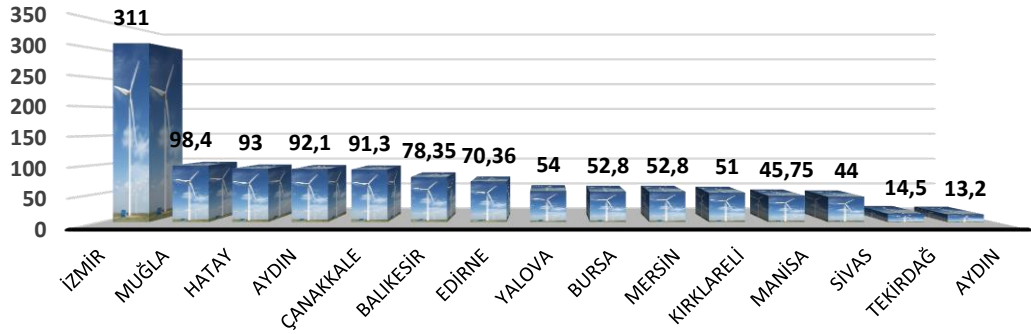
		Marmara	Akdeniz	İç Anadolu	Ege	Karadeniz	Güney D. Anadolu	Doğu Anadolu	TOPLAM
İşletmede Olan Res'ler	Kurulu Güç (Mw)	1240.88	543	222	131.1	80	27.5	-	3424.48
	Kurulu Güçteki Payı (%)	55	24	10	6	4	1	-	100
İnşa Halinde Olan Res'ler	Kurulu Güç (Mw)	412.55	145.8	44	560.45	-	-	-	1162.8
	Kurulu Güçteki Payı (%)	35	13	4	48	-	-	-	100
Lisans Aşamasında Olan Res'ler	Kurulu Güç (Mw)	2204.25	512.5	840	1309.45	495.8	63	10	5435
	Kurulu Güçteki Payı (%)	41	9	16	24	9	1	0	100

**Kaynak:** Enerji Atlası (b)

İşletmedeki RES kurulu gücü olarak en yüksek olan bölgeler şekildeki Tablo 40'da belirtildiği gibidir.

İnşa halinde ve lisans aşamasındaki RES'lerin işletmeye dahil olmasıyla birlikte, Türkiye rüzgâr türbini kurulu gücünün, toplam kurulu güçteki payının artacağı ve enerjide dışa bağımlılığın azalacağı öngörülmektedir. İnşa halindeki RES'lerin Temmuz 2014 itibari ile toplam kurulu gücü 1162.8 MW olup, bu santrallerin illere göre dağılımı şekildeki gibidir:

**Grafik 17:** İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı

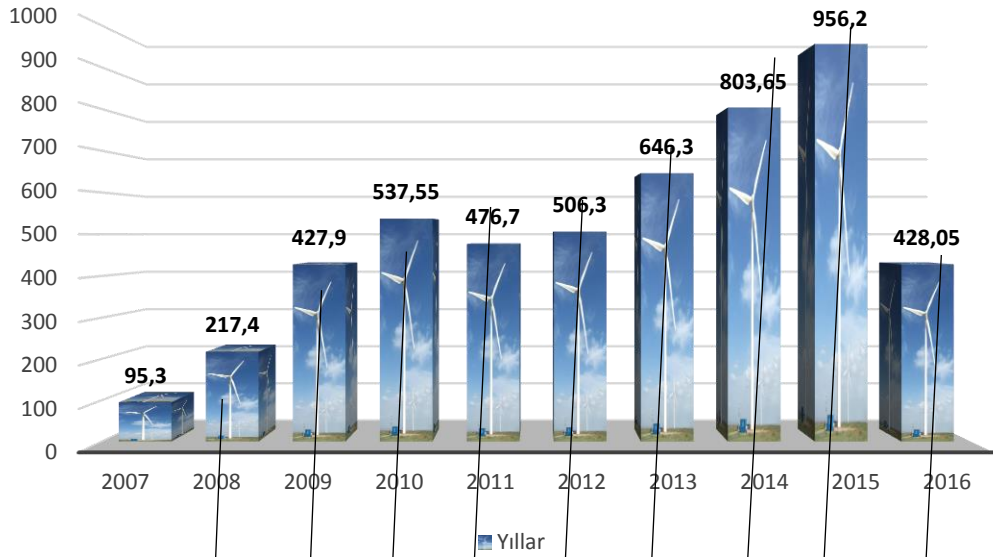


**Kaynak:** Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2014

İnşa Halindeki Rüzgâr Enerji Santrallerinin belirli illere göre kurulu gücü Grafik 17’ de belirtildiği gibidir. İnşa halinde olan RES’lerin kurulu gücünün rüzgâr türbin markalarına göre dağılımı ise Vestas (365.8 MW), Siemens (219.8 MW), Nordex (191.5 MW), General Electric (97 MW), Suzlon (77.7 MW), Acciona (57 MW), Sinovel (54 MW), Alstom (51 MW) ve Gamesa (49 MW) şeklindedir (Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2014).

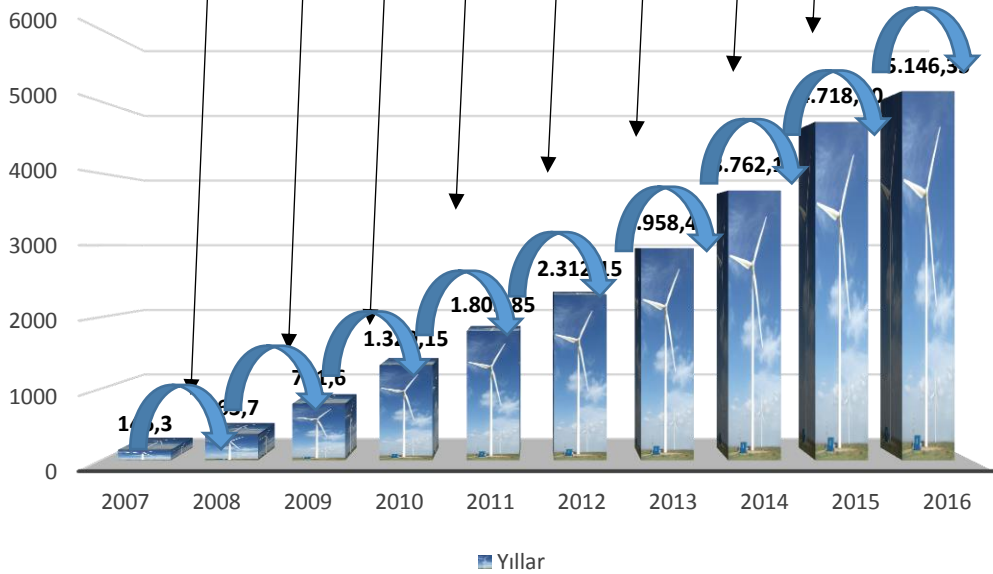
İşletmede olan RES’lerin toplam kurulu güçteki payı en fazla olan marka, Enercon iken, inşa aşamasında bu markaya ait herhangi bir rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır. Bu durum, Alman menşeli Enercon marka rüzgâr türbinlerinin yüksek maliyetleri sebebiyle Türkiye’de artık tercih edilmediğini göstermektedir. 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü 5455 MW olup, RES yatırımlarının ve santrallerin toplam kurulu gücünün yıllara göre artış yaşanacağı öngörülmektedir.

**Grafik 18:** Türkiyede’ki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum



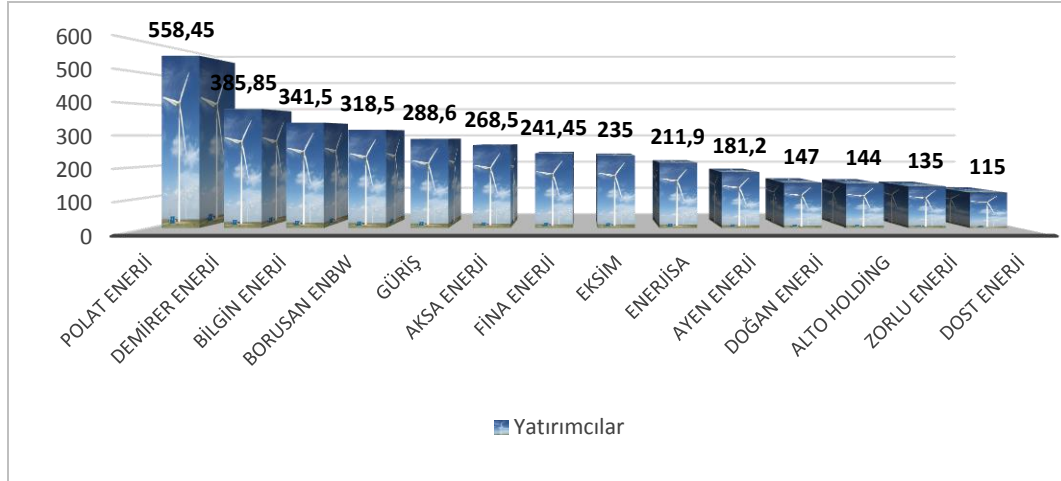
**Kaynak:** TÜREB 2016:s.4

**Grafik 19:** Türkiyedeki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum



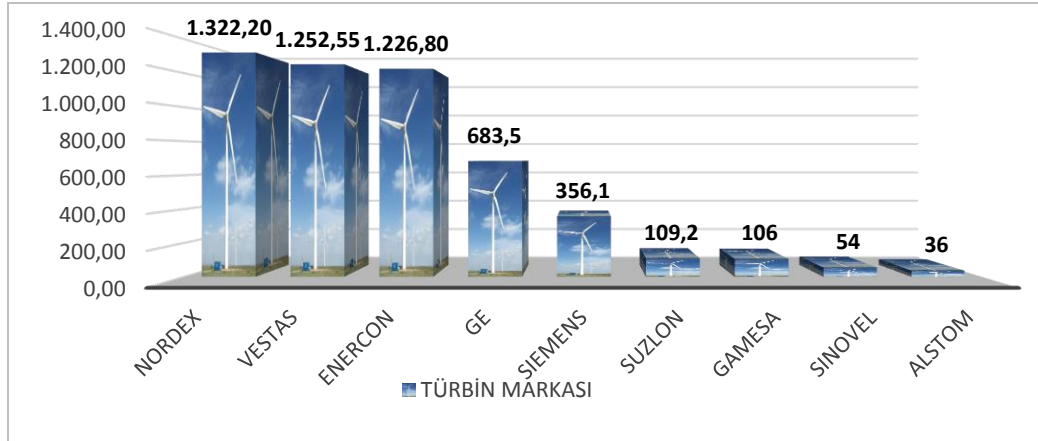
**Kaynak:** TÜREB 2016:s.5

Türkiyede'ki Rüzgar Enerjisi Santralleri yıllık ve kümülatif kurulumu sırasıyla Grafik 18 ve Grafik 19'de belirtildiği gibidir.

**Grafik 20:** İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı

**Kaynak:** TÜREB 2016:s.8

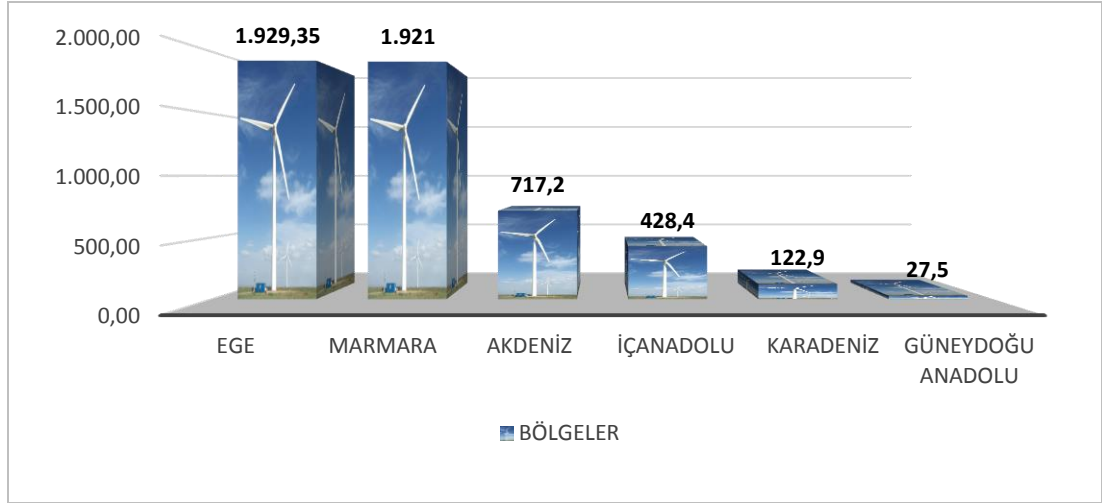
İşletme halindeki rüzgar enerji santrallerinin yatırımcılara göre dağılımı Grafik 20’de belirtildiği gibidir.

**Grafik 21:** İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı

**Kaynak:** TÜREB 2016:s.12

İşletme halindeki rüzgar enerji santrallerinin türbin markalarına göre dağılımı Grafik 21’de belirtildiği gibidir.

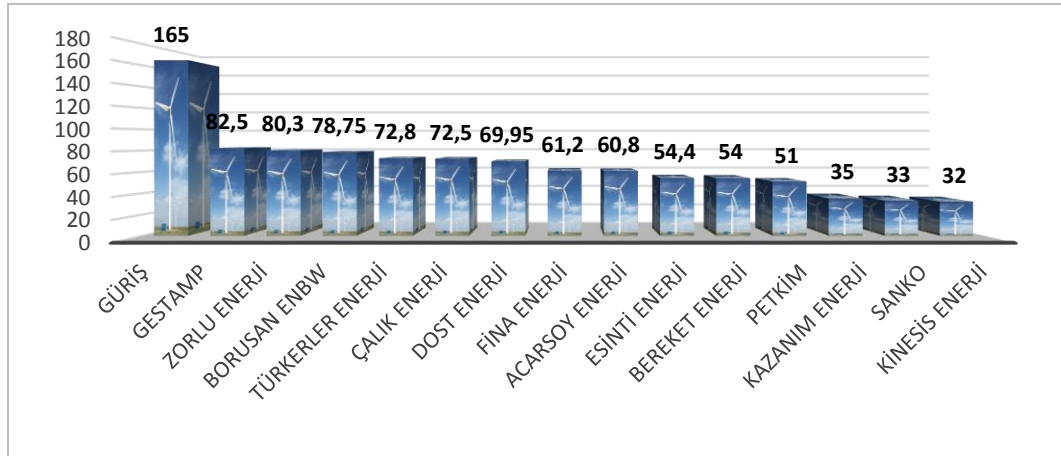
**Grafik 22:** İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı



**Kaynak:** TÜREB 2016:s.13

İşletme halindeki rüzgar enerji santrallerinin bölgelere göre dağılımı Grafik 22’de belirtildiği gibidir.

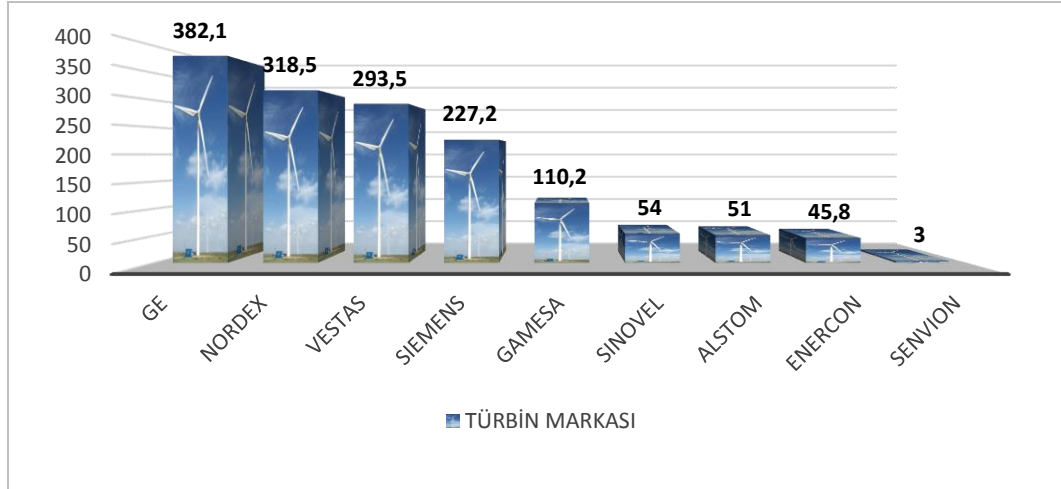
**Grafik 23:** İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı



**Kaynak:** TÜREB 2016:s.19

İnşa Halindeki RES’lerin Yatırımcılara Göre Dağılımı Grafik 23’de belirtildiği gibidir.

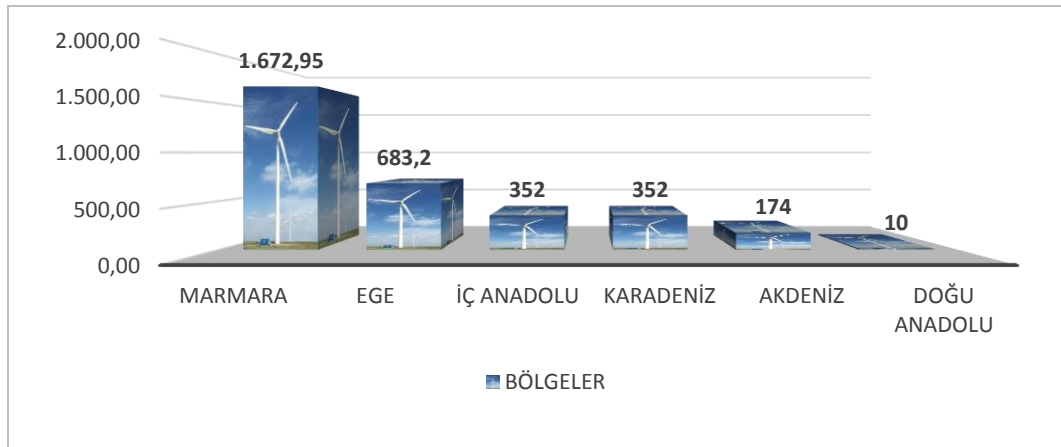
**Grafik 24:** İnşa Halinde Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı



**Kaynak:** TÜREB 2016:s.21

İnşa Halindeki RES'lerin Yatırımcılara Göre Dağılımı Grafik 24'de belirtildiği gibidir.

**Grafik 25:** Lisanslı Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı

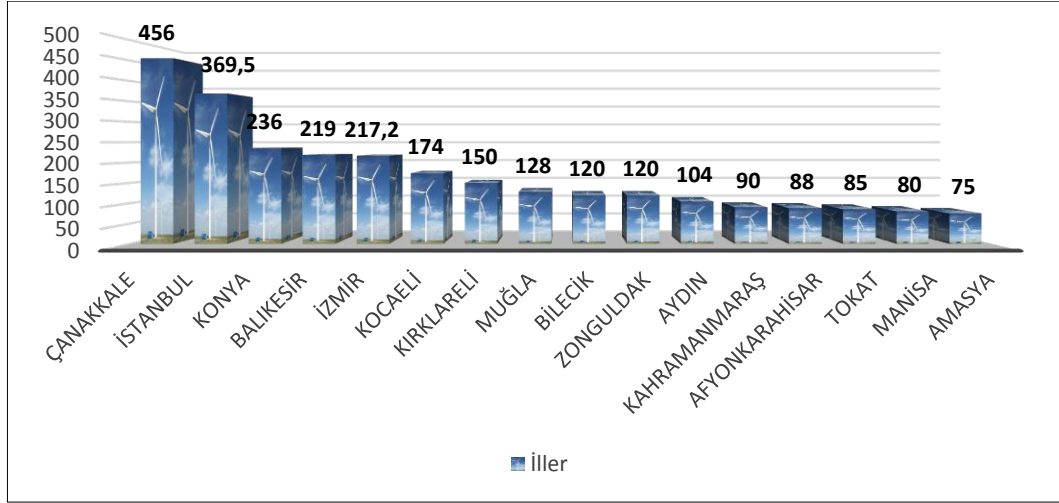


**Kaynak:** TÜREB, 2016:s.29

Lisanslı Rüzgar enerji santrallerinin bölgelere göre dağılımı Grafik 25'de belirtildiği gibidir.

**Grafik 26:** Lisanslı Rüzgar Enerji Santrallerinin İllere Göre Dağılımı

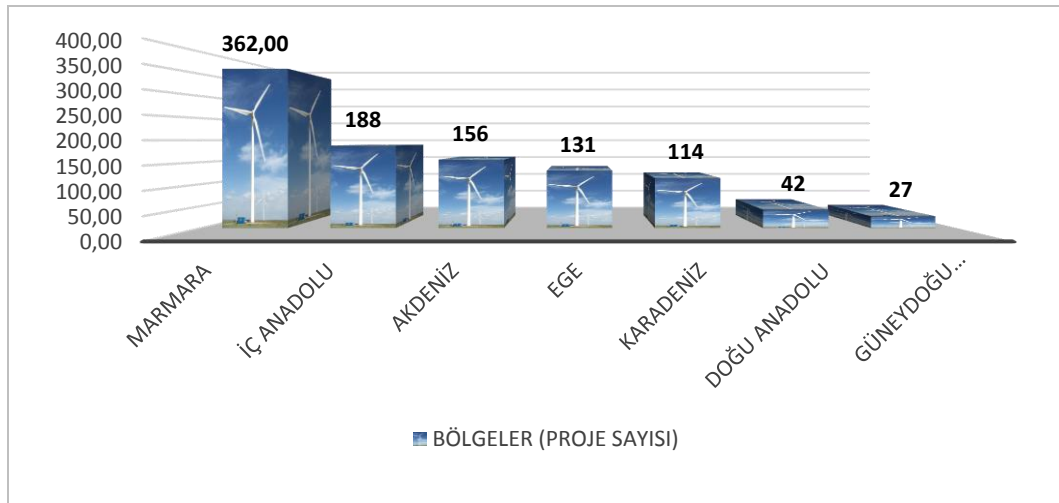




**Kaynak:** TÜREB 2016:s. 30

Lisanslı Rüzgar enerji santrallerinin illere göre dağılımı Grafik 26'da belirtildiği gibidir.

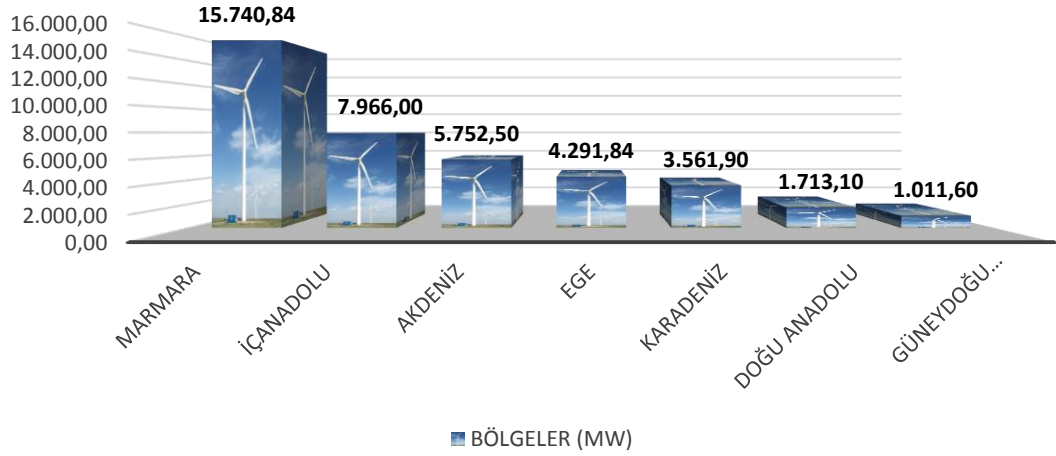
**Grafik 27:** Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerin Bölgelere Göre Dağılımı



**Kaynak:** TÜREB 2016:s.60

Değerlendirmede olan rüzgar enerji santrallerinin bölgelere göre dağılımı (proje sayısı bazında) Grafik 27'de belirtildiği gibidir.

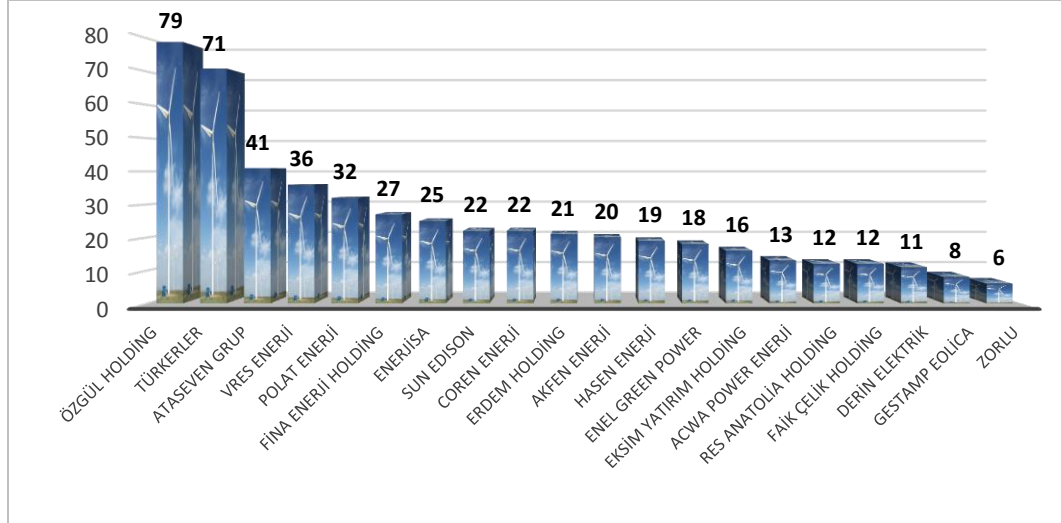
**Grafik 28:** Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı



**Kaynak:** TÜREB 2016:s.60

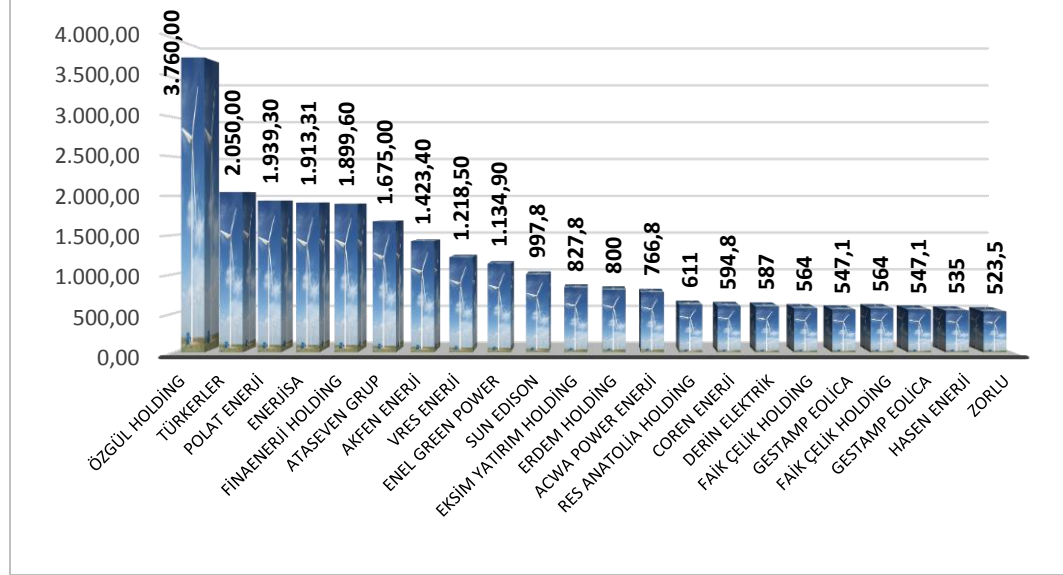
Değerlendirmede olan rüzgar enerji santrallerinin bölgelere göre dağılımı (MW) Grafik 28’de belirtildiği gibidir.

**Grafik 29:** Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı



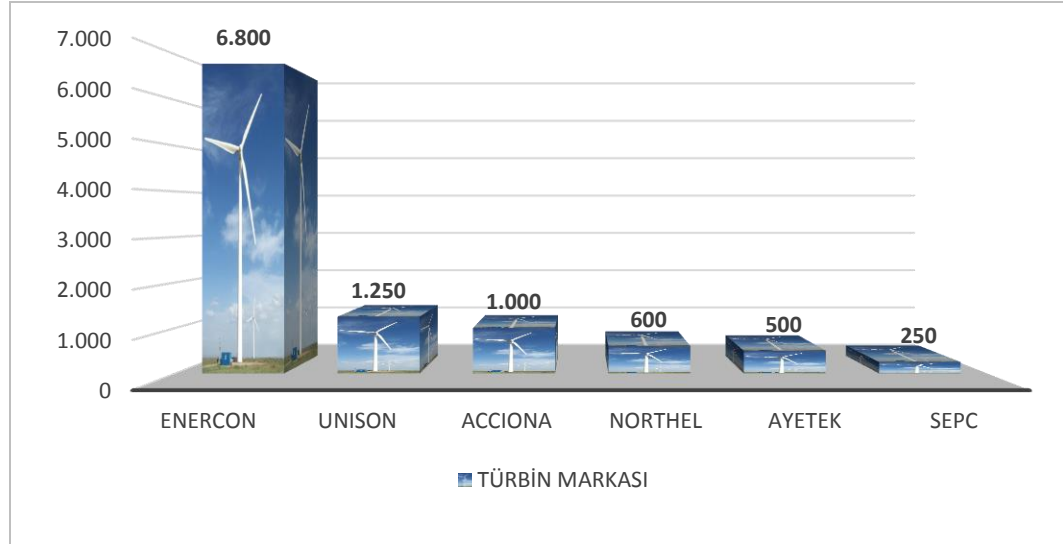
**Kaynak:** TÜREB 2016:s.62

Değerlendirmede Olan RES’lerin Yatırımcılara Göre Dağılımı Grafik 29’da belirtildiği gibidir.

**Grafik 30:** Değerlendirmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı

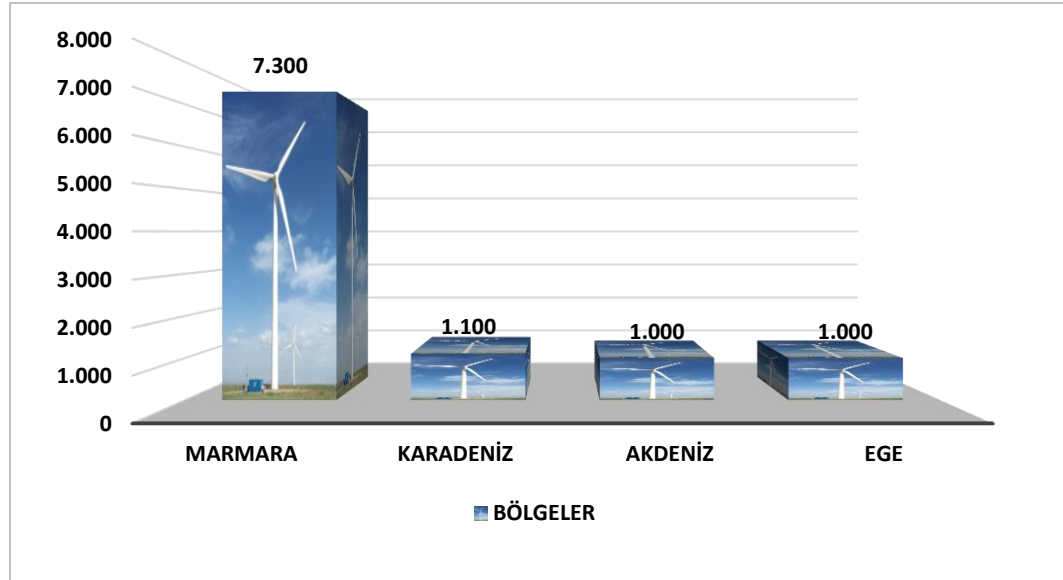
**Kaynak:** TÜREB 2016:s.62

Değerlendirmede olan rüzgar enerji santrallerinin yatırımcılara göre dağılımı Grafik 30' da belirtildiği gibidir.

**Grafik 31:** İşletmedeki Lisanssız Rüzgar Enerji Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı

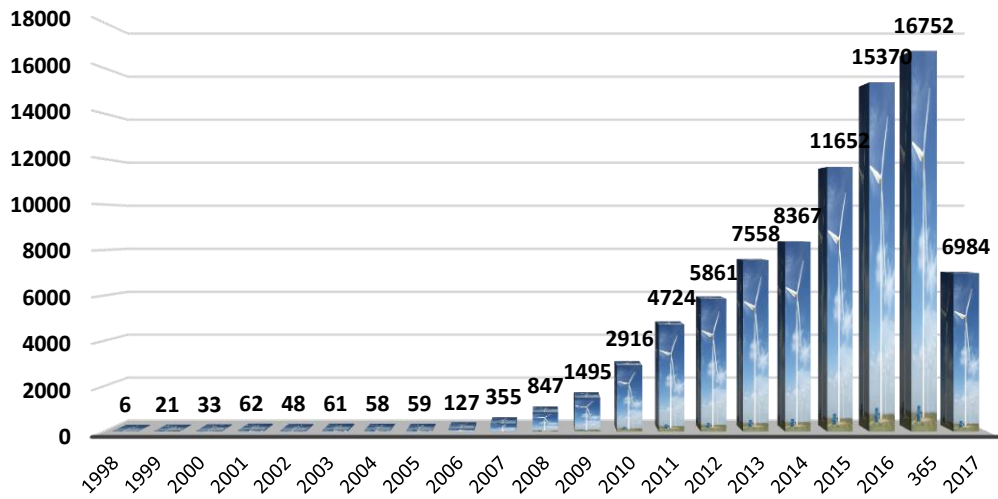
**Kaynak:** TÜREB 2016:s.77

İşletmedeki lisanssız olan rüzgar enerji santrallerinin türbin markalarına göre dağılımı Grafik 31 da belirtildiği gibidir.

**Grafik 32:** İşletmedeki Lisanssız Rüzgar Enerji Santrallerinin Bölgelere Göre Dağılımı

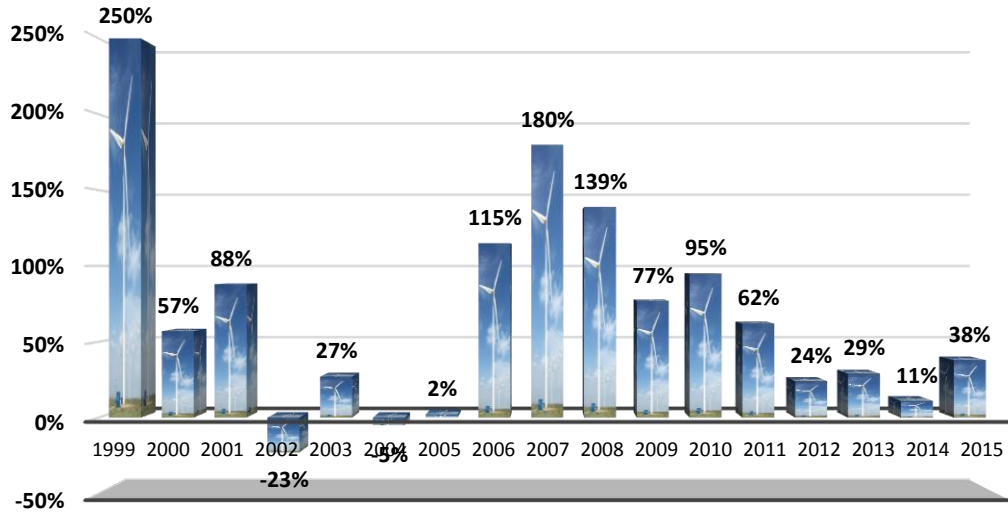
**Kaynak:** TÜREB 2016:s.78

İşletmedeki lisanssız rüzgar enerji santrallerin bölgelere göre dağılımı Grafik 32’de belirtildiği gibidir.

**Grafik 33:** Rüzgar Santralleri Yıllık Elektrik Üretimi (GWh)

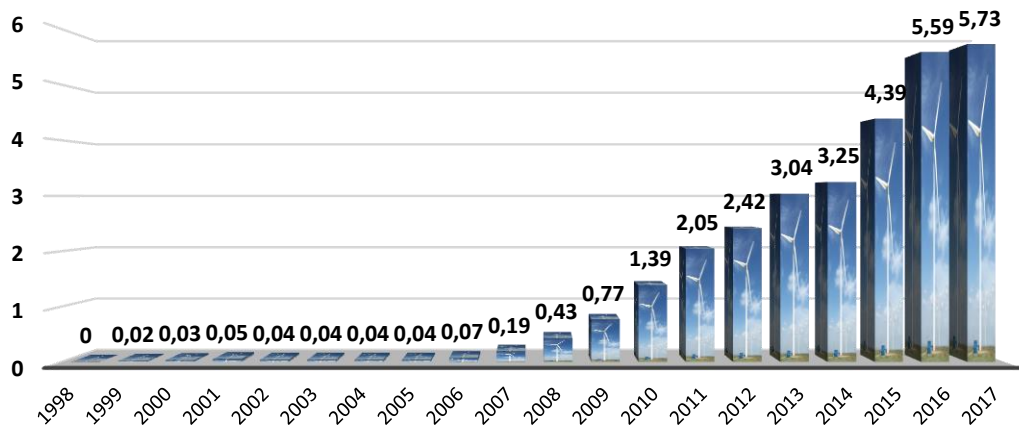
**Kaynak:** Enerji Atlası (h), 2017

Rüzgar Santralleri Yıllık Elektrik Üretimi (GWh) Grafik 33’de belirtildiği gibidir.

**Grafik 34:** Rüzgar Santralleri Elektrik Üretiminin Önceki Yıllara Göre Artışı

**Kaynak:** Enerji Atlası (h), 2017

Rüzgar Santralleri Yıllık Elektrik Üretiminin Önceki Yıllara Göre Artışı Grafik 34'de belirtildiği gibidir.

**Grafik 35:** Rüzgar Santrallerinin Tüketimi Karşılama Oranı (%)

**Kaynak:** Enerji Atlası (h), 2017

Rüzgar Santralleri Tüketimi Karşılama Oranı (%) Grafik 35'de belirtildiği gibidir.

#### 1.6.2.4. Biyokütle Enerjisi

Türkiye'nin biyoetanol üretimi sıralamasında ilk 10 ülke içerisinde olduğu öngörülmüştür. Bu sıralamaya rağmen üretim potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, biyoetanolün talebi karşılayacak ölçüde benzin alternatifi olamayacağı, katkı maddesi olarak da var olan talebi karşılamasının zor olduğu, Türkiye'deki biyoetanol üretimi ile ilgili istatistiklere göre biyoetanol üretim kapasitesinin 60 milyon litre (2006 yılı verilerine göre) olduğu öngörülmüştür. Türkiye Şeker Fabrikaları'ndan karşılandığı öngörülen bu üretim miktarında, 2010 yılında ciddi oranda bir artışın gerçekleştiği belirtilmiştir. Biyoetanol üretimindeki ciddi artışın 84 milyon litre/yıl kapasiteli Konya (Çumra)'daki tesis (Biyoetanol ve Biyoetanol Üretimi, 2010) ve Adana'da açılması öngörülen 36,5 milyon litre/yıl kapasiteli tesisten (haberler.com, 2010) karşılanacağı öngörülmüş ve biyoetanol üretim kapasitesinin ortalama 190 milyon litre/yıl seviyesine ulaşacağı öngörülmüştür. Türkiye'nin Avrupa Komisyonu'nun kararıyla benzine katkı olarak %5,75 olarak üretmesi gereken biyoetanolün 240 milyon litre/yıl'dan daha az olması yenilenebilir enerji yatırımlarının bu yönde arttırılmasının önemini ortaya koymaktadır. Türkiye genelinde biyoenerjiyle ilgili olarak 81 adet Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri'nin oluşturduğu toplam kurulu gücün yaklaşık olarak 464,80 MW olduğu öngörülmüştür(Enerji Atlası (f)). Türkiye'deki artık maddelerden biyoenerji üretimi istatistiklerine göre ise bitkisel ve hayvansal artık miktarının 10.3 Mtep düzeyinde olduğu ve bu değer enerji tüketiminin %13'ünü oluşturduğu öngörülmüştür. Türkiye'deki orman alanları göz önünde bulundurulduğunda %27 oranındaki 20.7 milyon ha orman alanının sadece 9.9 milyon ha (%48)'ından ürün elde edilebildiği öngörülmektedir(Saraçoğlu, 2003:s.505). Türkiye'de gerçekleşecek enerji tarımıyla birlikte motor biyoyakıt uygulamasında başarılı olunabileceği ve şeker pancarı 4,5 milyon dekar (2-2,5 milyon ton alkol) ile yağlı tohum üretimindeki artışın desteklenmesiyle birlikte ihracat gücünün oluşabileceği öngörülmüştür(Topal, Arslan, 2008:244).

**Tablo 41:** Türkiye'de Biyokütle Enerjisinin Genel Durumu

Aktif Santral Sayısı	Kurulu Güç	Kurulu Güce Oranı	Yıllık Elektrik Üretimi	Üretimin Tüketime Oranı	Şebeke Bağlantısı
78	436 MWe	% 0,55	~ 1.873 GWh	% 0,72	78 var 0 yok

**Kaynak:** Enerji Atlası (f)

Biyokütle enerjisinin genel durumu belirtildiği gibidir.

**Tablo 42:** Türkiye’deki Başlıca Biyokütle Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Odayeri Çöp Gazı Santrali	İstanbul	Ortadoğu Enerji	34 MW
2	Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali	Samsun	Toros Tarım	31 MW
3	Mutlular Biyokütle (Orman Atığı) Enerji Santrali	Balıkesir	Mutlular Enerji	30 MW
4	Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	25 MW (36 MW)
5	Çadırtepe Biyokütle Santrali	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	23 MW
6	Sofulu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Adana	ITC Katı Atık Enerji	16 MW
7	Akçansa Çimento Atık Isı Santrali	Çanakkale	Enerjisa Elektrik	15 MW
8	Kömürçüoda Çöplüğü Biyogaz Santrali	İstanbul	Ortadoğu Enerji	14 MW
9	Eti Alüminyum Atık Isı Elektrik Santrali	Konya	Cengiz Enerji	13 MW
10	Zeus Biyokütle Enerji Santrali	Kırklareli	Zeus Enerji	12 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (f)

Türkiye’de başlıca biyokütle santralleri verileri belirtildiği gibidir.

#### 1.6.2.5. Jeotermal Enerjisi

Yapılan çalışmalara göre Türkiye’nin belirlenmiş jeotermal kapasitesi ortalama 3700 MWt doluluğu öngörülmüştür (Satman vd., 2007). Türkiye jeotermal enerji açısından dünyada 7. sırada yer almaktadır. Türkiye enerjiden elektrik üretiminde yatırımların %90’ını karşılayacak potansiyele sahiptir. Dünyadaki jeotermal enerji potansiyelinin % 8’i Türkiye’de yer almaktadır. 1960’dan bu yana yapılan araştırmalarda 140 adet jeotermal sahada volkanizmaya bağlı olarak dogal su buharlarının, hidrotermal alternasyonların ve sıcaklığın çoğu yerde 100°C’de olduğu, 600’den fazla sıcak su kaynağının mevcut olması ülkenin bu enerji kaynağı potansiyeli açısından ne kadar şanslı olduğunun bir göstergesidir (İstanbul Enerji).

Türkiye’de jeotermal kaynak çoğunluğunun, düşük-orta entalpili gruba girdiği söylenebilir. Bundan dolayı jeotermal sistemlerde elektrik enerjisinde binary sistemlerin kullanımı mümkündür. Bu tür sistemlerden (çeşitli ORC ya da Kalina) hangisinin seçileceği, ilk olarak uygunluğu ve sonra da yapılacak ekonomik çalışmalarda belirlenecektir. Öte yandan, yüksek entalpili jeotermal kaynaklardan elektrik eldesinde, verimi daha yüksek olan radyal iç akışlı türbinlere yönelmesi kaynak kullanım verimini de arttırmaktadır. Klasik buhar çevrimleriyle yüksek entalpili kaynakların değerlendirilmesi gerektiğinde, santral optimizasyonuna gidilmesi gerekmektedir. Ayrıca kaynak kullanım veriminin artacağı öngörülmüş olup, jeotermal sahalarda akışkan üretiminde su seviyeli çok az değil ise 130°C’a

kadar yerli imalat şaftlı pompalar kullanılabilmekte olup, su seviyelerinin üretimle çok düşmesi ve yüksek sıcaklıkların bulunması durumunda elektrikli dalgıç pompaları kullanımına ihtiyaç duyulduğu öngörülmüştür. Özellikle teknik nedenlerle kurulamayan binary santrallerin yaygınlaşması ve elektrik enerjisi elde edilen jeotermal sistemlerin artmasına neden olmaktadır. Böylelikle dışarıdan ithal edilen enerji kaynaklar yerine, yerli kaynakların kullanımının sağlanacağı öngörülmektedir(Kaymakçioğlu, Kayabaşı, 2006).

**Tablo 43:** Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Genel Durumu

Aktif Santral Sayısı	Kurulu Güç	Kurulu Güce Oran	Yıllık Elektrik Üretimi	Üretimin Tüketime Oran	Şebeke Bağlantısı
31	775 MWe	% 0,99mu	~ 4.192 GWh	% 1,61	31 var 0 yok

**Kaynak:** Enerji Atlası (c)

Jeotermal Enerji Santralleri genel durumu Tablo 43’da belirtildiği gibidir.

**Tablo 44:** Türkiye’de Devrede Olan Jeotermal Santraller

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Efeler Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Gürış Holding	115 MW (162.3 MW)
2	Kızıldere 2 Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Zorlu Enerji	80 MW
3	Pamukören Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Çelikler Enerji	68 MW
4	Galip Hoca Germencik Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Gürış Holding	47 MW
5	Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Zorlu Enerji	45 MW
6	Maren Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	44 MW
7	Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	MB Holding	34 MW
8	Greeneco Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Greeneco Enerji	26 MW
9	Enerjeo Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Enerjeo Kemaliye Enerji Üretim	25 MW
10	Deniz Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	24 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (c)

Devrede olan santrallerin genel durumu Tablo 44’da belirtildiği gibidir.

**Tablo 45:** Türkiye’de Yapım Aşamasındaki Jeotermal Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Kiper Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kiper Elektrik Üretim	20 MW
2	Sanko Jeotermal Enerji Santrali - JES	Manisa	Sanko Enerji	15 MW
3	Gök Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	İn-Altı Termal Enerji	3 MW
4	Jeoden Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Jeoden Elektrik Üretim	47 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (c)

Yapım aşamasındaki jeotermal enerji santrallerinin genel durumu Tablo 45’de belirtildiği gibidir.



**Tablo 46:** Türkiye’de Üretim Aşamasındaki Jeotermal Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Kızıldere 3 Jeotermal Enerji Santrali	Denizli	Zorlu Enerji	165 MW
2	Özmen 1 Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Özmen Holding, Sis Enerji	23.52 MW
3	Kuyucak Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Turcas Enerji	18 MW
4	Mis 1 Jeotermal Enerji Santrali	Manisa	Soyak Enerji	15 MW
5	Buharkent Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Limgaz Elektrik Üretim	5 MW

**Kaynak:** Enerji Atlası (c)

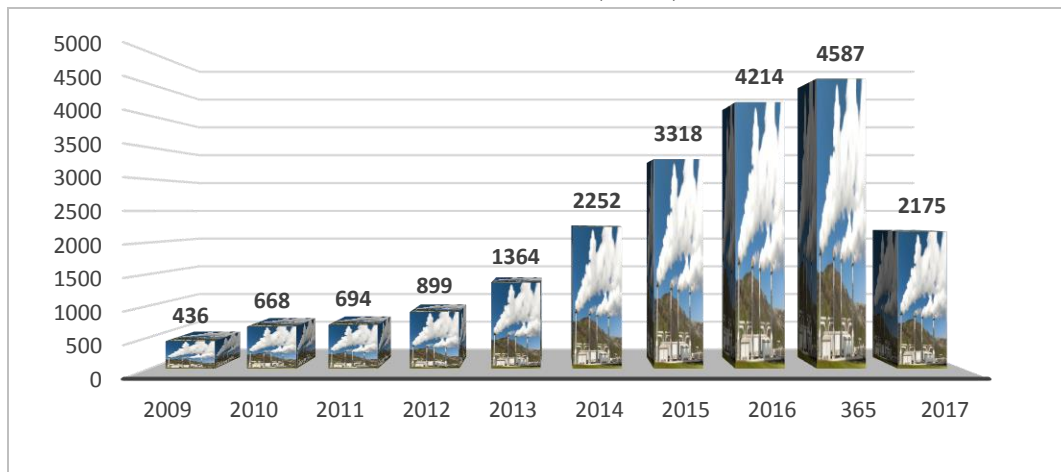
Üretim aşamasındaki jeotermal enerji santrallerinin genel durumu Tablo 46’da belirtildiği gibidir.

**Tablo 47:** Planlanan Jeotermal Enerji Santralleri

Sıra	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Efe 8 JES	Aydın	Gürış Holding	50 MW
2	Greeneco Sarayköy JES	Denizli	Greeneco Enerji	25.8 MW
3	Efe 7 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Gürış Holding	25 MW
4	Sultanhisar 2 Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Çelikler Enerji	22.51 MW
5	Melih Jeotermal Enerji Santrali	Aydın	Kipaş Holding Enerji Grubu	19.9 MW
6	Güzel JES	Manisa	Güzel Jeotermal Enerji	1.5 MW

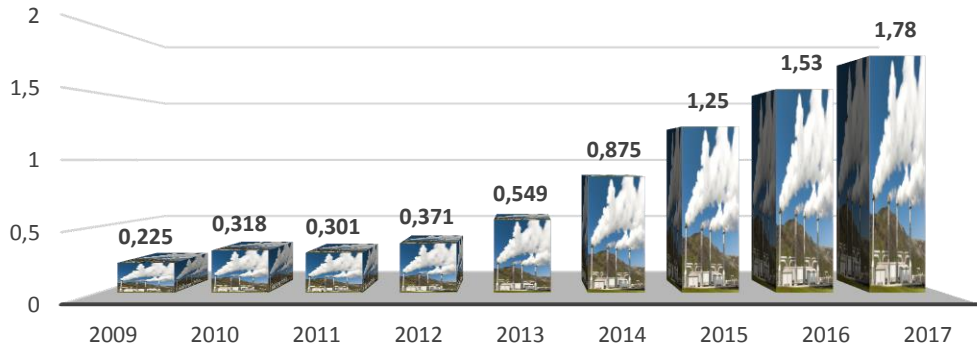
**Kaynak:** Enerji Atlası (c)

Planlanan jeotermal enerji santralleri verileri Tablo 47’de belirtildiği gibidir.

**Grafik 36:** Yıllık Jeotermal Elektrik Üretimi (GWh)

**Kaynak:** Enerji Atlası (1), 2017

Yıllık Jeotermal Elektrik Üretimi (GWh) verileri Grafik 36’da belirtildiği gibidir.

**Grafik 37: Jeotermal Santrallerinin Tüketimi Karşılama Oranları**

**Kaynak:** Enerji Atlası (1), 2017

Jeotermal Santrallerinin Tüketimi Karşılama Oranları Grafik 37’de belirtildiği gibidir.

## 1.6.2.6. Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerjiler

### 1.6.2.6.1. Dalga Enerjisi

Türkiye kıyılarının beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 9000 MW güç ve 18 TWh/yıl enerji düzeyindedir (Akpınar vd., 2008).

Karadeniz’in diğer denizlere göre daha dalgalı olduğu yönündeki öngörülere karşın; Akdeniz ve Ege Denizinin rüzgar potansiyeli 4-17 kW/m’lik yıllık ortalama dalga gücünde yoğunlaşmaya neden olması, dalga enerjisinden faydalanmak adına, çalışmaların başlaması için en elverişli referans noktasının İzmir-Antalya arası, tam anlamıyla Dalaman-Finike aralığına denk gelen denizler olduğu öngörülmüştür.

Dalga enerjisinden yararlanmak, daha doğrusu çalışmalara başlamak için en uygun yerin İzmir-Antalya arası, tam olarak belirtmek gerekirse Dalaman-Finike arasına tekabül eden denizler olduğu belirtilmiştir.

Dalga enerji kaynaklarının derin sulardaki potansiyeli, Türkiye kıyı şeridi dalga güçlerinin birleşimi sayesinde yorumlanabilir. Deniz altı tatbikat sahaları, gemi rotaları, Marmara Denizi’nin kıyı yerleşim yerleri vb. alanlar dışarıda bırakılıp, dalga gücü düzeyleri tüketim için düşük, Anadolu’nun kuzeydoğusundaki ve güneyindeki dalga kaynakların çoğu göz ardı edilip, Türkiye’nin toplam kıyı uzunluğu (8210 km) nun beşte biri denizden dalga enerji elde etmede kullanıldığı düşünülürse; sadece bir seri / dizi küçük ölçekli dönüştürücüden, yıllık 4-17 kW/m

arasında dalga gücüne sahip sularda, toplam ortalama minimum 10 TWh/yıl enerji eldesinin, ekonomik olarak üretilebilir Türkiye Hidroelektrik Enerji potansiyelinin %12,5'ine denk geldiği öngörülmüştür(World Resources Institute, 2001).

Belirtilen yaklaşık değerlere karşın, daha kesin sonuçların Türk sularına uygun ilk örnek dalga enerjisi dönüştürücüsü ölçümleri sonucunda ortaya çıkabileceği öngörülmüştür. Proje başlangıcı olarak diğer önemli parametre, dalga enerji akışının, fırtına boyutlarındaki dalga enerji akışına bölünmesiyle ortaya çıkan "Dalga Enerjisi Gelişim İndeksi" (DEGI) verileridir. Burada önemli olan husus DEGI değerleri yüksek olmayıp, dalga enerji seviyesi yüksek olan noktaların belirlenmesidir. Bu noktalarda en iyi üretim yapılacağı öngörülmektedir. Yüksek DEGI değerleri denizde belirli bir noktadaki yıllık ortalama dalga enerji potansiyeli elde etmede tasarlanacak, dalga dönüştürücü çiftliğinin yatırım maliyetini arttırması beklenmektedir. Türkiye'de Marmara denizi uzağında, açık deniz kıyıları 8210 km'yi bulmasına karşın, dalga rasatları ve ölçüm verileri mevcut değildir. Dalga cephesi gücünün, Akdeniz kıyılarında ortalama 13 kW/m olduğu öngörülmekte olup, Türkiye dışında Akdeniz de yapılan ölçümlerin sonucunda bu gücün yıl boyunca, 8,4-15,5 kW/m arasında değiştiği, iç denizlerde daha da düştüğü tahmin edilmektedir. Türkiye kıyı kesiminin sadece beşte birinden sağlanabilecek dalga enerjisi potansiyelinin 18,5 milyar kWh olmasına karşın dalga enerjisi üzerine yeterli yatırım, Ar-Ge çalışmalarının henüz Türkiye'de yapılmadığı belirtilmiştir(Eral, 1998).

#### **1.6.2.6.2.Gelgit (Med-Cezir) Enerjisi**

Türkiye'nin denizleri iç deniz olması nedeniyle gel-git (med-cezir) olayları neredeyse hiç etkili olmamakta, bu nedenle bu teknolojinin yeterince gelişmediği söylenebilir(Webrazzi, 2016).

Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye'de gelgit çok az yaşanmakta, buna karşın araştırmalar, denizlerdeki dalgaların enerji üretimi için yeterli olduğunu belirtmiştir. Karadeniz kıyılarında çeşitli dalga enerjisi üretimi denenmesine rağmen bu konuda etkili bir çalışma bulunmamaktadır. Elektrik Mühendisleri Odası'nın raporuna göre, Türkiye'de dalga enerjisine en uygun bölge İzmir ve Antalya arasındaki kıyı şeridi olduğu belirtilmiştir(Sözcü, 2017).

#### **1.6.2.6.3.Akıntı Enerjisi**

Türkiye'de akıntı enerjisi ile ilgili öngörülere göre Çanakkale Boğazı'ndaki çalışmaların önemli derecede aşamalar katettiği öngörülmüştür. Kurulan platformlarla birlikte prototip elektrik üretimine başlandığı belirtilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2013). Çanakkale Boğazı trafik hattının dışında akıntı hızının maksimum

olduğu Kepez Burnu'nda kiralanan arazide (30 yıl) kurulan platformla birlikte elektrik üretiminin gerçekleştirildiği belirtilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2013). Akıntı enerjisi ile ilgili çalışmalarla birlikte İstanbul ve Çanakkale Boğazları su altı akıntılarıyla, akıntı enerjisine potansiyel olabilecek en stratejik iki bölge olarak gösterilirken, Türkiye'deki enerji ihtiyacının giderilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması adına atılabilecek önemli adımlar arasında gösterilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2013). Montrö Boğazlar Sözleşmesi'ne göre belirtilen bölgeler arasında boğaz trafiğini engellemeden su altı çiftliklerinin kurulabileceği öngörülürken, yerli kaynaklarla teknoloji transferine başvurulmaksızın bu doğrultudaki çalışmalara ağırlık verilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2013). TÜBİTAK destekli bu projeye birlikte üretilen 30 kW'lık türbinin Türkiye'deki ilk deniz akıntı türbini özelliği taşıyacağı belirtilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2013). Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan akıntı enerjisiyle üretilen elektrik karbon salınımı yapılmaksızın elektrik ihtiyacını karşılamada önemli bir adımın atıldığı belirtilmiştir. Böylelikle 5 MW'lık su altı enerji santralini hayata geçirilme olanağı dile getirilmiştir(Enerji Enstitüsü, 2013).

Öngörülere göre 13 yıllık türbin projeleri çalışmalarından yola çıkarak, öngörülen türbinlerin yaklaşık 2 yıl gibi bir süreçte tamamlanabileceği ve türbin maliyetlerinin nükleer enerjiye kıyasla çok daha az olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca boğazlardaki ortalama 7 mil hızın değerlendirilmesi gerektiğini vurgularken, ortalama 2-3 ay gibi zaman sürecinde prototip türbin denemesinden sonra iki nükleer enerji santraline enerji üretimi ile aynı ölçüde enerji eldesinin mümkün olabileceğini belirtmiştir(Enerji Enstitüsü (a), 2011).

Türkiye'nin gelecekteki enerji ihtiyacının karşılanmasındaki planlamalarda karmaşa yaşandığı, çözüm arayışı olarak çevreye daha az zararlı teknolojilerin kullanılmasıyla yerli kömür yerine doğalgaz veya ithal kömürün tercih edilmesi yoluna gidilmiş; fakat enerji maliyetlerinin OECD ülkeleri içerisinde en fazla olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle önümüzdeki süreçte yenilenebilir enerji kaynağı olarak su akıntısı enerjilerine yatırım yaparak enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik önlemler alınmıştır(Elektrikport, 2012). Marmara Denizi'ndeki dip ve yüzey akıntıları elektrik enerjisi üretme fikriyle beraber Boğaziçi ve Çanakkale Boğazı'nın yakın süreçte büyük bir hidroelektrik santrali haline gelebileceği öngörülmüştür. Teknolojik gelişmelerinde ışığında elde edilecek enerjinin yağmurun yağması veya hava şartlarına bağlı olmaksızın, kesintisiz bir alternatif enerji olacağı öngörülmektedir(Elektrikport, 2012).

### 1.6.2.7.Hidrojen Enerji

Konvansiyonel enerji sistemlerine kolay adaptasyonu, sürekli yenilenebilir bir enerji türü olması ve çevreci yakıtlar içerisinde yer alması gibi özellikleri, hidrojenin 21. yy'ın umudu olarak görülmesini sağlamaktadır. Enerji taşıyıcısı olan hidrojeni benzersiz kılan unsurlardan bir diğeri de fosil kökenli kaynaklardan üretilmesinin yanında alternatif olarak nitelendirilen kaynaklardan elde edilebilir olmasıdır. Fosil kaynakların büyük bir bölümünün yakın bir gelecekte tükenecek olması, alternatif kaynaklardan gerçekleştirilecek üretimin önemini arttırmaktadır. Bu sebeple alternatif enerji kaynağına sahip olan ülkeler, hidrojen enerjisi temininde de sıkıntı yaşamayacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde dünya ortalamasının üzerinde yenilenebilir kaynaklara hakim olan Türkiye, hidrojen enerjisi üretimi bakımından önde gelen ülkeler arasında olma avantajını elinde bulundurmaktadır. Hidrojen enerjisinden yararlanmanın yaygınlaşması amacıyla 1974 yılında düzenlenen ‘‘Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı (THEME)’’nın ardından, Uluslararası Hidrojen Enerjisi Kurumu kurulmuş ve çalışmalara başlamıştır. Türkiye’de, 1990’lı yıllarda ODTÜ başta olmak üzere bir çok üniversitede hidrojen enerjisi konusunda yürütülen bilimsel çalışmalar netice vermiş ve 21 Ekim 2003’te, Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (UNIDO-ICHET)’nin kurulması anlaşması Viyana’da imzalanmıştır. Merkezi İstanbul’da bulunan teşkilat, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve UNIDO arasında mutabakata varılarak onaylanmış olup, başkanlığına Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu getirilmiştir. Türkiye’nin hidrojen enerjisi üretimine yönelik olarak yürüttüğü çalışmalar genellikle hidrojenin, saflaştırılması, taşınması ve depolanması gibi aşamaları olup, yakın tarihte hayata geçirilmesi planlanan başlıca projeler şu şekildedir; Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Enerji Enstitüsü tarafından yürütülen ve AB’nin de destek verdiği, VI. Çerçeve Programı’na yönelik, Hidrojen Teknolojileri Mükemmeliyet Projesi (HYPROSTORE), MAM, ODTÜ, İstanbul, Boğaziçi, Sabancı, İTÜ gibi üniversite ve bazı kurumlar tarafından yürütülen katı oksit yakıt pili araştırmaları projesi, TÜBİTAK-MAM’ın üstlendiği 1,5 KW gücünde Polimer Elektrolit Membran (PEM) Tipi Yakıt Pili Sistemi kurulum projesi, Bor Araştırma Enstitüsü tarafından desteklenen Doğrudan Sodyum Borhidrüllü Yakıt Pili Üretimi ve Entegrasyonu Projesi (DSBHYP), ICHET tarafından organize edilen Bozcaada Rüzgar-Hidrojen Enerjisi Pilot Projesi ve İstanbul İETT idaresine bağlı 12 otobüsten oluşan hidrojen enerjili otobüs filosu projesi, TPAO ve TEMSA işbirliği ile yürütülen hidrojenle çalışan Atatürk Havalimanı Otobüs Projesi, EÜAŞ ve İGDAŞ tarafından planlanan hidrojen üretimi ve doğalgaz borularına verilmesi, bazı özel sektör firmaları ile

kurulan konsorsiyumlar çerçevesinde yenilenebilir kaynaklardan hidrojen enerjisi üretimi projeleridir. Dünyadaki örneklerine benzer şekilde ülkemizde de hidrojen, fosil kökenli kaynakların (ağırlıklı olarak doğalgaz) buhar reformasyonu esasına dayalı elde edilmektedir. Alternatif enerji kaynaklarından hidrojen üretimi henüz maliyetli olduğundan genellikle enerji dışı kullanımlar için tercih edilmektedir. Üretilen hidrojenin en çok kullanıldığı alanlar ise kimya ve petro-kimya sanayi sektörleridir. Türkiye’de yıllık hidrojen enerjisi kullanımı yaklaşık olarak 80,000 m<sup>3</sup> civarlarındadır.

**Tablo 48:** Türkiye’de Yıllık Hidrojen Enerjisi Kullanımı

SEKTÖR	YILLIK KULLANIM MİKTARI m <sup>3</sup>
Suni Gübre Sanayi	25,000
Bitkisel Yağ (Margarin) Üretimi	16,000
Rafineriler	1,200
Petrokimya Endüstrisi	30,000
Hidrojen Hayvansal Yağ Üretimi	200-300
Gaz ve Sıvı Hidrojen Üretimi	6,000

**Kaynak:** ETKB

2005 yılı itibariyle hidrojen enerjisi ve yakıt pili üretimi amacıyla belirlenen araştırma bütçeleri Japonya’da 2,7 milyar \$, ABD 379,1 milyon \$, Kanada 110 milyon \$ ve AB’de 4. Çerçeve Programı kapsamında 150 milyon € olup, Türkiye’de ayrılan bütçe finansal sıkıntılar nedeniyle yeterli değildir(Ersöz, 2006).

Türkiye, enerji ihtiyacının %85’ini petrol, taş kömürü, doğalgaz ve linyit oluşturmakta, enerjisinin % 70 veya daha fazlasını ithal kaynaklardan sağlamakta, enerji tüketiminde %38 ile petrol, %27 ile kömür, %23 ile doğalgaz ve geriye kalan %12’lik pay ile yenilenebilir kaynaklar gelmektedir. Geliştirilebilir Ar-Ge altyapısı, hidrojen üretimine uygun kaynakları ve konunun önemini anlayan ve bu alana yatırım yapan bir özel sektör ile Türkiye hidrojen enerjisi potansiyelini gelişmiş ülkeler seviyesinde kullanabileceği öngörülmüştür(Polat, Kılınç, 2007). Hidrojen temelli altyapının gelişimi için teknolojik ve ekonomik kısıtlamaların çözülmesi gerekmektedir(Conte vd.,s.176).

Türkiye’de hidrojen bazlı projeler arasında şunlar gösterilebilir:

- ✓ *Atatürk hava meydanında hidrojenle çalışan otobüslerin hava meydanı içinde ve dışında işletilmesi planlanan projede, otobüslerde içten yanmalı motorların kullanımı hedeflenmiştir.*
- ✓ *İzmit Belediyesinin gerçekleştirmek istediği otobüs projesiyle 10 adet otobüsün hidrojenle çalışması planlanan projede, içten yanmalı motorlu araçlara ve dizel otobüslere göre %30 daha pahalı fakat yakıt pilli otobüslere göre daha ucuz olması beklenmektedir.*
- ✓ *Güneş-hidrojen projesiyle güneş enerjisinden hidrojen üretilmesi öngörülen projede. Güneş pillerinin araçların üstüne konularak elde*

edilen güneş enerjisiyle, hidrojen yakıt hücresinin doldurulması planlanmaktadır. Sistemle motosiklet gibi küçük araçların yakıtlarının karşılanması planlanmıştır. Proje, Ekim 2006'da başlamıştır.

- ✓ Türkiye'de Hidrojenle Çalışan Otobüs Projesine göre, İstanbul'da hidrojenle çalışan otobüslerin hizmete sokularak gerekli hidrojenin gece kullanılmayan elektrik elde edilmesini hedeflenmiştir. Bu otobüslerin üç yıl gibi bir süre içerisinde hizmete girmesi planlanmıştır. Bir kısmının hidrojen yakıt hücreleriyle, bir kısmının da hidrojen yakıtlı içten yanmalı motorlarla çalışması planlanmıştır.
- ✓ Hidrojenli ev projesine göre, Denizli ilinde güneş pillerinden elde edilen elektrik ile hidrojen üretilmesi öngörülmektedir. Evin ve aracın yakıtı hidrojenden sağlanacaktır. Ekim 2008'de tamamlanan projenin finansmanı DPT tarafından sağlanmıştır.
- ✓ Bozcaada'da Hidrojen Üretimi Projesine göre nüfusunun kışın 3.000, yazın ise 10.000 civarında olan Bozcaada'da rüzgâr enerjisinden yararlanılarak hidrojen üretimini öngörmektedir. Elde edilen hidrojenin yerli sanayi ve taşıma için gerekli yakıt da dâhil olmak üzere ada halkının yakıt ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılması planlanmıştır (Polat, Kılınç, 2007). Bu projelerin gerçekleşmesi halinde hem dışa bağımlılığın hem de çevre kirliliğinin azalacağı öngörülmüştür.
- ✓ Biomas-hidrojen projesiyle, tatlı sorgum bitkisinden hidrojen üretimini öngörmektedir. Yapılan bazı AR-GE çalışmalarına göre, bugün için en ucuz hidrojenin biyoyakıtlardan üretilebileceği gözükmektedir. Proje Eylül 2008'de faaliyete geçirilmiştir.
- ✓ Forklift projesiyle hidrojenle çalışan bir forklift geliştirilmesini öngörmektedir. Çukurova Holding tarafından geliştirilen forkliftin hidrojeninin BOS tarafından sağlanması planlanmıştır. Proje Nisan 2008'de tamamlanmıştır. Çukurova Holding'e göre bu ürünün pazarlanabilirliği oldukça yüksektir.
- ✓ Deniz taksi projesiyle hidrojenle işleyen 2 adet deniz taksisinin geliştirilmesi öngörülmektedir. Projeye göre deniz taksilerinden birisi üzerinde hidrojen deposu olacak şekilde tasarlanacak ancak diğeri üstüne yerleştirilecek güneş pili vasıtasıyla yakıtını kendisi üretecektir. Projenin yapımına Ekim 2008'de başlanmıştır.
- ✓ Ankara'da bir hastanede hidrolizle oksijen ve hidrojen üretimi planlanmış olup, oksijenin, ameliyathane ve bebek doğum ünitesinde; hidrojenin ise ambulans yakıtı ve yemek pişirmede kullanımının hedeflendiği proje Haziran 2008'de bitirilmiştir.
- ✓ Hidroelektrik-hidrojen projesiyle temelinde hidroelektrik santralinden hidrojen üretilip doğalgaz boru hattına verilmesi öngörülmüştür.
- ✓ Ambarlı santrali hidrojen projesiyle hidrojen üretiminin doğalgaz boru hattına entegrasyonu fikrini hedefleyen projeler. Gece kullanılmayan

*elektriğin kullanılmasıyla hidrojen üretimi hedeflenmiştir. Doğalgaz boru hatlarına verilen hidrojen oranı giderek artırılarak, mevcut doğalgaz boru hattının önümüzdeki 50 yıl süresince hidrojen boru hattına dönüşümü hedeflenmiştir.*

- ✓ *Üretilen traktörlerin hidrojenle çalışması hedefleyen projeler(Kasım 2007'de faaliyete geçmiştir)*
- ✓ *Projenin temelinde rüzgârdan hidrojen üretimine yönelik projeler*

Türkiye’de 1996 yılında hidrojen alanında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından uluslararası çalışma programı başlatmış fakat bu yarıda kalmıştır. Birleşmiş Milletler UNIDO desteğiyle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerle işbirliği içerisinde hidrojen teknolojilerinin yakında takip edilebilmesi, hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesini sağlamak ve uygulamalı Ar-Ge çalışmalarını yürütmek amacıyla Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) kurulmuştur(OBITET). Türkiye’de hidrojen üretimi açısından, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz’in tabanında kimyasal biçimde depolanmış bol miktarda hidrojen bulunması, Karadeniz’in suyunun % 90’ı anaerobik oluşu ve hidrojen sülfid (H<sub>2</sub>S) içermesi, 1000 m derinlikte 8 ml.lt-1 olan H<sub>2</sub>S konsantrasyonun, tabanda 13.5 ml.lt-1 düzeyine ulaşması oldukça önemlidir. Karadeniz’in H<sub>2</sub>S içeren suyundan hidrojen üretimi için oldukça elverişlidir(Ertürk, 2006: 21-24). Hidrojeni elektrik enerjisine çevirmede en verimli yöntem olarak gösterilen yakıt hücrelerine ilişkin Türkiye’de önemli çalışmalar yapılmaya başlamıştır. TOFAŞ , Ford Otosan, , Aygaz, Arçelik ve Demirdöküm firmalarıyla TTGV ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) nın oluşturduğu yakıt projeleri bu çalışmalara örnek olarak gösterilebilir(Yıldırım, 2006).



## İKİNCİ BÖLÜM

### 2.YENİLENEBİLİR ENERJİNİN İKTİSADİ ETKİLERİ

#### 2.1. Enerjinin Ekonomik Büyümenin Sağlanmasındaki Rolü

Sanayi faktörünün en temel girdisinin enerji olduğu, üretimin sanayi sektörü tarafından gerçekleştirildiği düşünülürse, ülkelerin ekonomik büyümelerinin üretime bağlı olarak gelişim göstermesiyle, enerjinin ekonomik büyümeyi etkileyen belirleyici en önemli faktörler arasında olduğunu söylenebilir.

##### 2.1.1. Enerji Büyüme İlişkisi

Ekonomik büyümenin dünya enerji tüketiminde tahmin edilen değişimleri tetikleyen başlıca etkenler arasında olduğu söylenebilir. Kısa vadede talep kısmı olarak hane halkının, firmaların tüketim (harcama) kararları ekonomik projeksiyonunu belirlediği söylenebilir. Gelir, faiz oranları ve mal fiyatları da tüketim kararlarını etkileyen başlıca unsurlar arasındadır. Uzun dönem göz önünde bulundurulduğunda, ülkelerin mal ve hizmet üretme gücü, ülke ekonomilerinin büyüme potansiyelini belirleyen etkilere sahiptir. Sermaye birikimi, nüfus artışı, istihdam oranı, inovasyon etkilerinin de büyüme potansiyeli üzerinde etkili faktörlerden olduğu söylenebilir. Bölgeye göre çeşitlilik göstermekle birlikte, ekonomik büyümenin enerji talebi ile bağlantılı olduğu bilinmektedir. Son 30 yıllık sürecin büyük bir bölümü göz önünde bulundurulduğunda, OECD ülkeleri kategorisine girmeyen Avrupa ülkeleri ve Avrasya hariç OECD kategorisine girmeyen ülkeler düşünüldüğünde, ekonomik büyümeyle enerji talebindeki büyüme ilişkisinin kuvvetli olduğu söylenebilir. OECD ülkeleri kategorisine girmeyen Avrupa ve Avrasya ülkeleri enerji yoğunluğu OECD grubuna dahil ve dahil olmayan ülkelerde yüksek oranda gözlemlendiği belirtilmiştir. Genel olarak 1990'a kadar OECD dışı Avrupa ve Avrasya'da enerji tüketiminin GSYİH'dan daha hızlı bir biçimde büyüdüğü belirtilmiştir. S.S.C.B.'nin dağılmasıyla beraber, enerji tüketimi ile gelir düzeyinde azalma gerçekleşirken, GSYİH'in enerji tüketiminde daha yüksek hızda azalmanın enerji yoğunluğunda artış meydana getirdiği belirtilmiştir. 1997'de Rus Ruble'sinin dış satılma gücünün, hükümetçe alınan bir kararla düşürülmesiyle Rusya ve Ukrayna'nın daha da güç kazanmıştır. Bununla birlikte OECD kategorisine girmeyen Avrupa ve Avrasya'da ekonomik büyüme enerji

tüketimindeki artışı geçmiş ve enerji yoğunluğu hızla azalmaya başlamıştır(Ersoy, 2010:8).

**Tablo 49:** G7 Ülkelerinin 2007 GSYİH ve Birincil Enerji Tüketimleri

ÜLKELER	2007 Yılı GSYİH*	2007 Yılı B.E.T.**
A.B.D.	13.807,55	2.361,36
Japonya	4.384,38	517,46
Almanya	3.320,91	311
İngiltere	2.803,40	215,92
Fransa	2.593,78	255
İtalya	2.117,52	179,64
Kanada	1.436,09	321,72

\*Cari fiyatlarla milyar A.B.D. Doları Cinsinden \*\*MTEP bazında

**Kaynak:** Ersoy, 2010:8.

Dünya en gelişmiş G7 ekonomilerinin GSYİH ve birincil enerji tüketimleri belirtilmiştir. A.B.D. ve Japonya'nın GSYİH rakamlarına göre ilk sıralarda olduğu, birincil enerji tüketim değerlerine bakıldığında A.B.D.'nin 2.361,36 Mtep tüketimi, Japonya'nın 517,46 Mtep tüketiminden oldukça yüksek düzeylerde olduğu tespit edilmiştir(Ersoy, 2010:8). Kalkınma denildiğinde akla ilk gelen faktör olan ekonomik büyüme ile birlikte, çevre sorunlarının yanında küresel ısınma gibi iklim değişikliklerine yol açan sorunu karşımıza çıkarmıştır. Küresel ısınmanın ana kaynağı insanları ekonomik faaliyetleri sonucunda meydana gelen sera etkisi yaratan gazlardır. Dünya üretiminde gelişmiş ülkelerin payı 1995 yılında %39 iken, 2006 yılında %47 seviyelerine ulaşmıştır. Söz konusu trendin getireceği ekonomilerin, sera gazı emisyonlarının başlıca kaynağı haline gelmesi beklenmektedir. En önemli ve en hızlı büyüyen sera gazı kaynakları arasında elektrik ya da genel anlamda enerji üretimi ve ulaştırma olduğu söylenebilir. Yüksek gelirli veya düşük ve orta gelirli ülkelerde elektrik üretiminin ülkelere %35'den fazla bir oranda kömür kullanılarak gerçekleştirildiği öngörülmektedir. 1990'lı yıllarda bu oranın, düşük gelirli ülkelere %41 ve orta gelirli ülkelere %36; 2004 yılında düşük gelirli ülkelere %47, orta gelirli ülkelere %43 düzeyine çıktığı öngörülmüştür. Aynı süreçte bu oran yüksek gelirli ülkelere %39'dan %37'ye düşmüştür. Genel anlamda elektrik üretiminde fosil yakıt kullanımı düşük gelirli ülkelere %74, orta gelirli ülkelere %72 seviyelerine ulaşmıştır. CO<sub>2</sub> emisyonunun temel kaynağı olan söz konusu fosil yakıtların yakılması düşünülürse, gelişmekte olan ülkelerin küresel sera gazı emisyonundaki payının gün geçtikçe artış gösterdiği gözlemlenmiştir(Kaplan, Taşdemir, 2008:s.27-28).

Belirli bir anda, belirli bir ülkede genellikle genel olarak petrol eşdeğeri ton (tep) cinsinden hesaplanan toplam enerji tüketimi "E" ve para cinsinden ifade edilen GSYİH "Y" ilişkisinin, ekonomik faaliyette enerjinin payı hakkında fikir sahibi olmanın mümkün olduğu söylenebilir. Genel anlamda "enerji şiddeti" veya "enerji

yoğunluğu” yani “E/Y” oranı, dünya genelinde kullanılmakta olup, ülkelere ve zamana göre çok değişken bir göstergesidir(Fidan, 2006: 61).

### **2.1.2. Enerji Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi**

Büyük endüstri ülkeleri nüfusunun, dünya nüfusunun %30'u olmasına rağmen, dünya enerji kullanımının %84'ünün aynı ülkeler tarafından tüketildiğini söylenebilir. Rusya'nın ve bütün Avrupa'nın payının %43 olduğu öngörülmüştür. ABD nüfusunun dünya nüfusunun ancak %6'sı olmasına rağmen, enerjinin %32'sinden fazlası yine bu ülke de tüketilmektedir. Az gelişmiş ülkelerde yaşayanların dünya nüfusunun %20'sini oluşturduğu; fakat enerjinin sadece %1'ini kullanabildiği belirtilmiştir. Nüfusa göre dağılımında bir tek düzenlik göstermeyen enerji tüketiminin, refah ölçüsü olarak tanımlanan GSMH ile paralellik gösterdiği tahmin edilmekte olup, GSMH'dan fazla pay alan gelişmiş ülkelerin enerji tüketimindeki payları daha çoktur. GSMH ile enerji tüketiminde sıkı bir ilişki söz konusudur. Nüfus başına GSMH gibi, aynı şekilde nüfus başına tüketilen enerjinin de ülkelerin refah düzeyini yansıttığı söylenebilir. Böylelikle milli gelir veya GSMH'yi temel alarak kalkınma planlarını belirlemeye çalışan ülkeler için, enerji tüketim tahminlerinin yapılmasında kılavuzluk etmiş olmaktadır. GSMH'nın yıllık artış oranları ve enerji tüketimi artış oranları arasında lineer bir ilişki kurulmasında oldukça faydalıdır(Saatçioğlu, Küçükaksoy, 2001:s.3). Gelişmişlik düzeyinde büyümenin yaşanmasıyla birlikte enerji tüketiminde artış gerçekleşmesi, endüstriyel üretiminin vazgeçilmez unsuru olan enerji ve enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkeler için tehlike unsuru olduğu söylenebilir. Bu sınıfa giren ülkeler kısıtlı döviz kaynaklarını çeşitli enerji türlerini ithalatına kanalize ederek ülkelerin dış ticaretin önemli derecede açık vermelerine neden olabilir. Enerji darboğazları ekonomik gelişme üzerinde negatif etki yaratabilmektedir(Dumrul, 2011).

### **2.1.3. Enerji ve Sanayi İlişkisi**

Ülkelere göre çeşitlilik göstermekle beraber, ülkenin nihai enerji tüketimi içerisinde en büyük payının sanayi sektörü olduğunu söyleyebiliriz. Türkiye düşünüldüğünde, ülkenin sanayi yapısı enerji tüketim oranlarının yüksek olduğu sonucu çıkmakta olup, ülkenin dışa bağımlılık oranının bu kadar yüksek olmasına neden olduğu söylenebilir. Türkiye'de sanayi sektörü, yüksek enerji tüketimi ve maliyeti anlamında enerji tasarrufu çalışmalarında başlıca sektörlerden biri olduğu söylenebilir. Sanayi enerji tüketim payının 1996'da %34,7, 2000'de %39 olduğu, 2010'da ise % 49 olması beklenmektedir(Söğüt, Oktay, 2006:s.151).

Ekonomi faaliyetlerin yapısı, hacmi ve büyüme hızları ile enerji kaynaklarının tüketimi arasında güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. 1980 yılında Türkiye uzun vadeli sanayi stratejilerini destekleyici, yönlendirici dinamik bir eleman olma özelliğini taşıyan enerji stratejileri özelliklerini göstermiştir. Sanayinin gereksinim duyduğu enerjinin yerinde, zamanında ve yeterli miktarda olmaması durumunda üretim azalmış, atıl kapasiteler yaratılmış, yetersiz olan dış rekabet koşulları karşısında bir kriz dönemi meydana gelmiştir. Ticari enerjinin en büyük tüketicisi sanayi sektöründe, enerji talebinin yönetimi ulusal uzun vadeli enerji stratejilerinin ana elemanı olduğu söylenebilir. 1990 yılı verilerinden yola çıkılacak olursa Türkiye’de sanayi sektörünün nihai enerji tüketimi içerisindeki payının %33,43 olduğu belirlenmiştir(Keçecioglu, Günerhan, 1991:s.342). Elektrik tüketim değerlerinin, ekonomik alanda ve sanayideki gelişme, artan nüfus, şehirleşme ve altyapı yatırımlarıyla birlikte yıllar geçtikçe arttığı gözlemlenmiştir. 1970 yılında 8 milyar 623 milyon kWh’ye, 1980 yılında 24 milyar 616,5 milyon kWh’ye, 1990 yılında 56 milyar 811,7 milyon kWh’ye, 2000 yılında 128 milyar 280 milyon kWh’ye, 2005 yılında ise 160 milyar 332,6 milyon kWh’ye ulaştığı söylenebilir(Kılıç, 2006:s.15).

#### **2.1.4. Enerji Tüketimi ve Nüfus Artışı İlişkisi**

Nüfus artışı ve endüstrileşme sürecine bağlı olarak, hızlı enerji artışına yanıt olabilecek kapsamlı bir enerji planlaması gerekliliği gün geçtikçe önemli bir hal almaktadır. Enerji tüketimi, ciddi bölgesel değişikliklere karşın, ekonomik büyüme, teknolojik gelişme ile nüfus artışıyla aynı doğrultuda sürekli bir artış seyri çizmektedir(Akova, 2008; Bahar, 2005:s.38; Yüksel, Kaygusuz, 2011).

Sürekli artış seyri gösteren talebin alternatif çözümlerle karşılanması kadar, çevreyle uyumlu enerji kaynakları olması da bir o kadar önemlidir. Enerji talebi ve nüfus artışı hızlarının 150 yıllık gelişimi göz önünde bulundurulduğunda, enerji tüketiminin nüfusa oranla hızlı bir şekilde arttığı söylenebilir. Dünya genelinde kişi başına düşen enerjinin, sürekli bir artış seyri çizdiği söylenebilir. Enerji talebi öngörülerine göre 2020 yılındaki enerji talebinin günümüz enerji talebine kıyasla %65, 2050 yılındaki enerji talebinin ise % 250 daha fazla olacağı öngörülmektedir. Söz konusu enerji talep artışı karşısında sürdürülebilir kalkınma amaçları doğrultusunda alternatif çözüm olabilecek enerji kaynaklarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşmeyle birlikte yüksek elektrik enerjisi talebini de artmaktadır. 1995-2020 yıllarındaki birincil enerji kaynaklarının bölgesel payları, endüstrileşmiş OECD ülkelerindeki birincil enerji üretimi payının, nüfusun artmaması ve enerji yoğun sanayileşmenin terk edilmesiyle %54’ten 2020

yılında %42'ye düşeceği öngörülmektedir. Buna rağmen daha fakir ve nüfusu fazla ülkelerin enerji üretimindeki payının, aynı zamanda, %46'dan %58'e çıkacağı tahmin edilmektedir. OECD ülkeleri ve gelişmekte olan ülkelerde, nüfus ve enerji tüketimi ilişkisinin ters orantılı olduğu söylenebilir(Mynet). Türkiye nüfusunun, 1973-2000 yıl aralığında %78 artış göstererek, 38.072.000 kişiden, 67.804.000 kişiye ulaştığı, aynı dönemde nüfusun yıllık artış hızı %2,9 olarak gerçekleştiği göz önünde bulundurulursa, kişi başına düşen GSMH'sı 1.994 \$'dan, 2000 yılında 3.158 \$'a çıkarak, %58'lik bir artış gösterdiği söylenebilir. Aynı süreçte enerji talebinin de 24,5 Mtep'den 81,3 Mtep'e çıkarak %231 oranında arttığı, kişi başına düşen elektrik talebindeki artışın ise 326 kWh'den, 1.892 kWh'a çıktığı öngörülmüştür. Aynı dönemde kişi başına düşen GSMH'da ki artışın %58 oranında gerçekleşirken, enerji talebindeki artışın %232, kişi başına düşen elektrik enerjisi talebindeki artışın %422 olarak artış göstermesi, Türkiye'deki sürdürülebilir büyümesi için gerekli enerji ihtiyacını göstermektedir. 2020 yıllarına yönelik öngörülerde nüfus ve GSMH'da ki artışa paralel bir biçimde, enerji talebinde büyük artışlar yaşanacağı öngörülmektedir. Böylelikle uygulanacak enerji politikaları, sanayileşme ve sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşmada itici güç rolü görmektedir(İskender, 2006:s.131).

### **2.1.5. Enerji Verimliliği ve Tasarrufu**

Genel olarak enerji atıklarının maksimum ölçüde değerlendirilmesi, mevcut enerji kayıplarının maksimum oranda en aza indirilmesiyle birlikte tüketilen enerji miktarının ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden, kalite ve performans üzerinde olumsuz etki yaratmadan, enerji ihtiyacının minimum düzeye indirilmesi olarak tanımlayabileceğimiz enerji tasarrufunun enerji verimliliğinin belirleyicisi olduğunu söyleyebiliriz(Çalıköğlü, 2004:s.59).

Gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliği stratejilerinin öneminin gün geçtikçe arttığı, ayrıca temel altyapı ve ekipman kullanımının büyümesiyle oluşan yüksek enerji verimliliği potansiyeliyle ilişkili olarak, temel enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik sermaye ve dış ticaret harcamalarının, toplam gelirin önemli bir bölümüne karşılık geldiği söylenebilir(Laponche vd., 1997:s.55).

Enerji kullanım alanının genişliği, temininin diğer girdilere göre zahmetli oluşu, enerji çeşitlerinin önemini daha da arttırmaktadır. Bu gibi nedenler mevcut enerji rezervlerinin en verimli biçimde değerlendirilmesi zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı, hizmet kalitesi, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol

açmadan birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanabilir(Doğan, 2010).

Enerji verimliliği kavramı incelenirken 5 temel başlık üzerinde durulmuştur(Elektrik Mühendisleri Odası, 2007:s.73):

1. *Fosil kaynakların önümüzdeki süreçte tükenecek olma öngörüsü*
2. *Günümüz alternatif enerji kaynaklarının istenen ölçüde ekonomik olmaması*
3. *Artan taleplerle birlikte fiyatların artış eğilimi göstermesi*
4. *Yerli kaynakların istenen ölçüde ithal bağımlılığını önleyemeyeceği öngörülere*
5. *Ekolojik dengenin bozulacağı yönündeki tahminler*

Enerji üretimi ve tüketimini kapsayan sosyal ve ekonomik maliyetleri minimum ölçüde yerine getirirken sürdürülebilir kalkınma öğelerini maksimum oranda yerine getirmek, çoğu enerji stratejisinin temelini oluşturmaktadır. Bu stratejinin gerçekleşmesinde göz önünde bulundurulması gereken başlıca faktörlerin çevresel faktörler, ekonomik-siyasi kısıtlamalar olduğu söylenebilir. Bu faktörlerin göz önünde bulundurulması ile birlikte enerji verimliliği kavramından bahsedilebilir. Bu kavramın temelinde minimum enerji kullanımı ve maliyetle maksimum ölçüde enerji ihtiyacının karşılanması düşüncesinin yattığı söylenebilir. Bu düşüncenin sadece ekonomik ve teknolojik anlamda gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeleri değil, aynı zamanda ekonomik ve teknolojik anlamda ileri sayılabilecek ülkeleri de kapsadığı söylenebilir(Laponche vd.,1997:s.18).

Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının enerji arzı kapsamında artırılması her ne kadar önemli sayılabilecek bir strateji sayılsa da bununla birlikte enerji verimliliğinin artırılması da bir o kadar önemli bir stratejik unsur olarak gösterilebilir.

Yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile birlikte 2020 yılında 222 Mtep olarak öngörülen birincil enerji tüketiminde ortalama 33 Mtep (%15) enerji tasarrufu hedeflenmektedir. Bu enerji tasarruf miktarının yaklaşık olarak Türkiye'deki sanayi sektörü toplam enerji tüketimi miktarından fazla olduğu öngörülmüştür. Ayrıca 2020 yılına gelinildiğinde konut sektöründe %50, sanayi sektöründe %20, ulaşım sektöründe ise %15 enerji tasarrufunun toplamda %25'lik tasarruf oranına karşılık geldiği öngörülmüştür(Türkyılmaz, 2009:s.11).

AB stratejik planlarında enerji verimliliği politikaları bir bileşeni haline gelmiş durumdadır. 2008 yılında yenilenen enerji hedefleri ile birlikte 2020 yılına kadar 1990 yılına kıyasla enerji verimliliğini %20 oranında artırma, aynı oranda

sera gazı emisyonu azaltma oranı belirlenen hedefler arasındadır. Ayrıca AB aynı yıllar içerisinde enerji kullanımı içerisinde yenilenebilir enerjiler kullanımını %20 düzeyine çıkarmayı hedeflemiş olup, 2020 yılında 60 milyar €'luk Almanya ve Finladiya enerji tüketimi aynı oranda (%20) enerji tasarrufu stratejisi belirlenmiştir. Ülke stratejelerinde enerji güvenliğinin artırılması ve CO<sub>2</sub> salınımının azaltılmasıyla verimlilik eldesi hedeflenmektedir(TMMOB, 2012:s.201).

Tüketilen birim enerji miktarından maksimum oranda ürün ve hizmet eldesi enerji verimliliği olarak tanımlandığında, üretim aşamasından tüketim aşamasında kadar enerji verimliliğinin artırılması adına birçok seçeneğin mevcut olduğu öngörülmüştür. Alternatifler arasında enerji yoğunluğunun azaltılması, enerji iletim ve dağıtımındaki mevcut kaçaklara karşı tedbirlerin alınması ve bunların önüne geçilmesi, üretimde enerji verimliliği artırıcı teknolojilerin kullanımı, toplamda enerji verimliliğinin artırılması yer almaktadır. Türkiye'nin enerji hedefleri arasında enerji verimliliğinin temel ilkelerden biri olması gerekmekte, verimlilik politikalarıyla birlikte ekonomik enerji ve istihdama yönelik katkıların istenilen seviyeye ulaşması, küresel iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve enerji güvenliğinin önemli ölçüde sağlanması hedeflenmektedir(Türkyılmaz, 2009:s.11). Türkiye'deki enerji harcamalarındaki hızlı artış nedeniyle önemliden derecede tasarruf kapasitesi ve 2020 yılında 222 Mtep (%15) birincil enerji talebinde tasarruf potansiyeli öngörülmüştür. Ayrıca 30 Mtep enerji kapasitesi mevcut olabileceği öngörülürken, aynı oran Dünya Bankası öngörülerine göre %27 düzeyindedir. Enerji yoğunluğu kıyaslamaları, bu düzeydeki potansiyelin var olduğu düşüncesini destekler niteliktedir(TMMOB, 2012:s.204). Tasarruf potansiyelinin istihdam boyutu hesaplandığından ortalama 25 Mtep'lik potansiyelin AB'deki ortalama 1 Mtep enerji tasarrufuna 2.000 tam zamanlı istihdamla birlikte, toplamda 50.000 tam zamanlı istihdama karşılık geleceği öngörülmüştür. Bu istihdam oranının bağlantılı işlerle birlikte 150.000 düzeylerinde olacağı, özellikle işsizliği önleyici çok önemli bir adım olacağı tahmin edilmektedir(Türkyılmaz, 2009:s.12).

### **2.1.5.1. Enerji Üretiminde Verimliliği Sağlayacak Teknolojiler**

Santrallerin iç tüketimini azaltmaya yönelik teknolojilerin elektrik enerjisi üretiminde öncelikli hedefler arasında olduğu öngörülmüştür. Türkiye'de kömür yakan termik santrallerin iç tüketimi %5 civarında olduğu öngörülmektedir. Santral güçlerinin artırılması ile bunu aşmak mümkündür. Yakıt ile birlikte kazan, kömür, baca, su besleme sistemlerindeki gelişmelerin iç tüketim azaltılabileceği öngörülmektedir. Farklı bir çözüm olarak ısı verimliliğini sağlayacak, kömür yakmada akışkan yataklı sistemlerin kullanımına yönelim, gaz yakımında gaz türbinli çevrim santrallerinin yer alması, ısı ve kaynak kullanımını verimliliğini

arttırma örnek gösterilebilir. Diğer bir çözüm olarak, hidrokarbon içeren fosil yakıtların madenciliğinde yerli kaynaklardan üretilen petrol ve gaz benzeri yakıtların üretiminde ve saklanması üretim kapasitesini artırıcı teknolojilerin kullanımı bu hedefe yönelik uygulanabilecek teknolojiler arasında gösterilebilir(Doğan, 2010).

### **2.1.5.2.Enerjinin İletim ve Dağıtımında Enerji Verimliliği Sağlayacak Teknolojiler**

Türkiye'nin enerji iletimindeki %3'lük kaybı, gelişmiş ülkelerdeki kayıp oranı ile aynı düzeyde olması, bu yönde ciddi bir problem olmamasıyla birlikte, dağıtım anında meydana gelen kaybın ise %7-8 oranında kayıp yaşayan Avrupa ülkelerine nazaran oldukça yüksek olduğu söylenebilir. 2001 yılında bu oranın %20'lere ulaştığı gözlemlenmiştir. Kayıpların genelde sosyal kayıplar olduğu, tahsil edilemeyen kaçak tüketim bedellerinin bunun sebebi olduğu söylenebilir. Bundan dolayı abone tüketimleri merkezden kontrolün sağlandığı, izlenip denetlendiği teknolojilerin uygulanmasına hız verilmesi oldukça önemlidir(Doğan, 2010).

### **2.1.5.3.Enerjinin Tüketiminde Enerji Verimliliği Sağlayacak Teknolojiler**

Söz konusu enerjiler kullanıldığı alanlara göre farklılık göstermekle beraber, bunlar içinde enerjiden daha çok ısıtma ve aydınlanma amacıyla fayda sağlayan bina ve hizmet sektöründe enerji verimliliğinin sağlanması durumunda çeşitlilik gözlemlenmektedir. Özellikle binaların dış kabuk ısı yalıtım tekniklerinin artırılmasıyla birlikte ısı kaybının önlenmesi, değişken tarifeli elektrik sayaçlara geçişine teşvik, az enerji tüketen yüksek verimli aydınlatma elemanlarının kullanımı, düşük enerji tüketen elektrikli ev cihazlarının teknolojilerini üretiminin özendirilmesi örnek verilebilir(İtü Enerji Enstitüsü).

Modern sanayi toplumlarında kalkınmanın ana etkenlerinden birinin enerji olduğu bilinmektedir. Enerji verimliliği, sürdürülebilir bir kalkınma da öncelikli faktörler arasında en başlarda yer almaktadır. Bundan dolayı ülkeler “birim hasıla başına tüketilen enerji” olarak belirtilen enerji yoğunluğunun azaltılması, sera gazlarının olumsuz etkisinin hafifletilmesi adına enerji politikalarında enerji verimliliğine gereken önceliğin verilmesi oldukça önemlidir(Konya Ticaret Odası).

Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Raporu'na göre, Türkiye'nin birincil enerji ihtiyacının yılda ortalama % 4-5, elektrik enerjisi ihtiyacının da %



8'lik hızla arttığı söylenebilir. Özelleştirme süreciyle birlikte, arz güvenliğinin tamamen piyasa mekanizmalarına bırakılmış olması, ihtiyacı karşılayacak yatırımların zamanında yapılmamasından kaynakladığı öngörülmüştür. Enerji verimliliğinin enerji arz politikası şeklinde algılanması ve yönetilmesi gerektiği belirtilerek, enerji verimliliği politikalarının elektrik, sanayi, bina ve ulaşım sektörlerinde tümüyle uygulanmasının gerekliliği vurgu yapılmıştır(Doğan, 2010).

Enerji verimliliğinin, “harcanan her birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesi” şeklinde belirtilen rapor da(TMMOB, 2009):

*“Üretimde ve günlük yaşamda enerji yoğunluğunun azaltılması; enerji zincirlerinin tümünde verimliliğin artırılması, iletim ve dağıtımda verimin azlığı, kayıp-kaçakların azaltılması, sanayi üretiminde verimliliği arttırmaya yönelik teknolojilerin uygulanması, binaların rehabilitasyonu, verimli elektrikli ev aletleri ve ofis cihazlarının tercihi, ulaşımda enerji verimliliği zincirinin oluşturulması, konu ile ilgili bütün tarafların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi ile gerçekleştirilebileceği”* öngörülmüştür.

Yeryüzünde ihtiyaç duyulan enerji oranı mevcut enerji rezervlerine kıyasla oldukça az olup, mevcut enerji kaynaklarının yeterli bir şekilde değerlendirildiği söylenemez. Enerji talebinden, elde edimine kadar geçen süreçte kayıp oldukça fazla olmaktadır. Enerji kaybının bu denli çok olması ve artması ekonomiyi oldukça olumsuz yönde etkilemektedir. Hızlı artan talepler göz önünde bulundurulduğunda, enerji verimliliğinin tasarrufa gidilerek artırılması amaçlanmaktadır. Aksi düşünüldüğünde, artan nüfus ile birlikte enerji talebinde ciddi bir şekilde artması durumunda, bu talebe cevap verilmesinin oldukça zor olacağı öngörülmektedir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerin sanayileşmiş ülkelere kıyasla aynı malı üretebilmek adına %40 oranında daha fazla enerji harcadığı tahmin edilmektedir. Türkiye’de herhangi bir yatırıma gerek duyulmadan gerçekleştirilebilecek tasarruf oranının %20 olduğu düşünülmektedir. Türkiye’de tasarruf ile ilgili çalışmaların EİE tarafından yapıldığı bilinmektedir(Çolak vd., 2005: 339). Enerji tasarruflarının bir çok kâr yönlü faydalarına karşı, önlemlerin alınması zaman almaktadır. Sanayi ve diğer sektörlerde, maliyetlerin fiyatlara hemen yansdığı düşünülse dahi, enerji tasarrufu yatırımlarının uygulanması oldukça uzun bir zaman almaktadır. Özellikle az gelişmiş ülkelerde enerji tasarrufuna verilen önem çeşitli nedenlerden dolayı daha da azalmış durumdadır(Doğan, 2010):

- ✓ *Fiyat değişmelerine karşı verilen tepkinin oldukça yavaş olması, işletmelerin verimli çalıştığı düşüncesinin hakim olması,*
- ✓ *Enerji tasarrufu yatırımlarının karışık yapıda olması, konu ile ilgili yeni ekipmanlar ile ilgili gerekli güven ortamının olmaması, gerekli*

- revizyonlar sebebi ile üretim duraksamasının yaşanmasının istenmemesi,*
- ✓ *Enerji tasarrufu yatırımlarının bir çok küçük yatırımdan oluşması,*
  - ✓ *Son dönemde, ekonomik şartların daha da ağırlaşması sebebi ile yeni yatırımlara yeterli kaynağın ayrılmaması,*
  - ✓ *Üretim artışına daha fazla önem verilerek, verimin iyileştirilmesinin ikinci planda kalması ve üst yönetiminin enerji tasarrufuna gereken önemin verilmemesi*

Çoğunluğu kamuya ait olmakla birlikte, Türkiye de ekonomik özelliğini kaybetmiş sanayi tesisleri olduğu bilinmektedir. Bu tesislerin teknolojik gelişmelere ayak uyduramamış, maliyet kriterlerine kıyasla oldukça fazla enerji tüketen tesisler olduğu öngörülmektedir. Türkiye’de enerji tasarruflarına destek amaçlı 1995 yılında ETKB’nin “Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması için Alacakları Önlemler” yönetmeliğinde; enerji tüketimi 2000 TEP’e eşit ve büyük olan tüm fabrikalar enerji tüketiminde verimliliğin arttırılması amacı ile enerji yönetim sistemi oluşturulması söz konusu olmuş, ek olarak 1997 de kamu kuruluşları ile ilgili yayınlanan genelgeye göre, bütün kuruluşların tüketim aşamasında mevcut enerjinin verimli kullanılmasıyla ilgili şube müdürlükleri oluşturmaları, 1995 yılında yayınlanan yönetmeliğe uygun faaliyet sürdürmeleri istenmiştir(Söğüt, Oktay, 2006:152).

### **2.1.6.Enerji Yoğunluğu**

Enerji verimliliğinde, enerji yoğunluğu çok önemlidir. Enerji yoğunluğu, GSYİH başına tüketilen birincil enerji miktarını göstermekte ve tüm dünya tarafından kullanılmakta olup, enerji yoğunluğunun herhangi bir ülkede ne kadar düşükse, o ülkede birim hasıla üretmek amacıyla harcanan enerjinin o kadar düşük olduğu söylenebilir. Enerji yoğunluğunun düşük olması, enerjinin verimli bir biçimde kullanıldığı anlamına gelmektedir(Haydaroğlu, 2006:11). Enerji yoğunluğunun şu şekilde tanımlanabilir(Doğan, 2010):

$$\text{Enerji Yoğunluğu} = \frac{\text{Tüketilen Enerji Miktarı}}{\text{GSYİH}}$$

İşlem sonucundaki rakamın büyümesi, ülkedeki enerji tüketim miktarının gitteğe arttığı anlamına gelmektedir. Enerji yoğunluğu artışı istenen bir durum olmamakla beraber, ülkeler arasında enerji yoğunluğu göstergelerinde ciddi farkların olduğu tahmin edilmektedir. Ülkelerin nüfus yoğunlukları, enerjinin kendi fiyatı, ülkedeki ya da bölgedeki iktisadi faaliyetlerin yapısı, ekonomideki kapasite kullanımı, sermaye yatırımları, yeni inşaat, nüfus, teknolojik yenilikler, enerji

politikaları ve ülkenin sahip olduğu enerji kaynaklarının az ya da fazla olması, yerleşim birimleri arasındaki süreçlerin ve iklim şartları çeşitliliklerinden kaynaklanmaktadır. Bazı ülkelerin enerji verimliliklerindeki farklılıklar, enerji yoğunluğunda farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Eşitsizliklerin oluşma sebebi olarak, farklı oranlarda yeni ve enerji açısından verimli teknolojilerin adaptasyonu ve enerji fiyatlarının genel seviyesi, geçmişten alınan alışkanlıklar, karar verme süreçlerindeki farklılıklar, yöneticilerin seviyesi gibi çeşitli etmenlere bağlı olduğu söylenebilir(Fidan, 2006:69). Türkiye’de 2009 yılında enerji yoğunluğu oranınının 0.38; Japonya’nın 0.09, ABD’nin 0.25, Yunanistan’ın 0.20, OECD ülkelerinin 0.19 ve dünya ortalaması 0.29 olduğu öngörülmüştür. Bu oran ne kadar düşük olursa, enerji o kadar verimli kullanıldığı söylenebilir. Belirtilen rakamlara göre Türkiye bir birim değer üretmek için Japonya’nın 4 katı kadar enerji tükettiği, ve Türkiye’nin diğer ülkelere göre “enerji savurganı” olduğu söylenebilir. Dünya genelinde sıfır enerji tüketimine sahip bina uygulamalarına gidilirken, Türkiye de bu konu ile ilgili yeterli çalışmanın yapılmadığı söylenebilir. Buna karşın Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin, bütünüyle uygulanması durumunda binalarda tüketimin en az % 50 oranda azalacağı öngörülmektedir. Bunun yıllık 7 milyar \$ tasarruf anlamına geldiği öngörülmektedir(Emlakkulisi). Fiyat artışları ve güvenlik tehditleri ile ilgili yapılacak en yararlı yatırımın “enerji yoğunluğu” olduğu söylenebilir. Gelişmişliğin ölçütünün ne kadar çok enerji tükettiği ile değil de, ne kadar az enerji harcayarak ne kadar çok ürettiği ile irdelenmesinin günümüzdeki en iyi yöntem olduğu söylenebilir. Bununla ilgili olarak, iyi olarak nitelendirilen İrlanda, Danimarka ve Almanya’nın düşük değerlerine rağmen sürekli aşama katettiği, diğer dört ülkenin iyi olan enerji yoğunluğu değerlerini sadece korudukları söylenebilir. Japonya’nın konu ile ilgili iyi bir konumda olduğu, bu ülkelerin ardından İngiltere, Belçika, Yunanistan, İspanya, Kıbrıs Rum Kesimi, Hollanda, Portekiz ve İsveç gibi ülkelerin geldiği söylenebilir. En kötü durumdaki ülkelere örnek olarak ise eski doğu bloku ülkeleri ortalamaları ile ilk sıralarda yer aldığı söylenebilir(Özgür Gürbüz, 2006).

## **2.2.Yenilenebilir Enerjiler Ürün ve Teknolojileri Dış Ticaret Sınıflandırılması ve Dünya Ticareti**

### **2.2.1. Dış Ticaret Sınıflandırması**

Dünya Gümrük Örgütünün (WCO) tarafından yenilenebilir enerji ürünleri için belirlediği Armonize Sistem kodları ve bu kodların altında Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) numaraları bulunmakla birlikte; jeotermal, dalga ve bazı biyoenerji sistemleri alanında bir kod sistemi mevcut değildir.

### 2.2.1.1. Güneş Enerjisi

Dünya ihracatı 2006 yılı verilerine göre, Meksika, Almanya, Fransa ve Avusturya 100 milyon \$'ı aşan fiyatlarla termal güneş enerjisi sistemlerinde öncü konumda olup, toplam ihracatın 1,3 milyar \$'ı aştığı öngörülmektedir.

**Tablo 50:** Termal Güneş Enerjisi Sistemleri Dünya İhracatı (ABD \$)

İhracatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Meksika	199.183	197.99	223.501	235.62	272.595
Almanya	85.98	121.416	170.55	203.557	251.932
Fransa	55.906	83.424	91.954	90.609	140.291
Avusturya	29.135	45.911	54.441	69.211	137.957
ABD	53.325	52.443	48.733	70.211	83.471
Polonya	17.435	33.879	55.205	60.669	68.834
İngiltere	32.353	29.399	33.685	50.502	45.683
İtalya	27.352	26.643	28.039	33.561	37.422
Hollanda	7.806	20.279	30.075	33.279	34.742
Çin	3.235	4.953	10.148	20.601	33.858
Belçika	10.524	17.334	27.208	29.77	33.186
İsviçre	9.37	12.141	18.242	18.745	27.11
Yunanistan	6.5	11.815	12.423	14.729	25.008
Danimarka	11.531	12.436	11.827	15.187	24.484
<b>Dünya toplamı</b>	<b>638.969</b>	<b>784.067</b>	<b>961.548</b>	<b>1.091.938</b>	<b>1.307.824</b>

**Kaynak:** Trademap

Almanya ve ABD 300 milyon \$'ı aşan rakamlarla termal güneş enerjisi ithalatınca öncü ülkeler olup, bu ülkeleri Fransa, Avusturya, İtalya, İspanya ve İngiltere takip etmektedir.

**Tablo 51:** Termal Güneş Enerjisi Sistemleri Dünya İthalatı (ABD \$)

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Almanya	123.995	180.943	212.737	250.823	321.062
ABD	181.381	172.866	178.595	236.568	308.148
Fransa	16.993	22.289	37.201	45.412	85.91
Avusturya	14.69	20.138	31.01	40.674	65.942
İtalya	23.316	29.254	29.746	28.431	41.434
İspanya	7.43	7.727	14.236	22.26	39.878
İngiltere	51.587	22.226	29.067	29.66	37.882
İsviçre	16.724	22.791	26.155	27.874	35.746
Kanada	26.42	27.586	24.299	29.483	33.503
Rusya F.	3.921	7.339	12.092	12.716	30.48
Belçika	10.211	14.726	22.215	23.072	26.521
Polonya	9.503	11.264	13.066	18.03	17.255
Meksika	6.292	9.569	13.321	16.643	16.796
Tayland	745	4.387	3.2	2.871	12.706
Çek Cumhuriyeti	7.789	9.54	10.481	10.828	11.119
Dünya toplamı	592.263	682.735	817.435	988.867	1.247.105

**Kaynak:** Trademap

ABD'nin 200 milyon \$'ın üzerinde dış ticaret açığı verdiği, İthalat ve İhracat yapan ülkelerin benzer özellikte olmasına rağmen iç pazarların ihtiyaçlarını karşılamadığı, bu ülkelerden en göze çarpanın ABD ve Almanya olduğu öngörülmüştür. Dünya toplam ihracatı Fotovoltaik sistemlerde 20 milyar \$'a yaklaştığı, en önemli ihracatçı ülkelerin Japonya, Çin, Almanya, ABD ve Tayvan olduğu, özellikle Çin'in son 5 yıldaki artışı 10 katı aşarak, ihracatı son yıllarda ivme kazanarak ciddi bir şekilde arttığı, Hong Kong ve Malezya'da 1 milyar \$'ı aştığı öngörülmektedir.

**Tablo 52:** Güneş Pili (Fotovoltaik) Sistemleri Dünya İhracatı (ABD \$)

İhracatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Japonya	2.436.347	3.548.225	4.628.904	4.796.151	5.198.761
Çin	222.309	322.799	644.213	1.257.539	2.459.654
Almanya	524.712	802.875	945.992	1.308.854	1.970.339
ABD	912.063	1.080.063	1.393.875	1.626.971	1.624.483
Tayvan	590.139	840.848	1.175.287	1.403.206	1.403.456
Hong Kong	533.13	663.714	895.463	971.163	1.247.165
Malezya	621.878	660.6	792.747	869.413	1.004.274
İngiltere	105.956	167.129	216.417	383.775	508.43
Singapur	240.374	314.376	328.703	317.147	444.569
Belçika	71.047	121.979	132.481	222.453	435.399
Kore	158.525	189.118	317.324	315.231	422.113
Dünya Toplamı	7.186.483	9.903.527	12.988.817	15.734.805	19.640.583

**Kaynak:** Trademap

Fotovoltaik ithalatında Almanya 4 milyar \$'ı aşan değeriyle en önde olup, Almanya'yı 3 milyar \$ ile Çin, 1 milyar \$'ı aşan fiyatlarla ABD, Hong Kong, Japonya ve İspanya takip etmektedir.

**Tablo 53: Güneş Pili (Fotovoltaik) Sistemleri Dünya İthalatı (ABD \$)**

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Almanya	870.411	992.34	1.879.098	3.218.424	3.785.989
Çin	909.913	1.398.113	2.063.648	2.565.452	2.999.519
ABD	1.004.935	1.118.009	1.251.289	1.390.843	1.848.123
Hong Kong	710.348	892.564	1.204.759	1.334.781	1.715.387
Japonya	509.381	777.581	1.001.659	1.135.860	1.207.080
İspanya	76.775	84.58	102.653	252.554	1.128.927
Kore	458.073	687.951	858.411	865.114	978.88
İngiltere	124.500	210.118	234.981	326.806	458.677
İtalya	114.521	145.495	199.148	275.908	455.046
Tayvan	268.543	362.832	472.616	462.097	454.989
Singapur	308.79	295.932	339.057	328.197	432.124
Meksika	267.292	279.298	282.577	356.909	414.738
Belçika	107.248	164.886	163.578	236.415	410.005
Fransa	120.832	172.579	231.565	262.178	309.396
Hollanda	52.180	169.941	239.775	362.577	306.716
Dünya toplamı	7.179.515	9.361.011	12.626.161	15.876.541	19.750.241

**Kaynak:** Trademap

Fotovoltaik DA jeneratörlerde dünya ihracatı değeri 4 milyar \$'ın üzerinde olup, Almanya başta olmak üzere Japonya, Çin, Meksika ve ABD en önemli ihracatçı ülkeler arasındadır.

**Tablo 54: Fotovoltaik (PV) DA Jeneratörler Dünya İhracatı (ABD \$)**

İhracatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Almanya	486.617	601.507	677.624	726.657	766.419
Japonya	304.585	364.328	412.807	506.511	563.596
Çin	97.196	187.594	294.33	330.798	504.141
Meksika	453.17	447.097	463.535	436.777	461.228
ABD	232.748	238.861	319.082	315.526	346.682
Kanada	123.529	131.453	124.504	114.25	131.387
Fransa	70.164	88.59	107.765	111.898	131.019
Hong Kong	54.442	56.977	91.914	112.632	124.434
Kore	187.013	206.029	201.906	164.247	117.032
İspanya	47.513	44.125	92.944	111.859	111.594
İsviçre	66.554	80.69	100.212	99.92	96.559
Danimarka	53.6	62.303	87.27	89.804	94.561
İtalya	45.535	67.094	94.616	97.445	86.389
Dünya toplamı	2.583.125	2.971.695	3.527.745	3.670.687	4.064.505

**Kaynak:** Trademap

Fotovoltaik DA jeneratör sistemlerin en önemli pazarın sahibi ABD olup, ardından yarım milyon \$'ı aşan bir değerle Almanya, Almanya'nın ardından Fransa, Meksika, Japonya gelmektedir.

**Tablo 55: Fotovoltaik (PV) DA Jeneratörler Dünya İthalatı (ABD \$)**

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
ABD	882.458	1.023.961	1.088.661	1.118.117	1.180.975
Almanya	273.204	395.435	427.114	501.728	503.999
Fransa	227.768	217.529	247.44	239.724	288.062
Meksika	206.285	233.581	245.358	308.525	261.866
Japonya	123.685	156.774	209.926	246.259	240.177
Çin	100.36	154.804	174.172	172.614	212.92
Çek Cumhuriyeti	35.629	44.337	71.983	92.404	159.485
Kanada	105.442	115.966	139.032	110.295	129.545
İtalya	48.735	63.955	76.581	128.298	118.599
İngiltere	125.047	151.776	142.802	113.889	92.077
İspanya	38.291	91.765	77.815	54.594	91.282
Kore	35.946	43.772	46.798	60.525	87.21
Tayland	39.387	43.081	61.967	71.848	84.065
Hong Kong	39.26	30.962	63.799	83.984	82.213
Avustralya	56.436	75.451	79.536	81.99	73.775
İsviçre	26.604	35.29	45.439	67.562	72.334
Avusturya	44.032	50.962	51.791	63.098	70.313
Dünya toplamı	2.841.814	3.468.378	3.913.173	4.251.690	4.470.990

**Kaynak:** Trademap

İtalya, Çin, ABD, Fransa ve İngiltere AA Fotovoltaik jeneratörlerde en baştaki ihracatçı ülkeler olup, ilk sıradaki İtalya'nın 2006 yılındaki ihracatı 135 milyon \$'dır.

**Tablo 56: Fotovoltaik (PV) Jeneratörler (AA) Dünya İhracatı (ABD \$)**

İhracatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
İtalya	73.439	83.424	107.899	118.187	135.009
Çin	31.269	37.209	48.517	75.795	96.787
ABD	55.28	51.528	76.744	72.446	79.123
Fransa	20.815	24.093	28.406	40.434	61.168
İngiltere	32.366	27.098	38.7	52.452	52.325
Almanya	23.838	32.803	39.389	46.508	33.727
Japonya	6.719	8.251	12.029	16.074	31.553
Çek Cumhuriyeti	14.527	23.625	36.711	39.552	30.709
Meksika	9.76	14.852	14.005	17.096	19.687
Singapur	6.221	7.289	10.424	10.455	14.139
Güney Afrika	2.102	1.269	12.607	8.096	11.16
Rusya Federasyonu	2.144	3.549	4.528	4.851	9.99
Portekiz	1.497	1.839	1.619	2.56	6.126
Dünya toplamı	322.598	377.274	507.574	569.981	643.036

**Kaynak:** Trademap

2006 yılında ithalat değeri 170 milyon \$'a yaklaşan ABD başta olmak üzere, Fransa, Almanya, İngiltere ve Kanada dünya üzerindeki önemli pazarlar olarak bilinmektedir.

**Tablo 57:** Fotovoltaik (PV) Jeneratör ler (AA) Dünya İthalatı (ABD \$)

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
ABD	35.304	51.869	96.508	142.36	166.714
Fransa	26.489	36.079	43.223	54.416	81.891
Almanya	37.339	55.634	57.673	49.238	71.921
İngiltere	31.004	45.361	55.338	61.148	71.341
Kanada	33.487	33.064	53.086	47.405	55.188
İspanya	14.747	22.009	26.967	30.703	30.701
Singapur	15.486	11.007	15.213	23.105	23.924
Brezilya	1.805	5.738	10.937	15.731	23.695
İtalya	10.082	13.207	16.619	17.858	19.928
Nijerya	6.582	10.719	15.566	16.59	17.799
Hindistan	1.517	848	798	1.002	12.919
Lübnan	2.666	1.887	1.947	11.281	12.004
Türkiye	4.557	4.908	8.726	10.457	11.814
Hollanda	8.932	15.161	17.308	18.715	11.296
Dünya toplamı	384.811	452.763	590.632	707.149	847.15

**Kaynak:** Trademap

### 2.2.1.2. Rüzgar Enerjisi

Danimarka başta olmak üzere, Almanya, İspanya, Hindistan ve İtalya 3 milyar \$ aşan değerle jeneratör ekipmanları pazarında ön plana çıkarken; ABD, Almanya, Çin ve Japonya belirtilen yıllarda ithalatta ön plana çıkan pazarlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Tablo 58:** Rüzgâr Türbin Sistemi Jeneratörü Dünya İhracatı (ABD \$)

İhracatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Danimarka	1.007.748	964.965	888.221	997.706	1.185.696
Almanya	20.739	78.941	97.434	590.279	748.483
İspanya	3.117	44.841	36.628	181.658	438.438
Hindistan	295	771	1.174	23.855	231.421
İtalya	1.453	1.437	612	12.646	158.663
Japonya	1.109	1.254	360	8.476	142.839
ABD	1.758	1.546	25.866	3.626	83.31
Avustralya	260	1.498	2.203	32.04	67.251
Çek Cumhuriyeti	73	99	92	68	5.321
Fransa	937	1.213	2.054	2.717	3.952
İngiltere	3.828	17.898	4.108	2.724	3.737
Hollanda	797	2.152	15.52	499	3.24
Çin	53	16	197	404	3.188
Dünya toplamı	1.049.499	1.131.925	1.101.007	1.916.807	3.089.881

**Kaynak:** Trademap



Artan talebe arz olarak cevap vermekte güçlük çeken bu üründen, 1'er milyar \$'ı aşan değerle Danimarka en büyük ihracatçı, ABD en büyük ithalatçı olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Tablo 59: Rüzgâr Türbin Sistemi Jeneratörü Dünya İthalatı (ABD \$)**

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
ABD	140.723	379.674	64.063	503.798	1.279.998
Almanya	448.323	319.076	376.084	365.688	423.029
Çin	17.637	31.297	93.295	211.485	257.089
Japonya	19.535	100.271	112.566	43.842	232.92
Kanada	20.234	31.26	93.658	41.344	174.556
İngiltere	2.231	96	10.417	247.887	160.289
Fransa	226	382	14.811	73.926	151.855
Avusturya	9.041	32.502	2.45	161.526	144.773
Yunanistan	995	6.454	27.863	82.905	105.87
Meksika	187	51	137	157	85.306
Hollanda	52.133	67.802	44.077	65.315	71.126
Portekiz	4.081	29.799	49.177	84.864	65.066
Brezilya	421	1.997	3.943	5.602	61.728
Kore	1.928	6.486	31.466	22.932	59.234
Dünya toplamı	825.76	1.139.920	1.149.388	2.239.617	3.581.759

**Kaynak:** Trademap

### 2.2.1.3. Hidrolik (Su ) Güç Enerjisi

İngiltere, Avusturya, Almanya ve Çin 50 milyon \$'ını dünya dış ticaret değerini aşan KHES'lerde göze çarpan ihracatçı ülkelerdir. Kore, İspanya, Pakistan ve Almanya en üst sıralardaki ithalatçılardandır.

**Tablo 60: Küçük Ölçekli Hidrolik Türbin Sistemleri Dünya İthalatı (ABD \$)**

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Kore	114	23	61	13	6.183
İspanya	2.552	1.117	1.322	2.029	3.432
Pakistan		360	12	0	3.329
Almanya	1.856	1.368	895	3.44	2.57
Norveç	331	1.02	1.203	1.448	2.232
Endonezya	188	219	2.433	797	1.528
Avusturya	199	42	407	650	1.409
Romanya	153	40	92	268	1.13
Fransa	253	483	312	1.185	1.026
Fas	2.9	41	330	202	818
Şili	29	160	637	68	761
Nijerya	1.017	27	21		755
İsviçre	634	955	1.045	1.549	729
Portekiz	50	149	13	39	682
Dünya toplamı	45.37	48.443	42.233	25.422	36.002

**Kaynak:** Trademap

#### **2.2.1.4. Biyokütle Enerjisi**

2006 yılında ortalama 45 milyar litre olan toplam biyoyakıt dünya üretiminin, taşıtlarda tüketilen yakıt miktarının %1'den az fazlasına denk geldiği öngörülmüştür(Global Economic Prospects, 2008: s.41).

Biyoyakıtların önemi, fosil kaynakların sürekli artış gösteren fiyat ve çevreye verdiği zarardan dolayı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Ayrıca bu yakıtların kullanılmasında dizel ve benzinli motor sistemlerine ihtiyaç duyulmaması, bu alanda verimi arttırmaya yönelik teknoloji yeniliklerinin gelişim sağlamasına ve biyoyakıtların kullanımını önemli derecede arttırmasına neden olmaktadır. Bu artışın gelecek yıllarda da önemli şekilde artacağı öngörülmüş olup, ABD, AB, Çin ve Hindistan gibi büyük miktarda enerji tüketen ve fosil yakıtlara bağımlı ülkeler bu alana önemli derecede yatırım yapmaktadır.

### **2.3.Yenilenebilir Enerji Teşvik, Yatırım ve İstihdam Potansiyeli**

#### **2.3.1.Yenilenebilir Enerji Yatırımları**

Yenilenebilir enerji kavramını, 19. yy'da başlayan ve 20. yy'da doruk noktasına çıkan fosil yakıt kullanımına bağlı çevresel ve sosyal sorunlara karşı bir uyanışın ürünü olarak görmek mümkündür. Özellikle 20. yy'ın ortalarından itibaren ortaya çıkan bu uyanış beraberinde “yeşil ekonomi” kavramını getirmiştir. En basit tanımıyla yeşil ekonomi; “insanın doğa üzerindeki yıkıcı müdahalelerini en aza indirmeyi amaçlayan, ekonomik büyüme ve kalkınma dogmasını reddeden ve “küçük güzeldir” anlayışıyla devasa ölçeklere karşı toprağa yakını, doğayla uyumlu ve insani ölçekte üretim-tüketim ilişkilerini temel alan ekonomik yaklaşımdır.”(Şahin, 2012: 24). Yeşil ekonomiye yönelik desteğin son yıllarda artması ve hatta yeşil ekonomik düzeninin UNEP tarafından 2008 yılındaki krize çözüm olarak gösterilmesi de diğer yeşil ekonomik faaliyetler gibi yenilenebilir enerjiye olan yatırımların büyümesini sağlamıştır(Şahin, 2012:s. 30).

Fosil yakıtların neden olduğu çevresel ve sosyal sorunlarla bu kaynakların gelecek yıllarda tükenebilecek olması, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır. Yenilenebilir enerjide yeni yatırımlarının küresel bazda değişimi incelendiğinde bu kaynaklara olan ilginin arttığı net olarak görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yeni yatırımlarda 2004-2008 yılları arasında artış seyri gösterdiğinden bahsetmek mümkündür. 2008'de ortalama 4 kat artarak 121 milyar \$ olmuş, aynı yıl yaşanan küresel ekonomik kriz, birçok sektörde olduğu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yeni yatırımlarda da etkisini göstermiştir. Gelişmiş ülkelerde 2009 yılındaki yeni yatırım miktarının bir

önceki yıla göre 8 milyar \$ azalması bu etkinin bir sonucudur. İlginçtir ki, gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yeni yatırımlardaki bu azalma, gelişmekte olan ülkelerde görülmemektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki yeni yatırımların 2009 yılında 2008 yılına göre 5 milyar \$ artışla 66 milyar \$ olması bu durumun bir kanıtıdır. Gelişmiş ülkelerde, 2008 yılında yaşanan krizin atlatılmasının ve yapılan teşviklerin de etkisiyle, 2010 yılındaki yeni yatırım miktarı bir önceki yıla göre 49 milyar \$ artarak tarihteki en büyük sıçramayı yaşamış ve 163 milyar \$ olmuş, 2011 yılında da yükselmeye devam eden yatırımlar, 2010 yılına göre 28 milyar \$ artarak 190 milyar \$ olmuş ve en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde ise, yeni yatırımlar 2009-2011 yılları arasında da artmaya devam etmiş ve 89 milyar \$'a ulaşmıştır. 2012 yılında yaşanan küresel krizle birlikte, gelişmiş ülkelerdeki yeni yatırımlar bu krizden tekrark etkilenmiş ve bir önceki yıla göre 41 milyar \$ azalarak 149 milyar \$ olmuştur. Gelişmekte olan ülkelerde söz konusu krizin etkisi ise ancak 2013 yılında kendisini göstermiştir. Bu ülkelerde, 2012 yılında, 2011 yılına göre 28 milyar \$ artış göstererek 89 milyar \$ olan yeni yatırımlar, 2013 yılında 10 milyar \$ azalarak 97 milyar \$ olmuştur. Gelişmiş ülkelerdeki yeni yatırımların, 2013 yılında 2012 yılına göre 14 milyar \$ düşüşle 135 milyar \$ olması, söz konusu ülkelerde küresel krizin etkisinin devam ettiğini göstermektedir. 2014 yılında krizin etkisinin azalmasının etkisiyle yenilenebilir enerji yatırımlarındaki yeni yatırımlar 4 milyar \$ artarak 139 milyar \$ olmuştur. Gelişmekte olan ülkelerde ise, bu dönemde tarihinde yaşanan en büyük artış olan 34 milyar \$'lık yükselişle yeni yatırımlar 131 milyar \$ seviyesine ulaşmış ve ilk defa gelişmekte olan ülkelerdeki yatırım miktarına yaklaşmıştır. Ayrıca 2014 yılında, dünyada enerji üretim kapasitesine eklenen 103 GW enerji ile yenilenebilir enerji yatırımlarında en iyi artış yılı olarak kabul edilmektedir. Bu rakam ABD'de 158 nükleer tesisten aynı dönemde elde edilecek enerji miktarına eşittir (UNEP, 2015:s.11). Tüm bu veriler, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin devamlılık gösterdiğini ve giderek arttığını kanıtlamaktadır.

Yenilenebilir enerjide sektör bazında 2010-2030 yılları arasındaki küresel yatırımlar incelendiğinde, 2010-2015 yılları arasında bir miktar düşüş olmakla birlikte genel olarak yenilenebilir enerji sektöründe yatırımların arttığı görülmektedir. 2010 yılında 239 milyar \$ olan yenilenebilir enerjideki küresel yatırımlar, 2011 yılında 40 milyar \$ artarak 279 milyar \$ olmuştur. Bir önceki yıla göre 2012 yılında 12 milyar \$ azalarak 257 milyar \$ olan söz konusu yatırımlar, 2013 yılında düşmeye devam ederek (yaklaşık 17 milyar \$ kayıp ile) 234 milyar \$ olmuştur. Şüphesiz bu durumda, küresel çapta yaşanan mali krizlerin etkisi söz konusudur. 2014 yılında yeniden toparlanma sürecine giren yenilenebilir enerji sektörü, bir önceki yıla göre 39 milyar \$ artarak 273 milyar \$ seviyesine ulaşmış ve

2015 yılındaki 13 milyar \$ artış ile de 286 milyar \$'lık bir yatırım miktarına erişilmiştir. Bu artışın 2030 yılına kadar toplam 1,3 trilyon \$ gibi bir miktara ulaşacağını tahmin edilmesi, yenilenebilir enerji sektörüne olan ilginin de artacağını kanıtlamaktadır. Dünya'da yenilenebilir enerjideki sektör bazında yatırımlarda ilk sırayı güneş enerjisi alırken, onu rüzgâr enerjisi takip etmektedir. Genel olarak söz konusu yatırımlarda biyokütle ve atıklardan enerjisi eldesi, jeotermal enerji, gelgit, dalga ve okyanus enerjisi, sıvı biyoyakıt ve küçük hidroelektrik üniteleri, güneş ve rüzgar enerjilerine göre daha az bir paya sahiptir.

2014 yılında yenilenebilir enerji yatırımlarının en fazla olduğu ülkeler Çin, ABD ve Japonya olmuştur. Bu dönemde gelişmekte olan ülkelerdeki yenilenebilir enerji yatırımları toplamda 131,1 milyar \$'a ulaşarak 138,9 milyar \$ olan gelişmiş ülkeler seviyesine yaklaşmıştır. Çin ile birlikte Brezilya, Hindistan, Güney Afrika, Endonezya, Meksika, Şili, Kenya ve Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler de yenilenebilir enerji yatırımlarının en fazla olduğu ülkeler olmuştur (UNEP, 2015:s.11). 2015 yılında yenilenebilir enerji kaynakları açısından yatırımın en fazla yapıldığı bölge 102,9 milyon \$ ile Çin olurken; onu 48,8 milyon \$ ile Avrupa izlemiştir. Bu durum gelişmiş ülkelerin ve gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımlarına olan ilgisinin artarak devam ettiğinin göstergesidir. 2015 yılında yeni yatırımların en fazla olduğu yenilenebilir enerji kaynağı 161 milyon \$ ile güneş olmuştur. Güneş enerjisine yapılan yatırımlar bir önceki yıla göre % 12 büyümüştür. 110 milyon \$'lık yatırımla rüzgâr 2015 yılında en çok yatırımın yapıldığı ikinci yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. Rüzgârın büyüme oranı ise bir önceki yıla göre % 4 artış göstermiştir. Rüzgârı sırayla biyokütle - atık, KHES, biyoyakıtlar ve jeotermal enerji kaynakları takip etmiştir. 0,2 milyon \$'lık yatırım ile 2015 yılında yatırımın en az olduğu yenilenebilir enerji kaynağı olan dalga-gelgit, -% 42 ile 2014 yılına göre büyümenin de en az olduğu enerji kaynağı olmuştur. Güneş ve rüzgâr enerjisine yapılan yatırımların ağırlıkta olduğu yenilenebilir enerji sektöründe, dalga-gelgit enerjisine yapılan yatırımlar düşük kalmıştır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji ile ilgili stratejik çalışmalarla birlikte 2010 yılında birtakım hedefler belirlenmiştir. Bu hedeflerden bazıları şu şekildedir:

- ✓ *Yenilenebilir enerji ile ilgili projelerde, başta ekonomik anlamda güçlü sayılabilecek lisanslı projelerin belirtilen sürede tamamlanmasına ilişkin belirli tedbirlerin alınması ve öngörülen projelerin teknolojik gelişmeler ve mevzuat düzenlemeleri ile ilişkili olarak düzenlenmesi*
- ✓ *Özel sektöründe desteğiyle, hidroelektrik potansiyelinden maksimum ölçüde yararlanılarak ekonomik katkının sağlanması ve hidroelektrik üretimine elverişli kaynakların tüketim talepleri esnekliğinden etkilenmeden talepleri*

*karşılıyacak çalışmaların yürütülmesi ve hidroelektrik santralleri ile ilgili projelerin ekonomik analiz kriterleri ile bağlantılı bir biçimde o günün koşullarına göre revize edilmesi*

- ✓ *Rüzgar ve güneş enerji santralleri gibi kesintili üretimin söz konusu olduğu enerji santrallerinin elektrik iletim sistemlerine daha fazla entegrenin sağlanmasına yönelik tedbirlerin alınması ve bu çalışmaların hızlandırılması*
- ✓ *Jeotermal enerji kaynakları kullanım ilkeleri gözetilerek yenilemelerin yapılarak, kullanımın sürekli kılınması ve tespit edilen elektrik üretimine elverişli jeotermal enerji üretim alanlarının özel sektöre açılmasının sağlanması*
- ✓ *Yenilenebilir enerji ile ilgili teknolojilerin takip edilerek, bu enerjiler ile ilgili AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesi*

Ayrıca Türkiye'nin olumsuz endüstriyel faaliyetlerin çevreye olan etkisinin minimuma indirilmesi hususunda 2009 yılında Kyoto Protokolunu imzalamış ve 2010 yılından itibaren çevre kirliliği hususunda bir dizi önlem alınmıştır:

- ✓ *Yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminde verimi arttırıcı yöntemlerin göz önünde bulundurulması ve temiz kömür teknolojilerinin dikkate alınması*
- ✓ *Sera gazı emisyonlarının azlatılması ile ilgili alternatif çözümlerin bulunması*
- ✓ *Katı atık veya atık su gibi biyokütle/ biyogaz potansiyellerinden maksimum ölçüde yararlanılması*
- ✓ *Madencilik çalışmalarında sürdürülebilir çevre şartlarının gözetilmesi ve kontrol ve denetimin bu ilkelere göre yapılması*
- ✓ *İklim değişikliği ve çevre dostu enerji teknolojileri ile ilgili eğitim ve bilinlendirme çalışmalarının ağırlık verilmesi*

2012 yılı baz alınarak 2013-2023 yılları içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklardan beklenen toplam katkının boyutu farklı modeller ile kurulu kapasitesinin boyutunu belirlemeye yönelik 2023 hedefleri şu şekilde belirtilmiştir:

**Tablo 61: 2023 Yenilenebilir Enerji Hedefleri**

Hidroelektrik Kapasite	34.000 MW	Teknolojilere ilişkin son verilere ve geleceğe yönelik tahminlere dayalı büyüme eğilimi
Jeotermal Enerji	En az 600 MW	Elektrik talebindeki eğilimlere ve mümkün olan potansiyelin tamamını hayata geçirmek üzere
Güneş enerjisi	En az 5.000 MW	Fotovoltaik güneş enerjisi için, elektrik talebindeki eğilimlere ve belirlenen hedefi yakalama ihtiyacına göre
Rüzgar Enerjisi(Karasal RES)	20.000 MW	Yıllık ilave artışının 1000 MW'a yükselmesi beklenmektedir. 2014'ten itibaren, artış eğilimi elektrik talebindeki eğilimlere ve belirlenen hedefi yakalama ihtiyacına göre ortaya çıkacaktır.
Biyokütle Enerjisi	1.000 MW	Elektrik talebindeki eğilimlere ve mümkün olan potansiyeli hayata geçirebilmek üzere.

**Kaynak:** ETKB, 2014(a)

Ayrıca hedefler arasında 2023 yılına kadar mevcut kurulu güç kapasitesine ek olarak yaklaşık 60 GW'lık yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç kapasitesi tesis edilmesi bulunmaktadır. Hedefler göz önüne alındığında, 2023 yılında brüt elektrik üretimi şu şekilde olması hedeflenmiştir:

**Tablo 62:** 2023 Yılında Brüt Elektrik Üretimi Hedefleri

Hidroelektrik	91.800 GWh
Rüzgar	50.000 GWh
Jeotermal	5.100 GWh
Güneş	8.000 GWh
Biyokütle	4.533 GWh

**Kaynak:** ETKB, 2014(a)

Toplamda yenilenebilir enerji kaynaklarından yapılan brüt elektrik üretimi yaklaşık 159.433 GWh'a ulaşacaktır. Bu miktar 2023 yılındaki toplam tüketim tahmininin yaklaşık % 37'sini oluşturmaktadır; Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi hedefi ise en az % 30, yani 127.324 GWh'dir. Ayrıca ısıtma ve soğutmada ise, kapasitenin baz yıla göre % 18 artması beklenmektedir.

Türkiye ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerjinin kullanımını konusunda iddialı bir taahhüde sahiptir. Hedeflere ulaşılabilmesi için yükümlülükler ve destek planları belirlenmiştir. Biyodizel ve biyoetanol politikaları aşağıda sunulmuştur:

- ✓ *Biyodizel: Biyodizel kullanımına teşviğe yönelik önlemler de bulunmakla beraber yükümlülüğün uygulanması ertelenmiştir.*

**Vergi muafiyeti:** Yerli hammaddeden üretilen ve dizel yakıtı karıştırılan biyodizelin %2'si özel tüketim vergisinden (ÖTV) muaftır.

**Ertelenen Yükümlülük:** Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin yerli tarım ürünlerinden elde edilen biyodizel içeriğinin 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla %1, 1 Ocak 2015 itibarıyla %2 ve 1 Ocak 2016 itibarıyla %3 olması gerekmektedir(27 Eylül 2011 Resmi Gazete).

- ✓ *Biyoetanol: biyodizel ile aynı tür önlemler benimsenmiştir.*

**Vergi muafiyeti:** Yerli hammaddeden üretilen ve benzine karıştırılan biyoetanolin %2'si özel tüketim vergisinden (ÖTV) muaftır.

**Yükümlülük:** Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin yerli tarım ürünlerinden oluşan biyoetanol içeriğinin 1 Ocak 2013 tarihi itibarıyla en az %2 ve 1 Ocak 2014 itibarıyla en az %3 olması gerekmektedir( 27 Eylül 2011 tarih ve 28607 sayılı Resmi Gazete).

Belirlenen politikalarla beraber ulaştırma alanında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik elektrik tüketimyle 2023 yılı için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ulaşım alanında tüketilen toplam enerji miktarının 1.800 kTEP belirtilmiştir(ETKB, 2014(a)).

Yenilenebilir enerjinin önemli derecede yaygınlaşması halinde meydana gelmesi öngörülen dışsalıkların Türkiye üzerinde ciddi anlamda olumlu bir etkiye sahip olması beklenmektedir(ETKB, 2014(a)):

- ✓ *Teknolojik bağımlılığın azalmasıyla, arz güvenliğinin önemli ölçüde sağlanacağı öngörülmüştür. 2023 yılında tüketilen enerji miktarının en az %30'unu yenilenebilir enerji kaynaklarından üretileceği tahmin edilmektedir. Yaşanan gelişmelerle birlikte 2023 yılına gelindiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecek elektrikle beraber, 21 milyar m<sup>3</sup> daha az doğalgaz ithalatının gerçekleşmesi beklenmektedir. Böylelikle 47 milyon ton daha az CO<sub>2</sub> emisyonu meydana gelecektir.*
- ✓ *Yenilenebilir enerji tesislerinin geliştirilmesi ve ekipman, bileşen ve hizmet tedariğı sayesinde GSYİH üzerinde oluşan pozitif etki ile birlikte oluşacak pozitif fayda.*
- ✓ *Nitelikli istihdam artması ile birlikte insan kaynaklarının geliştirilmesi*
- ✓ *Konu ile ilgili Ar-Ge faaliyetlerinin geliştirilmesi*

Yenilenebilir enerji kaynaklarının ulusal bazda yaygınlaşmasıyla birlikte, başka ülkelere enerji ve enerji teknolojileri bakımından bağımlılığın azaltılacağı öngörülmüştür. Yerel kaynakların değerlendirilmesine yönelik yenilenebilir enerji tesislerinin gelişimi, ithal enerji girdileri kategorisindeki fosil yakıtlı üretim tesislerinin yapımını engelleyecektir. Bu gelişmenin arz güvenliğine ciddi ölçüde katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Bu gelişmelerle birlikte çeşitli varsayım ile ortaya çıkmıştır(ETKB, 2014(a)):

- ✓ *Yaygın olarak kullanılan teknolojik anlamda ileri düzeydeki fosil yakıt teknolojisi bazlı çevrim gaz ünitelerinin yerini yenilenebilir enerji tesislerinin ikame etmesi beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ikame edeceği öngörülen enerjinin tümünün doğalgaz olması ve tümünün ithal edilmesi stratejik önem arz etmektedir.*
- ✓ *Doğalgaz kombine gaz çevrim türbinleri performans göstergeleri yeni oranının %55 olacağı belirtilmiştir.*
- ✓ *Belirlenen politika hedeflerine ulaşılması halinde, 2023 yılına gelindiğinde elektriğin en az %30'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacağı ve bu kaynaklardan en az 127 TWh (424 TWh'in % 30'u) elektrik üretileceği belirtilmiştir.*

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşma hedefinin yakalanması halinde yıllık 21 milyar m<sup>3</sup>'ten fazla doğalgaz ithalatının gerçekleşmemesi, doğalgaz fiyat tahmini 5 ABD\$2010/Btu olarak düşünüldüğünde, doğalgaz ithalatının önlenmesiyle birlikte ortalama 4 milyar ABD\$ tasarruf edileceği belirtilmiştir.

**Tablo 63:** Yenilenebilir Enerji Kullanımının 2023 yılı Hedeflenen Tasarruf Miktarları

Hedeflene Yıl	2023
Talep/Tahmini (TWh)	424
Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh) (2023, %30 Yenilenebilir Enerji Hedefi Bazında)	127
CCGT Doğal Gaz Santralleri Performans Rasyosu	55%
Doğal Gaz İthalatı Azaltımı (TWh)	231
Yıllık Doğal Gaz İthalat Azaltımı (TEP)	19 milyon
Yıllık Doğalgaz Gaz İthalat Azaltımı (m <sup>3</sup> )	21 milyar
Yıllık Doğal Gaz İthalatı Azaltımı (AB\$ 2010)	4 milyar ABD

**Kaynak:** ETKB, 2014(a)

Elektrik üretimi amacıyla yenilenebilir enerji tesislerinin geliştirilmesi stratejik önem arz etmektedir. Böylelikle atmosfere CO<sub>2</sub> salımlarının ciddi ölçüde azalacağı öngörülmüş, yaygın olarak kullanılan fosil yakıt teknolojisi olan kombine çevrim gaz türbini ünitelerinin yerini alacağı tahmin edilmiştir. Bu gaz türbinleriyle üretilen elektrik başına emisyon faktörü 0,37 ton olduğu düşünülürse, 2023 yılında elektriğin en az % 30'unun yenilenebilir kaynaklarından üretilmesi beklenmektedir(ETKB, 2014(a)).

Öngörülen hedeflere ulaşılması, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasıyla birlikte, 47 milyon tondan fazla CO<sub>2</sub> emisyonunun önleneceği tahmin edilmektedir. AB'nin CO<sub>2</sub> emisyon tahsisatı amacıyla birim fiyat başına ortalama 20 € verdiği düşünülürse, oluşacak ekonomik faydanın ortalama 1 milyar 262 milyon \$ olacağı tahmin edilmektedir(ETKB, 2014(a)).

**Tablo 64:** Yenilenebilir Enerji ile Önlenmesi Öngörülen CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarları

Hedeflenen Yıl	2023
Talep/Tahmini (TWh)	424
2023 yılında, %30'luk YEK üretimi hedefine dayalı YEK üretimi (TWh)	127
Doğal Gaz KÇGT emisyon faktörü (ton/MWh)	0,37
Yenilenebilir enerji yoluyla önlenecek CO <sub>2</sub> emisyonları (000 ton)	47.101
Yenilenebilir enerji yoluyla önlenecek CO <sub>2</sub> emisyonları (AB\$)	1,2 milyon

**Kaynak:** ETKB, 2014(a)

### ***Ekonomik bakımdan olumlu katkı: GSYH üzerindeki etki örneği***

Yenilenebilir enerji altyapısı gelişimiyle birlikte, endüstriyel faaliyetlerin de gelişim göstereceği öngörülmüştür.



**Tablo 65: Rüzgar Enerjisi Ekonomik Göstergeler Örneği**

<b>Rüzgar enerjisi altyapısının inşaat aşamasındaki etki</b>
2013 yılındaki kurulu güç kapasitesi: 2.759 MW
2023 hedefi: 20.000 MW
GW başına yatırım (hipotez): 1 milyar 179 milyon ABD\$ <sub>2013</sub>
Türkiye’de yerleşik yatırımcılar tarafından yapılan yatırım (hipotez): %30
<b>Yatırım aşamasında Türkiye’nin GSYH’sı üzerinde tahmin edilen etki(2013-2023)</b>
6 milyar 274 milyon ABD\$ <sub>2013</sub>
<b>İşletme aşamasındaki etki (yıllık ekonomik etki)</b>
MWh başına yıllık katkı: 86.401 ABD\$ <sub>2013</sub>
2023 hedefi: 20.000 MW.
<b>Türkiye’nin GSYH’sı üzerinde tahmin edilen yıllık etki (2023)</b>
Ortalama 1 milyar 728 milyon ABD\$ <sub>2013</sub>

**Kaynak:** ETKB, 2014(a)

Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planının ne şekilde hazırlandığı ve takip edileceğine yönelik değerlendirmelerle birlikte, EBRD, Türkiye ile işbirliği gerçekleşmiştir. Sektörle ilişkili olarak stratejik paydaşların ve kurumların bu çalışmalara katılmasıyla geniş katılımlı bir çözüm sürecine geçilmiştir.

Yenilenebilir enerji stratejilerinin gelişmelere yönelik planların bölgesel-yerel anlamda, stratejik yetkilerin gerekli yerlere verilmesiyle birlikte, ulusal hedefe uyumu sağlayacak olan sistem ve mekanizmaların enerji stratejileri katılımçılık ilkesi ile hazırlanarak ulusal-bölgesel-yerel temsil ilkeleri gözetilerek düzenlediği öngörülmüştür.

Eylem planının tasarlanması, yapılan kamuoyu çözüm süreciyle ilgili çalışmaların sürekliliğiyle şekil almaktadır. Sektör temsilcileriyle birlikte bu planın hazırlanmasına yönelik toplantıların sıklıkla yapılması bu süreci hızlandıracağı tahmin edilmektedir.

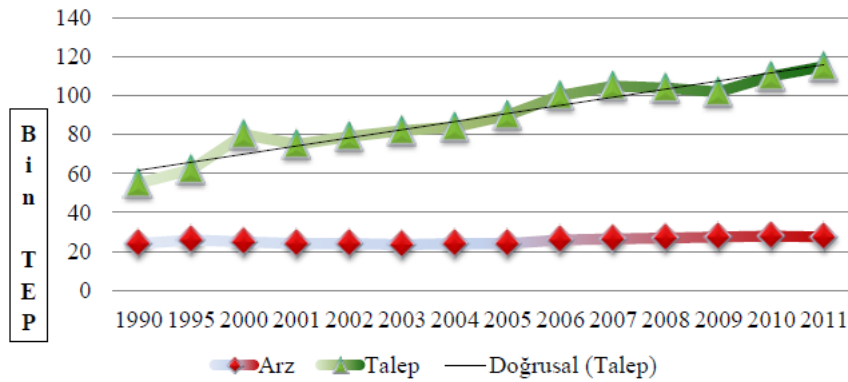
Ulusal bazda ilişki noktasının, yenilenebilir enerji eylem planı takibiyle ilgili ulusal kurumsal mercii’nin ETKB YEGM olduğu öngörülmüştür.

Yenilenebilir enerji planının ne derecede uygulandığının belirlenmesi, yenilenebilir enerjilerin gelişimi için stratejik önem arz etmekte, yapılan incelemeler doğrultusunda bu planın takibine ihtiyaç duyulmakta, plan ile bağlantılı olarak önlem ve araç göstergelerinin izlenmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerjilerin Türkiye’deki gelişimi, bu enerjilerle ilişkili önlem ve araçların göz önünden bulundurulduğu çalışmaların yapılmasına bağlıdır. Konu ile ilgili çalışmaların önümüzdeki süreçte yapılması beklenmektedir. Bu gelişmelerin takip ve istatistik bilgilerinin analizinin, YEGM yetki ve sorumluluğunda olduğu belirtilmiştir.

### 2.3.1.1. Türkiye'de Enerji Ticaretine Genel Bakış

Ülkeden ülkeye enerji talebinin değişkinlik gösterdiği bilinmektedir. Ayrıca enerji talebiyle birlikte enerji yatırımları da küresel anlamda artış seyri göstermektedir. Uluslararası enerji ajansı verilerine göre 2012-2035 zaman aralığında enerji sektöründe OECD üyesi olmayan ülkelerin üçte ikisinde yaklaşık olarak 37,4 trilyon \$ yatırım gerçekleşeceği öngörülmüştür(ETKB, 2013(a):s.11). Bu yatırımların boyutu düşünüldüğünde Türkiye'nin de bu yatırımlar arasında yer alma gerekliliği oldukça açıktır. Buna rağmen Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları haricindeki mevcut kaynaklarla enerji taleplerini karşılamaının mümkün olmadığı belirtilmiştir. Böylelikle enerji üretiminin tüketimi karşılayamama problemi ülke ithalatında bağımlılık etkisi yaratmış ve ülke ekonomisinde gün geçtikçe artan yüzdeye sahip olduğu öngörülmüştür. İhracatın düşük oranlarda sistematik olmayan artışına rağmen, ithalatın önemli ölçüde artış gösterdiği bilinmektedir. Öngörüler doğrultusunda enerji ithalatı verilerine göre Türkiye'de 1990'da 31 MTEP olan enerji ithalatının ciddi bir artışla 2011'de 90,3 MTEP ve 2012'de 98,7 MTEP düzeyine çıktığı öngörülmüştür. 1990 yılında 2,46 MTEP düzeyindeki enerji ihracatının ise 2012'de 10,32 MTEP düzeyine çıktığı belirtilmiştir. İthalat ve ihracat oranları kıyaslaması yapıldığında ihracat oranlarının genel olarak ithalat oranlarının onda birinden bile daha az olduğu öngörülmüştür(DEK-TMK, 2014, s.13).

**Grafik 38:** Türkiye'nin Enerji Arzı ve Talebinin Gelişimi (1990-2011)



**Kaynak:** TMMOB, 2013

Türkiye'nin 1990-2011 yılları arası enerji arzı ve talebinin gelişiminin değişimi Grafik 38'da belirtildiği gibidir.

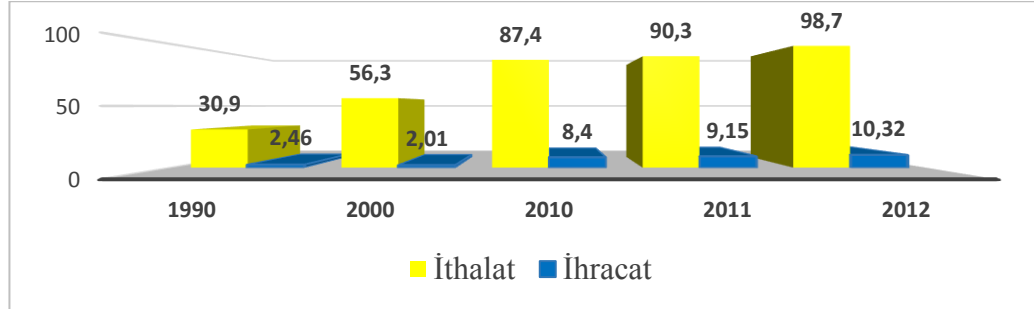
Türkiye enerji ithalatının 1990-2012 yılları arasında devamlı artmasının kaynak bazlı gelişimi incelendiğinde, geçen 22 yılda doğalgaz yaklaşık 13 misli

artış göstererek 38 MTEP olmuştur. Doğalgaz ve petrolün son 2 yıldaki ithalatları MTEP olarak birbirine yakındır ve 2012 yılındaki petrol ithalatı, 1990 yılına göre % 62 artış göstererek 38 MTEP olmuştur. 1990 yılında 4,2 MTEP olan taşkömürü ithalatı ise, 2012 yılında neredeyse 5 misli artış göstererek 19,5 MTEP seviyesinde olmuştur(TMMOB, 2014, s.8).

### 2.3.1.2. Türkiye’de Enerji İhracatına Genel Bakış

Enerji istatistiklerine göre 1990 yılında Türkiye enerji ihracatının 2,46 MTEP, 2010 yılında 8,4 MTEP, 2011 yılında 9,15 MTEP olduğu ve 1990 yılına kıyasla 2012 yılında 4 kat artışla birlikte 10,32 MTEP olduğu öngörülmüştür.

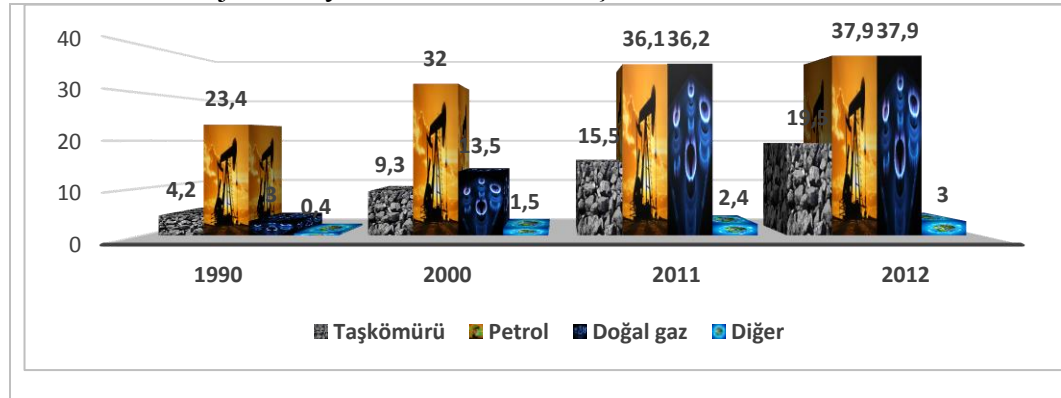
**Grafik 39:** Türkiye Toplam Enerji Ticareti



**Kaynak:** Genel Enerji Denge Tabloları EİGM/ETKB

Enerji ithalatının ise 1990 yılında 31 MTEP, 2011 yılında 90,3 MTEP olduğu ve 1990 yılına kıyasla 2012 yılında 3,2 kat artışla birlikte 98,7 MTEP olduğu öngörülmüştür.

**Grafik 40:** Enerjinin Kaynaklar Bazında Gelişimi



**Kaynak:** DEK-TKM, 2014

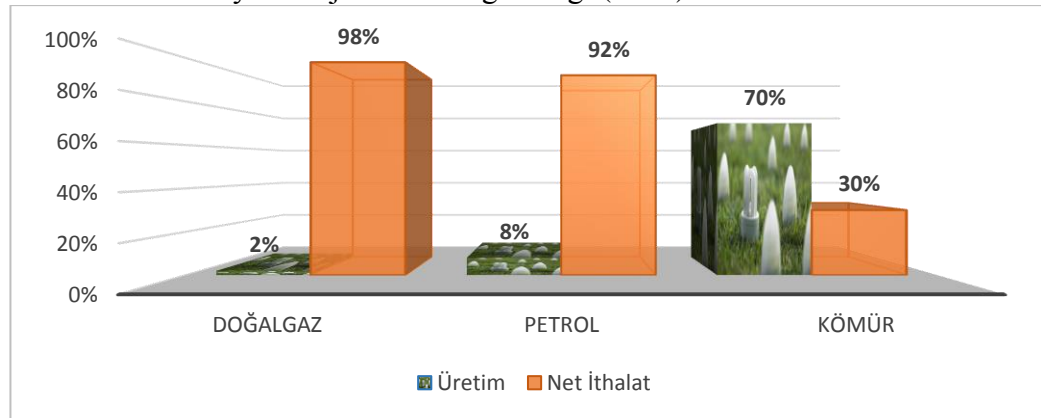
1990-2012 yılları arasında giderek artan Türkiye enerji ithalatının, kaynaklar bazında gelişimi incelendiğinde; doğalgazın artış miktarı geçen 22 yılda yaklaşık 13 kat artarak 38 MTEP’e yükseldiği görülür. Petrol ve doğalgazın son 2

yıldaki ithalatları TEP olarak birbirine yakın değerdedir. 2012 yılında petrolün ithalatı, 1990 yılına göre, %62 oranında artarak 38 MTEP olmuştur. Taşkömürü ithalatı ise 1990'da 4,2 MTEP iken 2012 yılında yaklaşık 5 kat artarak 19,5 MTEP düzeyine yükselmiştir(DEK-TKM, 2014).

### 2.3.2. Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı ve Yenilenebilir Enerji Ekonomisi

Doğalgaz da %98, petrol de %92, kömür de %30 ithal oranlarına sahip olan Türkiye'de ithalat bağımlılığın yüksek olduğu söylenebilir. Enerji de dışa bağımlılığın artması ve %73 oranında önemli derecede dışa bağımlılık mevcuttur.

**Grafik 41:** Türkiye Enerji İthalat Bağımlılığı (2011)



**Kaynak:** ETKB YEGM, 2014(c)

Yenilenebilir enerjinin enerji arzı yerli girdi payının artırılması ve dışa bağımlılıktan kurtulma adına ciddi bir role sahip olduğu söylenebilir(TKB, 2013).

1990 yılında Türkiye'nin 41,6 MTEP olan nihai enerji tüketiminin yıllık %2,9'luk artışla birlikte, 2004 yılında 69.0 MTEP, 2007 yılında 82.7 MTEP olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte enerji talebinin düşük olması nedeniyle, yerli kaynaklardan elde edilen enerji miktarındaki artış miktarının, 1990 yılındaki net enerji ithalat miktarının 28.5 MTEP, 2007 yılında 81.1 MTEP olduğu söylenebilir.

2006 yılında Türkiye enerji talebini karşılamak amacıyla enerji ithalatı için 29 milyar, 2007 yılında 33.9 milyar \$ ödemiş olup, 2007 yılında enerji talebinin karşılamak adına sadece %25.5 oranında yerli kaynakları kullanmıştır. Aynı yılda petrol ve doğalgaz ithalatına ödenen bedelin ortalama 23 milyar \$ olduğu belirtilirken, GSMH miktarının 656.8 milyar \$ olduğu, petrol ve doğalgaz ithalatına ödenen bedelin GSMH'nin %3.5'lik gibi orana denk gelmesi oldukça önemlidir.

Çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye'de de enerji sektörünün ekonomi üzerinde ciddi derecede baskı oluşturuyor olması, arz güvenliği açısından oldukça önemlidir.

Türkiye toplam enerji arzında petrole %30.9 ve doğalgaza %31.5'lik oranda bağımlı olduğu belirtilmiştir(TMMOB, 2015).

Türkiye gibi önemli derecede enerji açığı olan ülkelerde, enerji açığının kapatılması adına yenilenebilir enerji sektörüne yönelik yatırımlara artması, bu yönde faaliyet ve teşvik edici plan, program ve mevzuat değişikliklerinin yapılması gerekmektedir.

Türkiye'nin toplam enerji üretimi ve enerji sektöründe dışa bağımlılık sorununun aşılması adına özkaynaklara yönelik eğilimin artması, temiz enerji yatırım planlarının arttırılması gerekmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin mevcut yenilenebilir enerji kaynakları ve pazarını etkin kullandığı takdirde, bu pazarda ilk sırada yer alabileceği ve dünya ekonomisinde önemli bir konumda yer alabileceği belirtilmiştir(Urgun, 2015:s.97). ETKB raporuna göre Türkiye'nin 2023 enerji hedefleri arasında yer alan hedeflerin başında yenilenebilir enerji stratejileri de yer almakta, en hızlı büyüyen ekonomi olacağı yer almıştır. Mevcut kurulu gücünü 2 kat arttırıp 100.000 MWh'a ulaşarak, her yıl ortalama 5 milyar \$ yenilenebilir enerji yatırımının hedeflendiği belirtilmiştir.

Enerjiye yönelik politikaların desteğiyle sürdürülebilir enerji sanayi alanında oldukça önemli bir konuma sahiptir. İç ve dış piyasaya yönelik yatırımlar ve AR-GE çalışmalarının, enerji pazarı büyümesi, sürdürülebilir enerji altyapısı dönüşümüne destek olacağı ve ihracat alanlarını doğuracağı bilinmektedir.

Önümüzdeki on yıllık zaman diliminde sürdürülebilir enerjinin ihtiyaç halindeki yenilenebilir enerji sistemlerini ivmeli bir şekilde açması, ekonomik büyüme ile birlikte yeni teknolojilerin gelişimine ciddi katkı sağlayacağı öngörülmüştür.

Enerji politikasının öncelikli hedefleri arasında enerji arz güvenliği, çevre ve maliyet unsurları, enerji piyasası ile sağlanan istihdam ve ihracat faydaları yer almaktadır. IEA'nın 2012 öngörülerine göre, 22 trilyon'luk yüksek enerji yatırımları, yenilenebilir enerji teknolojilerindeki mevcut piyasayı canlandırması ve büyüme rakamlarının aynı doğrultuda artış yaşanmasını neden olacağı belirtilmiştir.

Enerji politikalarının yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımları teşvik etmesiyle, AR-GE'ye destek sağlanmakta ve yerli piyasanın bir yandan iç talepleri karşılarken öbür yandan dünya piyasasında rekabet gücünü arttırmaya yönelik destek sağlamaktadır.

Özellikle son on yılda enerji politikalarının da desteğiyle birlikte yenilenebilir enerjilerdeki teknolojilerin artış eğilimi gösteren pazar payı, istihdam ve ihracat olanağını beraberinde getirmiş , bu yöndeki yatırımlarla birlikte ABD'de 450 bin, Danimarka'da 20 bin istihdam olanağının yaratıldığı belirtilmiştir. Ayrıca Norveç benzeri az nüfuslu ülkeler borsasında 9 milyar € büyüklüğüne ulaşan şirketler mevcut olup, yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımların istihdam oranını

arttırdığı devletlerde iç piyasanın dışında ihracata dönük yenilenebilir enerji teknolojileri ve yan ürünlerin üretildiği sahaların istidamı arttırdığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji sektöründe endüstriyel başarının sağlanmasında ihracat yönelik yenilik ve yeni teknolojilerin gelişimi oldukça önemlidir. Ülkelerin iç pazar hacmi dışında dünya payının stratejik öneme sahip olduğu söylenebilir. Örneğin Danimarka küçük çaptaki iç pazarına rağmen dünyadaki en büyük rüzgar türbinlerini üreten ülkedir(Urgun, 2015:s.98-99).

Her ülkenin kendisine ait farklı destek stratejilerinin farklı yenilenebilir enerji kaynakları için farklı fiyat tarifelerinin olması, yenilenebilir enerji pazarının genel anlamda bölünmesine neden olmaktadır(Keay, 2013).

2009 yılı itibari ile AB ülkelerinde yenilenebilir enerji yatırımları büyüklüğünün 120 milyar € olduğu, en büyük payı 38 milyar € ile rüzgar enerjisinin oluşturduğu, AB yenilenebilir enerji sektöründe 2011 yılında biyokütle ile ilgili alanlarda 280 bin, rüzgar ile ilgili alanlarda 243 bin ve PV alanında 121.800 kişiye istihdam olanağı sağladığı belirtilmiştir.

Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri arasında istihdam dışında toplam enerji üretiminde % 30 yenilenebilir enerji kaynakların kullanımı öngörülmüş olup, tüm ekonomik hidroelektrik potansiyellerin kullanılacağı, rüzgar enerjisine dayalı kurulu gücün 20.000 MW, jeotermal kurulu gücün 600 MW'a kadar yükseltileceği, güneşten elektrik üretmeye başlanarak şebeke dayalı 3.000 MW güce çıkartılması hedeflenmiştir. Türkiye'nin sadece yenilenebilir enerji potansiyeli ile ekonomik anlamda 136.600 MW büyüklüğünde potansiyel kurulu güce sahip olduğu ve bunun Türkiye'nin 597.400 GWh/yıl elektrik sağlama potansiyelini doğurduğu ve 2011 yılına ait toplam elektrik tüketiminin 229.000 GWh olan gerçek miktarıyla Türkiye'nin güneşten elektrik elde etme kapasitesinin ne kadar yüksek düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin söz konusu enerjiye dönük problemlerin çözülmesine yönelik dış bağımlılık hacmi ile ithalat kaynaklı iktisadi kayıp ve elde edilecek mevcut kapasitenin değerlendirilmemesine dayalı kayıp ile içerideki enerjinin farkındalığı ciddi derecede önemli olup, buna dönük hedef ve stratejiler belirlenmesi ülkenin dünyadaki konumuna önemli derecede katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

### **2.3.2.1. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli Ekonomi İlişkisi**

Hızla artan nüfusla beraber, artan üretim talebi ve teknolojik gelişmelerle birlikte enerji gereksinimi de orantılı olarak artış göstermekte, küresel iktisadi sistem içerisindeki rakip ülkelerin ana hedefi ihtiyaçlarını verimli ve düşük maliyetli olarak sağlanması hedeflenmekte, ekonomi ve enerji arasında ilişki

teknolojik ilerleme ve kaynaklar arasında bağlantılardan önemli derecede etkilenmektedir(Adaçay, 2014:s.88).

Küresel gücün etkisi ulusların su, petrol ve enerji kaynaklarını kontrol edebilmek adına birbirleriyle rekabet halinde oldukları ve 21. yy'da dünyadaki konumunu koruma ve küreselleşme sürecinde bu rekabetin oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu süreç piyasaların enerji zemininde üstünlük kurma çabası ve savaşa neden olabilecek rekabetin parçası olarak da tanımlanabilir(Eniş, 2003:s.175-176).

Uluslararası sermaye gruplarının plan ve programlarını kendilerine enerji kaynağı oluşturması amacıyla az gelişmiş ülkelere dayattığı ve böylelikle ülkelerde ekonomik dengesizliklerin ortaya çıktığı bilinmektedir. Dünya bankası, IMF(Uluslararası Para Fonu) gibi kuruluşlar bu tür ülkelere ekonomi paketler sunmakta, bu da ülkelerin küresel piyasanın kural ve işleyiş de bağımlı duruma gelmelerine neden olmaktadır. Ayrıca bu ülkelerin bağımlılığı ile birlikte ulusal enerji politikası yerine mevcut doğal kaynaklarını etkili bir şekilde kullanamama ve enerji sektöründe ticari belirsizlik yaratan bir senaryo ile karşı karşıya kalmalarını sağlamaktadır.

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Dünya Komisyonu ülkelerin sınırlarını zorlayan olası küresel tehditlere yönelik, sonraki neslin ihtiyacını giderme imkanını tehlikeye düşürmeksizin, şimdiki neslin ihtiyacını sağlamak şeklinde tanımlanabilen "Sürdürülebilir Kalkınma" kavramı gelişmiş ve sürdürülebilir kalkınmada temel etken olarak enerji ortaya çıkmaktadır.

Böylelikle gerçek ve kuvvetli büyümenin elde edilebileceği belirtilmiştir. Enerjinin stratejik öneminin giderek arttığı günümüzde, devletlerin ekonomik gelişimindeki etkisi de gittikçe artmaktadır. Ülke refah düzeyinin tespitinde kişi başına düşen birincil enerji kaynakları tüketiminin belirleyici olduğu düşünüldüğünde, enerji kaynaklarının büyük bir bölümünün tekrar kullanılamaması ve tüketiminin olmaması ihtimali, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının ne kadar önemli olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji ile ilgili araştırma ve teknolojik çalışmaların artırılmasına yönelik çalışmalara gerek duyulmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir enerjiye olan yaklaşım ihtiyaç halindeki enerjiye minimum maliyet ve sürekli temin unsurlarını ön planda tutmaktadır(Adaçay, 2014:s.88).

Yenilenebilir enerji teknolojileriyle doğal kaynakların kullanımı ve yenilenmesine katkı sağlanması ve doğal bazlı yeni kaynakların sistemin temelini oluşturmasının, sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya katkı sağladığı öngörülmüştür(IEA, 2011 (a)).

İklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle birlikte, Türkiye gibi fosil kaynaklara yeterince sahip olmayan enerjide dışa bağımlı ülkelerinde içerisinde

bulunduğu dünya enerji piyasası köklü bir değişim sürecine girmiştir. Dışa bağımlı ülkelerin izlemesi gereken stratejinin yenilenebilir enerjiye yönelik olması, temiz ve güvenilir teknoloji satmayla ekonomik kalkınmayı güçlendirerek mevcut krizi avantaja dönüştürme yoluna gitmeleri önerilmektedir.

Gelişmiş ülkelerin fosil kaynakları üzerindeki üstünlük kurma çabalarının ve yeni teknoloji piyasasında etkinlik ve paylarını arttırmaya yönelik çalışmalarının devam ettiği düşünülürse; yenilenebilir enerjiye dönük farklı bileşimlerin üretiminde istihdam üzerindeki etkinin de yüksek olduğu söylenebilir. Artış eğilimi gösteren yenilenebilir enerji yatırımlarının sonucunda milyonlara ulaşan rakamlarla istihdamdan söz etmek mümkündür.

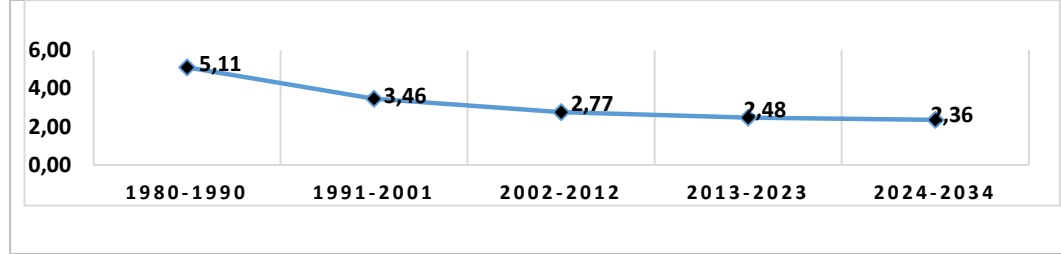
Bu bağlamda yenilenebilir enerjinin petrolde olduğu gibi ülke ekonomilerinde sebep olduğu pozitif etki ile enerji piyasasında önemli bir alternatif olduğu söylenebilir. Bu zamana kadar uygulanan yanlış strateji ve politikalarla birlikte Türkiye, enerji talebini ulusal kaynaklar yerine ithal yoluyla karşılayabilmiştir. Enerji talebinin büyük bir bölümünü giderebilecek potanseline rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanılmaması Türkiye adına enerji bağımlılığını arttırıcı fosil kaynak kullanımını kullanmaya zorunlu kılan dezavantaj olarak gösterilebilir(ETKB, 2014:s.12-13).

Dünyadaki ekonomik ve teknolojik gelişmelerde yaşanan gelişmelerin Türkiye'ye olan etkisi göz önünde bulundurulduğunda, 1990 yılında 41,6 MTEP olarak belirtilen nihai enerji tüketiminin, yıllık ortalama % 2,9 oranındaki bir artışla 2004 yılında 69,0 MTEP olurken, 2006 yılında 99.6 milyon TEP olan enerji miktarının, 2007 de % 8 artışla 107.6 milyon TEP olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte son 5 yılda Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde ise % 35 seviyesinde bir artış yaşanmıştır(Türkyılmaz, 2009:s.3). Nihai enerji tüketimdeki farklılıkla beraber doğalgaz ve elektrik tüketimi bu farklılıktan etkilenerken, 1990 nihai tüketim içerisinde %1,9 olan doğalgaz oranının 2007 yılında %31,5 olduğu, elektrik arzında ise %9,4 oranından %49,6 düzeyine çıktığı belirtilmiştir(Dikmen, 2009:s.60).

Enerji üretiminde ciddi bir artışın söz konusu olmamasına rağmen nihai enerji tüketimindeki artışın önemli derecede arttığı söylenebilir(2009 yılında 106,13 MTEP, 2010 yılında 109,26 MTEP, 2011 yılında 114,48 MTEP, 2012 yılında 120,98 MTEP ve 2013 yılında 122,8 MTEP)(DEK-TMK, 2014:s.11).

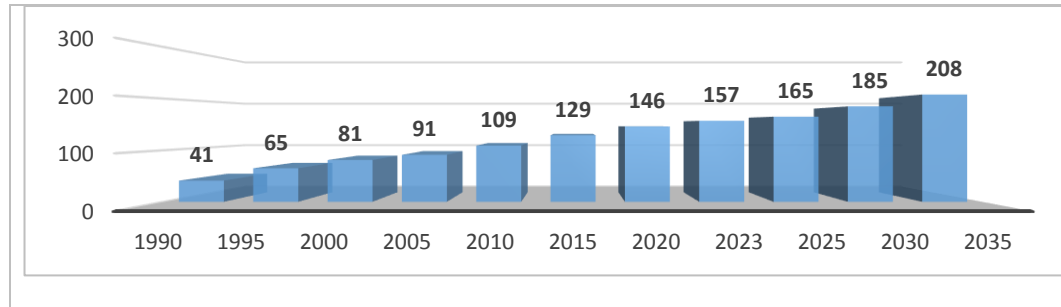
Birincil enerji arzının Türkiye'de önümüzdeki süreçte artış gösterileceği öngörülmektedir. Bu artışı 2013-2023 arasındaki dönemde ortalama yıllık artışın % 2.48, 2024-2034 arasındaki dönemde ortalama yıllık artışın % 2.36 olacağı öngörülmüştür. 2013-2034 yılları arasındaki ortalama artış oranları hesaplandığında, 1980-2012 periyodundaki gerçekleşmiş ortalama artış değer fark oranları  $[(5,11-3,46)/(3,46-2,77)]$  olarak belirtilmiştir(DEK-TMK, 2014, s.7).



**Grafik 42:** Türkiye Birincil Enerji Arzının 2013-2034 Yıllarındaki Artış Oranı Tahmini (%)

**Kaynak:** ETKB/EİGM Genel Enerji Dengeleri Tabloları, 2012

Grafik 42’de Türkiye Birincil Enerji Arzının, 1980- 2012 yılları arasındaki 11 yıllık artış ortalamalarının eğilimine göre 2013-2034 yıllarındaki artış oranı tahmini (%) verilmiştir.

**Grafik 43:** Türkiye Birincil Enerji Arzı (MTEP)

**Kaynak:** ETKB/EİGM Genel Enerji Dengeleri Tabloları, 2012

Türkiye'nin sonraki dönemlerdeki toplam birincil enerji talebi hesaplanmış ve toplam birincil enerji arz miktarının 2015'te 129 MTEP, 2020'de 146 MTEP, 2023'te 157 MTEP, 2025'te 165 MTEP, 2030'da 185 MTEP ve 2035 yılında 208 MTEP olacağı öngörülmüştür(DEK-TMK, 2014:s.8). Talep öngörülerinde sapmalar olabilmekle birlikte, elektrik ve birincil enerji arz taleplerinde %30 seviyesini geçen sapmalarda görülmüştür. Buna 1998-2020 dönemindeki ETKB'nin MAED modeli ile belirlemiş olduğu sapmalar şu şekildedir.

**Tablo 66:** Türkiye Birincil Enerji Arzı Talep Tahminleri ve Sapmalar

Yıllar	Tahmin (MTEP)	Gerçekleşme(MTEP)	Sapma Oranı %
2000	91	81	11
2005	125	91	27
2010	175	109	38
2011	184	115	38
2012	194	121	38

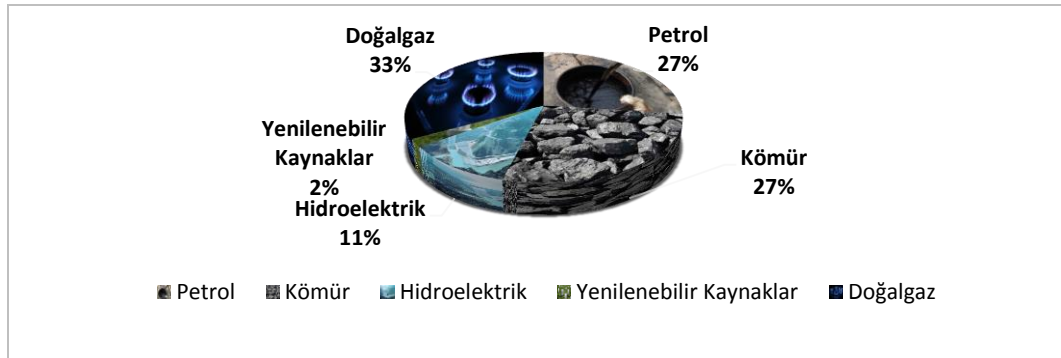
**Kaynak:** ETKB/EİGM Genel Enerji Dengeleri Tabloları, 2012

1998-2020 dönemi birincil enerji arzı talep tahminleri ve sapmalar tabloda belirtildiği gibi olup, sapmalardaki büyük farklar ülke ekonomisi için tehdit unsuru olmakla birlikte ihtiyaçtan fazla enerji ithalat anlaşmalarına (petrol, doğalgaz) yol

açabilmektedirler. Enerjide dışa bağımlılığın belirleyicileri yine bu sapsmalar olabilmektedir. BP verilerine göre, 2013 yılında % 0,4 oranında, yıllık bazda bir artışla 122,8 MTEP olan Türkiye birincil enerji talebi, dünyadaki talebin yaklaşık % 1'ine denk geldiği, 2003 yılı Türkiye birincil enerji talebi, 78,4 MTEP iken; 2013 yılında % 56,6 gibi ciddi miktarda artarak 122,8 MTEP'i bulduğu öngörülmüştür. Bu miktarda % 33 ile doğalgaz başta olmak üzere, % 27 kömür ve petrol, % 11 hidroenerji ve % 2 gibi düşük bir oranla yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. Son 10 yıllık dönemde OECD ülkeleri içerisinde Türkiye ön plana çıkmış ve ETKB'nin 2015 yılına ait bütçe değerlendirmesine göre, Türkiye'nin birincil enerji talebi 2023 yılında 218 MTEP düzeyinde olması öngörülmüştür.

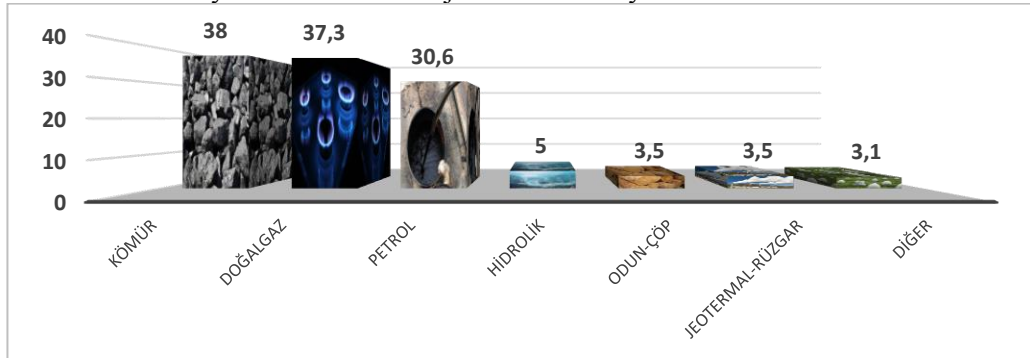
Bakanlığın 2015 yılına ait stratejisinde, yerli enerji kaynaklarının ekonomiye kazandırılması, alternatif kaynaklar, kaynaklarda çeşitlilik, enerjide arz güvenliği, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik ön planda yer almıştır (Atıg Yatırım Menkul Değerler, 2015).

**Grafik 44:** Türkiye'nin Birincil Enerji Talebinin Kaynaklara Göre Dağılımı (%), 2013



**Kaynak:** Atıg Yatırım Menkul Değerler, 2015

**Grafik 45:** Türkiye'nin Birincil Enerji Arzındaki Kaynakların Durumu



**Kaynak:** ETKB/EİGM Genel Enerji Dengeleri Tabloları, 2012

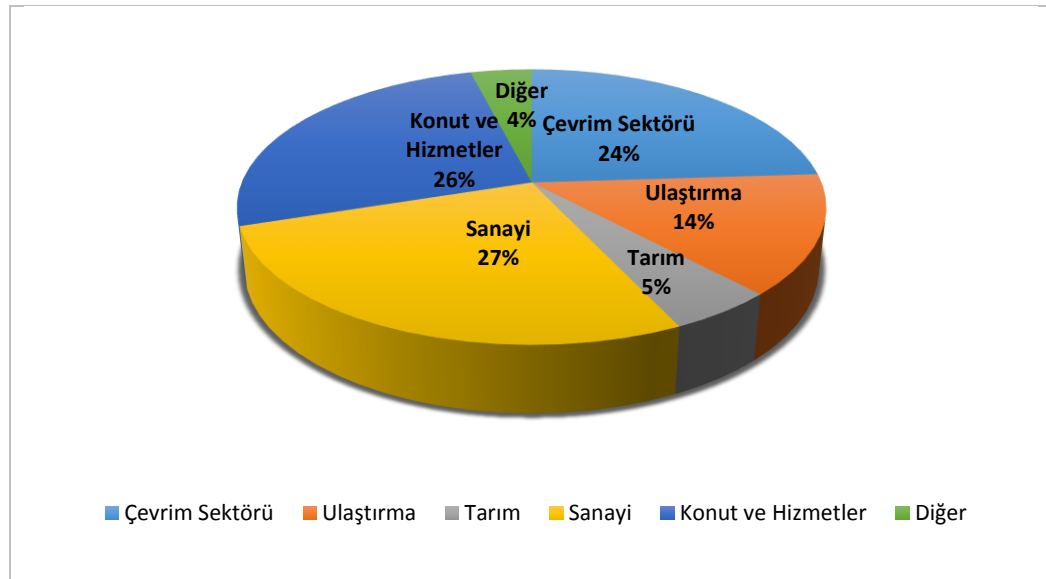
Türkiye Birincil Enerji Arzının Kaynaklara dağılımı (MTEP) Grafik 45'te belirtildiği gibidir.

Yapılan araştırmalara göre 1990-2012 yılları arasında Türkiye'nin toplam birincil enerji arzındaki kaynakların oranları Őyledir(DEK-TMK, 2014:s.10-11):

Türkiye'de 2014 yılı itibariyle de; 91 MTEP kömür, 48.6 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz, 33.8 MTEP Petrol ve 9.1 MTEP hidrolik enerji tüketimi olup, fosil kaynaklı enerjilerin yapısal bir sorun teşkil ettiği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji tüketimi içerisinde çok düşük seviyelerde yer aldığı, çöp, odun gibi kaynaklardan bile geride olduğu söylenebilir.

Türkiyedeki birincil enerji arzı sektörel bazda ele alındığında elde edilen veriler Şu Şekildedir(ETKB, 2013(a):s.12):

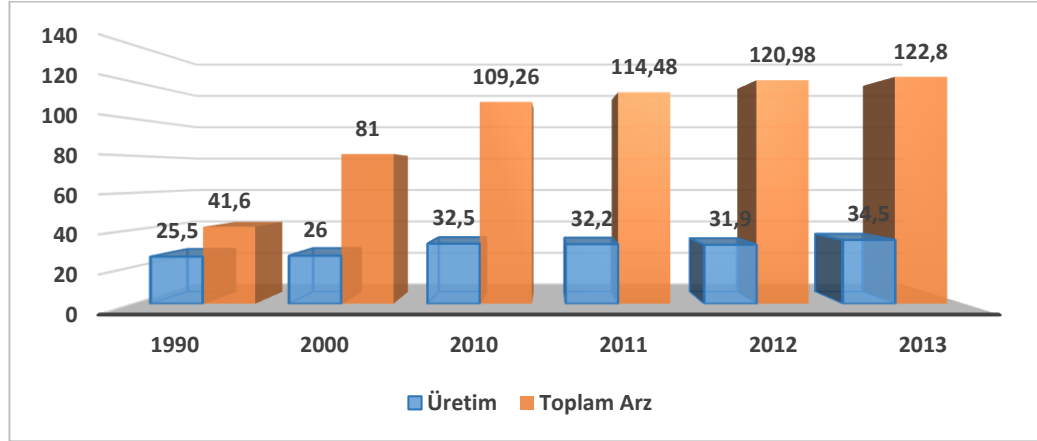
**Grafik 46:** Birincil Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı



**Kaynak:** ETKB, 2013

Verilere göre sanayi ve konutlarda toplam enerjinin yarısından fazlası tüketilmekte, tarımda ise çok düşük seviyede enerji tüketimi gerçekleştiği belirlenmiştir. Buna göre Türkiye'nin 2023 yılı birincil enerji talebinin % 90 artarak 218 MTEP ulaşması beklenmekte olup, talebin bu yönlü yüksek olması önümüzdeki süreçte enerjiye olan bağımlılığın daha da artıracadığının göstergesidir.

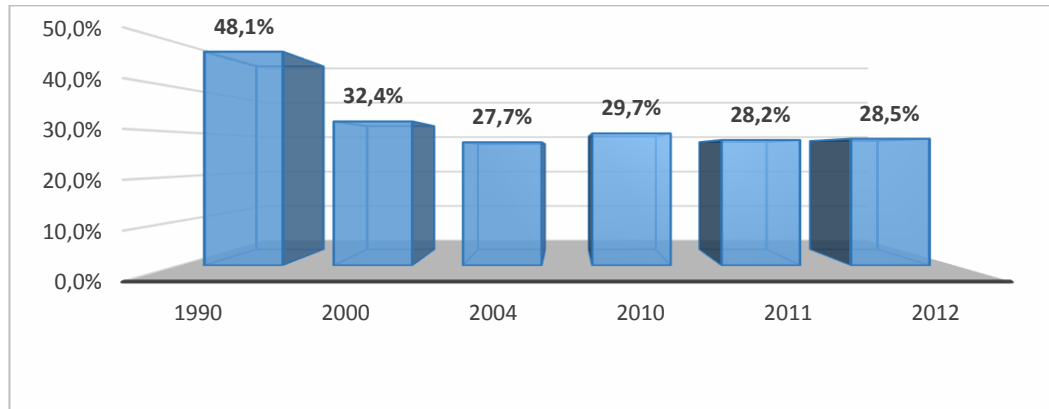
1990-2013 dönemini kapsayan 23 yıllık zaman diliminde Türkiye'nin birincil enerji üretimi gerçekleşen %35'lik artışla 25.478 TEP'ten 34.467 BTEP seviyesine çıkmış ve bu yıllardaki toplam birincil enerji arz miktarı 2.3 kat artarak %128 oranında yükseldiği öngörülmüştür(TMMOB, 2014:s.5).

**Grafik 47:** Türkiye Toplam Birincil Enerji Üretim ve Toplam Arzı (1990-2013)

**Kaynak:** ETKB, Genel Enerji Denge Tabloları ve Mavi Kitap 2014

1990-2013 yıllarında Türkiye toplam birincil enerji üretim ve toplam arzı(MTEP) grafikteki gibidir.

1990 yılında Türkiye'de üretimin tüketimi karşılama oranı % 48 iken, 2000'de % 32, 2011'de % 28, 2012 yılında da % 28.5 olmuştur. Bu durum, 1990-2012 yıllarındaki birincil enerji üretimindeki üretimin % 20 oranında düştüğünü, dolayısıyla enerjideki dışa bağımlılığın % 20 oranında artış gösterdiğini ortaya koymaktadır(DEK-TMK, 2014, s.11).

**Grafik 48:** Türkiye'nin Birincil Enerji Üretiminin Arzı Karşılabilme Oranları

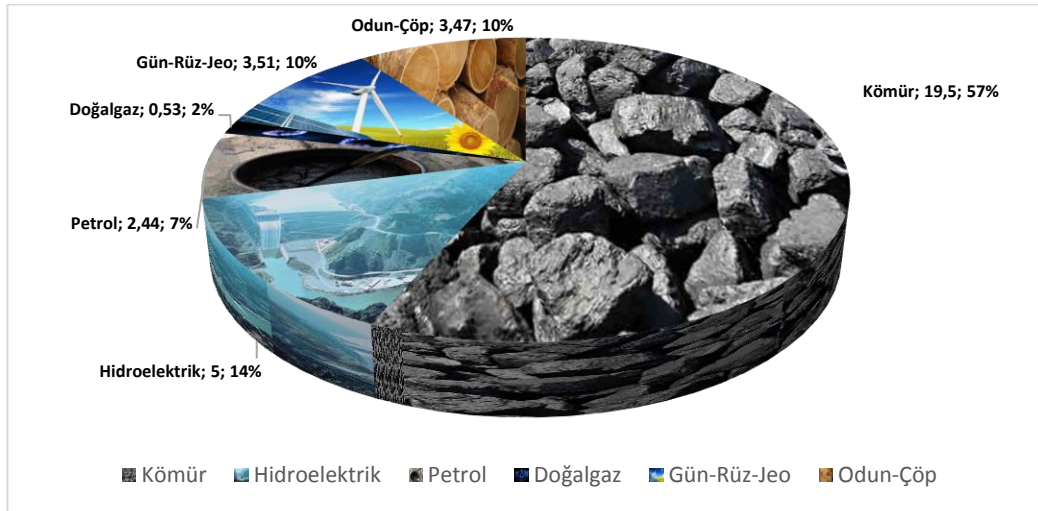
**Kaynak:** ETKB/EİGM Genel Enerji Denge Tabloları, 2012

Türkiye'nin 2011 yılında toplam birincil enerji üretimi, 32,23 MTEP iken, 2012'de % 7 oranında artış göstererek 34,47 MTEP olmuş ve 2012'deki toplam üretimin 19,52 MTEP'i ve % 57 oranı ile ve bunun da % 94'ünün linyit olan kömür üretimi teşkil etmiştir. Ayrıca 4,98 MTEP ve % 14 ile hidroelektrik, 3,51 MTEP ve % 10 ile güneş, rüzgar, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları, 3,47 MTEP

ve % 10 ile çöpler, odun, hayvan atıkları, 2,44 MTEP ve % 7 ile petrol ve 0,53 MTEP ve % 2 ile doğalgaz kaynakları üretimde yer almıştır (TMMOB, 2014:s.6).

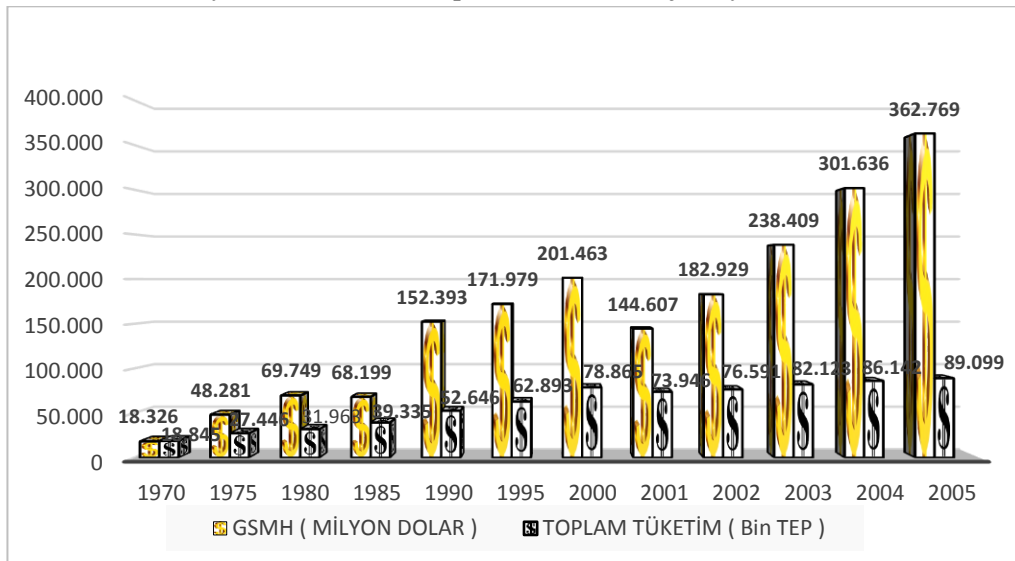
Hali hazırdaki petrol rezervlerinin, yaklaşık 40 yıl, doğalgazın 65 yıl ve kömürün 220 yıl sonra tam anlamıyla biteceği öngörülmektedir. Dolayısıyla bu kaynaklar fosil kaynaklardır ve sonsuz olan kaynaklar değildir(Urgun, 2015, s.4).

**Grafik 49:** Türkiye'nin Birincil Enerji Üretiminde Kaynaklarının Miktar ve Oranları(Mtep, %)



**Kaynak:** DEK-TMK 2013 Enerji Raporu

**Grafik 50:** Türkiye'nin GSMH ve Toplam Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi



**Kaynak:** DPT, ETKB

**Tablo 67:** Türkiye'nin En Büyük 22 Enerji Şirketi

Sıra	Şirket	Net Satış (Milyon TL)	Net Kar (Milyon TL)	Çalışan Sayısı
1	Tüpraş	30,456	432	4,351
2	Botaş	21,082	160	2,805
3	Tedaş	20,652	-1,090	30,000
4	Petrol Ofisi	17,202	105	1,168
5	Shell & Turcas	10,872	208	561
6	Eüaş	8,801	-592	9,655
7	Bp	6,377	-0,2	398
8	Aygaz	3,579	25	1,431
9	İgdaş	2,612	13	2,250
10	Tpao	1,398	1,566	4,668
11	Zorlu Enerji	667	-336	891
12	Enerjisa	657	-32	328
13	Akenerji	607	88	217
14	Soma Elektrik	582	29	1,017
15	Enerji Petrol	408	4	120
16	Bursagaz	360	40	86
17	Aksa Enerji	333	12	225
18	Kayseri Ve Civ. E.	320	2	602
19	Ataer Enerji	131	6	27
20	Park Elk. Maden.	110	74	417
21	Ayen Enerji	100	41	174
22	Gesan Yatırım	89	0,8	92
<b>TOPLAM</b>		127.405	763	61,493

**Kaynak:** Petrotürk, 2010

Yenilenebilir enerji ile ilgili Avrupa'nın bu sektöre ayırdığı pay ile birlikte 2001-2020 yılları arasındaki toplam yatırımının 443 milyar € olacağı ve petrol maliyetinden ortalama 115.8 milyar €'luk bir düşüşün gözlemleneceği öngörülmüştür(EREC, 2004:s.14-15). IEA'nın öngörülerine göre yaklaşık 22 trilyonluk enerji yatırımının, yenilenebilir enerji teknolojileri üzerinde iki hanelik bir büyüme ve küresel piyasalarda olumlu etki yaratacağı tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının ülkesel bazlı yatırımları incelendiğinde ekonomik boyutunun nüfus sayısı az olan Norveç benzeri ülkeler borsasında yaklaşık 9 milyar €'luk şirketleri bünyesinde barındırdığı gözlemlenmiştir(Lund, 2009:s.53-64).

AB ülkelerinde rüzgâr enerjisi teknolojisinde NREAP'ın yarattığı pozitif etki önemli gelişmeleri de beraberinde getirmiş, 2009 yılı itibari ile AB-27 de enerji yatırımlarının boyutu yaklaşık 120 milyar € dolaylarında seyir sürdüğü gözlemlenmiştir. 38 milyon € 'luk yatırım ile rüzgar enerjisi, biyokütle, fotovoltaik, termal güneş enerjisi göze çarpan yatırımlar olarak tespit edilmiştir(Euroobserve'R, 2010).

Biyoenjerji üretimi ile ilgili olarak, biyoyakıt hammaddesinin arzının belirlenmesinde yetiştiricinin elde edeceği fiyat oldukça etkilidir. Bu yüzden biyoyakıt amaçlı ekim yapılan ürünlere yönelik belirli fiyat politikalarının

oluşturulmasına ihtiyaç duyulacağı öngörülmüştür. Konunun önemini, konuyla ilgili en çarpıcı örneğini örnek teşkil eden ABD’de Aralık 2006 döneminde mısır fiyatlarının ve Mart 2007’de vadeli işlem piyasalarında mısırın son 10 yılın en yüksek değere ulaşmış olmasından ve bunun etanol piyasasından kaynaklanmış olmasından anlayabiliriz. Bu gelecekte çiftçilikle uğraşan kitlenin desteklenmesini gerektirebilir. Ayrıca enerji fiyatları ile tarım ürünleri fiyatları arasında yakın bir ilişki olduğu, yiyecek ve yakıt olarak kullanılabilen tarım ürünlerinin fiyatlarını yakıt hammaddesi olup olmamasına göre artabileceği öngörülmüştür(Zilberman, 2007; Cassman, 2007; Prieur-Vernat, 2007; Runge, 2007; von Braun, 2007).

**Tablo 68:** Seçilmiş Yenilenebilir Enerji (YE) Göstergeleri (2006-2008)

GÖSTERGELER	2006	2007	2008
YE İçin Yeni Kapasite Yatırımı ( Milyar Dolar )	63	104	155,4
YE Kapasitesi ( Giga Watt, Hidroenerji Hariç )	207	240	280
YE Kapasitesi ( Giga Watt, Hidroenerji Dahil )	1020	1070	1140
Rüzgar Gücü Kapasitesi(Giga Watt )	74	94	121
Şebekeye Bağlı Güneş Pili Kapasitesi( Giga Watt )	5,1	7,5	13
Güneş Enerjisi (Su Isıtma) Kapasitesi (Giga Watt – Termal )	105	126	145
Etanol Üretimi ( Yıllık, Milyar Litre )	39	50	67
Biyodizel Üretimi ( Yıllık, Milyar Litre )	6	9	12
Ulusal YE Politikasına Sahip Ülke Sayısı	62	66	73
YE Üretimine Yasal Teşvik Veren Ülke Sayısı	43	49	63
YE Hedeflerine Kesin Oran Olarak Belirleyen Ülke Sayısı	40	44	49
Biyoyakıt Kullanımı Zorlayıcı Yasaya Sahip Ülke Sayısı	52	53	55

**Kaynak:** REN21, 2009

Tablodaki bilgilerin doğrultusunda, enerji piyasalarının gösterdiği artış ile birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarının 2008 yılında yaklaşık 155,4 milyar \$’ı bulunduğu görülmüştür. Belirtilen yıl aralığında güneşten sıcak su üretimi %38, güneş pili kapasitesi %60, etanol üretimi %71, biyodizel üretimi %100, rüzgar gücü kapasitesi ise ortalama %155 oranında artış göstermiştir.

**Tablo 69:** Rüzgar Gücü Kapasite Artışı ve Mevcut Kapasite İlk 10 Ülke

Ülkeler	Kapasite Artışı 2008 (MW)	Mevcut Kapasite 2008 (MW)
ABD	8.360	25.170
Almanya	1.670	23.900
İspanya	1.610	16.740
Çin	6.300	12.210
Hindistan	1.800	9.650
İtalya	1.010	3.740
Fransa	950	3.400
İngiltere	840	3.240
Danimarka	80	3.180
Portekiz	710	2.860

**Kaynak:** AWEA, 2009

2008 yılında yenilenebilir enerji piyasalarındaki önemli gelişmeler devam etmiş, 24 milyar \$'lık yatırımıyla ABD toplam yatırımların %20'sini gerçekleştirerek, ilk sırada yerini almıştır. Belirtilen yıllarda yine ABD cephesinde çarpıcı bir hamle gerçekleşmiş ve Almanya'nın rüzgar enerjisindeki yıllar süren üstünlüğünü kırıp, üretim ve kapasite olarak ilk sıraya yükselmiştir. Aynı yıl da Çin rüzgar enerjisindeki % 100 artışla 12.210 kapasitesiyle birlikte dünya sıralamasında 4.'leğe yükselmiştir.

Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi verilerinde 2014 yılı itibari ile kurulu güç sıralamasının başında Çin gelmektedir. Sıralama ABD, İspanya, Hindistan şeklinde devam etmektedir(GWEC, 2015). Rüzgar enerjisindeki en büyük gelişmeyi Çin, ABD, Hindistan ve AB ülkeleri gerçekleştirmiştir(IEA, 2014).

**Tablo 70:** Şebekeli Güneş Pili Kapasite Artışı ve Mevcut Kapasite (2006-2008)

ÜLKELER	ARTIŞ 2006	ARTIŞ 2007	ARTIŞ 2008	KAPASİTE 2006	KAPASİTE 2007	KAPASİTE 2008
Almanya	900	1.100	1.500	2.800	3.900	5.400
İspanya	100	550	2.600	150	700	3.300
Japonya	290	240	240	1.490	1.730	1.970
ABD	100	160	250	320	480	730
Diğer Avrupa Ülkeleri	50	170	400	180	350	750
Güney Kore	20	60	250	35	100	350
Diğer Dünya Ülkeleri	>50	>150	>200	>80	>250	>450
Toplam Artış	1.500	2.400	5.400			
TOPLAM				5.100	7.500	12.950

**Kaynak:** Worldwatch Institute, 2009

Güneş pili enerji üretiminde 12.95 GW'lık dünya genel üretimini, 5.4 GW'lık kapasite ile Almanya %41'ini karşılamaktadır. 3.3 GW'lık kapasite ile İspanya rüzgar enerjisinde olduğu gibi 2. sıraya yükselerek yine üst sıralarda yerini almıştır.

**Tablo 71:** Dünya Biyoyakıt Üretimi İlk 15 Ülke ve AB, Milyar Litre (2008)

Ülkeler	Etonol	Biyodizel
ABD	34	2,0
Brezilya	27	1,2
Fransa	1,2	1,6
Almanya	0,5	2,2
Çin	1,9	0,1
Arjantin	-	1,2
Kanada	0,9	0,1
İspanya	0,40	0,3
Tayland	0,3	0,4
Kolombiya	0,3	0,2
İtalya	0,13	0,3
Hindistan	0,3	0,02
İsveç	0,14	0,1
Polonya	0,12	0,1
İngiltere	-	0,2
AB Toplamı	2,8	8
Dünya Toplamı	67	12

**Kaynak:** Licht, 2009



Dünya biyoyakıt üretimindeki istikrarlı artışında sonucunda ABD ve Brezilya en üst sıralarda 2008 yılı itibari ile yerini almış bulunmaktadır. Almanya ve Fransa'nın ardından Avrupa'nın etonolden biyodizel üretimine gerek önemi verdiği tespit edilmiştir. Etonol üretim artışına rağmen biyodizel üretimi etonol üretiminin önüne geçtiği görülmüştür(Licht, 2009).

**Tablo 72:** Seçilmiş Yenilenebilir Enerji (YE) Göstergelerine Göre İlk 5 Ülke

Yıllık Miktar (2008)	1	2	3	4	5
Yeni Kapasite Yatırımı	ABD	İspanya	Çin	Almanya	Brezilya
Rüzgar Gücü Artışı	ABD	Çin	Hindistan	Almanya	İspanya
Şebekeye Bağlı Güneş Pili Artışı	İspanya	Almanya	ABD	G. Kore	Japonya
Güneş Artışı ( Su Isıtma) Artışı	Çin	Türkiye	Almanya	Brezilya	Fransa
Etanol Üretimi	ABD	Brezilya	Çin	Fransa	Kanada
Biyodizel Üretimi	Almanya	ABD	Fransa	İspanya	Hindistan
<b>Mevcut Kapasite(2008)</b>	1	2	3	4	5
Toplam YE	Çin	ABD	Almanya	İspanya	Hindistan
Rüzgar Gücü	ABD	Almanya	İspanya	Çin	Hindistan
Biyokütle Enerjisi	ABD	Brezilya	Filipinler	Almanya	İsveç
Jeotermal Enerji	ABD	Filipinler	Endonezya	Meksika	İtalya
Şebekeye Bağlı Güneş Pili	Almanya	İspanya	Japonya	ABD	G. Kore
Güneş Enerjisi (Su Isıtma)	Çin	Türkiye	Almanya	Japonya	İsrail

**Kaynak:** REN21, 2009:s.9

2008 yılında yenilenebilir enerji adına en önemli gelişmelerden biri de ABD, AB'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının, konvansiyonel enerji kaynaklarından (gaz, kömür, petroli nükleer enerji) daha fazla kapasite artışı göstermesidir(REN21, 2009).

**Tablo 73:** Üç Yenilenebilir Enerji Endüstrisinin Üretim Değeri

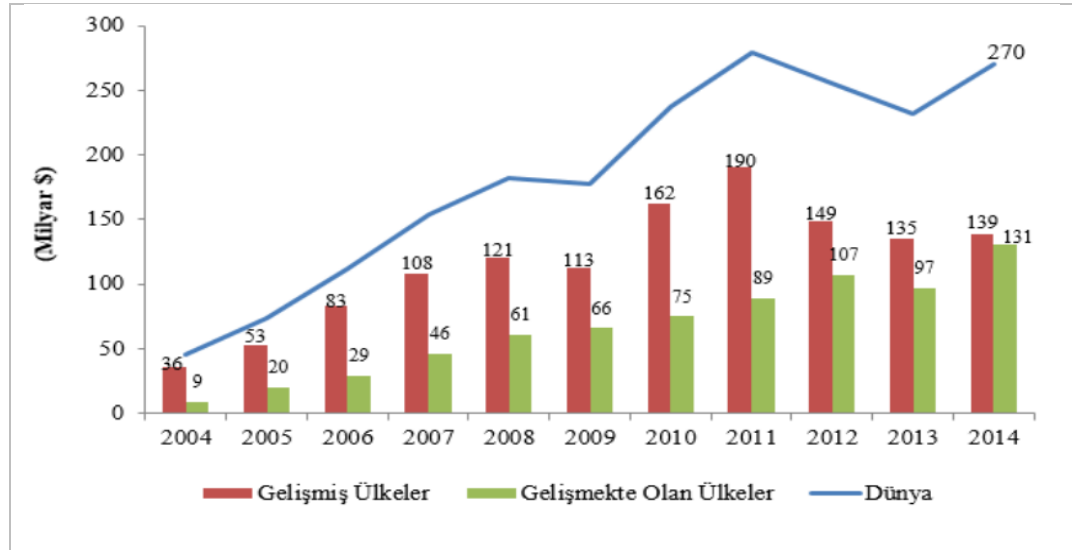
Endüstriler	2007 (MİLYAR \$)	2008 (MİLYAR \$)	2018 TAHMİNİ (MİLYAR \$)
Rüzgar Gücü	30,1	51,4	139,1
Biyoyakıtlar	25,4	34,8	105,4
Güneş Pili	20,3	29,6	80,6
Toplam	75,8	115,9	325,1

**Kaynak:** Makower vd., 2009

2005 yılında, yenilenebilir enerji alanında faaliyet gösteren sermayesi ve 100 milyon \$ üzerinde olan 60 kuruluş sayısı, 2008 yılında 160'a ulaşmış ve kuruluşların sermayeleri yaklaşık 240 milyar \$'ı bulmuştur. Aynı yıl gerçekleşen finansal krize rağmen yenilenebilir enerji piyasaları büyümeye devam edip 2007 yılında 75,8 milyar \$, 2008 yılında 115,9 milyar \$'a yükselmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda 2018 yılına gelindiğinde, önümüzdeki süreçte enerji konusunda en büyük öneme sahip olacak olan biyoyakıtların , güneş pili ve rüzgar gücü üretim değerlerinin sırasıyla 105,4 milyar \$, 80,6 milyar \$ ve 139,1 milyar \$

olması, yenilenebilir enerji piyasası toplamının 325,1'i bulacağı öngörülmektedir(Makower, 2009).

**Grafik 51:** Yenilenebilir Enerji Yatırımları Gelişimi



**Kaynak:** REN21, 2015

Yenilenebilir Enerji Global Durum raporu verilerine göre 2004 yılında 45 milyar \$ olan yatırımların 2014 yılına gelindiğinde %500 oranında artış göstererek 270 milyar \$'ı bulduğu görülmüştür. 2004 yılında gelişmiş ülke yatırımlarının, gelişmekte olan ülke yatırımlarının 4 katı olmasına rağmen 2014 yılına gelindiğinde bu farkın büyük oranda kapanarak hemen hemen eşit seviyeye geldiği, en fazla gelişme gösteren iki alan rüzgar ve güneş enerjisi olup, iki teknoloji için 2014 yılında toplam 250 milyar \$ yatırım yapıldığı görülmüştür(REN21, 2015). Hızla gelişme kaydeden yenilenebilir enerji teknolojileri yatırımlarının 2014 yılında 270 milyar \$'a kadar çıktığı görülmüştür(IEA, 2014).

2011 yılı itibariyle Türkiye yenilenebilir elektrik güç potansiyelinin 19 GW olduğu aynı yıl itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimi potansiyeli ise şu şekilde olmuştur:

Hidrolik enerji üretimi 53 TWh olup elektrik enerjisi ihtiyacının % 23'ü bu enerjiden sağlanmıştır. Türkiye'de söz konusu yıl sonu itibariyle işletmede bulunan HES kapasitesi 17.137,1 MW'tır. Jeotermal elektrik potansiyeli 600 MW/yıl ve 31.500 MW/yıl jeotermal ısı kapasitesi bulunmaktadır. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığın azaltılabilmesi için elektrik enerjisi üretiminde 600 MW olan kullanılabilir jeotermal enerji kapasitesi acil bir şekilde değerlendirilmeli ve bu kaynakların doğrudan kullanımı artırılmalı bununla birlikte yüz binlerce konutun

jeotermal enerji ile ısıtılmasının yolu açılabilir. Dolayısıyla bu kaynağın enerji üretiminde kullanılmasıyla hem yerli kaynak kullanılmış olacak hem de doğa korunmuş olacaktır. Tarım ülkesi olarak önemli miktarlarda biyokütle potansiyeli olmasına rağmen, biyodizel üretimi Türkiye'de istenilen düzeyde değil ve yerli tarım ürünlerinden (atık yağdan biyodizel üretimi) bu üretimi gerçekleştirmek isteyen üç tesis izinli görünse de yalnızca bir firma lisanslı ve üretim gerçekleştirmektedir. Biyoetanol üretim potansiyeli 149.5 milyon litredir.

Türkiye'deki kurulu biyoetanol kapasitesi ülkedeki benzin tüketiminin yaklaşık olarak % 7'sini karşılayabilecek konumdadır. Fakat biyoetanol benzin tüketiminin % 1'in altında bir kısmı ancak pazarda yer almaktadır. Sadece şeker pancarına dayalı biyoetanol üretim kapasitesi neredeyse 2-2,5 milyon ton ve bu miktar Türkiye'nin 2011 yılı benzin tüketiminin hepsini karşılayabilecek durumdadır. Eğer bu potansiyeller ekonomide değerlendirilebilirse, Türkiye enerji ithalatına gerek kalmadan kendisini enerji ihraç eden ülkeler arasında üst sıralarda bulabilir. Ayrıca biyogaz potansiyeli 1400-2000 Btep/yıl arasında yer almakta ve 2012 yılı itibariyle EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) 'dan lisans alınıp yapımı devam eden biyogaza dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü potansiyeli 93 MW, biyokütle enerjiye dayalı tesislerin potansiyeli ise 12.8 MW'tır. Rüzgar potansiyeli bakımından da hayli zengin olan Türkiye'nin toplam kurulu rüzgar gücü 52911 MW ve rüzgar türbin güç kapasitesi ise 1729 MW olarak gerçekleşmiştir. Bu miktar toplam kurulu gücün % 3.2 gibi düşük bir oranına karşılık gelmektedir. Bununla birlikte toplam elektrik enerjisinin % 2.07'lik kısmı rüzgar enerjisinden elde edilmiştir. Eğer gerekli teşvik ve yatırımlar olursa bu oran daha da yukarılarda olacaktır. Dolayısıyla 2023 yılı rüzgar türbin kurulu gücündeki hedef 20.000 MW kapasite ve devam eden yıllarda da toplam potansiyel olan 48.000 MW kapasiteye ulaşmak olmuştur.

Temiz, doğaya dost, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin toplam enerji üretimindeki payının artırılması ülke ekonomisi için hayati önem teşkil etmekte ve dışa bağımlı faktörlerin azaltılmasında önemli bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ise konumu itibariyle pek çok ülkeye göre önemli derecededir. Yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi, metrekarede 2640 saat ve yıllık ortalama toplam ışıınımı ise metrekarede 1311 kWh şeklindedir. Güneş enerjisi ile ilgili yatırımlar olması halinde Türkiye, bir günde birim m<sup>2</sup> 1100 kWh güneş enerjisi elde edebilir. Bununla birlikte kollektörlerden (güneş ışıınımını enerji biçimine dönüştüren toplayıcılar) faydalanarak üretilen ısı güç, 9.3 GW düzeyinde olup fotovoltaik (güneş pili ya da dizini) sistemlerin kurulu güç potansiyeli ise 5 MW düzeyindedir(Koç, Şenel, 2013, s.43). Yukarıda sözü edilen potansiyeller değerlendirildiğinde Türkiye'nin kendisine yetebilen enerjisi olmakla birlikte, enerji arz fazlasını ihraç ederek hem dışa bağımlı bir ülke

olmaktan kurtulabilecek hem de ekonominin daha güçlü olmasının yolu açılacaktır. Türkiye sahip olduğu güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal ve hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından dünyanın önde gelen ülkelerinden biri olmasına karşılık doğaya, iklime, ekonomiye ve insan sağlığına çok ciddi zararları olan fosil kaynaklara bağımlılığı hızla artış göstermekte ve bu anlamda uçurumun kıyısında bulunmaktadır. Bu durumda iki sonuç ortaya çıkabilir. İlk olarak; uygulanacak politikalar ile yenilenebilir enerji kaynakları ya toplam birincil enerjiye önemli katkılar sağlayarak, dış bağımlılığı yok edebilir. İkinci olarak; günümüzde olduğu gibi doğaya, topluma ve ekonomiye zararlı olan fosil ve nükleer enerjiye dönük politikalar ile temiz, güvenilir ve sürdürülebilir enerjilerin önü kapatılabilir.

Türkiye'nin enerji politikasının temel amacı; hızlı nüfus artışı ve gelişme gösteren ekonomisinin enerjiye duyulan ihtiyacının devamlı, güvenli ve kaliteli bir arza dayalı mekanizma doğrultusunda olabilmesidir. Özel sektöre dayalı yatırımların ağırlıkta olduğu ve serbest rekabetin olduğu şeffaf bir piyasa sisteminde bunun gerçekleştirilmesidir. Bu amacın gerçekleştirilmesi için yerli ve yenilenebilir enerji tedarikini de piyasa şartlarını olumsuz etkilemeden arttırmak ve desteklemek gerekmektedir. Ayrıca yasal düzenlemelerin oluşturulması ve enerji verimliliğinin de sağlanması önem teşkil etmektedir(EİE, 2006:s.6). Ülkeler kalkınmak, refah seviyesini arttırmak ve bunu sürdürmek için kullanma zorunluluğu duydukları fosil kaynakların çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri sebebiyle doğaya ve insana zararı olmayan alternatif enerji kaynaklarına yönelmek durumunda kalmışlardır. İşte bu kaynaklar da yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu enerji, doğanın kendine ait devinimi içinde, sonraki periyot için aynı şekilde mevcudiyetini koruyabilen enerji kaynağıdır. Fosil kaynaklara göre; yenilenebilir enerji kaynakları hem güvenilir, hem çevreci, hem de ekonomiktir. Çevreyi olabildiğince kirleten fosil kaynaklar, sonraki 50 yıl içinde kendisini tüketmeden dünyayı tüketebileceği de tahmin edilmektedir. Bunun sebebi ise, sera gazlarının salınımından kaynaklı küresel ısınmanın gün geçtikçe doğal iklim yapısını bozarak çok tehlikeli bir durum almasıdır(Adaçay, 2014:s.89).

Günümüzde enerji hizmetinin modern enerji şeklinde sağlanması ekonomik kalkınma ve gelişimi bakımından hayati önem taşımaktadır. ABD ve AB başta olmak üzere bazı ülkeler, enerjiye duyulan ihtiyacın önemli miktarını nükleer santrallerden karşılamaktadırlar. 1973 Petrol Krizi ile, petrol bir silah şeklinde kullanılmaya başlanmış ve o tarihten bu zamana kadar savaşlar artık "Enerji Savaşları" biçiminde özetlenmekte ve nükleer santrallerle birlikte "Nükleer Savaş" olarak şekillenmeye başlayacaktır. Bu bağlamda enerji artık Ukrayna krizindeki gibi uluslararası ilişkilerde stratejik bir boyut kazanmıştır. Tüm bunların olumsuz etkilerinden sıyrılmak için ulusların kendi öz kaynakları olan yenilenebilir enerji

kaynaklarına yönelmeleri gerekmektedir. Türkiye'nin de aynı şekilde nükleer santralin olası tehlikelerinden, çok yüksek maliyetlerinden ve dışa bağımlı kronik durumundan kurtulmasının biricik yolu, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneliminden geçmektedir. Ayrıca nükleer savaşın ülke ekonomisine, sosyal düzenine ve prestijine neden olabilecek kayıplar da önlenmiş olacaktır. Küresel talebi karşılamanın uzağında gözüken enerji arzı, gelecekte enerji fiyatlarında artış olacağı net bir ifadesidir. Örnek olarak, 2010 yılında tüm Afrika kıtası toplamda 629 TWh elektrik üretmiş ve bu rakam Almanya'nın söz konusu dönemdeki üretim kapasitesi ile aynıdır(EİM, 2014:s.7). Enerji üretim ve tüketiminde birçok kazanç-maliyet unsuru vardır. Toplum için zorunlu bir gereksinim olan enerjinin ve onun kaynaklarının çeşitlenmesi üretimden tüketime kadar pek çok ekonomik uygulamaları zorunlu kılması bu bağlamda enerji ekonomisini meydana getirmiştir. Enerji ekonomisi bu yönde, iktisadi faaliyetlerin sağlanması ve devamı adına sınırlı ve sınırsız enerji talebiyle bunların kaynakları arasındaki dengeyi sağlamayı hedefleyen ekonominin alt bir dalı olarak ortaya çıkmaktadır(Adaçay, 2014, s.90).

### **2.3.2.2.Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi**

Ekonomik büyümenin üretim artışı ile gerçekleşebileceği öngörülmektedir. Üretimin gerçekleşmesi için sermaye faktörünün oluşturulması gerekmekte olup, Türkiye de ara sermaye mallarının dışarıdan ithal ettiği düşünülürse, bu durumun cari açığı arttırıcı etki yaptığı söylenebilir. Üretim sağlanmasında en önemli girdinin Türkiye’de % 70’lik oran ile dışa bağımlı olması oldukça çarpıcı bir noktadır. Enerji tüketimi sektörleri göre farklılık göstermekle beraber, meydana gelen tüketimler ekonomik büyüme ve cari açık ilişkilerini oluşturmaktadır.

ETKB verilerine göre, Türkiye deki sektörel enerji tüketimi paylarına göre, en fazla tüketim yapan sektörün çevrim sektörü olduğu söylenebilir. Çevrim sektörünün içerisinde elektrik üretimi ve petrol rafinerindeki fosil yakıt kullanımlarının yer aldığı söylenebilir(TÜİK, 2010).

Enerji tüketimi 1975 sonrasında 23745 bin tep’ten 80.574 bin tep’e artmış, 1975’de -1.648 olan cari açığın 2009 yılı ile -13.991 milyon \$ olduğu görülmüştür. GSYİH verilerine göre 9.684 reel ((2000 USD milyon) iken 2009’da 350.490 (2000 USD milyon)’na kadar arttığı gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, enerji tüketimi artış göstermekle beraber, cari açık negatif seyir izlerken , GSYİH değerlerinde artış meydana gelmiştir. Kriz dönemlerinde ilk olarak cari açığın arttığı, kriz dönemlerinde cari açığın pozitif değer aldığı gözlemlenmiştir. Türkiye dışa bağımlılığının 2009 yılı ile % 71 olduğu

ve bu değerlerinde 2015 yılında %68, 2020 yılında bunun %70 seviyelerinde enerji talebi ile karşılaşacağı öngörülmüştür (DEK-TKM, 2008). Heinrich Böll Stiftung Derneği (Heinrich Böll Stiftung Derneği 2008:12)'nin verilerine göre, Türkiye'nin yıllık enerji tüketimi % 4-5 civarında, yıllık elektrik tüketiminin de %7-8 oranında olduğu, belirtilen oranların dünya enerji gereksiniminin iki, üç katına denk geldiği öngörülmüştür.

Yapılan analizler sonucunda 2002 yılında %12 olan oranın, 2010 yılında enerji ithalatının payı giderek artarak %21 civarında olduğu öngörülmüştür. Türkiye ele alındığında enerji tüketiminde, sanayi, ulaşım ve yerleşik bölge olmak üzere üç sektörel analiz sonucunda enerji tüketiminin en fazla olduğu sektörlerin konut ve sanayi sektörü olduğu, enerji tüketiminin çok fazla olduğu, tüketimin ithalat oranında artış meydana getirdiği, artışla beraber cari açık üzerinden arttırıcı etkide bulunduğu öngörülmüştür. Türkiye'de artan enerji tüketimi ve enerji ihracatının az oluşuyla birlikte enerji ithalatında artış yaşanmaktadır. Enerji tüketimindeki artışla birlikte, meydana gelen büyümeyle cari açık oluşturmaktadır.

### 2.3.2.3. Türkiye'de Cari İşlemler Açığı Enerji İthalatı İlişkisi

2011 yılı itibariyle Türkiye, enerji üretiminde % 73 gibi ciddi bir oranda dışa bağımlı halde ve bu oran Türkiye'nin enerji bakımından ne ölçüde ciddi kayıpta olduğunun da bir göstergesidir. Türkiye'nin 2003-2012 dönemleri arasındaki net enerji ithalat miktarı ve cari işlem hesap değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

**Tablo 74:** Cari Açık ve Net Enerji İthalat Tablosu (Milyar Dolar)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Enerji İhracatı</b>	1.0	1.4	2.6	3.5	5.1	7.5	3.9	4.4	6.5	7.7
<b>Enerji İthalatı</b>	11.5	14.4	21.2	28.8	33.9	48.3	29.9	38.5	54.1	60.1
<b>Net Enerji İthalatı</b>	10,5	13.0	18.6	25.3	28.8	40.8	26.0	34.1	47.6	52.4
<b>Cari İşlemler Dengesi</b>	-7.5	-14.4	-22.3	-32.2	-38.4	-41.9	-14.0	-47.1	-77.1	-48.8

**Kaynak:** Urgan, 2015

2003 yılında 10,5 milyar \$ seviyesinde olan Türkiye'nin net enerji ithalat tutarı sürekli artış göstererek 2008 yılında bu rakam 40,8 milyar \$ düzeyine çıkmıştır. 2009 yılındaki küresel krizin etkisiyle meydana gelen ithalat daralmasının sonucunda net enerji ithalatı 26 milyar \$'a düşmüştür. 2010 yılı itibariyle yine artmış ve 2012'de 52,4 milyar \$ düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu rakama ait en önemli unsur, 2012 yılında azalan cari işlemler açığına rağmen net enerji ithalat tutarının artmaya devam etmiş olmasıdır. Dolayısıyla 2012 yılına ait net enerji ithalatının cari açıktan da büyük bir değere ulaştığını göstermektedir.

### 2.3.3.Yenilenebilir Enerjinin İstihdam Etkisi

Küresel ekonomik gelişmelerin ve insan popülasyonunun çoğalmasına bağlı olarak dünya enerji tüketiminde artış yaşandığı bilinmektedir. 2004 yılında 6,4 milyar olan dünya nüfusu, öngörülere dayalı olarak senelik % 10'luk ortalama bir artışla, 2030'lı yıllarda 8,1 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Gelişmiş ülkeler sınıfına giren, ekonomik büyümesinin büyük bölümünü tamamlamış ülkelerde nüfus artışının yavaşlaması öngörülmürken, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bu artışın yüksek oranda gerçekleşmesi beklenmektedir(Helm, 2007:s.412-413).

Küresel ekonomik gelişmelerin, tüketimi arttırıcı önemli etkenlerden biri olduğu düşünülürse, 2004-2015 zaman aralığında gelişmiş ülkelerin ekonomisindeki yıllık ortalama büyümenin % 4, 2015-2030 zaman aralığında ise % 2,9 oranına gerileyip artması öngörülmürken; Çin, Hindistan ve diğer birçok Asya ülkesinde ise, tersine, makro ekonomik gelişmeler ve teknolojik yeniliklerin de etkisiyle aynı zaman aralığında, ekonomik büyümenin artarak devam edeceği öngörülmektedir(Helm, 2007:s.412-413).

2003 yılında, TÜBİTAK'ın verilerine göre aynı hızla gerçekleşen dünya gelişimi sonucunda, enerji talebinde 2023 senesine gelindiğinde, % 54 oranında artış gerçekleşeceği tahmin edilmektedir(Tubitak, 2003:s.21).

EIA öngörülerine göre, dünya toplam enerji tüketiminin 2006-2030 zaman aralığında % 44 oranında artacağı öngörülmüştür(DOE/IEA, 2009:s.3).

İstihdamı arttırılan önemli unsurların başında ihracat gelmekte olup, istihdam ile yenilenebilir enerji politikalar arasında pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Yenilenebilir enerjinin istihdam üzerindeki etkilerine yönelik incelemeler sonucunda, Danimarka'da yenilenebilir enerjiyle ilgili devletin sağlamış olduğu sübvansiyonların istihdamı arttığı gözlemlenmiştir(Lund, 2009 s:53-64).

Ayrıca birden fazla enerji potansiyeline sahip bazı kırsal yerlerde yenilenebilir enerjinin fosil yakıtlara ikame konumunda ve önüne geçecek ölçüde artış gösterdiği bilinmektedir. Bu tarz bölgelerdeki istihdam potansiyelinin çoğunu yenilenebilir olmayan yakıtların eldesi ve işletim sürecine dayalı olduğu bilinse de, yenilenebilir enerjinin çok iyi bir potansiyel olması ve iş çeşitliliğini arttırmada önemli rol oynayacağı öngörülmüştür. Yenilenebilir enerji ile ilgili mevcut son verilere göre, yenilenebilir enerjinin üretilen ve dağıtılan birim enerji enerji ve dolar yatırımı kapsamında daha üretken, verimli bir istihdam destekçisi olduğu söylenebilir(Wei vd., 2010, Kammen, 2004).

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kırsal alanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımların söz konusu bölgelerdeki istihdam sorununun

çözümüne katkı sağlayacağı, geri kalmış kırsal alanların dönüştürülmesi sürecine işlerlik kazandıracağı ve hem sanayiciler hem de hane halkları için tersine göçü teşvik edebileceği söylenebilir(Panwara vd.,2011:s.1514). Yenilenebilir enerji konusunda birçok kesimin ortak talep ve beklentileri söz konusu enerji kaynaklarının özellikle 3 alanda ülkeye katkı sağlamasıdır. Bunlar enerji ihtiyacını sağlama, çevresel ve iktisadi endüstriyel beklentileri karşılamasıdır(Shen vd., 2011:s.2589).

İstihdamı arttıran unsurların iç piyasanın aksine yenilenebilir enerji teknolojileri ve yan ürünlerinin üretiminin yapıldığı alanların çarpıcı bir şekilde daha önemli etkide bulunduğu görülmüştür. Bunların başında endüstriyel mühendislik, teknoloji geliştirme, ürün geliştirme, üretime geçiş ve ön üretim geliştirme gelmektedir(Lund, 2009 s:53-64).

Yenilenebilir enerji sektörüne olan yatırımın artması, yenilenebilir enerjisinin sunduğu iş fırsatları, ekonomik ve çevresel faydalarla birlikte sosyal getiri bakımından da oldukça önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerjiye yönelik tercih ve yatırımların artışıyla beraber; proje geliştirme, yapım, inşa ve montaj, işletme ve bakım, onarım süreçleri ile birlikte istihdam potansiyeli sürekli artış gösterir. Bununla bağlantılı olarak malzeme, makine ve sanayi ürünlerine yönelik imalat ve işgücü yeteneklerinin arttırılmasına yönelik süreçlerde de istihdam artışı gözlemlenmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji, fosil enerji ile birim kurulu güç, birim üretilen enerji ve birim yatırım başına iş sayısı kriterleri baz alınarak karşılaştırıldığında, yaratılan istihdamın fosil enerjiye göre fazla olduğu gözlemlenmiştir(Huntington, 2009:s.12-15; Wei, 2010:s.919-931; Rutovitz, 2012:s.5). ILO'nun verilerine göre yenilenebilir enerji alanında dünya genelinde yaklaşık 3 milyon fazla kişiye istihdam yarattığı öngörülmektedir(ILO, 2011:s.6).

İklim politikaları ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasıyla birlikte fosil yakıt sektörü üzerinde baskı oluşabileceği, ayrıca yenilenebilir enerji pazarlarının fosil yakıt jeneratorleri üzerinde finansal sonuçlar doğurabileceği öngörülmüştür. Bu gelişmelerle birlikte fosil yakıtlarla ilgili iş potansiyelinde azalma yaşanacağı tahmin edilmektedir(IRENA, 2017(a)). Yenilenebilir enerjiler ile ilgili istihdam potansiyellerine örnek olarak, güneş panellerinde inşa ve kurulumla ilgili yıkım değer zinciri aşamalarında yeni iş potansiyelinin yaratıldığı söylenebilir. Çin'de bu sektörün %81 oranla artış göstererek 635,000'e ulaşması ve inşa-kurulumla ilgili işlerde 2015 yılında %20 olan payın, 2016 yılında %32'yi bulması örnek gösterilebilir(CNREC, 2017). Buna ek olarak ortalama 1.2 milyon rüzgar enerjisi istihdam seviyesinin yaklaşık olarak 2030 yılıyla 3 milyon ve 2050 yılıyla 4 milyonu bulacağı, en iyi senaryo beklentilerine göre 2030'a kadar mevcut potansiyelin iki katına çıkarak 2.4 milyonu yaklaşacağı öngörülmüştür(IRENA,



2017(b), GWEC, 2017). Çin Ulusal Enerji İdaresi 2017 verilerine göre 2020 yılına kadar gerçekleşmesi planlanan 360 milyar USD yenilenebilir enerji yatırımının, 144 milyar USD'sinin güneş enerjisi, 100 milyar USD'sinin rüzgar enerjisi, 70 milyar USD'sinin hidroelektrik enerjisi ile ilgili alanlarda gerçekleşeceği ve 2020 yılına kadar 13 milyondan fazla iş imkanının yaratılacağı öngörülmüştür(Reuters, 2017). Bu yıllık 2.6 milyon iş kazancı anlamına gelmektedir. Bu iş kazancı ile birlikte Çin'in dış güneş, rüzgar ve hidroelektrik dış enerji yatırımlarını arttırmasıyla beraber, ilgili yenilenebilir enerji dış yatırımlarının %60 oranındaki artışıyla beraber 32 milyar USD'yi bulacağı tahmin edilmektedir(Buckley, 2017). Brezilya'daki yenilenebilir enerji istihdamın genel anlamda sıvı biyoyakıtlarda gerçekleştiği öngörülmüştür. 2016 yılında az oranda biyodizel üretiminin 3.8 milyar lt'ye düşmesine rağmen 2015'teki 169000 istihdam ile genel olarak istihdam potansiyelinde az oranda bir artışın gerçekleştiği söylenebilir. Bunun nedeni olarak hammadde içeriklerindeki değişiklikleri ile birlikte işlenmemiş maddelerdeki eş işgücü ihtiyacından kaynaklandığı söylenebilir(ABIOVE, 2017). ABD güneş enerji 2016 Kasım ayı verilerine göre 260.077 kişinin bir önceki yıla oranlar %24,5 artışla birlikte ABD güneş enerji sektöründe istihdam ettiği söylenebilir. Bu istihdam dağılımının, 241.900 kişinin PV sektöründe, 13.000 kişinin ısıtma/soğutma sistemlerinde ve 5.200 kişinin CSP sektöründe istihdam ettiği belirtilmiştir(Solar Foundation, 2017). ABD'de 2016 yılında rüzgar enerji ile ilgili işlerde 102.500 iş ve 82 GW kurulu kapasiteyle birlikte 80 GW'lik hidroelektrik enerji kapasitesinin aşıldığı belirtilmiştir(Cardwell, 2017). ABD'de 2016 yılında katı biyokütle ve biyogaz kapasitesinin, yeni kurulumla birlikte ortalama 131 MW'ye ulaştığı söylenilebilir(BNEF, BCSE, 2017). ABD'de etanol üretiminin %3'ten daha fazla artış oranıyla birlikte istihdam % 2 azalarak yaklaşık 222.500 iş seviyesine indiği söylenebilir(Urbanchuk, 2017).

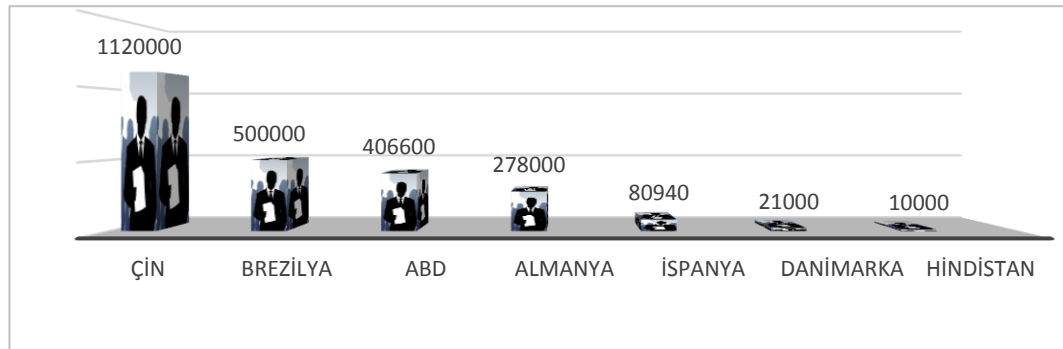
2016 yılında biyodizel üretimi % 23 oranında artarak, sektörde 61.100 iş istihdamı yarattığı belirtilmiştir(EIA, 2017). AB yenilenebilir enerji sektöründe rüzgar enerjisinin ilk sıralarda olmasına rağmen 2015 yılında istihdam oranının az da olsa 329,700 gerilediği söylenebilir(EurObserv'ER, 2017). Almanya'da ithalatın biyogaz sektörü yurtiçi yatırımların düşüşü etkisini azalttığı söylenebilir. Bu yöndeki %7 azalmayla birlikte istihdamın ortalama 45.000 işe ulaştığı söylenebilir (Euractiv, 2017). Alman güneş PV enerji ile ilgili istihdam oranının 2011'de zirveye çıktığı 111.000 iş istihdamından düşüş yaşanmış ve 2015 yılında 31.600 iş istihdamına ulaşmıştır. 2010-2012 yıllık kurulumlarla birlikte ortalama 7.5 GW düzeyinden 2015-2016 döneminde 1.5 GW'a düştüğü söylenebilir(BSW-Solar 2016, 2017). İspanya'da ise olumsuz politika değişiklikleri ve ekonomik krizden kaynaklanan işten çıkarmaların sonucunda yenilenebilir enerji istihdamı 2015'te istikrara kavuştuğu söylenebilir. 2008 yılında ortalama 144.300 iş istihdamının

2015 yılında ortalama 76.150 olduğu öngörülmüştür. Bu istihdamda 34.400 iş ile biyokütle sektörünün en büyük pay sahibi olduğu söylenebilir (APPA, 2016). Fransa'nın ise 8000 iş kaybına rağmen, 2015'te 162.100 iş ile AB yenilenebilir enerji ile ilgili istihdam sağlayan 2. ülke konumunda olduğu söylenebilir. Verilere göre 100 milyar €'lık kamu yatırımının gerçekleşebileceği ve 2030 yılında gelindiğinde Fransa'da olası 1.4 milyon yeşil iş istihdamının; ortalama 330.000'inin yenilenebilir enerji sektöründe gerçekleşeceği öngörülmüştür (Robert, 2017; HBS France, 2016). 2014-2015 yılı değer zinciri içerisinde İngiltere'de ortalama 110.000 kişiye istihdam sağlandığı söylenebilir. Hükümet politikalarının değişkinliği ile birlikte güneş, rüzgar, hidroelektrik ve biyogaz enerjilerindeki kesintiler 2016 yılında projelerin gelişimini tamamlamadan sonuçlanmasına neden olduğu öngörülmüştür (REA, 2016; Mourant, 2016). 2016 yılında yapılan diğer bir anket sonucuna göre ise önceki yıla kıyasla güneş enerjisi ile ilgili 12.500 işte istihdam sağlanamadığı öngörülmüştür (PWC, STA, 2016).

Türkiye de 53.000 kişinin rüzgar enerjisi, 16.600 kişinin güneş ısıtma ve soğutma sistemlerinde ve 12.700 kişinin PV sektöründe çalıştığı belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji alanında toplam çalışan sayısının ise ortalama 94.400 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Erim, 2017). Ayrıca güneş ve rüzgar enerji merkezi haline gelmesi hedefler arasındadır.

Küresel yenilenebilir enerji sektörü 2016 yılında 9,8 milyon kişiye istihdam sağladığı, büyük ölçekli hidroelektrik enerjisi hariç yenilenebilir enerjilerdeki iş istihdamının % 2,8 oranında artarak 2016 yılında 8,3 milyona ulaştığı öngörülmüştür (IRENA, 2017 (c)).

**Grafik 52.** Yenilenebilir Enerji İstihdamı Belirli Ülke Örnekleri



**Kaynak:** UNEP, 2011(a):s. 218

UNEP, ILO, IOE ve ITUC tarafından hazırlanan rapora göre, biyokütle ile ilgili tarım ve sanayi sektöründe 12 milyon, güneş enerjisi ile ilgili 6,3 milyon ve 2,1 milyon kişinin rüzgar enerjisi alanındaki istihdamının 2030 yılına kadar bu

rakamlara ulaşacağı öngörülmüştür. Bu veriler baz alınarak yenilenebilir enerji payının önümüzdeki yıllarda artışıyla eş zamanlı olarak istihdamın da önemli derecede artması beklenmektedir(UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008).

Yenilenebilir enerji ile ilgili işlerde Amerika'da ortalama %6'lık artış yaşanırken, petrol ve gaz ile ilgili işlerde ortalama %18 artış yaşanmıştır(Saha, Muro, 2016). Çin'de ise yenilenebilir işlerle ilgili istihdamın ortalama 3.5 milyon civarında olduğu, petrol ve gaz ile ilgili işlerde 2.6 milyon kişiyi aştığı öngörülmüştür(CNREC, 2016).

Güneş Enerjisi ile ilgili işlerde bir önceki yıla göre %11 artış göstermekle birlikte 2015 yılında ortalama 2.8 milyon istihdam oranına sahip olduğu öngörülmüştür. Çin yaklaşık 1,7 milyon iş ile dikkat çekmiştir. Japonya'da 2014 istihdam oranında %28 artış gerçekleşerek ortalama 377.100 işe ulaştığı öngörülmüştür(JPEA, 2016). 2014 yılında imalat sanayinde azalıştan dolayı AB'de güneş enerjisi istihdamında yaklaşık %13 düşüş yaşandığı öngörülmüştür(EY, 2015). Likid biyoyakıtlarda 2015 yılında istihdam %6 azalış göstererek 1.7 milyona ulaştığı öngörülmüştür(IRENA, 2016). Hidroelektrik enerjisi teknolojisindeki %13'lük azalışla beraber 2015 yılındaki istihdamın 200.000 olduğu öngörülmüştür(IRENA, 2016).

Uluslararası yenilenebilir enerji ajansı verilerine göre, 2015 yılı içerisinde istihdam oranı %5'lik artış göstererek yaklaşık 8.1 milyona ulaşırken, bu sayının 1.3 milyon kişisi hidroelektrik ile ilgili işlerde istihdam ettiği öngörülmüştür(IRENA, 2016). Rüzgar enerjisinde güçlü tesislerle birlikte Çin, Amerika ve Almanya da ortalama %5 artış gerçekleşerek ciddi bir istihdam artışı olmuş ve ortalama 1.1 milyon istihdamın bu sektörde gerçekleştiği öngörülmüştür(IRENA, 2016). Rüzgar enerjisi ile ilgili işlerde Amerika'da istihdam oranı %20 artış göstererek 88.000 istihdama ulaştığı öngörülmüştür(AWEA, 2016). Rüzgar enerjisi ile ilgili işlerde 2015 yılında Brezilya güçlü bir kazanımla birlikte %14 oranında artışla birlikte ortalama 41.000 işe ulaşırken, 2014 yılında AB ise %4 artış göstererek 10.000 işe ulaşmıştır(IRENA,2016).

### **2.9.1. Yenilenebilir Enerji Değer Zinciri**

Yenilenebilir Enerji Değer Zinciri; Ekipman Üretimi ve Dağıtımı, Proje Geliştirme, İnşaat ve Kurulum, İşletme ve Bakım unsurlarından oluşmakla beraber, diğer endüstrilerle ile yenilenebilir enerji endüstrisi kıyaslaması yapıldığında, üretim ve dağıtım aşamalarının benzerlik gösterdiği, proje geliştirme , inşaat ve montaj aşamalarının projeye yönelik olmasından dolayı istihdam yapısının farklı

olduğu, işletme ve bakım aşamalarındaki istihdam yapısının ise sürekli ve daha kalıcı olduğu söylenebilir(ILO, 2011(c):s. 25-26).

İhracat yönelik gelişmeler ve yeni teknolojik gelişmeler yenilenebilir enerji alanında büyümenin kilit noktası olduğu görülmüştür. Ayrıca dünya pazarında önemli bir konuma sahip olma da oldukça önemlidir.

Yenilenebilir enerji sektöründeki gelişmeler, diğer sektörleri de etkilemiş Avrupa da 1990-2004 yıllarında kalkınmanın beraberinde ve ortalama 200.000 kişiye iş imkanı sağlamıştır(EREC, 2004:s.2-3). Avrupa'nın yenilenebilir enerjiye ayırdığı pay ile birlikte öngörülerine göre 2020 yılına kadar 2.023.000 kişiye iş imkanı sağlanacaktır(EREC, 2004:s.14-15). Sürdürülebilir enerjinin endüstri alanında bütünleşik bir yapıya sahip olup gelişmesinin iç ve dış yatırımlarla sağlanabileceği, gerekli araştırma ve geliştirme çalışmaları ile birlikte enerjinin altyapıya yönelik yöneliminin artacağı ve ihracat sektöründe çeşitliliğin sağlanıp pozitif etki yaratacağı öngörülmektedir(Lund, 2009 s:53-64; Dalton, 2011:s.2123-2133). Sürdürülebilir enerjinin sağlanması adına yenilenebilir enerji sistemlerinin hızla çoğalması ve bu çoğalmanın sağlanması için yapılan çalışmaların artırılmasının, ekonomide büyüme yaratması, teknolojik gelişmelerde çeşitlilik ve hız kazanılması, gelecek vadeden işlerin ortaya çıkmasına neden olacağı öngörülmektedir(Dalton, 2011:s.2123-2133; Moreno, 2008:s.732-751; Paska, 2009:s.142-154).

Yenilenebilir enerji yatırımlarının ülkesel bazlı istihdam etkisi incelendiğinde Danimarka'da 20.000, Amerika Birleşik Devletlerinde 450.000 istihdam yarattığı gözlemlenmiştir(Lund, 2009 s:53-64).

Devletin sağladığı yenilenebilir enerjiye yönelik sübvansiyonların istihdam alanında olumlu etki gösterdiği gözlemlenmiştir(Lund, 2009 s:53-64).

İç piyasaya nazaran yenilenebilir enerji teknolojileri ve yan ürünlerin üretildiği sektörlerin istihdamı arttırdığına yönelik öngörüler üzerindeki çalışmaların sonucunda, yenilenebilir enerji yatırımlarının istihdamı arttığı ülkelerde bunu doğrular nitelik bulgular olduğu saptanmıştır. Bu bulgulara örnek olarak teknoloji geliştirme, ön geliştirme, endüstriyel mühendislik ve üretime geçiş alanlarını istihdamı artıran alanlara örnek olarak verebiliriz(Lund, 2009:s.53-64).

AB-27 yenilenebilir enerji sektörünün 2009 yılında istihdam etkileri incelendiğinde toplamda 912.220 olmak üzere, rüzgar sektöründe 243.000, fotovoltaik sektöründe 121.800 ve katı biyokütle sektöründe 280.000 kişiye istihdam yaratıldığı öngörülmüştür. Bu ülkeler arasında Almanya'nın; İsveç, Danimarka ve Fransa yatırımları toplamı kadar olan yatırımları, hem istihdam hem

de yatırım alanında göze çarpan bir unsur olarak karşımıza çıktığı görülmüştür(Euroobserve'R, 2010).

Çiftçilik ile uğraşan kitlenin yeni teknoloji için üretimi yapılacak ürünlere adapte olması ve bunları benimsemesiyle biyoenerjiye yönelik tarımsal üretimin artması, bununla birlikte de yeni arazilerin tarıma açılması beklenmektedir. Böylelikle tarım ürünlerinde talep artacak, dağıtım-nakliye, işleme bölümlerinde çalışanlara olan ihtiyacın giderilmesiyle iş imkanlarının ve istihdamın artması öngörülmektedir. Ayrıca kırsal kesim de göçün önüne geçilip, yaşam kalitesi artacaktır. Bunun en güzel örneğini 2005 yılında 420 ton şeker kamışı üretimiyle Brezilya da ortalama bir milyon kişiye istihdamın sağlanması, kullanılan makinelerin bakımı gibi sürekli iş imkanlarının artış göstermesinde görebiliriz. Yine Endonezya da üç senelik süre zarfında palm yağı biyodizel endüstrisinin 2.5 milyon istihdam yaratabileceğine yönelik öngörüler bulunmaktadır(Zilberman, 2007; Cassman, Liska, 2007:s.18-23; Walter, 2006). Bu bağlamda farklı ölçekteki işletmelerin, dikey bütünleşme (vertical integration) ve üretim zinciri bağlantılarının yeni teknoloji gelişmelerinden ne şekilde etkileneceği, oluşan kârın nasıl paylaşılacağı kilit noktadır. Bununla ilgili olarak küçük çiftçilerinde üretimden negatif yönde etkilenmemesi adına sözleşmeli çiftçilik uygulaması veya ABD Minnesota, Brezilya Sao Paolo örneğindeki gibi kooperatiflerin kurulmasıyla, asimetrik etkinin azaltılması sağlanabilir(Walter, 2006; Scott, 2006).

Yenilenebilir enerjinin yarattığı istihdamın 2008 yılında yaklaşık 604.341 kişi olduğu ve bu istihdamın 2018 yılında 2.657.292 kişiyi bulacağı tahmin edilmektedir(Makower, 2009). 2018 yılı itibariyle güneş pili endüstrisi istihdamının 190.819'dan 1.341.968, rüzgar gücü enerjisi istihdamının 413,522'den 1.315.324 kişi olacağı tahmin edilmektedir.

**Tablo 75:** Güneş Pili ve Rüzgar Gücü Endüstrisindeki İstihdam (2008-2018)

Endüstriler	2008	2018 TAHMİNİ
Güneş Pili	190.819	1.341.968
Rüzgar Gücü	413.522	1.315.324
Toplam	604.341	2.657.292

**Kaynak:** Makower, 2009

2014 yılında yenilenebilir enerji sektöründe ortalama 6.5 milyon kişinin istihdam ettiği görülmüştür(IRENA, 2014).

- ✓ *Enerji yoğunluğunun (GSYIH başına tüketilen enerji miktarı) 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılması,*
- ✓ *Elektrik enerjisi kurulu güç kapasitesinin 110.000 MW"ın üzerine çıkarılması,*

✓ *Toplam elektrik üretiminin 440 milyar kWh'a yükseltilmesi.*

#### 2.4.Yenilenebilir Enerji Çeşitlerinin Ekonomik Etkileri

1973 yılında nüfusumuz 38.072 milyon kişi, GSYİH 76 milyar \$, enerji tüketimi 24,6 Mtep, elektrik enerjisi tüketimi 12,4 TWh iken; 2010 yılında nüfus 72.85 milyon kişiye, GSYİH hasıla 913 milyar \$'a, enerji tüketimi 105,13 Mtep'e, elektrik enerjisi tüketimi 180,21 TWh'e yükseldiği tespit edilmiştir. 1973 ve 2010 yıllarını kapsayan süreçte, Türkiye'de kişi başı enerji tüketimi yaklaşık 2 kat artış göstererek 1,443 kgep, kişi başı elektrik enerjisi tüketimi ortalama 8 kat artış göstererek 2,474 kWh, kişi başı gayri safi yurt içi hâsıla yaklaşık 6 kat artış göstererek 12,530 \$ olarak gerçekleşmiştir(IEA (d), 2012; Koç, 2008).

**Tablo 76:** Türkiye'nin Nüfus, Ekonomi ve Enerji Durumu

Yıllar	Nüfus(Milyon kişi)	GSYİH(Milyar\$)	Kişi başı GSYİH (\$/kişi)	Enerji Tüketimi (Mtep)	Elektrik Enerjisi Tüketimi (TWh)	Kişi Başı Enerji Tüketimi(kgep/kişi)	Kişi başı elektrik enerji tüketimi (kWh/kişi)
1973	38.072	76	1,994	24.6	12.4	646	326
1990	56.098	150	2,674	53.7	56.8	957	1,013
1995	62.171	178	2,861	64.6	85.6	1,039	1,376
2000	67.804	214	3,158	82.6	128.3	1,218	1,892
2005	71.000	212	2,986	90.1	132.7	1,254	1,849
2010	72.850	913	12,530	105.13	180.21	1,443	2,474

**Kaynak:** IEA (d), 2012; Koç, 2008

**Tablo 77:** Enerji Santralleri İşletme Bakım ve Yakıt Maliyeti Karşılaştırması

Santral Tipi	İşletme-Bakım Maliyeti (cent/kWh)	Yakıt Maliyeti (cent/kWh)
Doğalgazlı Termik Santral	0.415	3.609
Linyitli Termik Santral	1.495	1.839
İthal Kömürlü Termik Santral	1.413	1.965
Hidroelektrik Santral	0.203	0
Nükleer Santral	0.780	1.000
Rüzgar Enerji Santrali	1.2	0
Jeotermal Enerji Santrali	1.8	0
Güneş Enerji Santrali(PV pil)	1.6	0

**Kaynak:** IEA 2010; Koç, 2008

Enerji santralleri içerisinde yakıt maliyeti en yüksek olan santraller sırasıyla; doğalgazlı termik santraller (3.609 cent/kWh), ithal kömürlü termik santraller (1.965 cent/kWh) ve linyitli termik santrallerdir (1.839 cent/kWh). İşletme ve bakım maliyeti en fazla olan santraller ise; jeotermal enerji santralleri (1,8 cent/kWh), güneş enerji santralleri (1,6 cent/kWh) ve linyitli termik santraller (1.495 cent/kWh) şeklinde sıralanmaktadır(IEA 2010; Koç, 2008).

**Tablo 78:** Enerji Santrallerinin Kapasite Faktörü, İlk Yatırım ve Birim Enerji Üretim Maliyeti

Santral Tipi	Yerel/Dışa Bağımlı	Kapasite Faktörü(%)	İlk Yatırım Maliyeti(\$/kW)	Birim Enerji Üretim Maliyeti(cent/kWh)
Doğalgazlı Termik Santral	Dışa Bağımlı	85-90	500-1,300	3.6-10,6
Linyitli Termik Santral	Yerel	50-85	2,000-3,000	4.6-12,0
İthal Kömürlü Termik Santral	Dışa Bağımlı	50-85	1,500-2,500	4.5-8,8
Hidroelektrik Santral	Yerel	30-45	1,900-2,600	2.7-3,5
Nükleer Santral	Yerel/ Dışa Bağımlı	85-95	2,500-5,000	3.0-8,2
RES (Yükseklik: 30m ve hız: 8,5 m/s)	Yerel	25-45	1,200-2,500	5.1-14,6
Jeotermal Enerji Santrali	Yerel	80-90	1,700-4,000	3.3-4,0
Güneş Enerji Santrali(Fotovoltaik pil)	Yerel	20-25	4,000-8,000	12.3-24,5
Biyokütle Enerji Santrali	Yerel	80-90	2,000-3,500	4.8-8,0

**Kaynak:** IEA, 2010; İskender 2007

Hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyeti diğer santrallere göre biraz daha yüksek olmasına rağmen yakıt maliyetinin olmaması ve işletme-bakım maliyetinin çok düşük olması sebebiyle bu tip santraller en düşük birim enerji üretim maliyetine sahip olan enerji üretim tesisleridir. Enerji santralleri içerisinde birim enerji üretim maliyeti düşük olan diğer santraller sırasıyla; nükleer santraller ve jeotermal enerji santralleridir. Güneş santralleri (4,000-8,000 \$), nükleer santraller (2,500-5,000 \$/kW), biyokütle enerji santralleri (2,000-3,500 \$) şeklinde sıralanmaktadır. Rüzgâr enerji santralleri, yakıt maliyeti olmayan enerji santralleri olmasına rağmen bu tip santrallerin işletme ve bakım maliyeti 1,2 cent/kWh, ilk yatırım maliyeti 1,200-2,500 \$/kW seviyelerindedir. Günümüzde işletilmekte olan nükleer santrallerin ilk yatırım maliyeti diğer enerji santrallerine göre daha yüksektir. Nükleer santrallerin ilk yatırım maliyeti ülkeden ülkeye ve seçilen teknolojiye göre değişmekle birlikte 2,500-5,000 \$/kW seviyelerindedir. Nükleer santrallerin fosil yakıtlı santrallere göre en önemli avantajı; kapasite faktörünün yüksek ve yakıt maliyetinin düşük olmasıdır. Nükleer santrallerde yakıt maliyeti elektrik enerjisi üretim maliyetinin %10-12'sini oluştururken; kömürle çalışan termik santrallerde %40-45'ini, doğalgaz santrallerinde ise %50-55'ini oluşturmaktadır. İlk yatırım maliyeti en fazla olan santraller; nükleer enerji santralleri olup toplam elektrik enerjisi üretim maliyetinin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. İlk yatırım maliyeti kömürle çalışan termik santrallerde elektrik enerjisi üretim maliyetinin %40-45'ini, doğalgaz santrallerinde %20-25'ini oluşturmaktadır.

ABD'de nükleer kaynaklardan kömürden ve doğalgazdan birim enerji üretim maliyeti sırasıyla 3.01 cent/kWh, 2.71 cent/kWh, 4.67 cent/kWh iken; Türkiye'de nükleer kaynaklardan kömürden ve doğalgazdan birim enerji üretim maliyeti sırasıyla 4.32 cent/kWh, 4.13 cent/kWh, 4,6 cent/kWh olarak tahmin edilmektedir. Birim enerji üretim maliyetleri, doğalgaz, kömür ve uranyum fiyatlarındaki yükselişle birlikte her sene artmaktadır. Buna rağmen; nükleer kaynaklardan ve kömürden elektrik enerjisi üretim maliyetinin doğalgazdan elektrik enerjisi üretim maliyetine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Teknolojik ilerlemeler, finansal gelişmeler ve yeni pazar imkanları rüzgar ve güneş (fotovoltaik) başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretimi ile ilgili maliyetleri azaltıcı etki yapmaktadır. Özellikle kıyı bölgelerindeki rüzgar ve güneş enerjisi kullanımı, dışsallıklar hesaplanmadan bile fosil yakıtlar ile maliyetler açısından rekabet edebilir hale gelmektedir(Amin, 2016). Örneğin rüzgar enerjisi Brezilya, Kanada, Meksika, Yeni Zelanda, Güney Afrika, Türkiye, Çin, Avusturalya ve ABD gibi birçok ülkede şebeke bazlı enerji



açısından en uygun maliyetli seçeneklerden biri olarak değerlendirilmektedir(Renewables 2016 Global Status Report).

Doğalgazlı termik santrallerin ilk yatırım maliyeti ve enerji üretim maliyeti düşüktür. Bu nedenle bu tip santrallerin Türkiye'deki sayısı son yıllarda hızla artmıştır. Türkiye kendi ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli doğalgaz rezervine sahip olmadığından son yıllarda kurulan doğalgaz santralleriyle enerjide daha fazla dışa bağımlı hale getirilmiştir. Bu yüzden alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilip enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması gerekmektedir. Türkiye için en önemli alternatif enerji kaynaklarından biri de rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr enerjisi santralleri, kurulum maliyetleri kW başına yaklaşık 1,200-2,500 \$ olan çok büyük bir işletme ve bakım maliyeti gerektirmeyen enerji üretim tesisleridir. Mart 2011 itibariyle ülkemizdeki rüzgâr enerji santrallerinin toplam güç kapasitesi 1,414 MW'dır. Rüzgâr enerji potansiyelimizin 48,000 MW olduğu düşünüldüğünde henüz potansiyelin % 10'u bile faaliyete geçirilebilmiş değildir. Bu nedenle gerekli yatırımların yapılıp yerli rüzgâr türbinlerinin geliştirilerek rüzgâr türbin güç kapasitemizin hızla artırılması ihtiyaçtan çok bir zorunluluktur(TR42 Raporu).

Güneş ve Rüzgar enerjindeki sifıra yakın marjinal maliyetlerle yenilenebilir enerjiye aşırı bağımlılık, sıklıkla ve bazen toptan enerji piyasasında sıfır fiyat durumunun uzun süre etkisini göstermesine neden olabilmektedir(Robinson, 2013).

Türkiye'de 2023 hedefleri kapsamında 34 bin MW hidroelektrik, 20 bin MW rüzgar enerjisi, 5 bin MW güneş enerjisi, 1.000 MW jeotermal enerji ve 1.000 MW biyokütle enerjisi üretilmesi planlanmaktadır. Bu hedefler doğrultusunda 2023 yılına gelindiğinde Türkiye'nin elektrik enerjisine olan talebinin en az %30'unun (hidroelektrik dahil) yenilenebilir enerji kaynakları tarafından sağlanması planlanmaktadır. Bu hedefin gerçekleşebilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına yaklaşık olarak 60 milyar \$ yatırım yapılması öngörülmektedir(Melikoğlu, 2016). Türkiye yenilenebilir enerji alanında 2023 hedeflerine ulaşmak ve bu hedefleri ilerletmek adına mevcut tüm yenilenebilir enerji yatırımlarını faal hale getirmek zorundadır. Aksi halde bu hedefler sadece rakamlardan ibaret kalma durumundadır(ETKB, 2014 (a)).

Yenilenebilir enerji yatırımcıları politik riskler, kurallar ve düzenleyici riskler, teknoloji riskleri, para ve likidite riski ve destek ve projeden vazgeçilme riskleri gibi birtakım risklerle karşı karşıya olmasına rağmen yenilenebilir enerji talep ve teknolojik evriminde etkili bir yol izlemenin yolu, sermaye maliyeti ve projeleri finanse etme kabiliyetine bağlı olduğu öngörülmüştür. Bundan dolayı, bu

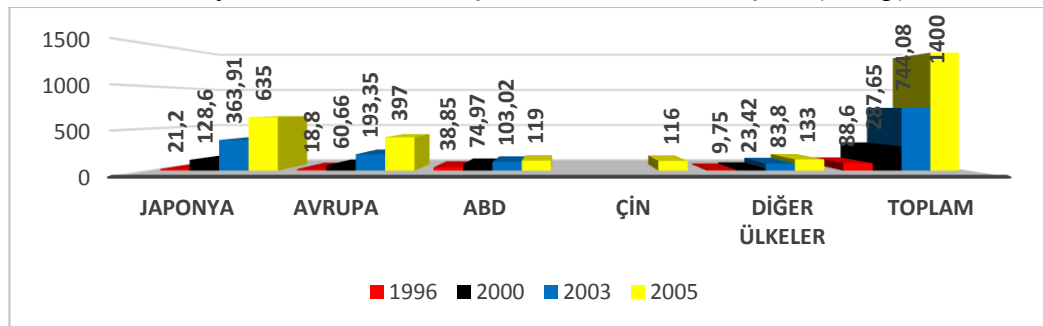
tarz risk ve belirsizliklerin yenilenebilir gelişiminin ölçümünü zorlaştırması etkili risk azaltıcı düzenlemeleri zorunlu kılmaktadır(Poudineh vd., 2016).

Küresel anlamda dünyadaki yenilenebilir enerji ve yakıt yatırımlarının istikrarlı bir şekilde artış gösterdiği söylenebilir. 2004 yılında ortalama 39 milyar \$'a olan bu yatırımların 2011 yılında yaklaşık olarak 279 \$'a ulaştığı söylenebilir. 2012 yılında %11 azalışla 249.5 milyar \$'a düşen bu yatırımlar 2013 yılında yine azalış seyri göstererek 214 milyar \$'a düşmüştür. 2014 yılında yatırımlarda artış gerçekleşmiş ve yaklaşık 273 milyar \$'a yükselmiştir. 2015 yılında artış seyrine devam eden yatırımların ortalama 286 milyar \$'a ulaştığı öngörülmüştür. 2012 ve 2013 yılında yaşanan azalışın nedeninin Avrupa ve Amerika destek politikaları konusundaki belirsizliğin sonucu ve küresel finansal krizin gecikmeli bir etkisinden kaynaklandığı öngörülmüştür(REN21, 2017).

#### 2.4.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinden yararlanılması için belirli sıcaklık aralıklarına ihtiyaç vardır. 100 °C ve altı, orta sıcaklık olan 100-350 °C aralığı ve yüksek sıcaklık olan 350 °C ve üstü uygulamalarda güneş enerjisinden belirli düzeylerde yararlanılabildiği ve bu sıcaklık aralıklarında ekonomik verimin söz konusu olduğu söylenebilir. Ayrıca binaların ısıtma-soğutma işlemi, küçük su pompalarında orta sıcaklık uygulamalarından, toplayıcı-odaklayıcı kollektörler vasıtasıyla elektrik üretiminde, güneş fırınları gibi yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda güneş enerjisinden yararlanılabilmektedir. ABD, Almanya, Japonya, Avustralya, Fransa ve İspanya güneş enerjisinden en fazla yararlanan ülkelerdendir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın istatistiklerinden, % 85'i fotovoltaik geri kalan % 15'i ise güneş kollektörlerinden olmak üzere toplamda 4,6 TW/h olarak belirlenmiş fotovoltaik pillerden elektrik üretimi 2000 yılından itibaren % 50 oranında artış gerçekleştiği görülmüştür(IEA, 2009 (c):s.18).

**Grafik 53:** Dünya Üzerindeki Güneş Pili Üretiminin Gelişimi (MWp)



**Kaynak:** TÇV Yayını, 2006:s.52

Verilere göre, 2025 yılında dünya fotovoltaik (PV) kurulu gücünün ortalama 433.000 MW civarında olup, şebeke sistemlerine bağlı olarak üretilen güneş enerjisi 290 milyon, şebeke sistemlerine bağlı olmaksızın 1,6 milyon insanın yararlanması öngörülmektedir. Aynı yıl içerisinde güneş ışınlarından üretilen enerjinin elektrik tüketimini % 2,5-3,5 oranlarında karşılayabileceği, maliyetlerinin 2 €/W düzeyine kadar düşebileceği öngörülmüştür(Ural, 2006:s.52).

Nükleer santrallerden üretilen enerji ile güneş çiftliklerinden üretilen enerjinin kıyaslaması yapıldığında, güneş çiftliklerinden üretilen enerjinin ortalama 2,5 kat pahalı olduğu öngörülmüştür(Robert, 2007:s.93).

Güneş enerjisine olan yatırımların artmasıyla beraber Avustralya'nın Victoria eyaletinde 154 MW'lık enerji ünitesi, İsrail'in Neva Çölü'nde 100 MW kapasiteli güneş enerjisi santrali inşası planlanmaktadır. Günümüzde katkısının az miktarda olduğu öngörülen güneş enerjisi verilerine göre 2005 yılında küresel ekonomiye ortalama 7,5 milyar \$ katkı sağladığı ve bu katkının bir önceki yıla oranla %40 daha fazla olmasından güneş enerjisi gelişiminin ne kadar hızlı ve ivmeli bir şekilde olduğunu söyleyebiliriz(Rooney, 2008:s.20-22).

Güneş enerjisine yönelik yatırımlardan Greenpeace'in 2007 yenilenebilir enerji yatırımları raporuna göre, 2004 yılındaki fotovoltaik elektrik üretiminin 1,150 MW, bu miktarın 2005 yılında 1,700 MW'a kadar ulaştığı; güneş enerjisi ile elde edilen su ısıtma kapasitesinin ise 2005'de ortalama 77 GW'tan 88 GW'a çıktığını söyleyebiliriz(Greenpeace, 2007:s.21).

Zamanla yaşanan ekonomik problemler, hükümetin belirlediği politakaların etkisi, güneş enerjisinden yararlanma oranını olumsuz etkileyebilmekte, gelişmekte olan ülkelerin kısa dönemdeki ilk yatırım maliyetleri düşük gelirler, akademik yetersizlik sorunları genel anlamda karşılaşılan sorunların başında gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde uygulanan politakaların yetersiz ve yanlış olması, kamu bilinçlendirmesinin yetersiz olması, hükümetin sağlamış olduğu direkt sübvansiyonlar ile sponsor programların sınırlı oluşu diğer engelleri oluşturmaktadır(Ogueke vd., 2009:s.20).

**Tablo 79:** Tek Kristal Silisyum Güneş Pili Verileri

Kullanılan Malzemeler	Metal, cam
Dünya yıllık üretim kapasitesi	15 MW
Endüstri büyüme hızı	% 20
Kurulu güç	100 MW
Tipik sistem boyutu	5 MW
Sistem verimi	% 12
Sistem ömrü	20 yıl
İlk yatırım maliyeti	5000-6000 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	10 \$/kW
Enerji maliyeti	0.29 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Yukarıda tek kristal güneş pillerinin teknik ve ekonomik değerleri, yatırım maliyetleri, bakım ve işletme maliyetleri belirtildiği gibidir.

**Tablo 80:** Tek Kristal Silisyum Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler

Sistem verimi	% 15
İlk yatırım maliyeti	1400-1600 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	5 \$/kW
Enerji maliyeti	0.07-0.14 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Tek kristal güneş pillerinden hedeflenen değerler ise yukarı belirtildiği gibidir.

**Tablo 81:** Çok Kristal Silisyum Güneş Pili Verileri

Kullanılan Malzemeler	Metal, cam, çeşitli pil malzemeleri
Dünya yıllık üretim kapasitesi	20 MW
Endüstri büyüme hızı	% 30
Kurulu güç	50 MW
Tipik sistem boyutu	5 MW
Sistem verimi	% 10
Sistem ömrü	20 yıl
İlk yatırım maliyeti	5000-6000 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	10 \$/kW
Enerji maliyeti	0.29 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Yukarıda çok kristal güneş pillerinin teknik ve ekonomik değerleri, yatırım maliyetleri, bakım ve işletme maliyetleri belirtildiği gibidir.

**Tablo 82:** Çok Kristal Silisyum Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler

Çok kristal silisyum güneş pillerinden hedeflenen değerler	
Sistem verimi	% 13
İlk yatırım maliyeti	1300-1500 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	5 \$/kW
Enerji maliyeti	0.06-0.12 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Çok kristal güneş pillerinden hedeflenen değerler ise yukarı belirtildiği gibidir.

**Tablo 83:** Tek İnce Film Güneş Pili Verileri

Dünya yıllık üretim kapasitesi	25 MW
Endüstri büyüme hızı	% 10
Kurulu güç	30 MW
Tipik sistem boyutu	5 MW
Sistem verimi	% 4
Sistem ömrü	20 yıl
İlk yatırım maliyeti	5000 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	30 \$/kW
Enerji maliyeti	0.25 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Yukarıda Tek ince film güneş pillerinin teknik ve ekonomik değerleri, yatırım maliyetleri, bakım ve işletme maliyetleri belirtildiği gibidir.

**Tablo 84:** Tek İnce Film Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler

Sistem verimi	% 8
İlk yatırım maliyeti	1150-1400 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	15 \$/kW
Enerji maliyeti	0.05-0.10 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Tek ince film güneş pillerinden hedeflenen değerler ise yukarı belirtildiği gibidir.

**Tablo 85:** Çoklu İnce Film Güneş Pili Verileri

Kullanılan Malzemeler	Metal, cam
Dünya yıllık üretim kapasitesi	5 MW
Endüstri büyüme hızı	% 30
Kurulu güç	1 MW
Sistem verimi	% 7
Sistem ömrü	20 yıl
İlk yatırım maliyeti	5000 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	15 \$/kW
Enerji maliyeti	0.24 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

Yukarıda çoklu ince film güneş pillerinin teknik ve ekonomik değerleri, yatırım maliyetleri, bakım ve işletme maliyetleri belirtildiği gibidir.

**Tablo 86:** Çoklu İnce Film Güneş Pillerinde Hedeflenen Değerler

Sistem verimi	% 10
İlk yatırım maliyeti	1150-1400 \$/kW
Yıllık bakım ve işletme maliyeti	10 \$/kW
Enerji maliyeti	0.05-0.10 \$/kWh

**Kaynak:** Karamanav, 2007

### 2.4.2. Hidroelektrik Enerjisi

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji verileri incelendiğinde, çoğunun hidrolik enerjiye verdiği önem derecesi, dünya genelinde elektrik ihtiyacının yaklaşık %20'sinin hidrolik enerji ile karşılanıyor olması, hidrolik enerjinin ekonomik etkisinin ne kadar büyük ve önemli olduğunu göstermektedir.

Norveç ve Kanada gibi ülkelerde ulusal elektrik enerjisinin çoğu hidrolik güçten sağlanmaktadır. Ayrıca yakıt ihtiyacına gerek duyulmadan kısa sürede işletim süresine geçilebilmesi, büyük ölçekli ve maliyetli olan hidrolik enerji santral maliyetlerini telafi etmekte, ucuz enerji sağlanmasıyla birlikte ülke ekonomisine oldukça büyük bir katkı sağlamaktadır.

20. yy'da dünya çapında ortalama 48,000 baraj inşasına karşın halen nehirlerin yarısının üzerinde büyük çaplı barajlar bulunmaktadır(Yılmaz, 2009:s.278).

Kırsal kesimlerde yer alan, ulusal enerji nakil hatlarından yararlanamayan kesimlerde mini ve mikro ölçekli hidroelektrik güç üreteçleri, ekonomik anlamda konvansiyonel kaynaklardan yararlanmaktan daha ekonomik olmakla birlikte, 1980 yılına kadar ortalama 100,000 adet KHES mevcut olan bu tip uygulamalara çoğunlukla Çin'de sıklıkla rastlanmaktadır(McVeigh, 1984:s. 116).

Hidroelektrik enerjinin küresel pazarlarda değerlendirilebiliyor olması oldukça önemli olup, Alternative Energy raporunda 1997 yılında Kanada 600 milyon \$ elektrik enerjisini ABD' ye satmış olup, 2002 yılında ise bu rakamın ortalama 3,5 milyar \$ çıktığı öngörülmüştür(Schlager, Weisblatt, 2006:s.288).

Bahse konu olan enerjinin % 93'lük bölümü hidroelektrik güçten sağlanmakta, uzun dönem içerisinde enerji satışlarının yurtiçine yönelmesi durumunda, kurulum maliyeti olarak tahmin edilen sermayenin yüksek risk unsuru içermediğini göstermektedir(Donnel, Johnston, 2001:s.110).

Hidroelektrik santralların ilk yatırım miktarı göreceli olarak yüksek sayılır. Ancak bu durum yalnızca doğalgaz santrallarına göre böyledir. Termik santralların, gerek linyit gerekse ithal kömür olsun, ilk yatırım maliyetleri merteye

olarak HES'lerle aynıdır. Nükleer santrallara oranla ise çok düşüktür. Değişik santral tiplerinin bilinen kurulu güç birim maliyetleri şöyledir:

✓ Doğalgaz Santralleri	500.-700. \$/kW
✓ İthal Kömür Santralleri	1,200.-1,450. \$/kW
✓ Linyit Santralleri	1,500-1,700 \$/kW
✓ Hidroelektrik (Barajlı)	1,200-1,350 \$/kW
✓ Nükleer Santraller	>2,700 \$/kW

HES birim kurulu güç maliyetlerinin önemli bir bölümü tümüyle mahalli imkanlarla ve yerli malzeme, işçilik ve işin nasıl yapıldığı deneyimlerini ve o işin nasıl yapılacağını belirli anlaşmalara dayanarak aktarma işlemi ile yürütülen inşaat faaliyetleri oluşturmaktadır. Yurt dışından ithal edilecek elektro-mekanik aksamın birim maliyeti ise kurulu güç büyüklüğüne bağlı olarak 200-400 \$/kW mertebesindedir. Yatırımın yaklaşık %70-80'i yurtiçi harcamasıdır ve bunun GSMH'a önemli katkısı vardır. Diğer tip santral yatırımlarında ise yatırımın çok büyük bir bölümü ithal mal ve hizmetlere harcanmaktadır(Bakır, 2001).

HES yatırımlarında ithal mal ve hizmetlerin toplam yatırıma oranı en düşük seviyededir. Bu nedenle de döviz harcaması en düşük seviyededir. Ayrıca yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için tükettiği yerli veya yabancı bir yakıt ve dolayısıyla yakıt gideri de yoktur. Yakıt gideri, yerli kömür kullananlar hariç, termik santrallerin tüm ekonomik ömrü boyunca yapmaya devam edeceği döviz cinsinden harcamadır ve işletme giderlerinin çok büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. HES'lerde ise ilk yatırım dışında herhangi bir döviz harcaması yoktur(Bakır, 2001).

HES'lerde işletme giderleri tüm santral tipleri arasındaki en düşük değerdir. Tükettiği bir yakıt olmadığı için, termik santrallerin en büyük işletme gideri olan yakıt gideri HES'lerde yoktur. Buna ilave olarak personel, bakım ve onarım giderleri de diğer santral tiplerine oranla daha düşüktür. TEAŞ'ın 1998 istatistiklerine göre birim işletme maliyeti barajlı santrallarda 0.103 cent/kWh, nehir santrallerinde 0.666 cent/kWh, tüm hidroelektrik santralleri ortalaması ise 0.116 cent/kWh olarak gerçekleşmiştir. Termik santraller için aynı istatistiklerde verilen birim işletme maliyetleri ise, katı yakıtlı santrallarda 2.987 cent/kWh, doğalgaz santrallerinde ise 3.889 cent/kWh'tir(Bakır, 2001).

Üretimdeki düşük maliyet nedeniyle HES'ler ucuz elektrik üreterek piyasada rekabet oluşmasına ve ucuz elektrik arzına en büyük katkıyı sağlarlar. Ancak, işletmeye geçilen ilk yıllarda faiz ve anapara ödemeleri dolayısıyla fiyatlar bir miktar yüksek çıkabilir. Sağlanacak teşviklerle, ve uygun finansman mekanizmalarıyla başlangıçtaki bu geçici pahalılık kolaylıkla aşılabılır. Ayrıca, başlangıçta en fizibil hidroelektrik enerji tesislerine yapılacak yatırımlarla piyasada elektrik arz fazlası oluşturularak sağlıklı bir rekabet ortamı oluşturulabilir(Bakır, 2001).

HES'lerde üretilen enerji, yeşil ve yenilenebilir enerji olması dolayısıyla

teşvik gördüğü ve tüketiminin özendirildiği AB ülkelerine ihraç edilebilir. Ayrıca, barajlı santrallarda enerji depolanabildiği ve istenildiği zaman devreye alınabildiği için, AB ülkelerindeki pik tüketim saatlerinde elektrik satışı da mümkün olacaktır. Bunun için Avrupa ile bağlantı sağlayan iletim hatlarının yeterli kapasitede inşa edilmesi gerekmektedir. Türkiye zaman içinde net elektrik ithal eden ülke konumundan çıkıp, kolaylıkla net elektrik ihracatçısı olabilir. Bu hidroelektrik potansiyelin bir an önce geliştirilmesiyle sağlanabilir(Bakır, 2001).

Gerek barajlı gerekse barajsız HES avantajları açıkça görülmektedir. Doğalgaz santralına oranla ilk yatırım tutarı daha yüksek ve yıllık çalışma süresi ile yıllık elektrik üretimi daha düşük olmasına rağmen, uzun ekonomik ömrü nedeniyle HES'ler daha karlı ve fizibil yatırım oldukları açıkça görülmektedir. Örnek HES yıllık üretimi düşük olmasına rağmen, ekonomik ömrü boyunca ürettiği toplam elektrik miktarı ise (96,750. GWh) benzer doğalgaz santralının ürettiğinin (54,375. GWh) yaklaşık 2 katı civarındadır(Bakır, 2001).

Barajlı bir HES için toplam yatırım tutarı (360 milyon \$), aynı kapasitedeki doğalgaz santralı yatırım tutarının (180 milyon \$) iki katıdır. Buna karşın, yıllık net geliri (82 milyon \$) doğalgaz santralının (21.5 milyon \$) yaklaşık 4 katıdır. Yıllık net gelirin yatırıma oranı ise barajlı santrallar için %23 civarındadır ve doğalgaz santrallarının yaklaşık 2 katıdır. HES'ler ekonomik ömürleri boyunca üretecekleri elektriğin beher kWh başına yurt dışı ödemeleri 0.19-0.24 cent mertebesinde kalırken, doğalgaz santralının ürettiği her kWh için yurt dışına aktarılan kaynak 4.50 cent olmaktadır. Doğalgaz için bu değer yüksek olmasının nedeni büyük ağırlıkla yakıt gideridir. Burada hesabı kWh başına değil de yurtdışına aktarılacak kaynağın toplamı üzerinden yaparsak, konunun önemi daha iyi anlaşılacaktır. Türkiye hidroelektrik kapasitesini geliştirmez de, oradan her yıl üretebileceği ilave 150 milyar kWh (190 kapasite-40 halihazırdaki yıllık üretim) elektriği doğalgaz santrallarıyla üretirse, her yıl yurt dışına ilave 6.4 milyar \$ ödemek zorunda kalacaktır. Bu gecikmenin 50 yıl olduğu düşünülürse, yurt dışına gereksiz yere aktarılacak ilave kaynağın toplam tutarı 320 milyar \$ olacaktır(Bakır, 2001).

Üretilen elektriğin beher kWh başına yurt içi harcamaları ise tüm santral tipleri için aynı mertebededir (0.52-0.69 cent/kWh). Ancak, beher kWh başına değil de, toplam bedel olarak alınırsa, faiz dahil yurtiçi harcamalar toplamı örnek barajlı HES için 428 milyon \$ iken, benzer kapasitedeki doğalgaz santralı için bu bedel 77 milyon \$ mertebesinde dir. HES tipinin GSYİH'ya katkısı, ve milli ekonominin gelişme ve büyümesine olan pozitif etkisi açıktır(Bakır, 2001).

İçsel karlılık oranları (IRR) ve %8 iskonto oranı kullanılarak yapılan Fayda/Maliyet analizlerinin sonuçları da hidroelektrik santralların daha karlı (IRR = %16.2 > %11.72) ve daha rantabil (F/M = 1.97 > 1.30) olduğunu açıkça ortaya koymaktadır(Bakır, 2001).



**Tablo 87:** Tipik Hidroelektrik Santral (Barajlı ve Nehir Santrali) ile Doğalgaz Santrali Genel/Ekonomik Mukayesesi

	Hidroelektrik (Barajlı)	Hidroelektrik (Nehir)	Termik (D.gaz)
Kurulu Güç (MW)	300	30	300
Yapıların Ekonomik Ömrü (Yıl)	500	250	50
Elektromekanik Aksam Ekonomik Ömrü (Yıl)	75	75	25
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi (saat)	4,300	3,900	7,250
<i>TEAŞ Santralleri Ortl.Çalışma Süreleri</i>	<i>4,100</i>	<i>4,000</i>	<i>5,700</i>
Yıllık Üretim (GWh)	1,290	117	2,250
Birim Yatırım Maliyeti (\$/kW)	1,200	900	600
İlk Yatırım Tutarı ( Milyon \$)	360.00	27.00	180.00
Yatırımda İthalat Oranı (%)	%30	%45	%75
Yatırımın Yabancı Para Kısmı (Milyon \$)	108.00	12.15	135.00
Yatırımın Yerli Kısmı (Milyon \$)	252.00	14.85	45.00
Birim Yakıt Gideri (cent/kWh)	0.00	0.00	3.70
Birim İşletme/Bakım Gideri (cent/kWh)	0.25	0.40	0.75
Yıllık Yakıt Gideri (Milyon \$)	0.00	0.00	80.48
Yıllık İşletme/Bakım Gideri (Milyon \$)	3.23	0.47	16.31
Toplam Yıllık Gider (Milyon \$)	3.23	0.47	96.79
Üretilen Elektriğin Değeri (cent/kWh)	7.25 (*)	4.75	6.00
Yıllık Gelir (Milyon \$)	93.53	5.56	130.50
Yıllık Gelir Gider Farkı (Milyon \$)	90.30	5.09	33.71
Yıllık Amortisman (Milyon \$)	4.8	0.36	7.2
Faiz Yüğü (%)	%70	%70	%70
Uyarlanmış Amortisman (Milyon \$)	8.16	0.612	12.24
Yıllık Net Gelir (Milyon \$)	82.14	4.48	21.47
Net Gelir/Yatırım Oranı (%)	%22.82	%16.58	%11.93
Yatırımın Yabancı Para Kısmı (Milyon \$)	108.00	12.15	135.00
Yurtdışına Ödenecek Faiz (Milyon \$)	75.6	8.505	94.50
Yatırım için Toplam Döviz Ödem. (Milyon \$)	183.60	20.66	229.50
Ekonomik Ömrü Boyunca Üretim (GWh)	96,750	8,775	54,375
Yatırım için Döviz Ödemesi (cent/kWh)	0.19	0.24	0.42
İşletme için Döviz Ödemesi (cent/kWh)	0.00	0.00	4.08
Toplam Dışarıya Aktarılan Kaynak (cent/kWh)	0.19	0.24	4.50
Yatırımın Yerli Para Kısmı (Milyon \$)	252.00	14.85	45.00
Yurtiçinde Ödenecek Faiz (Milyon \$)	176.4	10.395	31.50
Yatırımın Toplam Yerli Tutarı (Milyon \$)	428.40	25.25	76.50
Yatırım için Yurtiçi Harcama (cent/kWh)	0.44	0.29	0.14
İşletme için Yurtiçi Harcama (cent/kWh)	0.25	0.40	0.38
Toplam Yurtiçi Harcama (cent/kWh)	0.69	0.69	0.52
İçsel Karlılık Oranı (IRR) %	%16.20 (*)	%12.09	%11.72
Fayda/Maliyet Oranı (% 8 İskonto oranı)	1.97 (*)	1.48	1.30

(\*) Üretilen elektriğin değeri 6.0 cent/kWsaat alınsa bile İçsel Karlılık Oranı (IRR) %13.25, Fayda Maliyet Oranı da 1.62 olmaktadır

**Kaynak:** Bakır, 2001

### 2.4.3.Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, doğal yollarla elde edilebilmesine rağmen, kurulum esnasındaki yatırım harcamaları sabit unsuru olmak üzere, kullanılan kredilerin geri ödeme vadeleri, kapasite seçimi, türbin ömrü ve dağıtım şebekesi bağlantılarına uzaklığı da değişken maliyet unsurları olduğu öngörülmektedir(Edward, 2000: s.131). Rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji ile herhangi bir geleneksel kaynak bazlı enerji eldesi sonucunda işletim maliyetleri ortaya çıkmakta, birim kW/h başına üretim tutarı, baz alınan karşılaştırma ölçütü olarak belirlenmiştir(Lennart, 2005:s.171).

Rüzgar enerjisi ile elektrik üretimi 80'li yıllarda 30 cent kW/h seyrinde iken, teknolojik gelişmelerle birlikte üretim maliyetlerinin 6 cent kW/h'e gerilemesi rekabet ortamının doğmasına neden olmuştur(Schlager, Weisblatt, 2006:s.333). İndüksiyon jeneratörlerinin mekanik donanımının az olmasından dolayı maliyet düşürücü etkisi olmasına rağmen, seçilen türbin boyutları, dönemsel bakım maliyetleri, kullanılan jeneratör çeşitleri maliyeti oluşturan unsurlar arasındadır(Frede, 2006:s.12).

Yüksek kulelerden oluşan büyük ölçekli rüzgar türbinlerinin hızlı esen rüzgarları yakalamasıyla, mikro ve mini ölçekli çeşitlerine kıyasla daha fazla verim elde edilebilmektedir. Ekonomik anlamda büyük bir istihdam potansiyeline sahip olan rüzgar enerjisi, 2005-2008 aralığındaki 3 senelik süre zarfında, doğrudan veya dolaylı olmak üzere iş gücünü toplamda yaklaşık 2 kat arttırarak 235 bin den 440 bin kişiye arttırmıştır(WWEA, 2009:s.7).

Rüzgar enerjisinin imalat ve işletim sürecinde yaratmış olduğu istihdamın boyutu, talep ve ilginin artmasıyla türbin fabrikalarındaki artışın istihdam üzerindeki pozitif etkisi gün geçtikçe daha da ciddi boyuta ulaşmaktadır. Ayrıca montaj, bakım, onarım ömrünü doldurmuş olan türbinlerin sökülmesi, demontajı gibi süreçler de ivmeli bir artış göstererek istihdama ciddi ölçüde katkı sağlamaktadır. Teknoloji ihracatıyla birlikte diğer yatırımların toplam rüzgar enerjisinin 2008 sonu itibariyle ortalama 47,5 milyar \$ pazar payına ulaştığı öngörülmektedir(Lackie, 2009:s.10).

Rüzgar türbininden elde edilecek enerji rüzgar hızı ile orantılıdır. Bundan dolayı rüzgar enerjisi için ekonomik değerlendirmede tek fiyat yoktur, bu fiyat rüzgar hızı ile değişir. Örneğin yıllık üretilen enerjinin 2 kat artması durumunda, birim enerji fiyatının aynı oranda azaldığı görülebilir.

Türkiye’de 2015 yılındaki toplam 4718,3 MW kurulu kapasitenin aynı yıl GSYH’ye toplam katkısının 1,7 -1,9 milyar USD; istihdama olan toplam katkısının 12.000-15.000 kişi arasında olduğu tahmin edilmektedir(TÜREB 2016(a):s.25).

2017-2035 yılları arasında rüzgar yatırımlarının gelişmesi ile cari açığın azalmasına toplamda 12,9 milyar USD net katkı sağlanacağı hesaplanmıştır. 2015 yılında rüzgar enerjisi ile üretilen elektrik ise 573,9 milyon \$’lık doğalgaz ithalatının önüne geçmiştir(TÜREB 2016:s.25 (a)).

Rüzgar yatırımlarının devam etmemesi durumunda elektrik piyasa fiyatlarının 2017-2035 yılları arasında ortalama 3,7-8 \$/MWh daha yüksek olması öngörülmektedir(Tüm değerler 2016 ABD Doları fiyatları ile gösterilmiştir.\*TÜREB analizi)(TÜREB(a),2016:s.25). Elektrik piyasa fiyatlarının düşmesi ile beraber son kullanıcıya 2017-2035 yılları arasında toplamda 30,7-60 milyar \$’lık fayda sağlanmaktadır. Son kullanıcıya rüzgar enerjisinden üretilen birim elektrik başına sağlanacak fayda minimumda 52,2 \$/MWh olarak hesaplanmıştır(TÜREB 2016(a):s.25). Rüzgar yatırımlarının devam etmesi ile beraber 2017-2035 yılları arasında toplamda 279,6 milyon ton karbon emisyonunun oluşması engellenebilecektir. Bu sayede Türkiye’nin yıllık karbon emisyonunun %3-4 seviyelerinde azalması öngörülmektedir(TÜREB 2016(a):s.25).Türkiye’de 2015 yılındaki toplam 4718,3 MW kurulu kapasitenin aynı yıl GSYH’ye toplam katkısının 1,685-1,906 milyar USD; istihdama olan toplam katkısının 12.166-15.320 kişi arasında olduğu tahmin edilmektedir(TÜREB 2016(a):s.26).

2005 yılından başlayarak 2020 ve 2030 yılı tahminlerini de içerecek şekilde İspanya, Almanya, Belçika, Birleşik Krallık ülkelerinde ve AB genelinde yapılan araştırmalarda, MW başına gayrisafi yurtiçi hasılaya en yüksek katkı 991 bin USD ile 2007 yılında Belçika’da gerçekleşirken en düşük katkı 201 bin USD ile 2010 yılında İspanya’da gerçekleşmiştir. 2007-2010 yılları arasında MW başına ortalama seviyeler, İspanya için 273 bin USD, Belçika için 711 bin USD şeklindedir. Bu katkı Almanya için 2013 yılında 425 bin USD ve Birleşik Krallık için 2014 yılında 366 bin USD seviyesindedir. 27 AB ülkesini kapsayan çalışmada ise 2007-2010 yılları arasında MW başına GSYİH’e toplam katkı ortalama 572 bin \$ olarak tespit edilmiştir(TÜREB, 2016(a):s.26). Bu araştırmada saptanan en önemli unsur, toplam kurulu kapasite arttıkça MW başına gayrisafi yurtiçi hasılaya olan marjinal katkının düşmesidir. Örneğin, Belçika’da 2007 yılında toplam kurulu kapasite 274 MW ve MW başına GSYİH çarpanı 991 bin \$ olarak gerçekleşirken, 2011 yılında toplam kurulu kapasite 1078 MW seviyesine yükseldiğinde MW başına marjinal katkının 433 bin \$ seviyesine düştüğü görülmüştür. Bu durumun araştırma kapsamındaki yıllarda ve tüm

ülkelerde istisna olmaksızın tekrarlandığı gözlemlenmiştir. Ülkelerin farklı yıllara ilişkin toplam kurulu kapasite ve MW başına GSYİH çarpanı verileri detaylı bir şekilde grafik halinde aşağıda sunulmuştur(TÜREB, 2016:s.26 (a)).

Türkiye'deki toplam kurulu kapasiteyi göz önüne aldığımızda;

- ✓ *MW başına GSYİH'ye yapılan toplam katkının (doğrudan ve dolaylı) 374-423 bin USD bandında gerçekleştiği tahmin edilmektedir.*
- ✓ *Türkiye'de 2015 yılındaki toplam 4718,3 MW kurulu kapasitenin aynı yıl GSYİH'ye oluşturduğu toplam katkı 1,685 - 1,906 milyar \$ aralığında gerçekleştiği söylenebilir.*
- ✓ *2015 yılında gerçekleşen 718,411 milyar \$ GSYİH göz önüne alındığında rüzgar enerjisi yatırımlarının oluşturduğu toplam katkı % 0,23-0,27 seviyesindedir.*

Türkiye'nin rüzgar enerjisi yatırımlarını göz önüne aldığımızda;

- ✓ *Türkiye'de istihdam çarpanını 2,7- 3,4 arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.*
- ✓ *2015 yılındaki 4718,3 MW toplam kurulu kapasite göz önüne alındığında, istihdama yapılan toplam katkının 12-15 bin kişi arasında olduğu tahmin edilmektedir.*
- ✓ *2015 yılı toplam istihdam verilerine bakıldığında bu katkının % 0,05- 0,06 aralığında gerçekleştiği söylenebilir.*

Rüzgar yatırımlarının GSYİH ve istihdam anlamında Türkiye'ye net etkisinin hesaplanabilmesi için Türkiye spesifik ekonomik etki analizi çalışması yapılması gerekmektedir. Böyle bir çalışma sayesinde yapılan yatırımlardaki yerlilik oranının tespit edilmesi ve diğer ülkelerle kıyaslanma yapılması yoluyla GSYİH'ye olan etkiyi spesifik bir şekilde belirlemek mümkündür. Aynı şekilde rüzgar enerjisi yatırımlarının oluşturduğu istihdam etkisi; imalat, inşaat ve kurulum ile operasyon ve bakım alt başlıklarında detaylı analiz edilerek, net bir şekilde ortaya konulabilecektir. Rüzgar enerjisi sektöründe yerli ekipman üzerine yapılan değişiklikler ve imalattaki yerliliğin artırılması yönündeki çalışmalar hem GSYİH hem de istihdam anlamında böyle bir çalışmanın sonucunu olumlu etkileyecektir.

2017-2035 yılları arasında rüzgar yatırımlarının gelişmesi ile cari açığın azalmasına toplamda 12,9 milyar USD net katkı sağlanacağı hesaplanmış, 2015 yılında rüzgar enerjisiyle üretilen elektrik ise 573,9 milyon \$'lık doğalgaz ithalatının önüne geçmiştir.

Türkiye'nin ticaret açığının %58'i enerji giderleri sebebiyle oluşmaktadır. Enerji giderleri içerisinde de doğalgaz ithalatı büyük pay sahibidir. Alternatif enerji kaynaklarının gelişmesi ile doğalgaz ithalatını azaltabilmek mümkündür. 2015 yılında rüzgar enerjisi ile üretilen 11,7 TWh'in eşdeğer doğalgaz üretimi olan ortalama 573,9 milyar \$ doğalgaz ithalatının engellendiği analiz edilmiştir. 2017

ve sonrası rüzgar yatırımlarının doğalgaz ithalatında 2017-2035 yılları arasında toplamda 23,4 milyar USD tasarruf sağlayacağı hesaplanmıştır.

Cari açığa etki eden diğer bir kalem ise ithal edilen ürünlerdir. Türkiye’de yerli üretimin sınırlı olması sebebiyle santrallerdeki ekipmanların bir kısmı ithal edilmektedir. Rüzgar yatırımlarının artmasıyla beraber ithal edilen ekipmanlar da artacak ve cari açığa negatif katkı sağlayacaktır. 2035 yılına kadar toplamda 10,5 milyar USD ithalat yapılması hesaplanmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber yatırım maliyetinin azalması ve mevcut yerli ekipman politikası sebebiyle yeni yatırımlarda yerli ekipman kullanımının her geçen yıl artacağı öngörülmüştür. İlgili varsayımlar ekte gösterilmiştir.

Net cari açığın azalmasına katkı, toplam doğalgaz tasarrufundan toplam ekipman ithalatı çıkarılarak hesaplanmıştır. 2017 ve sonrası rüzgar yatırımları ile cari açığın toplamda 12,9 milyar USD azalması öngörülmektedir. 2022 yılı itibariyle cari açığa net etki pozitif olmakta ve 2035 yılına kadar yatırımların etkisi görülmektedir. Rüzgar yatırımlarının devam etmemesi durumunda elektrik piyasa fiyatlarının 2017-2035 yılları arasında ortalama 3,7 \$/MWh daha yüksek olması öngörülmektedir. Elektrik üretiminde kömür ve doğalgaz gibi pahalı yakıt türleri yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile elektrik fiyatlarının azalacağı öngörülmektedir. Kaynak kullanımının fiyatlara olan etkisini modellemek için farklı arz gelişim senaryoları ile detaylı olarak piyasa modellemesi yapılarak rüzgar enerjisi santrallerinin piyasa işleyişine etkileri ve sonuçları ortaya konulmuştur. Rüzgar enerjisi etkisini daha iyi ortaya koyabilmek amacıyla 2017-2035 yılları arasında yeni rüzgar yatırımları olmaması durumu incelenmiştir.

Varsayımlar doğrultusunda rüzgar santrallerinin kapasite gelişimi dikkate alınmıştır. Rüzgar yatırımlarının devam etmemesi durumunda 2017-2035 yılları arasında elektrik piyasa fiyatlarının ortalama 3,7- 8 \$/MWh daha yüksek olacağı ortaya konulmuştur. 2035 yılında iki senaryo arasındaki fiyat farkı 7,0 \$/MWh’a ulaşmaktadır. Elektrik piyasa fiyatlarının düşmesi ile beraber son kullanıcıya 2017-2035 yılları arasında toplamda 30,7 milyar \$’lık fayda sağlanmaktadır. Son kullanıcıya rüzgar enerjisinden üretilen birim elektrik başına sağlanacak fayda ortalama 52,2 \$/MWh olarak hesaplanmıştır. Rüzgar enerjisi yatırımları ile beraber elektrik fiyatlarında 2017-2035 yılları arasında ortalama yıllık 3,7 \$/MWh düşüş olacağı hesaplanmıştır. Bu düşüşün son kullanıcıya etkisini gösterebilmek amacıyla toplam fatura miktarları arasındaki fark ortaya konulmuştur. Rüzgar yatırımlarının durması durumunda 2017-2035 yılları arasındaki toplam fatura değeri 422,7 milyar USD iken rüzgar yatırımlarının devam etmesi durumunda toplam fatura değeri 392,0 milyar USD olmaktadır. Aradaki farkın 2016 fiyatlarıyla değeri 30,7 milyar USD olup 60 milyar USD’ye çıkma potansiyeli de yüksektir. 2017-2035 yılları arasında rüzgar enerjisinden üretilen birim elektrik başına son kullanıcıya fayda

minimumda 52,2 \$/MWh'tır. 2035 yılı itibariyle fayda 70,5 \$/MWh'a kadar ulaşmaktadır.

#### 2.4.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerji üretiminde verimden bahsedilmek için maliyetin mümkün olabildiğince düşük ve mevcut üretim kapasitesinin o günün ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyi kapsamaması gerekir. Kesintisiz enerji arzı, sürdürülebilir ekonomi ve kalkınma için bu şartların sağlanması gerekmektedir. Biyokütleden kısa zamanda üretilebilen biyoyakıtların alternatif kaynak olarak dizel motorlarda mevcut teknolojik gelişmeler ve bilimsel tecrübelerle sayesinde kullanımı sağlanmaktadır(Gerpen, 2009:s.28). Son dönemde biyokütleden biyoyakıt üretimi ivmeli bir artış göstermiş olup, OECD ülkeleri, AB, ABD, Çin, Hindistan, İtalya, Japonya, Brezilya başta olmak üzere 2000 yılından itibaren çoğu bölgenin ekonomik ilerlemesine önemli miktarda katkıda bulunmuştur. Uluslararası biyokütle rekabetinde ise içerdikleri enerji miktarı belirleyici rol oynamakta olup, 2 \$/MBTU seviyesine kadar düşen biyoyakıt maliyetlerinin, enerji üretimine yönelik kurutulmuş biyokülenin tonununun 38 \$ civarlarında olduğu öngörülmüştür(Cassedy, 2000:s.100).

**Tablo 88:** 2007 Yılında Dünya Toplam Biyokütle Arzı Bölgesel Dağılımı

Bölge	Bölgesel Payı ( % )
Eski Sovyet Cumhuriyetleri	0,8
Çin	17,3
Asya	30,9
Ortadoğu	0,1
OECD'ye Üye Olmayan Avrupa Ülkeleri	0,6
OECD Ülkeleri	14,1
Afrika	27,1
Latin Amerika	9,1

**Kaynak:** IEA, 2009:s.4

2000-2005 döneminde ABD'de etanol üretiminin % 30 oranında artış gösterdiği, aynı zaman sürecinde biyodizel üretiminin Almanya'da % 40-50 arttığı, Avrupa da yaygınlaşan biyoyakıtların fosil kökenli petrol ürünlerinin azalması, enerjide dışa bağımlılığın ve yüksek miktarlardaki ithalatın gerilemesi neden olduğu belirtilmiştir. Mevcut teknolojinin gelişmesiyle birlikte biyoyakıt üretimi fiyatlarında düşüş yaşanacağı öngörülmüş olup, İngiltere'de biyoyakıtlar petrolden elde edilen yakıtlara kıyasla daha ucuz, ABD'de pahalı olmasına rağmen fiyatlarda düşüş seyrinin gözleneceği belirtilmiştir(Schlager, Weisblatt, 2006:s.67,79).

Hükümetlerin ve politikacıların sergilemiş olduğu roller, biyoyakıt fiyatlarında düşüş yaşanmasında etken rol oynamakla beraber, Avrupa Komisyonun hazırlamış olduğu enerji raporunu 92/81/EEC sayılı direktifine göre üye ülkelerin piyasaya sürmüş olduğu biyoyakıtın 31 Aralık 2005'tarihinden itibaren ulaşım amaçlı benzin ve dizelin %2'si oranında olmasını karşın, 2010 itibari % 5,75 olduğu ve biyoyakıtların kullanılabilirliğini arttırmak için ürünler üzerinden alınan ÖTV gibi vergilerin düşürüleceği yer almaktadır(Cansevdi, 2004:s.29-31). 1990 yılında ortalama 3,6 TW/h olan biyogaz elektrik üretiminin, 2007 yılında ortalama 28,5 TW/h olduğu ve üretiminin % 65,8 gibi büyük bir yüzdesinin OECD'ye üye Avrupa ülkelerinde gerçekleştiği, ülke bazında ise Almanya 8,5 TW/h'la (% 29,9) ilk sırada yer aldığı, ardından 7,4 TW/h ile ABD'nin geldiği, OECD bölgesinde biyoyakıttan elektrik üretiminde 2,9 TW/h ile Almanya'nın yine ilk sırada olduğu ve sıvı biyokütleden üretilen toplam elektriğin 3,6 TW/h olduğu belirtilmiştir. Odun ve odun atıkları başta olmak üzere katı biyokütle üretiminde % 85,9 ile Güney Asya ve Afrika ülkelerinin en büyük paya sahip olduğu söylenebilir(IEA (d), 2009:s.4,8).

2011 yılında biyoetanol endüstrisinin ABD ekonomisine, etanol tesislerinin işletilmesinden, etanolün taşınmasından ve inşa halindeki yeni biyoetanol tesislerinden kaynaklanan 42,4 milyar \$ katma değer oluşturulduğu, hane halkı gelirinde 29,9 milyar \$ artış sağlandığı, Federal Hükümet için 4,3 milyar \$, eyalet ve şehir yönetimleri için 3,9 milyar \$ yeni vergi hasılatı sağladığı, ABD'de etanolün üretimi ve kullanımı 2006'da petrol ithalatını 170 milyon varil azaltmıştır(Türkiye'nin petrol ithalatı yılda yaklaşık 170 milyon varildir), ham petrol ithalatının kabaca %13'üne eşdeğer olan etanol kullanımıyla 49,7 milyar \$ tasarruf sağladığı belirtilmiştir(Ar, 2013).

Türkiye'de ise 2013 tarihinden itibaren % 2, 1 Ocak 2014 tarihi itibariyle de en az yüzde 3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yakıt etanolü (biyoetanol) ilave edilmesi zorunluluğu getirilmiş, biyoetanolda yerli hammadde ile üretilen biyoetanolün %2'lik kısmı ÖTV'den muaf olduğu belirtilmiştir. 2013 yılı 1 Ocak itibarı ile Türkiye'de benzine % 2 oranında biyoetanol harmanlanmasının zorunlu kılınması ile birlikte, Türkiye'de tüketilecek benzine harmanlanacak biyoetanol miktarı yaklaşık 54 milyon lt olacakve kurulu biyoetanol kapasite portföyü dikkate alındığında; 54 milyon lt biyoetanolün 34 milyon lt'si şeker pancarından, 10 milyon lt'si mısırdan, 10 milyon lt'si buğdaydan elde edileceği öngörülmüştür. 54 milyon lt biyoetanol kullanımının Türkiye ekonomisine katkısının, 13.355 ha alanda yapılacak enerji tarımı ile, 2.850'si tarımda, 35'i sanayide, olmak üzere 2.885 kişiye doğrudan, 350 kişiye dolaylı olmak üzere toplam 3.235 kişiye istihdam sağlayacağı ve böylece yaratılan istihdamın ülke ekonomisine katkısı 387,4 Milyon \$ olacağı öngörülmüştür. Ayrıca 42,8 milyon \$'lık hammadde talebinin yaratılacağı tahmin edilmiş olup, 54 milyon lt biyoetanolün benzinle harmanlanması ile, 330

bin m<sup>3</sup> (2,1 milyon varil) ham petrol ikamesi sağlanacak, böylece 203,4 milyon \$'lık ham petrol ithalatı yapılmayacağı tahmin edilmektedir. Elde edilen biyoetanolün taşınması ile 1,4 milyon \$'lık katma değer yaratılacağı ve 54 milyon lt biyoetanol üretiminin yanı sıra, ekonomik değeri 30,7 milyon \$ olan 106.080 ton yüksek proteinli yem elde edileceği öngörülmüştür. Yalnızca yem piyasasından 2 milyon 456 bin \$ yeni vergi imkanının doğması ve yemin nakliyesinden 2,06 milyon \$ katma değer sağlanması beklenmektedir. Biyoetanol tesislerinin artışı olarak elde edilen 106.080 ton yem olmasaydı, bu miktardaki yemin üretilmesi için 10.000 ha alana ihtiyaç duyulacağı öngörülmüştür. Hizmet sektöründe 2,8 milyon \$'lık iş hacmi yaratılacağı ve 119.500 ton CO<sub>2</sub> tasarrufu sağlanacağı belirtilen öngörüler arasındadır(Ar, 2013).

Biyoeenerjinin ülke ekonomilerine katkısı ülkelere göre değişkenlik göstermekle birlikte, istihdama doğrudan etki ettiği belirtilmiştir. Avrupa genelinde ise Avusturya'nın enerji ihtiyacının %30'unu yenilenebilir kaynaklardan, ve biyokütle kullanım oranı % 14 olduğu öngörülmüştür. Sadece teknoloji ihracatında 1,6 milyar € ve 4500 kişinin istihdam ettiği öngörülmüştür(Jones, 2009:s.104). Biyokütle kullanım oranının yüksek olduğu Çin gibi ülkelerde 5 milyondan fazla küçük ölçekli tesisin yemek pişirme ve ısınma amacıyla kurulduğu ve ortalama 25 milyon kişi tarafından işletildiği öngörülmüştür(Ural, 2006:s.149). Üretimin geniş alana yayılması ve yaygınlaşmasıyla çoğu firmanın konuya dahil olmasıyla birlikte artan rekabet ortamından dolayı maliyetlerin düşmesi, kar yapısı kapsamında düşünüldüğünde ise maliyet düşüşünün talep artışına, sektör karınına artışına ve firmalar bazında da karlılık artışına neden olması beklenmektedir. Sektördeki karın artmasıyla birlikte, işçi maliyetlerinin düşeceği ve enerji fiyatlarının da ucuzlaması beklenmektedir.

#### **2.4.5.Jeotermal Enerjisi**

İlk masraflarının yüksek olması, çalıştırma ve bakım masraflarının az olması en belirgin özellikleri arasındadır. Elektrik üretim amacıyla toplam masrafların % 50'sini jeotermal akışkanın yer altından çıkarılması, tekrar yerine basılması %40'ını elektrik santralinin yapılması, kalan %10'unun ise diğer masrafların oluşturduğu söylenebilir. Üretim ile geri basma kuyularının değişme ve geliştirme masrafları, üretilecek her kW elektrik için, 500-4000 \$ arasında, elektrik santralinin yapım masrafları üretilecek her kW elektrik için 1500-1700 \$ arasında değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Böylelikle toplam masrafların 2000-6000 \$ arasında değiştiği ve çalıştırma ile bakım masrafları, toplam elektrik üretimi masraflarının %10-%20'si arasında olduğu öngörülmektedir. Elektrik üretim



masrafları, üretilen her kWh elektrik için ortalama 0.03-0.12 \$ arasında değişkenlik göstermekte ve petrol ve kömür yakıtlı ve nükleer elektrik santrallerinde her kWh elektriğin masrafı ortalama 0.06 \$ iken, hidroelektrik santrallerinde bu masraf 0.03-0.09 \$ arasında değişkenlik göstermektedir(Allegrini vd., 1993; Gould, 1993). JES'ler, HES'lere kıyasla daha ekonomik, daha küçük boyutlarda olup, kondensersiz bir JES'in, yapım masrafı üretilen her kW elektrik için 1050-1250 \$ arasında kondenserli bir santralin masrafı yaklaşık 1500-1700 \$ arasında değişkenlik gösterebilmektedir. İkincil bir santral masrafının ortalama 1900 \$ olduğu tahmin edilmektedir(Hudson, 1995). Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım uygulamalarında maliyeti etkileyen faktörler arasında, kaynak ile kullanım yeri arasındaki mesafe, kaynağın derinliği, kuyu debisi, kaynak sıcaklığı, yük faktörü ve büyüklüğü, akışkan yapısı, atık kolaylığı ve kaynak ömrü örnek verilebilir.

ABD Nevada eyaletindeki Reno kentinde planlanan, jeotermal bölgesel ısıtma sisteminin birim kWh ısı maliyetinin yaklaşık olarak 0.0805 \$ belirlendiği, bu rakamın doğalgazın birim fiyatı olan 0.0193 \$/kWh rakamına bölünmesi ile 4.2 yıl geri ödeme süresi olduğu öngörülmüştür. Aynı jeotermal kaynaktan elektrik üretilen ikincil santral maliyetinin 1992 yılında 2000 \$/kWh veya 0.1142 \$/kWh olarak hesaplanmıştır. Reno'da elektriğin birim fiyatının 0.0832 \$/kWh olduğu düşünülürse, geri ödeme süresi yaklaşık olarak 1.4 yıl olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak ısıtmanın geri ödeme süresinin ortalama 3 katı olduğu tespit edilmiştir.

Ortalama 200 ton (703 kW) kapasiteli bir absorpsiyonlu soğutma sisteminin, maliyetinin ortalama 135.000 \$ olup, soğutma kulesi, pompalar ve borulama maliyetlerinin de ilavesiyle bu maliyetin ortalama 180.000 \$ bulunduğu tahmin edilmektedir. ABD'de Oregon Teknolojisi Enstitüsü'nde kurulan 150 ton (528 kW) kapasiteli bir absorpsiyonlu soğutma sisteminin geri ödeme süresi yaklaşık olarak 15 yıl olarak tespit edilmiştir. Uzun sürecin sebepleri arasında elektriğin ucuz olması, sistemin küçüklüğü, düşük kaynak sıcaklığı (90°C), yıllık soğutma yükünün küçüklüğü gösterilebilir. Jeotermal soğutma sistemleri yüksek soğutma yükü, elektrik fiyatının yüksek olduğu yerlerde, büyük sistemler için yararlı bir soğutma yatırımına örnek verilebilir(Lienau, Lunis, 1991).

Jeotermal bölgesel ısıtma ve soğutma sistemleri büyük ölçekli yatırım gerektirmekte olup geri ödeme sürelerinin uzun olduğu söylenebilir. Böylelikle dünya çapında elektrik üretimine olan yatırımın doğrudan uygulamaların yaklaşık 2 katı olduğu söylenebilir(Fridleifsson, Freeston, 1994).

Jeotermal enerjinin diğer enerji türleri arasındaki yeri düşünüldüğünde % 45-90 verimle çalışan jeotermal kaynakların, rekabetçi rolünün çok yüksek olmamasına rağmen maliyetlerin normla düzeyde olduğu, birçok avantajının yanında olumsuz yönlerinin de olduğu, olumsuz yönlerinin başında dünyanın heryerine eşit dağılım sergilememesinin ve yenilenebilir enerji kaynakları

içerisinde alternatif enerji kaynaklardan biri olarak gösterildiğini söyleyebiliriz(Craddock, 2008:s.144-148).

Jeotermal enerji kaynakları maliyetleri sermaye (ilk yatırım) ve işletim sürecindeki maliyetler olarak ele alınabilir. Santral inşası, çeşitli derinlikler kuyuların açılması ve bunlardan çıkan akışkanların santrale taşınması esnasında oluşan altyapı faktörlerinin doğurduğu maliyetler yatırım maliyetlerinin başında gelmektedir. Yapılan incelemelere göre, 60 km'ye kadar olan uzak mesafelerdeki santrallere akışkanın taşınma işlemi söz konusu olduğunda ekonomik verimliliğin önemli derecede düştüğü söylenebilir. Çok sayıda çeşitli teknik eleman istihdamı, sistemin periyodik giderleri santralin amortize süresinin arttırıcı etki yapan işletme aşaması unsurlarıdır(Dickson, Fanelli, 2004:s.48-51).

Jeotermal elektrik enerjisi üreten santrallerde kapasiteyle kW başına düşen maliyet arasında ters orantılı bir ilişki olduğu, kapasite büyüdükçe birim kW başına düşen maliyetler azalma olduğu söylenebilir. Jeotermal enerjisiyle ısı üretiminin diğer kaynaklarla kıyaslaması yapılırsa yaklaşık % 80, doğalgaz ile kıyaslaması yapılırsa % 30-50 daha ekonomik olduğu söylenebilir(Çağlar, 2006:s.52).

Dünyanın çeşitli bölgelerinde faal olan jeotermal elektrik üretiminin günümüzde ortalama 25 ülkeyi kapsadığı söylenebilir. ABD 9200 MW elektrik üretim kapasitesi ile dünyanın en büyük üreticisi konumundadır. Jeotermal enerjinin diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile rekabeti, hükümetlerin yardım fonları kısıtlaması üretim hacmine direkt olarak etki eden unsurların başında gelmektedir. Isıtma amaçlı kullanımla ilgili olarak Avrupa da 3 milyon, ABD de 7 milyon ev 2010 yılı hedefleri arasında yer almıştır(Gleason, 2008:s.28).

Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı ülkelerin ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. İzlanda ülke ısıtma sistemi için gerekli enerji ihtiyacının % 90'nını jeotermalden sağlamaktadır. Bunun yanında yerli ve yabancı ziyaretçilerden elde edilen turizm gelirlerinin ülkelerin ekonomilerine katkıları ciddi boyutlardadır.

**Tablo 89:** Jeotermal Enerjinin Ülke Ekonomilerine Katkısı (2015)

Ülke	Ekonomiye Katkısı
İzlanda	Bina Isıtma
Japonya	2000 Kaplıca, 5000 halk hamamları, 1500 otel, 15 milyon ziyaretçi/yıl
İsveç	Jeotermal ısı pompası kullanılarak ısıtılan bina %20
İsviçre	90,000 kurulu jeotermal ısı pompası( 3 units/km)
Tunus	244 ha sera ısıtma
Türkiye	16 şehirde 115.000 konut ısıtması-toplam ünitenin yaklaşık %30'u
USA	1.4 milyon jeotermal ısı pompası(%7.0 yıllık büyüme)

**Kaynak:** Lund, Boyd, 2015

## 2.4.6. Deniz Kökenli Enerjiler

### 2.4.6.1. Dalga Enerjisi

Elektrik üretimi için, dünya genelinde 2000 TWh/yıl olarak tahmin edilen dalga enerji potansiyelinin, dünya elektrik üretiminin %10'nuna karşılık geldiği ve yatırım maliyetinin 820 milyar € olduğu öngörülmektedir (CRES, 2003).

Fosil yakıtlarla rekabeti henüz öngörülmeven dalga enerji ekonomisinde, maliyetler hızlı düşüş göstermiş, firmalar tasarım esnasında 10 cent/kWh'den daha az, 5 cent/kWh'e düşecek maliyetleri ilke edinmişlerdir. Bu maliyet ilkesi, diğer geleneksel güç tesisleriyle rekabet edilebilirliği arttırmaktadır (Pelc, 2002). Dalga enerjisi üretim sistemlerinden, elektrik üretim maliyetleri analizleri sonucunda tahmini veriler elde edilmiş, bu verileri oluştururken kıyı boyu ve kıyıdan uzak bölgeler için dalga gücüne baz alınmıştır.

Dalga enerjisi sistemlerinden elektrik üretim maliyetleri önemli gelişmeler gösterip ortalama 0,08 €/kWh (%8'lik bir indirim oranında) bir maliyete ulaşmış olmasına rağmen, dalga enerjisinden elektrik üretimi AB ortalaması elektrik maliyetine nazaran 0,04 €/kWh) yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Öngörülen teknolojik gelişmelerle birlikte ortaya çıkan bu maliyetin daha da düşebileceği ve düşüşün geçmişte olduğu gibi rüzgar, nükleer vb teknolojilere uygulanan piyasa ve finans desteği ile hız kazanıp gerçekleşebileceği öngörülmüştür.

Avrupa ülkeleri, özellikle İngiltere dalga enerjisi konusunda araştırmalar yapmaktadır. Hükümet dalga enerjisinin kullanımı ile 0.10 \$/kWh altında elektrik üretimi yapılabileceğini açıklamıştır. En etkin dalga gücü aygıtlarından biri olan "Salter Duck" 1970 yılında İskoçya'da Edinburg Üniversitesi profesörlerinden Stephen Salter tarafından geliştirilmiş olup söz konusu aygıtla 0.05 \$/kWh'dan daha az maliyetle elektrik üretilebilmektedir. Dalga enerjisi aygıtlarından bir diğeri de "Clam" olup enerji maliyetinin 0.06 \$/kWh civarında olacağı hesaplanmıştır (Denizden Enerji Temini, 2008).

### 2.4.6.2. Gelgit (Med-Cezir) Enerjisi

Büyük çaplı gelgit barajlarının ekonomik anlamda birtakım olumsuzlukları ve sermaye maliyetlerinin çok olduğu, inşa sürelerinin uzun zaman aldığı söylenebilir. Ekonomik olumsuzlukların baraj yapısı için 100 yıl ve ekipmanların için 40 yıl olmak üzere ucuz işletme maliyetleri ile kısmen de dengelendiği, iklim koşulları ve coğrafi konuma bağlı olmak üzere ana yatırımın havzanın gelişimine ayırdığı, şiddetli rüzgar ve dalgalara maruz kalan konumlar için maliyetlerin arttığı

söylenbilir ve burada ana etkenin setlerin bu gibi etkelere karşı dayanıklı olmasının sağlanması adına inşasının sağlam ve geniş bir alana yayılmasından kaynaklandığı öngörülmüştür(Lemperiere, Blanc, 2007).

Gelgit enerjisiyle ilgili dünyada sadece 4 ana örnek teşkil edebilecek tesisin faaliyette oluşu ve net sermaye maliyetlerini tam olarak bilinmemesinden, henüz gelişme aşamasında olan bir teknoloji olduğu söylenebilir. Konu ile ilgili Eleanor Denny adlı araştırmacının tahminlerine göre, tesisin karlı olabilmesi için sermaye maliyetinin her MW için ~\$700,000'dan az olması gerekmekte olup bu şuan ki teknoloji göz önünde bulundurulduğunda gerçekçi bir hedef olmayıp ve şu ana kadar sektörün negatif net fayda elde ettiği anlamına gelmektedir(Denny, 2010).

Buna rağmen gelgit enerji tesislerinin diğer güç kaynaklarına kıyasla uzun ömürlü olduğunu ve nispeten düşük işletme maliyetine ihtiyaç duyduğunu söyleyebiliriz. Örneği Fransa'nın La Rance gelgit barajının ilk maliyetinin yaklaşık 66 milyon \$ olmasına rağmen, yüksek başlangıç maliyetine rağmen La Rance 45 yıldır çalışmakta olup, ortalama 300.000 hanenin ihtiyacı olan elektriği üremekte ve bu başlangıç maliyetlerini telafi etmektedir(Clark vd., 2003; Williams, 2010). Gelgit barajlarının genel anlamda düşük işletme maliyetleri, yakıt ihtiyaçlarının olmadığını ve bakım ihtiyacının çok az ve işletme ve bakım maliyetlerinin olduğu söylenebilir. Ayrıca işletme ve bakım maliyetlerinin ilk sermaye maliyetinin 0.5%'inden daha az olduğu öngörülmüştür(Hammons, 1993).

Gelgit türbini ve güç santralleri gelişimi örneklerinin az olması genel bir maliyet belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Tahmini bir bilgi edinmek adına iki gelgit tesisi karşılaştırmasının yapılması yeterlidir. Kanada'daki tek türbinli Race Rock yerleşiminde tek türbin jeneratörü ile 65 kW enerji üretilmekte olup maliyeti yaklaşık olarak 4.000.000 \$'dır(AquaRET, 2006). Bunun 3.000.000 \$'ı proje ortağı olan EnCana'nın Çevresel İnovasyon Fonu'ndan karşılanmıştır. Proje ile ilgili 1 milyon \$'ın altında hibe Pearson Koleji ve onun ortaklarına verilmiştir. Diğer yandan çift türbine sahip 1.2 MW jeneratörlü İrlanda SeaGen, Race Rock'a kıyasla 100 kat fazla güç üretmekte ve yaklaşık olarak 11 milyon \$'lık yatırım gerçekleştirilmiştir(Fraenkel, 2006). 240 MW La Rance güç santralının, bölgedeki termik santrallerinin 10.8 cents/kWh elektrik üretimine karşın 3.7 cents/kWh elektrik sağlaması, onu daha tercih edilebilir bir seçenek olarak ön plana çıkarmaktadır(Lena, 2008). Maliyet 3,8 cents/kWh ile Fransa'nın nükleer gücünden bile daha düşük olup, sadece hidroelektrik güç santralleri ise 3.2 cents/kWh ile daha verimli olabileceği öngörülmüştür. BC Hydro 2002 Yeşil Enerji Bildirisine (BC Hydro's 2002 Green Energy Study) göre potansiyel gelgit enerji gelişimi fiyatlarının 11-25 cents/kWh aralığında olacağı öngörülmüştür. Bu geçmiş ve günümüz teknolojilerine bağlı olarak geliştirilmiş dizaynlara bağlı olarak fiyatların önemli ölçüde düşebileceği öngörülmüştür. Ayrıca The BC Sürdürülebilir Enerji

Birliği (The BC Sustainable Energy Association (BCSEA) notlarında ortalama 5-7 cents/kWh'lık düşüş beklendiği belirtilmiştir(Martin, 2005).

### 2.4.6.3.Okyanus Isıl Enerji Dönüşümü

İlk kurulum maliyeti sistemin büyüklüğü ve santralin kıyı veya denizde kurulmasına bağlı olarak dđişmekle beraber, OTEC sistemlerde santraller büyüdükçe, ilk yatırım maliyeti azalırken, sistemin kıyıda kurulmasıyla maliyet artmaktadır. OTEC sistemi ilk maliyetleri şekildeki gibidir:

**Tablo 90:** Enerji Santralleri Maliyetleri

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW)
OTEC	7900
Rüzgar Santrali (Deniz Üstü)	6230
Nükleer Santral	5530
Jeotermal Enerji Santrali	4362
Biyokütle Enerji Santrali	4114
Güneş Enerji Santrali	3873
Kömür Yakıtlı Linyit Santral	3246
Hidroelektrik Santral	2936
Rüzgar Santrali (Kara)	2213
Doğalgaz Yakıtlı Linyit Santral	917

**Kaynak:** Kaya, Koç, 2015

### 2.4.6.4.Akıntı Enerjisi

Enerji santrali, maliyetle karşılaştırıldığında ürettiği enerji miktarı açısından çok ucuz değildir ve yalnızca su altına inşa edilen yapılardır. Maliyetiyle karşılaştırıldığında ürettiği enerji açısından ucuz değildir(Anno 2070 Wiki). Türkiye'de akıntı enerjisinden elektrik üretmek amacıyla Boğaz'ın Enerjisi Projesi iki aşama halinde uygulanması planlanmıştır. İlk aşamada 30kW'lık bir türbin geliştirileceği ve test üretimine başlanacağı, verimlilik açısından olumlu sonuçlara ulaşıldığı, çevresel etkiler bakımından da herhangi bir olumsuzluk yaratmaması halinde projenin ticari boyutu olan i ikinci aşamada, kapasitenin 5MW'a çıkarılacağı belirtilmiştir(Mavi İda Enerji, 2017).

### 2.4.7.Hidrojen Enerjisi

Tükenme riskinin bulunmaması, çevre dostu olması, hidrojen üretimindeki yeni yöntemler ve yakıt pilleri alanındaki gelişmelerle birlikte hidrojen enerjisinin

önemi gün geçtikçe artmakta, ülke stratejilerinin belirlenmesinde hidrojen bazlı bir ekonominin gerekliliği stratejik bir hal almaktadır. Bu gelişmelere rağmen ülke stratejilerinde hidrojen bazlı ekonomilere geçiş hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleşmemekte, geçiş zorluklarının başında teknolojik yetersizlikler, altyapı eksikliği, maliyetlerin yüksek olması gibi nedenler gelmektedir. Hidrojen günümüz teknolojileriyle üretiminin genel olarak fosil kaynaklardan elde edildiği ve maliyetli olduğu öngörülmektedir. Ekonomik enerji eldesinde yenilenebilir enerji kaynakların temelini oluşturduğu ülke stratejilerinde Güneş-Hidrojen sisteminde elektroliz için ihtiyaç duyulan enerjinin güneş kaynağından fotovoltaik panellerle (PV) sağlanmasıyla maliyetlerin maksimum oranda düşürülmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır(Cassedy, 2000:s.213).

Genel olarak hidrojen üretiminin doğalgazdan gerçekleştirildiği, hidrojen üretimi maliyeti hesaplanırken, doğalgazın fiyatına hidrojene dönüşüm faaliyetlerinin fiyatları eklenerek yapılan hesaplamalardan oluşan sonuçların daha güvenilir olduğu, sıvılaştırma aşamasının yüksek oranda enerji gerektirmekle birlikte 8-10 \$ ek maliyetle her birim MBTU enerji eldesi için 4 \$ doğalgaz ihtiyacı doğarken, buhar reformasyonu işlemiyle hidrojene dönüşmesi durumunda maliyet 10 \$ olduğu öngörülmüştür. Sıvılaştırma işlemi de yüksek enerji gerektirdiği, maliyetlere 8-10 \$'da eklenmesiyle birlikte hidrojen üretimi 20 \$/MBTU seviyesinde gerçekleştiği, ticari amaçla kurulan büyük elektroliz ünitelerinde üretilen hidrojen kg başına 50 kW/h enerji gerektirip, maliyetinin 7-9 \$ düzeylerinde olduğu öngörülmüştür(Hordenski, 2007:s.171-173). ABD 2003 yılında geliştirdiği yeni teknolojilerle birlikte, bir galon eş değeri hidrojeni 3 \$'a mal etmiş, 2015 yılı amacını 2 \$ olarak belirlemiştir(Liptak, 2009:s.123).

Güneş-Hidrojen enerji sisteminde üretim, sıvılaştırma ve nakil kayıp ihtimalleri hesaplandığında, verimin ortalama % 66 seviyelerine düştüğü öngörülmüştür(Hordenski, 2007). Yeni yakıt pilleri kullanımıyla güneş destekli hidrojen üretiminin 0,11 \$/kWh olacağı öngörülmüştür(Rajeshwar vd., 2008:s.21).

Son dönemde rüzgar enerjisinden yararlanılarak hidrojen üretimi, fotovoltaik güneş pili ile üretim yapan sistemlerle rekabet edecek düzeye gelmiş, rüzgar temelli hidrojen üretimi maliyetlerinin kW/h başına ortalama 0,07-0,09 \$ olduğu belirtilmiştir(Cassedy, 2000:s.213).

Hidrojenin sıvılaştırılma, depolanma ve uzak bölgelere taşınması birtakım zorluklar yaratmış, ticari açıdan elverişlilik adına sürdürülen teknik çalışmalar, gelişmiş ülkelerde Ar-Ge desteğiyle sağlanmıştır. A.B.D Enerji Bakanlığı hidrojen ekonomisine 2030'lu yıllarda geçmeyi amaçladığını belirtmiştir(Kakaç, 2006:s.4). Otomobil imalatçısı firmalar 2005 yılında hidrojen yakıt pilli araç üretiminde son 10 yılın en yüksek seviyesine ulaşmış, fosil yakıtlarının pahalılaşması hidrojeni

cazip hale getirmiş, otomotiv endüstrisinin gelişmesini sağlayarak büyük bir ekonomik etki, istihdam olanakları yaratılmıştır(Schlager, Weisblatt, 2006:s.163).

Hidrojen enerjiyle ilgili uluslararası çalışmaların yapıldığı, Japonya'da WE-NET (World Energy Network) projesiyle Tokyo'da hidrojen kullanımıyla meydana gelecek NOx emisyonu azaltılması, Japonya hidrojen enerji sisteminde gelişim hedefiyle 2020 yılına kadar 4 milyar \$ harcama yapılması planlanmıştır. Pasifik denizinin ekvator bölgesinde yapay bir adada solar radyasyon kullanarak deniz suyundan elektrolizle hidrojen üretimi planlamaktadırlar(Momirlan, Veziroğlu, 2002:s.141-179). Japonya'nın en büyük tren şirketi -East Japan Railways- NE Train (Yeni Enerji Treni) adı verilen yakıt hücreli trenin hidrojenle oksijen arasındaki kimyasal reaksiyonla elektrik üreten yakıt hücresi teknolojisiyle atık madde olarak su buharı üreteceği, yakıt hücreli trenin lokomotifli elektrikli pille çalışarak, saatte 100 km yol alması planlanmıştır(Kılınç, 2008:s.37). Almanya ise Neurenburg yakınlarında hidrojen tesisi, depolama sistemi ve hidrojen kullanma sistemleri kurmuş, Suudi Arabistan ile ortak projesi Hysolar programıyla Riyad çevresinde solar hidrojen üretim tesisi kurulması planlanmış, solar hidrojen ihracı amaçlanmıştır. Petrol zengini ülkelerden Suudi Arabistan'ın hidrojenle ilgili yatırımlar yapması, gelecekte hidrojenin stratejik enerji kaynağı olacağı, petrolün tükeneceğinin en güzel kanıtları arasında gösterilebilir. Avrupa ve Kanada arasındaki Euro-Quebec programıyla ucuz hidrogüç eldesiyle, Kanada'dan Avrupa'ya ithal sıvı hidrojenin deniz aşırı taşınımı, depolanması, kullanım alanları üzerine projeler geliştirilmiştir. İzlanda büyük enerji rezervlerine, jeotermal su kaynaklarının ev ve bürolarda %90'ının ısıtılması, herhangi bir sera gazı yaymadan büyük çapta elektrik enerjisi üretmesine rağmen dünyanın ilk hidrojen ekonomisi olmayı hedeflemektedir(Tutar, 2011). İngiltere'de ise 2005 verilerine göre hidrojen ve yakıt hücreleri ile ilişkili 375 proje bulunduğu, Ar-Ge çalışmalarına ayırdığı ortalama 670 milyon £'un 280 milyon £'unun hükümet tarafından sağlandığı, toplam proje maliyetinin ise 276.000.000 £'ı aştığı öngörülmüştür(Harrison, 2003). Fransa'nın yakıt hücreleriyle ilgili Ar-Ge çalışmalarının 1960'lı yıllara dayandığı, 2004 yılındaki hidrojen ve yakıt hücresi AR-GE harcamalarının %57'sini özel sektör, %43'ünün kamu sektöründe gerçekleştiği, projelerin %52'sinin yakıt hücreleri; %32'sinin hidrojenle ilgili olduğu, PEM ve SOFC yakıt hücreleri üzerinde araştırmalar yapan CEA (Atomic Energy Commission), hidrojen ve yakıt hücresi ile ilgili araştırmalar yapan CNRS (Centre National de Recherche Scientifique) ve hidrojen üretimi, depolanması, kullanımı ve ulaşımı üzerinde araştırmalar yapan IFP (Institut Français du Pétrole) gibi çeşitli kamu araştırma merkezleri bulunduğu belirtilmiştir(Fernandes vd., 2005). Fransa'nın hidrojen alanında 2005'te 30 milyon €, 2006'da 40 milyon € AR-GE harcaması yapmıştır. Hidrojen için 2006 yılında ayrılan 40 milyon € bütçenin %55'i yakıt hücresi için,

%20'si, hidrojen üretimi için, %20'si ulaşım, dağıtım ve depolama ve diğer %5'i ise farklı alanlardaki faaliyetler için ayrılmıştır(Frois, 2006).

AB 20-30 yıl içinde alternatif enerjilere yönelik faaliyetler bulunmaması halinde % 90 petrol, % 70 gaz ve % 100 oranında kömür ithalatına bağımlı hale geleceği Avrupa Komisyonu raporuna göre ise yenilenebilir enerji kaynakları ve teknolojilerinin, AB enerji arzının sağlanmasına yardımcı olabileceği belirtilmiş, 2003 yılından itibaren hidrojen ekonomisi kavramı, AB'deki gelecek yıllar için bir strateji haline gelmiştir. 2003'te otomobil üreticilerinden, enerji sektöründen, araştırmacılarla birlikte, politika yapıcılarıyla rapor hazırlamış ve hidrojenin farklı yönleri üzerine odaklanan çalışmalar planlamışlardır(Aslan, 2007:292).

Ülkelerin çoğunda hidrojenle ilgili yapılan çalışmalar ve projeler geçmişte başlamasına rağmen somut adımların 21. yy'da atıldığı görülmektedir. Bu projelerin hızlandırılmasını sağlayan sebepler arasında gerekli altyapı çalışmalarının tamamlanması, fosil yakıt rezervlerinin azalmaya başlaması, dünya nüfusunun hızla artması, teknolojinin hızla ilerlemesi sayılabilir.

Türkiye UNIDO-ICHET projesiyle dünyada hidrojen teknolojileri ve ürünlerinin üretim merkezi gelme hedefiyle birlikte, ilk 5 yıllık dönem için arazi, tesis, ilk yatırım ekipmanı ve işletme faaliyetlerini finanse etmek üzere, 40 milyon \$ vereceği öngörülmüştür(Öztürk vd., 2009). Hidrojen enerjisi kullanımının arttırılmasının, fosil kaynaklar için ödenen döviz miktarlarının düşmesi ve bağımlılığın azaltılması, sanayi ve tarımda öngörülen istihdam, ülkede üretilen olan hidrojen fazlalığının Avrupa ve diğer ülkelere ihracatı ile ülkeye girecek döviz oranı artışı, Kyoto Protokolüne uyum sorununun giderilmesi, hava kirliliği ve küresel ısınma sorunlarının ortadan kalkmasına fayda sağlayacağı öngörülmüştür. Türkiye'nin yenilenebilir enerjiyle ilgili çözüm arayışlarında teknolojik gelişmelerle, hidrojen enerjisi payının zamanla artacağı tahmin edilmektedir.

#### **2.4.8.Araştırmaları Devam Eden Diğer Yenilenebilir Enerji Çeşitleri**

##### **2.4.8.1.Uçan Rüzgar Türbinleri**

Batmaz Hava Türbinleri olarak da adlandırılan uçan rüzgar türbinlerinin 1000 feet'e kadar yükselebildiği, bu yükseklik düzeyine erişildiğinde 5-8 katdaha fazla rüzgar enerji kazanımı olduğu, geleneksel bir türbine kıyasla %30 daha az maliyetli olduğu öngörülmüştür(sniperchannel.com). 2011 yılı itibari ile geliştirilmeye başlayan bu ürünün tüm rüzgar türbinlerine kıyasla daha düşük



maliyetli olduğu öngörülmektedir. Tepe ve dağ sırtlarına kurulan endüstriyel kullanıma yönelik metal ve iskelet yapıları türbinleri yüksek irtifa rüzgar türbini (BAT) türbinlerine kıyasla daha fazla maliyetine rağmen neredeyse yarı yarıya daha düşük enerji ürettiği öngörülmektedir(bigumigu.com). Uçan rüzgar türbini maliyetinin watt başına ortalama 4.50-7.00\$, 100 kW bir sistem için ortalama 450.000-700.000 \$ olduğu öngörülmüştür(Kontrol Kalemi, 2009).

#### **2.4.8.2.Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi**

Uzay tabanlı güneş enerji sistemlerinin, mevcut enerji kaynaklarıyla rekabet ortamının, mevcut enerji dönüşüm sistemlerinin verimliliğinin artırılması ve maliyetlerinin düşürülmesiyle sağlanabileceği öngörülmüştür(Mankins, 2011).Uzay tabanlı güneş enerjisi maliyetinin yüksek olduğu söylenebilir. Maliyet sorunu yeniden kullanılabilir fırlatma sistemleri alt fırlatma maliyetlerinin düşürülmesiyle bu sorun aşılmaya çalışılmıştır. NASA'nın 1978 yılındaki SPS çalışmasına göre sistemler çapı 1 km olan verici antenlere, 2.45 GHz hızında mikrodalga ışınları için 10 km çapında alıcı antenlere ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Gereken şartlar sağlandığı takdirde emiş miktarının artacağı, kısa dalga boylarıyla bunun azaltılma ihtimalinin artacağı belirtilmiştir. Belirtilen boyut ve alıcı antenler SPS için en düşük güç seviyesinin yüksek olma zorunluğu ekonomik olmayan bir sonuca neden olduğu, ödeme planının düzenli bir şekilde gerçekleştirilmesiyle maliyetin 500-800 \$ civarında olacağı öngörülmekte olup, fırlatma emisyonlarının çevreye etkisinin iyi incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Sistemin uzaya taşınmasının maliyetinin milyarlarca doları bulması, projenin ortalama 20 milyar \$'ı bulacağı öngörülmüştür. Teknolojik gelişmelerin istenilen düzeyde olmama sorunuyla birlikte, üretilen enerjinin yeryüzüne iletim problemlerinin olduğu, gökyüzünün bulut içeriğinin az su buharının fazla olduğu durumlarda, su buharı içeriğinin mikrodalga içeriği olan radyasyonu dağıtacağı ve minimum oranda %50'lik enerji kaybı anlamına geldiği belirtilmiştir.

Teknolojik gelişmelerle birlikte 2013 yılında Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Uygulamalarının, uydu boyutları üzerindeki çalışmaları ile birlikte yörünge maliyetlerinin azaltılabileceği öngörülmüştür. Japonya'da konu ile ilgili ciddi çalışmaların yürütüldüğü bilinmekle birlikte, 21 milyon \$'lık projelerde çalışmak istenen firmaların bulunduğu, 2030 yılı itibari ile güneş panellerinin uzaya yerleştirileceği öngörülmüştür. Rusya'nın da benzer projeler gerçekleştirmesi, Hindistan ve Çin'in işbirliği açıklamaları, enerji üretiminin uzaya taşıma yarışı, uluslararası bir itibar savaşına dönüştüğü anlamına gelmektedir(Dünyahılar, 2013).

Türkiye'nin 2035 hedefleri göz önünde bulundurularak Günebakan adlı, 500 MW elektrik sağlaması hedeflenen, uzay tabanlı güneş enerji sisteminin kavramsal tasarımı maliyet analizinde sistemin bileşenleri, kurulumu ve destekleyici sistemlerle birlikte, ayrı ayrı maliyet analizleri yapıldığı öngörülmüştür. Analiz sonuçlarına göre sandviç modülü üretiminin Ar-Ge ve test maliyet analizleri dışında, ortalama 100.000 \$/kg'lık maliyete denk geldiği, seri maliyet ortalamasının ise 32.307 \$ olacağı öngörülmüştür. Planlanan sandviç modülü 36875 adet olduğu takdirde üretim maliyetinin 1.2 milyar \$'ı bulacağı tahmin edilmektedir. Sistemin alt bileşenlerini oluşturan LEO'dan GEO'ya ulaşım ve yönelim kontrol, uzayda kendi kendine kurulum, komut veri sistemi, yoğunlaştırıcı/yansıtıcı aynalar, sistemlerin büyüklüğünü modül sayısının belirlediği ve her alt sistemin yaklaşık olarak sandviç modülün %10'u kadar maliyet oluşturduğu belirtilmiştir(Leitgab 2013). Her birinin yaklaşık olarak 120 milyon \$'lık maliyet oluşturduğu düşünülürse, toplamda ortalama 480 milyon \$'lık bir maliyetin söz konusu olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca tasarım bileşenlerinin LEO'ya ulaştırılması için minimum 336 adet seri üretim Falcon Heavy roketi ihtiyacı olduğu, bir fırlatmanın yaklaşık olarak 10 milyon \$ olacağı, toplam fırlatma maliyetinin ise 3.36 Milyar \$ (188.68 \$/kg'lık fırlatma maliyeti) olacağı öngörülmektedir. Kavramsal tasarım için AR-GE ve test maliyetleri dışında üretim, ulaşım ve alt sistemler için yaklaşık olarak 5.04 milyar \$ maliyet oluşacağı ve maliyet analizi sonucunda yıllık  $(365 \times 24 \text{ saat} \times 500000 \text{ kW} = 4.38 \times 10^9 \text{ kWh})$   $4.38 \times 10^9 \text{ kWh}$  elektrik üretimi gerçekleşeceği öngörülmektedir. Türkiye'de sistemin kullanılabilirliğine yönelik çalışmalara göre, sanayide kullanılan elektriğin birim fiyatının; 0.22 TL/kWh ve \$/TL paritesi 2.1 olarak baz alındığında, tasarımın yılda ortalama 459 milyon \$'lık elektrik üreteceği ve kendini ortalama 10 yılda amorti edeceği öngörülmüştür(Yıldız ve Aslan, 2015).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE EKONOMETRİK ANALİZ

#### 3.1.Literatür Araştırması

Enerji tüketiminin enerji fiyatlarının gelişimiyle ilişkili olduğu çoğu araştırmacı tarafından kabul edilen öngörüler arasındadır. Ayrıca nüfus yoğunluğu, nüfusun dağılımı (kırsal kesim ve şehirlerarası vb.), iklim koşulları olmak üzere bir bütün olarak coğrafi özelliklerin enerji tüketimini etkilediği söylenebilir. Enerji talebini belirleyicilerinden en önemlisinin ise gelir düzeyi olduğu söylenebilir.

Enerji ile ilgili literatür çalışmalarının çoğunun işlediği konunun yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına düşen gelir düzeyi ilişkilerini oluşturduğu bilinmektedir. Bu ilişki genel olarak uzun dönemli olarak incelenmekle beraber çalışmaların çoğunda belirtilen iki değişken panel veri ve zaman serisi analiz teknikleri kullanılarak ele alınmıştır.

Araştırmalar sonucunda enerji üretimi ile gayrisafi yurtiçi hasıla ilişkisini inceleyen literatür çalışmalarının yok denecek kadar az olduğu söylenebilir. Özellikle Türkiye üzerinde bu tür çalışmalara literatürde rastlanamamış, bu ilişkinin varlığının incelenmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmüştür. Çalışmalar genel olarak yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde yoğunlaşmıştır. Literatürü oluşturan enerji tüketimi ve gayri safi yurtiçi hasıla ilişkisine yönelik çalışmaların bazıları ise şu şekildedir:

Bu konuda literatür araştırması yapıldığında, yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde yoğunlaşıldığı ve yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki çalışmaların yok denecek kadar az olduğu söylenebilir. Özellikle Türkiye üzerinde bu tür çalışmalara literatürde rastlanamamıştır.

Konu ile ilgili ABD'yi ele alan çalışmalarda Kraft ve Kraft (1978) 1947-1974 dönemini Sims nedensellik yöntemini kullanarak incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda ekonomik büyümeden, enerji tüketimine doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisi olduğu bulgularına ulaşmıştır. Enerji tüketimi ve ekonomik büyümeyle ilk çalışmalardan sayılabilecek bu çalışmanın ardından yine ABD ile ilgili 1973-1978 yıllarını inceleyen Akarca ve Long (1980) enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini Granger nedensellik testi kullanarak incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda iki değişken arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Hamilton ise

ABD ile ilgili 1948-1972 dönemini kapsayan çalışmasında enerji fiyatları ve büyüme ilişkilerini incelediği, Granger nedensellik testini kullandığı çalışmasında elde ettiği sonuçlara göre, enerji fiyatlarından ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisinin söz konusu olduğu sonucuna ulaşmıştır. ABD ile ilgili diğer bir çalışmada ise Yu ve Hwang (1984) 1947-1979 dönemini incelemiş, Sims tekniğini kullanmış, nedensellik analizi yapmıştır. Bu analiz ve testleri uygulayarak enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile birlikte enerji tüketimi ile istihdam ilişkilerini de incelemiş, araştırmalarının sonucunda enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını belirtmiştir.

Enerji ilişkileri ile ilgili Güney Kore ve Filipinlerin incelendiği Yu ve Choi (1985) çalışmasında, 1954-1976 dönemini kapsayan nedensellik analizi uygulayarak Güney Kore için büyümeden enerji tüketimine doğru, Filipinler için ise enerji tüketiminden büyümeye doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ele alınan ülke sayısının 6 olduğu ve Sim metodunun kullanıldığı 1952-1982 döneminin ele alan Erol ve Yu (1987) ise, çalışmasının sonucu olarak büyümeden enerji tüketimine doğru İtalya ve Almanya için tek, Japonya için iki taraflı bir ilişkinin söz konusu olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca Kanada için enerji tüketiminden iktisadi büyümeye doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu, Fransa ve İngiltere için ise nedensellik ilişkisine rastlayamadıklarını belirtmişlerdir. Ele alınan ülke sayısının 16 olduğu ve Japonya, İngiltere, İtalya ve Fransa'nın da aralarında bulunduğu Nachane vd. (1988) çalışmasında, kointegrasyon analizi uygulamış ve bunun sonucunda iki taraflı nedensellik ilişkisinin olduğunu belirtmiştir.

ABD ekonomisi ile ilgili olarak Yu ve Jin(1992)'in yapmış olduğu ABD ekonomisine yönelik enerji ve büyüme ilişkisini inceleyen çalışmada herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Murray ve Nan (1996) Granger Nedensellik metodolojisi kullanarak 15 ülke üzerinde 1970-1990 zaman aralığını kapsayan çalışmasının sonucu olarak elektrik tüketiminden gelire doğru nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmiştir.

Masih ve Masih (1996)'in 6 ülkeyi içeren 1955-1991 dönemini kapsayan kointegrasyon analizinin kullanıldığı çalışmada, Endonezya için büyümeden enerji tüketimine, Hindistan için ise enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir. Öte yandan Filipinler, Singapur ve Malezya için iki değişkenin nedensellik ilişkisi oluşturmadığını belirtmişlerdir.

Terzi (1998) ise Engle-Granger Nedensellik metodolojisini kullanarak 1950-1991 zaman aralığını kapsayan Türkiye üzerinde geliştirdiği çalışmada, elektrik tüketimi ve gelirin iki taraflı bir nedensellik ilişkisi oluşturduğu sonucuna ulaşmıştır. Aynı şekilde Türkiye ile ilgili bir diğer çalışma olan Asafu-Adjaye (2000)'nin 1971-1995 yıllarını kapsayan Türkiye'nin de içinde olduğu 5 ülkeyi içeren çalışmada kointegrasyon analizi kullanılmış ve bu ülkeler içerisinde bulunan Türkiye, Endonezya ve Hindistan'ın, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisi oluşturduğunu belirtmiştir. Yang (2000) ise Granger Nedensellik metodolojisiyle Tayvan'a yönelik 1957-1997 zaman aralığındaki çalışmada, elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki taraflı nedenselliğin söz konusu olduğunu söylemiştir. Stern (2000) 1948-1994 dönemlerini içeren çalışmada, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi için eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu belirtmiştir.

Türkiye'ye yönelik ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ilişkisini araştıran ilk çalışmalardan sayılabilecek Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise enerji tüketiminden ekonomik büyümeye yönelik tek taraflı nedensellik ilişkisinin bulunduğu belirtilmiş, ayrıca ülke, dönem ve yöntem farklılıkları göz önünden bulundurulmuştur. Bundan dolayı gerçekleşme ihtimali bulunan herhangi bir enerji koruma programının uzun bir zaman sürecinde ekonomik büyüme üzerinde negatif bir etki yaratarak zarar verebileceği tahmin edilmiştir. Bu çalışmanın ardından Türkiye ile ilgili enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda bu ilişkinin yönü ile ilgili bir ortak kanının olduğu söylenemezken birçok farklı sonucun varlığından söz edilebilir.

Enerji tüketimi ve gayri safi yutiçi hasıla ilişkisini Yunanistan için ele alan Hondroyiannis vd. (2002) 1960-1996 dönemi içerisinde iki taraflı bir nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Hata düzeltme modelini kullanarak, 1950-1992 dönemi üzerinde 10 ülke ve G7 ülkelerine yönelik çalışmada Soytaş ve Sarı (2003) nedensellik ilişkisinin enerji tüketiminden ekonomik büyüme doğru Türkiye, Almanya, Fransa ve Japonya için söz konusu olabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte, enerji koruyucu politikaların ekonomik büyüme üzerinde negatif etki yaratarak zarar verebileceğine değinmiştir. Gelişmekte olan 18 ülkeye yönelik çalışmada Lee (2005), enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Altınay ve Karagöl (2005) Granger Nedensellik Metodolojisi ile 1950-2000 zaman aralığı ve Nişancı (2005) Johansen Eşbütünleme analizi kullanarak 1970-2003 zaman aralığını ele aldığı çalışmada, nedensellik ilişkisinin elektrik tüketiminden gelire doğru tek yönlü olduğunu belirtmiştir. Türkiye'yi ele çalışmalar içerisinde en küçük kareler (EKK) yöntemini kullanarak 1970-2002 zaman süresini inceleyen Say ve Yücel (2006), bu

dönemde nedensellik ilişkisinin pozitif ve enerji tüketiminden ekonomik büyümeye dorğu tek yönlü olduğu öngörmüştür.

A. Al-Iriani, Mahmoud (2006) 6 petrol üretcisi 6 ülke üzerindeki 1971-2002 dönemini kapsayan panel birim kök ve panel eşbütünleme testi analiz yöntemini kullandığı çalışmasında kısa ve uzun bir süreçte eşbütünleşme ilişkisinin enerji tüketimi ve ekonomik büyüme için söz konusu olabileceğini belirtmiştir.

Türkiye'ye yönelik reel enerji fiyatları endeksi, ticari enerji kullanımı, ve gayri safi yurtiçi hasıla ilişkilerinin incelendiği araştırmalardan biri olan Şengül ve Tuncer (2006) çalışmasında, 1960-2000 dönemini ele alarak nedensellik ilişkilerini incelemiştir. Çalışmanın sonucu olarak ticari enerji kullanımından gayri safi yurtiçi hasılaya ve reel enerji fiyatları endeksinden ticari enerji kullanımına doğru tek taraflı bir ilişkinin olduğunu, reel enerji fiyatları endeksi ile gayri safi yurtiçi hasıla için ise iki taraflı bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. Türkiye ile ilgili diğer bir çalışmada, Lise ve Montfort (2007) 1970-2003 dönemini ele alarak Engle Granger eş-bütünleşme analizi kullanmış ve bunun sonucunda, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Elde ettikleri sonuçlardan yola çıkarak enerji tüketiminde meydana gelebilecek söz konusu azalmanın, ekonomik büyüme üzerinden herhangi bir negatif etki oluşturmayacağını belirtmişlerdir. Türkiye için 1974-2004 dönemini kapsayan Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul(2007) çalışmasını oluşturan ekonomik büyüme serileri ile elektrik tüketimi serilerinin, farklı derecede durağan olması nedeniyle çalışmasında Sınır Testi yöntemini tercih etmiştir. Araştırmasının sonucu olarak seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin söz konusu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca kısa dönemde değişkenler arasında pozitif, uzun dönemde negatif bir ilişkinin varlığına değinmişlerdir.

Chien-Chiang Lee & Chun-Ping Chang (2007) gelişmiş 22 ülke ve gelişmekte olan 18 ülkeye yönelik çalışmasında Panel Birim Kök Testi, VAR ve GMM Analizini kullanarak gelişmiş ülkelere yönelik çalışmasında, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift taraflı eşbütünleşme ilişkisi, gelişmekte olan ülkelerde ise gayri safi yurtiçi hasıladan enerji tüketimine yönelik tek taraflı ilişkinin varlığını belirtmiştir. Mohsen Mehrara (2007) gelişmekte olan petrol ihracatçısı 11 ülke üzerindeki çalışmasında Panel Eşbütünleşme, Birim Kök ve Nedensellik Testi kullanmış ve gayri safi yurtiçi hasıladan enerji tüketimine doğru tek taraflı güçlü bir ilişkinin olduğunu öngörmüştür. Jobert ve Karanfil (2007) Granger Eşbütünleme metodunu kullanarak 1960-2003 zaman aralığında gerçekleştirdiği çalışmasında, elektrik tüketimi ile gelirin nedensellik ilişkisi oluşturabileceği yönünde öngörülerde bulunmuştur.

Mahadevan, R. & Asafu Adjaye, J. (2007) enerji ithalatçısı ve ihracatçısı 20 ülkeye yönelik çalışmasında Panel Birim Kök Testi, Johansen Eşbütünleşme Testini kullanmış, enerji ihracatçısı ve gelişmiş ülkelerde hem kısa hemde uzun dönemde çift taraflı bir nedensellik ilişkisi, enerji ithalatçısı ve gelişmekte olan ülkelerde ise sadece kısa dönemde eşbütünleşme ilişkisi tespit etmiştir.

1970-2006 zaman aralığını inceleyen Türkiye ekonomisine yönelik çalışmalardan Erdal ve Esengün (2008) Johansen-Juselius Eşbütünleşme ve Granger nedensellik yöntemlerini kullanarak, kısa ve uzun dönemde çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında gerçekleşebileceğini belirtmiştir. Yine Türkiye için 1975-2005 yıllarını ele alarak Johansen Eşbütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modelini kullanan Kar ve Kınık (2008) çalışmasında sanayi sektörü ve mesken elektrik tüketimleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yönünün, uzun dönemde elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru gerçekleşebileceğini ileri sürmüştür.

Dirk C., Böhm (2008) 15 AB ülkesini kapsayan Panel Birim Kök Testi, Panel Eşbütünleşme Testini kullandığı çalışmasında elektrik tüketimi ile reel gayri safi yurt içi hasılanın herhangi bir eşbütünleşme ilişkisine sahip olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Chien ve Hu (2008) Yapısal Eşitlik Modeli (SEM)'ni kullandığı 116 ülkeye yönelik çalışmasında, sermaye bilgisi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının doğrudan ilişkili olduğu, gayri safi yurtiçi hasıla ile ise herhangi bir doğrudan veya anlamlı ilişkinin bulunmadığını belirtmiştir. Erdal vd. (2008) Johansen Eşbütünleşme ve İkili Granger Nedensellik metodolojisi kullanarak 1970-2006 zaman aralığını kapsayan çalışmasında Reel GSMH ile elektrik tüketimi arasında karşılıklı bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. G7 ülkelerine yönelik 1972-2002 dönemini kapsayan Narayan ve Smyth(2008)'in Granger nedensellik ve eşbütünleşme analizlerini kullandığı çalışmasına göre ise, reel gayri safi yurtiçi hasıla, enerji tüketimi ve sermaye birikimi arasında eşbütünleşme ilişkisinin söz konusu olabileceği ileri sürmüştür. Ayrıca uzun dönemde enerji tüketiminin ile sermaye birikiminin, ekonomik büyüme etkenlerinden olduğu belirtilmiştir. Chien-Chiang Lee & ChunPing Chang (2008) 16 Asya ülkesini kapsayan çalışmasında Panel Eşbütünleşme Testi ve Panel Nedensellik Testini kullanmış ve uzun dönemde enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasılanın pozitif bir eşbütünleşme ilişkisi oluşturduğu, kısa dönemde ise gayri safi yurtiçi hasıla ve enerji tüketiminin bir eşbütünleşme ilişkisi oluşturmadığını belirtmiştir. Apergis, Nicholas & Payne, James E. (2009) 6 Latin Amerika Ülkesine yönelik çalışmasında Panel Birim Kök, Eşbütünleşme, Granger Nedensellik Testlerini kullanarak gayri safi yurtiçi hasıla, enerji tüketimi, işgücü ve reel gayri safi sabit sermaye oluşumunun uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi oluşturabileceğini belirtmiştir. Çok sektörlü yapı içerisinde

ekonomik büyüme-enerji tüketimi ilişkisi üzerinde çalışan Bowden ve Payne (2009) ABD ekonomisine ait 1949-2006 zaman aralığını kapsayan süreç kapsamında Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada toplam birincil enerji tüketimi ve ulaştırma sektörü birincil enerji tüketimi ile RGSYIH arasında ilişki olmadığını, sanayi, ticari ve konut birincil enerji tüketimi ile RGSYIH'nın iki yönlü nedensellik ilişkisi oluşturduğunu belirtmişlerdir.

1960-2006 zaman sürecinde Türkiye ekonomisine yönelik çalışmasında Mucuk ve Uysal (2009), Johansen-Juselius eş-bütünleşme ve Granger nedensellik yöntemleriyle tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru olabileceğini ileri sürmüştür. 1949-2006 Halıoğlu (2009) Granger nedensellik, ARDL ve Eşbütünleme modellerini kullanarak 1960-2005 zaman aralığında gelir ile elektrik tüketiminin nedensellik ilişkisi oluşturmadığını belirtmiştir. Sadorsky (2009) 1994-2003 yılı zaman aralığında 18 yükselen piyasa ekonomisi üzerindeki çalışmasında, FMOLS ve DOLS panel model tahmincileri, ECM ve SUR analiz tekniklerini ve panel birim kök testlerini kullanarak kişi başına gelirden olası artışın uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden artış meydana getirdiğini belirtmiştir. 1980-2005 yılı zaman aralığında G-7 ülkeleri üzerindeki çalışmasında uzun dönemde reel gayri safi yurtiçi hasıla ile CO<sub>2</sub> emisyonundaki gerçekleşmesi mümkün olan olası artışın, yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde pozitif etki yaratabileceği belirtilmiştir. Aynı zamanda petrol fiyatlarında gerçekleşecek olası artışın, yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde negatif etki yaratabileceği belirtilmiştir.

Bulgaristan, Romanya ve Arnavutluk ülkelerinin içerisinde bulunduğu çalışmada Öztürk ve Acaravcı (2010) ARDL sınır testi yaklaşımıyla nedensellik ilişkisinin enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında gerçekleşmediğini belirtmiştir. Macaristan için ise bu iki değişken arasında iki taraflı nedenselliği var olduğu belirtilmiştir. Noor S. & Siddiqi (2010) 5 Güney Asya Ülkesine yönelik çalışmasında Panel Eşbütünleşme, Birim Kök VE Granger Nedensellik Testleri, FMOLS testlerini kullanarak kısa dönemde kişi başına enerji tüketiminden kişi başı gayri safi yurtiçi hasılaya doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu, uzun dönemde kişi başı enerji tüketimi ile kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla arasında negatif ilişki tespit etmiştir.

Elektrik tüketiminin gelir ve katma değer seviyesi üzerindeki etkilerine yönelik çalışmasında Ağır ve Kar(2010) yatay kesit analizi uygulamasını kullanmış ve gelir ve katma değer seviyesi üzerinde elektrik tüketiminin etkisinin pozitif olduğu sonucuna ulaşmıştır.



Yunanistan ile ilgili gayrisafi yurt içi hasıla ve enerji tüketimi ilişkisini inceleyen çalışmada Tsani (2010) Toda Yamamoto modelini kullanarak, nedensellik ilişkisinin enerji tüketiminden gayrisafi yurt içi hasılaya doğru tek yönlü olarak gerçekleştiği sonucuna ulaşmıştır. Apergis, Nicholas & Payne, James E. (2010a) 9 Güney Amerika Ülkesine yönelik çalışmada Panel Birim Kök Testi, Panel Eşbütünleşme Testi, Panel Nedensellik Testi, FMOLS kullanarak uzun dönemde enerji tüketimi, gayri safi yurtiçi hasıla, işgücü ve reel gayri safi sabit sermaye oluşumunun eşbütünleşme ilişkisi oluşturduğunu belirtmiştir. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, enerji tüketimi arasında ise, kısa ve uzun vadede nedensellik ilişkisinin olduğu yönündeki bulgulara rastlamıştır. Apergis, Nicholas & Payne, James E. (2010b) 67 ülkeyi kapsayan çalışmada Panel Birim Kök, Eşbütünleşme ve Nedensellik Testi, FMOLS kullanarak reel gayrisafi yurtiçi hasıla ve sabit sermaye oluşumu, doğal gaz tüketimi ve işgücü arasında uzun dönem eşbütünleşme ilişkisi ve kısa ve uzun vadede doğalgaz tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu kanıtlamıştır. Cheng-Lang vd. (2010) sektörel elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin, doğrusal ve doğrusal olmayan nedenselliği üzerinde Tayvan ekonomisi için 1982-2008 zaman aralığı verilerini kapsayacak biçimde ele almış olup, granger nedensellik testi sonucuna göre doğrusal nedensellik bakımından toplam elektrik tüketimi ile sanayi elektrik tüketimi ile RGSYİH arasında çift taraflı nedensellik ilişkisi olduğu belirtilmiştir. Doğrusal olmayan nedensellik açısından ise elektrik tüketimi toplamı ile RGSYİH arasında çift taraflı nedenselliğin bulunduğu, ayrıca RGSYİH'dan konut elektrik tüketimine doğru tek taraflı nedensellik olduğu belirtilmiştir. Jamil ve Ahmad (2010) Pakistan'da toplam ve sektörel nihai elektrik tüketimi ile RGSYİH ilişkisini 1960-2008 zaman aralığı yıllık verilerini kullandığı çalışmada VECM ekonometrik yönteminin kullanıldığı çalışmada toplam seviyede, RGSYİH'dan enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensel ilişki olduğunu belirtmiştir. İmalat sanayi sonuçları, çıktıdan elektrik tüketimine ve elektrik fiyatlarına doğru tek yönlü nedenselliğin mevcudiyetini göstermiştir. Tarım sektörü sonuçları iki yönlü nedenselliğe işaret etmektedir. 1960-2007 zaman aralığında A.B.D. üzerindeki Varyans Ayrıştırma Analizi ile Granger Nedensellik Testinin kullanıldığı Menyah Wolde-Rufael (2010)'ın çalışmada göre ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru %5 anlamlılık düzeyinde tek taraflı bir nedenselliğin olduğunu belirtmiştir. Costantini ve Martini (2010) 26 OECD ve 45 OECD üyesi olmayan ülke olmakla birlikte toplamda 71 ülkeye yönelik 1960-2005 dönemi verileriyle ekonomi ve enerji arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Panel nedensellik sonuçlarına göre kısa dönemde taşımacılık ve sanayi sektöründe ekonomik büyüme enerji tüketimini belirlerken, uzun dönemde ekonomi performans ile enerji tüketimi arasında karşılıklı nedensellik ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşmıştır. Konut

sektöründeki enerji tüketimi ile hem ülkelerin geneli hem de OECD üyesi olmayan ülkelerde, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı ilişki olduğunu belirtmiştir. Apergis vd. (2010) 1984-2007 dönemini kapsayan 19 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler üzerindeki çalışmasında panel birim kök testleri, LLL eş bütünlüme, ECM ve panel nedensellik analizleri modellerini kullanarak, uzun dönemde ilişkinin yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nükleer enerji tüketimi, sera gazı salımları arasında olabileceği sonucuna ulaşmıştır.

1950-2006 yılları Türkiye’de enerji tüketimi ve büyüme arasında ilişkinin incelendiği Yalta (2011) çalışmasında, istihdam değişkeninin de eklenmesiyle eş bütünlüme analizi sonucunda, gayri safi yurtiçi hasıla ile enerji tüketimi üzerinde herhangi bir ilişki tespit edilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Yine Türkiye için aynı değişkenlerin incelendiği 1971-2006 dönemini kapsayan Kaplan, Öztürk ve Kalyoncu(2011) çalışmasında, VEC modeli ve nedensellik testleriyle enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin iki yönlü olduğu sonucuna ulaşmıştır. Jude C. Eggoh, Chrysost Bangake & Christophe Rault (2011) 21 Afrika Ülkesine yönelik çalışmasında Panel Birim Kök Eşbütünlüme ve Nedensellik Testleri ile DOLS yöntemini kullanarak herbir değişken ile enerji tüketimi arasında uzun dönemli nedensellik ilişkisini varlığını tüm ülkeler için tespit etmiştir. Menegaki (2011) tek taraflı tesadüfi etkileri modeli, ECM, panel nedensellik analizlerini kullanarak 1997-2007 zaman aralığında 27 Avrasya Ülkesi üzerindeki çalışmasında, , kısa ve uzun vadede ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında karşılıklı bir nedenselliğin söz konusu olduğu sonucuna ulaşmıştır. Md. Sharif Hossain (2011) Yeni Sanayileşen 9 Ülke üzerindeki çalışmasında Panel Birim Kök, Eşbütünlüme ve Granger Nedensellik Testini kullanarak değişkenler arasında eşbütünlüme ilişkisi bulmuş, fakat herhangi bir nedensellik ilişkisinin söz konusu olmadığı belirtmiştir.

Türkiye’de enerji tüketimi, ekonomik büyüme, cari açık ilişkisini 1975-2009 döneminde Johansen-Juselius eş-bütünlüme testi ve hata düzeltme modeli kullanarak inceleyen Yanar ve Kerimoğlu (2011) araştırmaları sonucunda, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı nedensellik olduğu sonucuna ulaşmıştır. Roselyne Joyeux & Ronald D. Ripple (2011) 56 Ülkeye dönük çalışmasında Panel Birim Kök, Eşbütünlüme, Granger Nedensellik Testlerini kullanarak, her iki ülke grubu için de enerji tüketiminden gayri safi yurtiçi hasılaya doğru bir nedenselliği söz konusu olabileceğini belirtmiştir. Fang (2011) OLS model tahmincisi kullanarak 1978-2008 zaman aralığını kapsayan Çin üzerindeki çalışmasında, olası yenilenebilir enerji tüketimi artışının, reel gayri safi yurtiçi hasıla ve kişi başı reel gayri safi yurtiçi hasıla üzerinde artışa sebep olduğunu belirtmiştir. Shuwen Niu, Yongxia Ding, Yunzhu Niu, Yixin Li & Guanghua Luo

(2011) 8 Asya Pasifik Ülkesi; (Çin, Hindistan, Avustralya, Güney Kore, Japonya, Endonezya, Yeni Zelanda ve Tayland) yönelik çalışmasında Panel Birim Kök, Eşbütünleşme Testleri, Granger Nedensellik Testi, EKK ve GLS testlerini kullanarak, uygulama sonuçları değişkenler arasında uzun dönemde denge ilişkisinin olduğunu göstermiş ve CO<sub>2</sub> emisyonu ile enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmiştir. Shuyun, Y. & Donghua, Y. (2011) Çin'in İllerine yönelik çalışmasında Panel Birim Kök, Eşbütünleşme, Nedensellik Testleri ve FMOLS kullanarak değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkisi, Enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasıla arasında eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisini tespit etmiştir. Tugcu vd. (2012) 1980-2009 zaman aralığındaki G-7 ülkeleri üzerindeki çalışmasında ABD, Kanada, İtalya ve Fransa için yenilenebilir enerji tüketimiyle kişi başı gelir arasında herhangi bir nedensellik olmadığını belirtmiştir. Fakat Japonya ile İngiltere için iki taraflı, Almanyan için ise tek taraflı nedenselliğin söz konusu olduğunu belirtmiştir. Hurlin ve Venet tarafından geliştirilen panel nedensellik modelini kullanarak Bulgaristan, Rusya, Romanya, Moldova, Ukrayna, Yunanistan ve Türkiye gibi ülkelerinde aralarında bulunduğu 79 ülkeyi içeren çalışmasında Akkemik ve Göksal (2012), 57 ülke için enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasıla arasında iki taraflı nedensellik ilişkisi olduğu sonucunda ulaşmıştır. Paresh Kumar Narayan & Stephan Popp (2012) Batı Avrupa Ülkeleri (20 adet), Asya Ülkeleri (17 adet), Latin Amerika Ülkeleri (17 adet), Orta Doğu Ülkeleri (12 adet), Afrika Ülkeleri (25 adet) ve G6 Ülkelerini kapsayan çalışmasında Panel Birim Kök Testleri, Panel Nedensellik Testlerini kullanarak pekçok ülke grubu için enerji tüketimi ile gayrisafi yurtiçi hasıla arasında uzun dönemli nedenselliğin söz konusu olmadığını belirtmiştir. Nedensellik ilişkisi tespit edilen ülkelerde de enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasıla arasında negatif bir nedenselliği olduğu belirtilmiştir. Çin de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini 1995-2008 zaman aralığı arasında inceleyen Zhang ve Xu (2012), panel nedensellik yöntemini kullanmış ve uzun vade de doğu bölgesi için çift taraflı, kısa dönemde ise enerji tüketiminden sanayi üretimine doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. Merkez bölgede, hizmetler sektöründeki enerji tüketiminin yalnızca kısa dönemde üretimi artırdığı uzun dönemde ise etkisinin zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Batı bölgesinde taşıma sektöründe GSYİH'dan enerji tüketimine tek yönlü ilişki olduğu, enerji tüketimine tek yönlü ilişki söz konusudur. Bu durum taşımacılık sektöründe iki yönlü ilişkinin olduğu doğu bölgesine göre farklılık arz eder. Son olarak, batı bölgesi sanayi sektörünün sonuçlarının ülkenin geneline göre oldukça benzer olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çift taraflı nedensellik ilişkisinin burada da enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında gerçekleştiği söylenebilir. 80 ülke üzerindeki bir değer çalışma da Apergis ve Payne (2012) Panel Birim Kök ve Pedroni Eş Bütünleme analiziyle, FMOLS panel modelini

kullanmış ve 1990-2007 dönemi için kısa ve uzun dönemde yenilenebilir-yenilenemeyen enerji tüketimleri, ekonomik büyüme arasında karşılıklı olarak Granger Nedensellik ilişkisinin söz konusu olduğunu belirtmiştir. Türkiye de 1970-2010 dönemini inceleyen başka bir çalışmada ise Uzunoğlu ve Akçay (2012), Johansen-Juselius Eşbütünleşme ve Granger nedensellik yöntemlerini kullanarak, kısa vade de ekonomik büyümeden enerji tüketime doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olabileceğini belirtmiştir. Gross (2012) ABD ekonomisinde 1970-2007 dönemine ait sanayi, ticaret ve taşımacılık sektörleri nihai enerji tüketimi ile sektörel katma değer arasındaki ilişkiyi ARDL sınır testi kullanarak analiz etmiş, ve kısa dönemde iki yönlü nedensellik ilişki tespit etmiştir. Taşımacılık sektöründe iki yönlü Granger nedenselliği tespit edilmiş, ticaret sektöründe enerji verimliliği kontrol edildiğinde büyümeden enerji tüketimine doğru uzun dönem nedensellik kanıtına ulaşılmıştır. Ticaret kontrol edildiğinde sanayi sektörü enerji tüketiminden büyümeye doğru kısa dönem Granger nedensellik kanıtı bulunmuştur. 1965-2014 döneminde Türkiye, Yunanistan, İspanya Portekiz ve İtalya'daki ekonomik büyüme-enerji tüketimi ilişkisini ARDL, sınır testi yöntemleri ile araştırarak inceleyen Fuinhas ve Marques (2012), Türkiye için ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı ilişkinin söz konusu olduğu, diğer dört ülke için ise aynı değişkenler arasında iki taraflı nedensellik ilişkisinden bahsedilebileceğini belirtmişlerdir. Şahbaz ve Yanar (2013), Türkiye'de enerji tüketimi toplamı ve sektörel enerji tüketimiyle RGSYİH arasındaki nedensel ilişkiyi Toda Yamamoto testini kullanarak araştırmıştır. 1970-2010 dönemini ve altı sektöre ait yıllık verilerin kullanıldığı çalışmada RGSYİH'dan toplam enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi, yine sektörel olarak RGSYİH'dan ulaştırma, tarım ve çevrim santrallerine doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiş, fakat RGSYİH ile sanayi ve konut enerji tüketimi arasında nedensel ilişki bulunamamıştır. Bu durumda Türkiye'de enerji tasarruf politikalarının ekonomi üzerinde hiçbir olumsuz etki yaratmadan uygulanabileceği ileri sürülmüştür. Akpolat A.G., Altıntaş N., (2013) Türkiye ile ilgili çalışmada Panel Eşbütünleşme Testleri, Panel Nedensellik Testleri, VECM modelini kullanarak uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi tespiti etmiştir. Ayrıca uzun vade de enerji harcamaları ile reel gayri safi yurtiçi hasıla arasında çift taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Gürcistan, Azerbaycan ve Ermenistan için 1995-2009 dönemini kapsayan çalışmada Kalyoncu vd. (2013) Engle Granger Kointegrasyon analizi yaparak enerji tüketimi ile kişi başı gelir arasında herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanmadığını belirtmiştir. Ermenistan için ise enerji tüketiminin kişi başı gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinden bahsedilebileceğini belirtmiştir. Romano A.A., Scandura G., (2013) İtalya'nın bölgelerini kapsayan çalışmada Panel Eşbütünleşme Testleri, Panel Vektör Hata Testlerini kullanarak -Hem uzun

hem kısa dönemde çiftyönlü nedenselliğin varlığına ulaşılmıştır. Tang ve Shahbaz (2013) Pakistan’da 1972-2010 dönemi yıllık verileri kullanarak toplam ve sektörel seviyede elektrik tüketimi ve reel çıktı arasındaki ilişkiyi TYDL Granger nedensellik testiyle analiz ederek toplam seviyede, elektrik tüketiminden reel çıktıya doğru tek taraflı Granger nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Sektörel bazda ise, imalat sanayinde iki yönlü, hizmetler sektöründe elektrik tüketiminden reel üretime doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Tarım sektöründe ise değişkenler arasında nedensellik ilişkisi olmadığı belirtilmiştir. 1990-2010 zaman aralığında Türkiye üzerindeki çalışmasında Ocal ve Aslan (2013) ARDL eş bütünleme analizi, Panel birim kök testleri ve Toda-Yamamoto nedensellik analizini kullanarak, olası yenilenebilir enerji tüketimi artışının ekonomik büyüme üzerinde negatif yönde etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Öte yandan ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek taraflı nedenselliğin olduğunu belirtmiştir. Uzun vd. (2013) 1980-2010 yılı aralığındaki çalışmasında Vektör Hata Düzeltme Modeliyle ekonomik büyümeden toplam elektrik tüketimine doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Pao ve Fu (2013) 1980-2010 zaman aralığında Brezilya ile ilgili çalışmasında, zaman serisi birim kök testleri ve eş bütünleşme analizi, ECM ve nedensellik analizlerini kullanmış ve bunu sonucunda Hidroelektrik olmayan yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca toplam enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Ek olarak ekonomik büyümeden hidrolik olmayan yenilenebilir enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir. 1960-2008 zaman aralığından Türkiye ile ilgili çalışmasında Saatci ve Dumrul (2013), Kejriwal eş-bütünleşme yöntemini kullanarak, yapılsa kırılmalarla birlikte enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında pozitif ve iki taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Altıntaş (2013) ise 1970-2008 döneminde Türkiye ile ilgili çalışmasında sınır testi, vektör hata düzeltme modeli, Toda-Yamamoto VAR analizi kullanmış ve elde ettiği sonuçlara göre enerji tüketiminden kişi başına düşen GSYH’ya doğru tek taraflı nedensellik olduğunu belirtmiştir. Sebri ve Ben-Salha (2014) BRICS ülkeleri üzerindeki 1971-2010 dönemini ele aldığı çalışmasında ARDL Sınır Testi, VECM Granger Nedensellik metodolojisini kullanmış ve ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında iki taraflı nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Altıntaş ve Koçbulut (2014) ise granger nedensellik metodolojisi kullandığı 1960-2011 dönemini kapsayan çalışmasında, elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı Granger Nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Smiech ve Papiez (2014) 25 ülke için enerji tüketimi ve kişi başı gelir arasındaki ilişkiyi incelemiş, 17 ülkede değişkenler arasında nedensellik ilişkisine rastlanmaz iken, Romanya'nın dahil dört ülkede kişi başı gelirden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Polonya ve Yunanistan'da ise enerji tüketiminden kişi başı gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu belirtilmiştir. Letonya ve Bulgaristan'da ise değişkenler arasında çift taraflı nedensellik ilişkisi olduğu belirtilmiştir. Josheski vd. (2014) dört ülkeye ilişkin çalışmada Engle Granger kointegrasyon analizini kullanmış ve Arnavutluk, Bosna Hersek ve Sırbistan için enerji tüketimi ile gayri safi yurtiçi hasıla arasında nedensellik ilişkisine rastlamamıştır. Makedonya için ise aynı değişkenler arasında iki taraflı nedenselliğin olduğu belirtilmiştir. 1975-2008 döneminde Malezya için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen Shaari, Hussain ve Rashid (2014), Johansen-Juselius eş-bütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modelini kullanarak, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru pozitif ve tek taraflı bir ilişki olduğunu belirtmiştir. 1952-2011 zaman aralığında Hırvatistan ekonomisine yönelik çalışmada Vlahinic ve Jakovac (2014), enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini Johansen-Juselius eş-butunleşme ve sınır testi, ARDL, vektör hata düzeltme modeli ile incelemiştir. Bunun sonucunda kısa vade de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki taraflı, uzun vade de ise enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Büyükyılmaz ve Mert (2015) ise MS-VAR modeli kullanarak Türkiye üzerinde 1960-2010 zaman aralığı kapsamında gerçekleştirdiği çalışmada, ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında iki taraflı nedensellik olduğunu belirtmiştir. 1970-2009 doneminde İtalya için Magazzino (2015) Johansen-Juselius ve Engle-Granger eş-butunleşme testlerini kullanarak, enerji tüketimi ve kişi başına düşen GSYH arasında iki taraflı nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Husaini ve Lean (2015) Malezya'da elektrik tüketimi, çıktı ve imalat sanayi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. 1978-2011 dönemi yıllık verilerinin kullanıldığı çalışmada Granger nedensellik sonuçlarına göre uzun vade de imalat sanayi üretiminden elektrik tüketimine doğru tek taraflı nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Kısa vade de ise elektrik tüketiminden çıktıya doğru tek taraflı nedensellik ilişkisinin olduğu belirtilmiştir. Bloch vd. (2015) Çin üzerinde 1977-2013 zaman dilimini ve 1965-2011 dönemini kapsayan çalışmada ARDL eşbütünleşme, VECM granger nedensellik ve yapısal kırılma testlerini kullanarak uzun vade de enerji tüketimi ve ekonomi büyüme arasında iki taraflı bir nedensellik ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Ibrahiem (2015) 1980-2011 döneminde Mısır üzerindeki çalışmada, ARDL Sınır Testi, Granger Nedensellik modellerini kullanmış, uzun vadede yenilenebilir elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ek olarak bu iki değişken

arasında iki taraflı nedensellik olduğunu belirtmiştir. 1971-2010 döneminde Suudi Arabistan ekonomisi ile ilgili çalışmasında Alshehry ve Belloumi (2015) Johansen-Juselius eş-bütünleşme ve vektör hata düzeltme modelini kullanarak, kısa ve uzun vade de enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı pozitif bir nedensellik ilişkisinin söz konusu olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bernard ve O (2016), 1990-2013 dönemi yıllık verilerini kullanarak Nijerya’da sektörel yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik testi kullanarak analiz etmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre konut sektörünün diğer sektörlerle kıyasla ekonomik büyümeye daha fazla katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bakırtaş ve Çetin (2016) 1992-2010 döneminde G-20 ülkeleri üzerindeki çalışmasında panel eşbütünleşme ve model tahminlerini kullanarak, uzun vade de yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ek olarak yenilenebilir enerji tüketimindeki artışın nedeni olarak ekonomik büyümenin gösterilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bhattacharya vd. (2016) 1991-2012 zaman aralığında yenilenebilir enerji ülke çekiciliği endeksineki (RECAI) 38 ülke üzerindeki çalışmasında, panel eşbütünleşme, veri FMOLS, ve nedensellik modellerini kullanarak seçilen ülkelerin %57 için uzun vade de; yenilenebilir enerji tüketimindeki artışla, ekonomik çıktı üzerine anlamlı ve pozitif bir etki oluşabileceği sonucuna ulaşmıştır. Inglesi-Lotz (2016) 1990-2010 zaman aralığında OECD üyesi 34 ülkeyi kapsayan çalışmasında, eşbütünleşme, panel havuzlanmış tahmin, Hausman testi kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerine anlamlı ve pozitif bir etkisi bulunduğunu belirtmiştir. Yılmaz vd. (2016) Türkiye’de 1970-2013 dönemi verileri kullanarak sektörel enerji tüketiminin ayrıştırma yöntemiyle analizini yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre sektörel enerji tüketiminin çıktı ve yapısal etki sebebiyle arttığı, yoğunluk etkisi sebebiyle azaldığı görülmüştür.

### 3.2.Ekonometrik Analiz

Bu çalışmada 1950-2013 dönemine ilişkin yıllık veriler kullanılarak Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminin gayrisafi yurt içi hasılaya olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmamızda ele alınan seriler aşağıdaki tablodaki görülmektedir.

**Tablo 91:** Ekonomik Analizde Kullanılan Seriler

TEC	Toplam Enerji Tüketimi (Total Energy Consumption)
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit Emisyonu
YEU	Yenilenebilir Enerji Üretimi

Zaman serileri analizlerinde, araştırmanın yapıldığı döneme göre seriler yapısal kırılmaya uğrayabilmektedir. Fakat serilerin durağanlığı yapısal kırılmanın göz ardı edildiği birim kök testleriyle incelenmesiyle birlikte durağanlık hakkında yetersiz veya yanlış sonuçlara ulaşmak olası ihtimaller arasındadır. Ayrıca seride oluşan yapısal kırılmaların, serinin ortalaması trendi veya her ikisi üzerinde etkiye sahip olduğu söylenebilir. ADF testinin yapısal kırılmaları gözardı etmesi sebebiyle bu çalışma için ADF testi ile birlikte Zivot Andrews (1992) testi de uygulanmıştır.

### 3.2.1. Genelleştirilmiş (Augmented) Dickey - Fuller (ADF) Testi

Dickey Fuller (1979) testi için tüm zaman serilerinin, 1. dereceden otoregresif süreçlerle tanımlandığı söylenebilir. Fakat yüksek dereceli otoregresif süreçler test edilmek istendiğinde de, Dickey Fuller testleri kullanılabilir (Enders, 1995).  $Y_t$  gibi bir zaman serisi  $AR(p)$  süreci izlediğinde,  $AR(1)$  süreci şeklinde incelendiğinde,  $Y_t$ 'nin dinamik yapısının yanlış ifade edilmesiyle, hata terimi otokorelasyonlu olabilir. Böylelikle otokorelasyonlu hata terimi, hata teriminin saf rastsal olduğu temel öngörüsüne dayanan DF dağılımının kullanımını etkisiz hale getirebilir (Harris, 1995). Bu soruna çözüm bulmak amacıyla Dickey ve Fuller (1981) bağımlı değişkenin hata terimlerinin, eşitliğin sağ tarafında olduğu teste ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir. Dickey ve Fuller testi için üç model kalıbının bağımlı değişkenlerin modele ilavesiyle birlikte, genelleştirilmiş Dickey Fuller (ADF) regresyonları şu şekildedir.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{j=2}^k \delta_j \Delta Y_{t-j+1} + e_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=2}^k \delta_j \Delta Y_{t-j+1} + e_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=2}^k \delta_j \Delta Y_{t-j+1} + e_t$$

İncelenen regresyonlarda  $\delta=0$  değerini alıp almadığı incelenir. ADF regresyonlarında birim kök olup olmadığı Dickey Fuller testi için hesaplanan kritik değer ile incelenir. Dickey Fuller testine benzer biçimde uygun test istatistiği, regresyon denkleminin içerdiği deterministik bileşenlere göre belirlenir (Enders, 1995). ADF testi ile ilgili başlıca sorunlardan biri olarak gecikme uzunluğunun



seçiminde karşılaşılan problemler gösterilebilir. Dahil edilen gecikme sayısı, ADF testinin gücü ve boyutu üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Burada önemli olan otokorelasyonu yok edecek hata teriminin modele ilavesinin sağlanmasıdır. Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwart Kriteri (SC), Hannan Quin (HQ) ve bu üç kriterin formlarıyla, otoregresif süreçlerde optimum gecikme sayısı bulunabilir. Literatürdeki çalışmalarda bilgi kriterlerinin minimum değerinde seçilmesinin gerektiği AIC ve SC'nin yaygın olarak kullanıldığı söylenebilir. Seçilen gecikme istenilenden çok büyük olduğu takdirde, tahminler eğimli olabilmektedir. Uygun gecikmenin belirlenmesi kritik önemde sahiptir.

**Tablo 92:** Augmented Dickey-Fuller Test İstatistiği Sonuçları

Değişkenler	Sabitli			Sabitli ve Trendli		
	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	PROB	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	PROB
TEC	-1.280574	-2917650	0.6321	-1.280574	-3.496960	0.2070
GSYIH	-0.022242	-2917650	0.9520	-0.022242	-3.496960	0.0606
CO <sub>2</sub>	-0.251648	-2917650	0.9247	-0.251648	-3.496960	0.0583
YEU	-0.585688	-2917650	0.8648	-0.585688	-3.496960	0.6890

### 3.2.2.Zivot Andrews (1992) Birim Kök Testi

Perron'a göre makroekonomik zaman serilerinin, tek birim kök ile ayırıcı özelliğini ortaya koymanın mümkün olmadığı, temelde serilerdeki dalgalanmaların

sürekli olmayıp, geçici olduğu belirtilmiştir. Makroekonomik göstergelerdeki şokların etkisinin sürekli olabileceğini öngören Perron (1989) çalışmasında kırılmaların ihmal edildiği birim kök sonucuna göre, fark durağan sonucunun elde edildiği serilerden bazılarının yapısal kırılmayla birlikte, trend durağan olabileceğini belirtmiştir. Perron'un varsayımlarından yola çıkarak Zivot Andrews, Perron testinin kırılmayı dışsal kabul etmesinden farklı olarak içsel olarak hesaplayan çeşidi olduğunu söylemek mümkündür (Perron, 1989; Zivot Andrews, 1992). Zivot Andrews testinde kırılmanın içsel olarak ele alınması, serilerin durağanlıklarının araştırılması belirtilen 3 model ile mümkündür (Zivot ve Andrews, 1992: 253):

$$\text{Model A: } \Delta y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \theta_1 DU_t(\lambda) + \sum_{j=1}^k c_j \Delta y_{t-j} + e_t$$

$$\text{Model B: } \Delta y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \gamma_1 DT_t(\lambda) + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + e_t$$

$$\text{Model C: } \Delta y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \beta t + \theta_1 DU_t(\lambda) + \gamma_1 DT_t(\lambda) + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + e_t$$

**Tablo 93:** Zivot Andrews Test Sonuçları

Değişkenler	Model A						
	Minimum t İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Kritik Değer (%10)	Kırılma Dönemi	Minimum t İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Kritik Değer (%10)
TEC	-4.391025	-5.08	-4.82		-4.185653	-4.93	-4.58
GSYIH	-5.234066	-5.08	-4.82	1971(22.Periyod)	-4.378545	-4.93	-4.58
CO <sub>2</sub>	-4.678661	-5.08	-4.82		-4.233390	-4.93	-4.58
YEU	-2.958130	-5.08	-4.82		-4.016944	-4.93	-4.58

Bu bölümde etki-tepki analizi yapılmıştır. Bu analizlere göre reel hasıla'ya bir birimlik pozitif yönlü bir şok verildiğinde reel hasılda artışa neden olduğunu görmekteyiz. Böylelikle reel hasıla da pozitif bir şok ortaya çıktığı zaman toplam enerji tüketiminde birinci dönemde bir artışın meydana geldiğini görmekteyiz.

Başlangıçtaki artış neticesinde toplam enerji tüketimi yükselmektedir. Dördüncü döneme gelindiğinde ise reel hasıladaki şokun ortadan kalktığını söyleyebiliriz. Bununla birlikte enerji tüketiminde 2.5 ile 4. dönem arasında azalma eğiliminin gözlemlendiği ve başlangıçta sert bir artış, ardından azama eğilimi gösterdiği söylenebilir.

VAR Analizi için uygun gecikmenin tespit edileceği LR testi aşağıda belirtilmiştir.

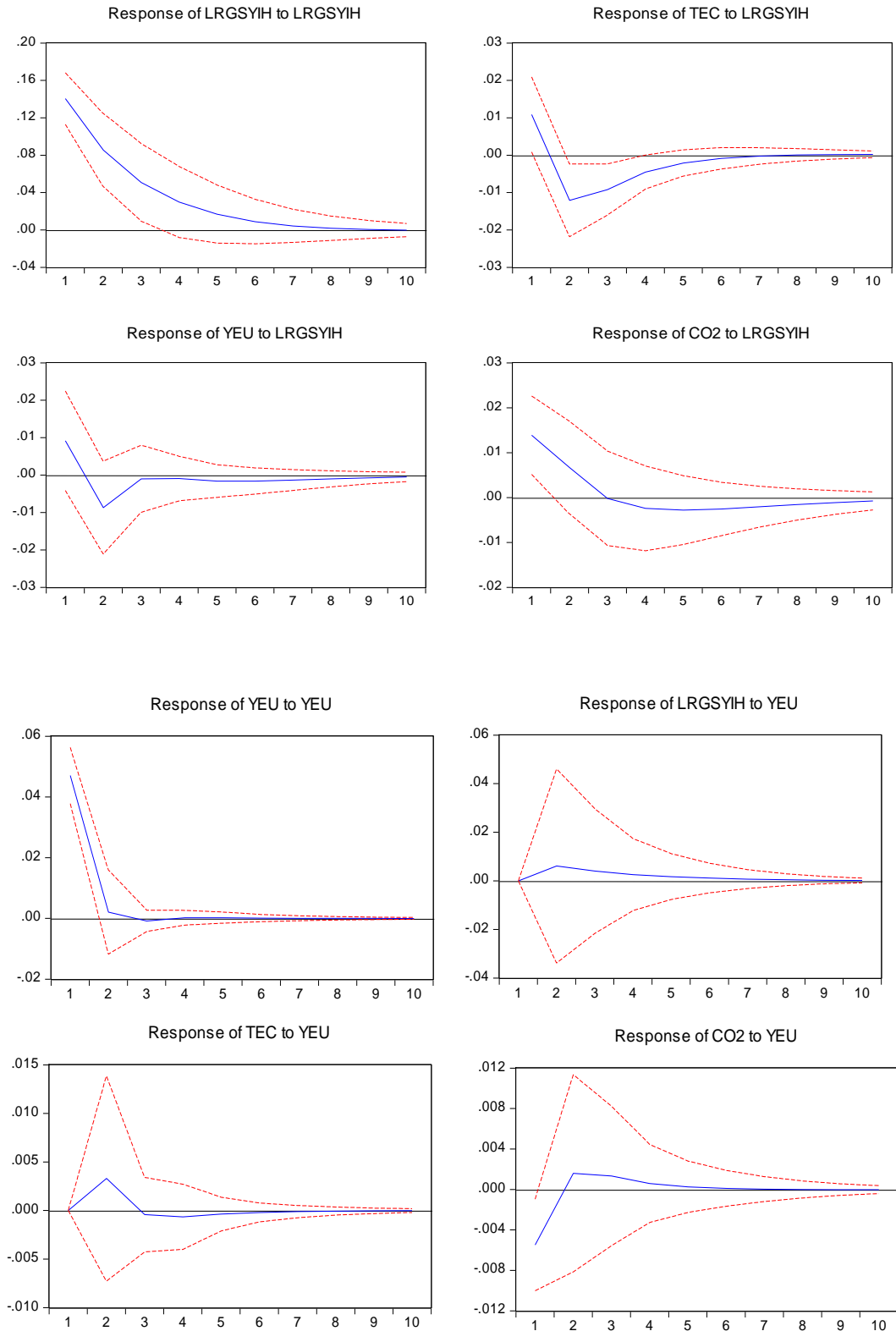
**Tablo 94:** LR Test Sonuçları

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	278.2979	NA	1.61e-10	-11.19583	-11.04140	-11.13724
1	340.8426	112.3252*	2.42e-11*	-13.09562*	-12.32345*	-12.80266*
2	351.7032	17.73160	3.03e-11	-12.88585	-11.49594	-12.35852
3	359.9274	12.08451	4.31e-11	-12.56847	-10.56082	-11.80677
4	370.0711	13.24892	5.86e-11	-12.32943	-9.704050	-11.33337

### 3.2.3.Etki Tepki Analizi

VAR analizinde kullanılacak en uygun gecikme uzunluğu ile serilerin sıralanmasından ardından serilerin ilişkileri araştırılabilir. Bunun gerçekleştirilmesi için etki tepki analizi yapılmıştır. Etki tepki fonksiyonunda, içsel değişkenlerin tümüne, verilecek olası şoklarla serinin kendisinin ve diğer içsel değişkenlerde oluşacak tepkilerin ölçülmesinde yararlanıldığı söylenebilir. Bu yöntemler birlikte herhangi bir değişkende tahmin edilmeyen bir şokun, diğer değişkenlerde etkisi ölçülebilmektedir. Burada önemli olan husus, serilere verilen bir şokun bir periyot sonunda kaybolmasıyla birlikte modelin istikrarlı dengeye kavuşma zorunluluğudur. Modelin istikrarlı dengeye kavuşması durumunda, serilerdeki değişimlerin durması beklenir. İstikrarlı dengenin oluşmaması halinde ise, ilk olarak yaşanan şoka karşılık diğer değişkenlerin verdiği tepkilerin, geri besleme ile daha da artması ve sonraki periyotta, şokun şiddetinin daha büyük olması beklenir(Pindyck, Rubinfeld, 1991:s.385-386). Etki tepki analizinin doğruluğunun testi ancak bu şekilde yapılabilmektedir.

### Grafik 54: Etki Tepki Analiz Sonuçları



Toplam enerji tüketimindeki artışla beraber başlangıçta yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir enerji üretimine verilerine baktığımız zaman yenilenebilir enerji üretiminde istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı etkinin olmadığını fakat başlangıçta pozitif bir etkinin olduğu gözlemlenmektedir. Böylelikle etkinin ve yenilenebilir enerji tüketiminin pozitif yönde artış eğilimi gösterdiği söylenebilir.

Türkiye örneği düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji üretimi içerisindeki payının az olduğu göz önünde bulundurulduğunda, reel hasıladaki pozitif şokun yenilenebilir enerji üretimine tepki vermediği söylenebilir. Böylelikle reel hasıladaki artış hemen 1. ve 2. yılda CO<sub>2</sub> oranını arttırdığı gözlemlenmiştir. Fakat reel hasıladaki artış yenilenebilir enerji üretimini arttırmamaktadır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, yenilenebilir enerji üretimine şok verildiğinde reel hasılda artışın söz konusu olmadığı, toplam enerji tüketiminde artışın söz konusu olduğu ve CO<sub>2</sub> oranının başlangıçta azaldığı gözlemlenmiştir. Sonucun bu şekilde gerçekleşmesi bu çalışmayı amacını doğrular niteliktedir. Yenilenebilir enerji üretiminden reel hasılaya yönelik bir nedenselliğin yok iken, yenilenebilir enerji üretiminde olası artış CO<sub>2</sub> oranını düşürmektedir.

### 3.2.4.CUSUM Testi

Cusum testinin Chow Predictive testine benzer biçimde, katsayıların kararlılığını test eden bir test olduğu söylenebilir. Olası yapısal değişikliklerin gerçekleşmesi halinde, yapısal değişikliğin başladığı ana kadar, kararlı regresyon modeli katsayılarının yapısal değişiklik sonrası etkilendiği öngörülmüştür. Kararlılığın bozulmasında bu etki katsayılarının rolü olduğu söylenebilir. Bundan dolayı uygulanan testin sonucunda katsayıların kararlılığı onaylandığında yapısal değişikliğin gerçekleşmediği, kararlı oldukları onaylanmadığında yapısal değişikliğin olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ardışık hataların bu test için olağan olduğu söylenebilir. İstikrarsızlık sorununun bir bölümünün uzun dönem ilişkisinden ayrılmayı karakterize eden kısa dönem dinamiklerinin eksik modellenmesinden meydana geldiği öngörülmüştür(Laidler, 1993).

Bundan dolayı uzun dönem parametrelerinin istikrarının test edilmesinde, kısa dönem dinamiklerinin de dikkate alınma zorunluluğundan bahsedilebilir. Kısa dönem dinamiklerine ilişkin, hata düzeltme teriminin oluşturulmasında kullanılan uzun dönem katsayılarının istikrarının belirlenmesinde Brown vd. (1975) tarafından önerilen CUSUM ve CUSUMQ testlerinden faydalanılmaktadır. CUSUM testi, n gözlem kümesiyle bağlantılı olarak, kümülatif hata terimlerine dayanmaktadır. % 5

anlamlılığı gösteren iki kritik doğru arasında çizilmektedir. Hata terimlerine ilişkin olarak gösterilen CUSUM testi istatistiklerinden meydana gelen eğri, % 5 anlamlılığı gösteren kritik sınır arasındaysa, tahmin edilen katsayıların uzun dönemde istikrarlı olduğundan bahsedilebilir.

Temel hipotez,

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = \beta$$

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

şeklinde. Alternatif hipotez bunun aksine temel hipotezin doğru olmadığını belirtir.  $Y_t$  vektörünün;  $X_t$ ,  $X$  vektörünün  $t$ . elemanını ifade ediyorsa,

$$\hat{\beta}_t = (X_t' X_t)^{-1} (X_t' Y_t)$$

Böylece  $\hat{Y}_t$

$$\hat{Y}_t = X_t' \hat{\beta}_{t-1}$$

Burada  $\hat{\beta}_{t-1}$ , ilk  $(t-1)$  gözlemden öngörülen en küçük kareler tahmincileridir. Üzerinde durulması gerek konu gözlemlerin 1'den  $n$ 'e kadar olduğudur. Ancak tam  $t$  zamanında bir kırılma meydana geldiğinden  $(t-1)$  gözlem için parametrelerin bulunması,  $\hat{Y}_t$ 'nin elde edilmesi ve ardından gösterilen hataların elde edilmesidir.

Böylece hatalar,

$$\hat{e}_t = Y_t - X_t' \hat{\beta}_{t-1}$$

şeklinde. Bu durumda ardışık hatalar  $w_t$ ,

$$w_t = \frac{Y_t - X_t' \hat{\beta}_{t-1}}{\sqrt{1 + x_t' (X_{t-1}' X_{t-1})^{-1} x_t}}$$

$$= \frac{e_t}{\sqrt{1 + x_t' (X_{t-1}' X_{t-1})^{-1} x_t}}$$

olacaktır. Buradaki  $x_t$ ,  $(t-1)$ 'den önceki bağımsız değişkenin(değişkenlerin)  $t$  evresinde aldığı değeri(değerleri) belirtir. Böylelikle CUSUM testi için,

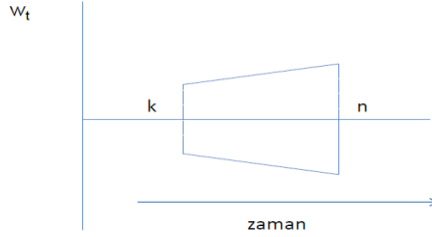
$$W_t = \sum_{s=k+1}^t \frac{w_s}{\hat{\sigma}} \quad t = k+1, k+2, \dots, n$$

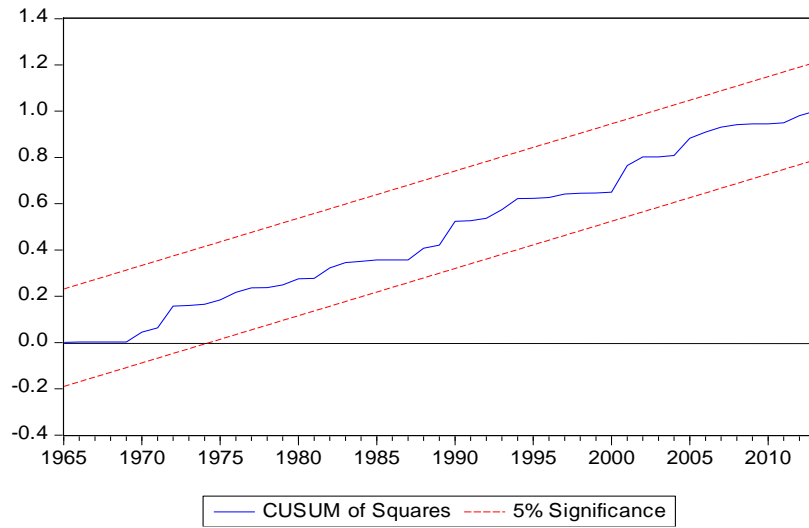
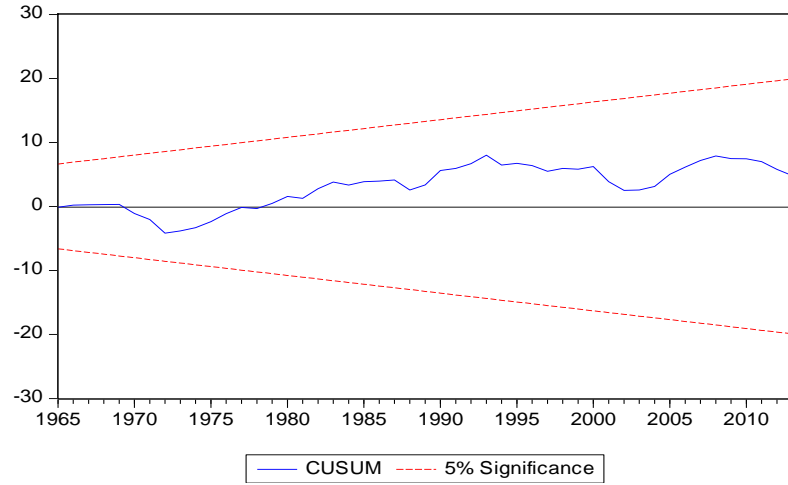
olarak hesaplanarak zamana göre grafiği çizilir. Burada,

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-k+1} \sum_{s=k+1}^n (w_s - \bar{w})^2$$

$$\text{ve } \bar{w} = \frac{\sum_{s=1}^n w_s}{n-k} \text{ olacaktır.}$$

Alt ve üst güven sınırları belirlenerek. Yatay ekseninde  $t$ , diğey ekseninde  $w_t$  gösterilirse  $k$  noktasında aralık  $\mp \alpha\sqrt{n-k}$  ve  $n$  noktasında  $\mp 3\alpha\sqrt{n-k}$  şeklinde olur. CUSUM testinde  $H_0$  hipotezinin geçerliliği altında,  $w_t$ 'nin dağılımı  $0$  ortalama ve  $\sigma^2$  varyanslı normal dağılım olduğu ve  $w_t$  ile  $w_s$ 'nin ( $t \neq s$ ) bağımsız olduğu kabul edilir. CUSUM testi yapısal değişimin gsterimi şoyledir:



**Grafik 55:** CUSUM Test Sonuçları

CUSUM test sonuçları incelendiğin bu çalışma için herhangi bir yapısal kırılma gözlemlenememiştir. Bu çalışmada yapılan zivot-andrews testlerinde yurtiçi hasıladaki yapısal kırılmalar düzeltilmiştir.



## ÇÖZÜM ÖNERİLERİ VE SONUÇ

Yapılan ekonometrik analiz sonuçlarına göre enerji kullanımındaki artışın yenilenebilir enerji talebinde artışa neden olduğu, bu artışla beraber yenilenebilir enerji üretimindeki artışın, gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisinin mevcut olduğuna ilişkin kanıtlara rastlanılmamıştır. Bu durumun başlıca nedenleri arasında:

- ✓ Yenilenebilir enerjinin yeterli ölçüde etkin bir şekilde kullanılmaması
- ✓ Yenilenebilir enerji sistemlerinin yurtiçi kaynaklı olmayıp, ithalata bağlı olması
- ✓ Yenilenebilir enerjiyle ilgili izlenmesi gereken politikaların yanlış veya yetersiz oluşu
- ✓ Enerji verimliliğinin yeterince uygulanamaması
- ✓ Kamuda kurumlar arası koordinasyon problemi ve özel sektör için yeterli destek ve teşvik mekanizmalarının uygulanamaması
- ✓ Sektörde oluşan bilgi kirliliği ile birlikte konu ile ilgili uzman kişilerin eksikliği ve uzman kişilerin yetiştirilmesi ile ilgili gerekli tedbirlerin alınmaması

şeklinde gösterilebilir.

Yenilenebilir enerji üretiminin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerindeki etkisinin yeterince anlamlı ve pozitif olması adına çözüm önerileri düşünülmüştür. Yenilenebilir enerji politikalarının yerine getirilmesi durumunda yenilenebilir enerji üretiminin gayrisafi yurtiçi hasıla üzerinde ciddi bir etki oluşturacağı, elde edilen sonuçlar neticesinde bu pozitif etkiyi sağlamak adına yerine getirilmesi çözüm önerileri ve politikalar olduğu belirtilmiştir.

- ✓ Dünya genelinde elektrik üretimini destekleyen tarifeler yoluyla mali teşviklerin bulunduğu bilinmektedir. Ayrıca şirketlerin elektrik üretim portföyünde yenilenebilir enerji kaynaklarına zorunlu pay vermesini sağlayan düzenlemeler yer almaktadır (Üstün, 2016). Avrupa ve diğer kuruluşlarla ilişkili yenilenebilir enerji yasaları geliştirilerek, bu bağlamda düzenlenmeli, ulusal ve küresel hedeflere paralel enerji yatırımlar sağlanmalıdır. Bu hedeflerin istihdamı arttıracak yönde yapılması, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması için elverişli bir pazar ağının oluşturulup gerekli yatırımcı teşviklerinin artırılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesinin sağlanması, kamu yapılarının enerji açığının kapatılması, yenilenebilir enerjiyle yapılması sağlanmalı ve enerji verimliliği uygulamalarına önem verilmelidir. Her şeyden önce hazırlanacak ve uygulanacak politikalarda birlik sağlanmalı, sorunların tek elden çözüldüğü, planlamaların merkezi yapıldığı resmi bir yapı oluşturulmalıdır. Elektrik üretiminde ihtiyaç duyulan yıllık kapasite

büyükliğünün, eldeki kaynakların ve gelecek yıllarda işletmeye girmesi gereken enerji üretim tesislerinin çalışmaya başlayacağı tarihlerin belirlendiği planlar hazırlanarak yatırımların gerçekleştirilmesi gereklidir. Çünkü elektrik üretildiği zaman tüketilmesi gereken bir üründür. Fazla üretim yapılması milli kaynakların boşa kullanılmasına neden olduğu gibi az üretimi de enerji sıkıntılarına neden olacaktır. Yenilenebilir enerji uygulamaları ülkelerde değişiklikler göstermektedir. Bir ülkede başarılı olan bir uygulama başka bir ülkede başarı gösteremeyebilir. Bu nedenle Türkiye kendine özgü yenilenebilir enerji politikasını oluşturmalıdır(Kılıç, 2012:s.135).Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanında dünya pazarında yerini alması adına, devlet desteğinin arttırılarak, yenilenebilir enerji alanlarında güçlü olduğu bölümlere bu desteği kanalize etmesi ve Ar&Ge çalışmalarını bu doğrultuda yoğunlaştırması sonucunda önemli adımlar kat edileceği tahmin edilmektedir.

- ✓ Türkiye'de tarifelerle yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik \$ bazlı ve uzun vadede alım garantisi sağlanarak, yenilenebilir enerji üretimi yatırım ekipmanları Türkiye menşeli ise, özel tarife arttırılarak uygulanmaktadır. Böylelikle yerel piyasada TL bazlı elektrik fiyatlarının düştüğü, USD/TL kurunun arttığı, tarife bazlı teşviğin çok daha cazip hale geldiği, uzun süredir planlama aşamasında bekleyen bazı yatırımlar gerçekleştiği öngörülmüştür(Üstün, 2016).
- ✓ Gelişmiş ülkelerde teşviklerin çok yönlü ve farklı kitleleri hitap eden uygulamalar olduğu, Avrupa'da uzun vadeli ve düşük maliyetli krediler vb teşvikler olduğu bilinmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının yüksek oranda yaşandığı Çin'de ise taşıtlara uygulanan vergiler, katma değer, kurumlar vb vergilerde indirim sağlanması yoluyla mali teşvikler sağlanmaktadır. Yatırımların finansmanının doğrudan veya dolaylı olarak kamu kaynaklarından sağlanabildiği, enerji verimliliğini destekleyen yatırım ve projelerin devlet katkısıyla desteklendiği söylenebilir. Elektrik Piyasası Kanunu'na göre ödenmesi gereken bazı harç ve ücretlerin yenilenebilir enerji için indirimli olarak uygulandığı, bazı küçük ölçekli enerji yatırımlarına destek verildiği, Türkiye'de bunun dışında vergi teşvik rejimi içerisinde yenilenebilir enerjiye imtiyaz tanınmadığı, yatırım malının tedarik edilmesi esnasında KDV, gümrük vergisi vb genel teşvik uygulamalarından yararlanılabildiği öngörülmüştür(Üstün, 2016). Vergi teşviklerinde sektöre özgü yeterli düzenlemelerin olmadığı, kurumlar vergisi indirimi gibi özel bir teşvik verilse bile bu teşvikler ileride elde edilecek kârın vergilemesine ilişkin olduğu için yine de yatırım kararlarını belirleyecek derecede etkili olmadığı belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji yatırımı harcamaları üzerinden bir vergi kredisine (taxcredit) hak kazanılması ve bunun sadece kurumlar vergisi değil tüm vergilere ve kamu borçlarına

mahsuben kullanma imkanı verilmesi yatırım modellerini daha olumlu etkileyebilir.

- ✓ Türkiye'nin enerji üretim portföyüne göre yenilenebilir enerjinin yatırım oranının önemli ölçüde artırılması, büyük ölçekli yatırımların finanse edilebilmesi için kolaylaştırıcı düzenlemeler üzerinde çalışılmalıdır. Uygulanan \$ bazlı tarifenin sürekliliği, ne gibi şartlarda artış veya azalma yaşayacağıyla ilgili kamu idaresiyle yatırımcılar arasında ihtiyaç duyulan yaptırımlarla birlikte yatırımcılar üzerindeki belirsizliğin önleneceği öngörülmektedir.
- ✓ Yenilenebilir enerji yatırımlarının yerleşim yerlerinden uzak ve dağınık tesis edilmesi sonucu, ana dağıtım hattına bağlanmasıyla ilgili teknik ve mali konular önemli sorun teşkil etmekte, elektrik üretim, dağıtım ve iletim şirketleri arasında gereken koordinasyonun sağlanması, teknik bağlantı altyapısıyla ilgili iyileştirici maliyetlerin kamu ve özel sektör arasında uygun paylaşımıyla sağlanan bir düzenlemeyle, bu sorunun ortadan kaldırılabileceği öngörülmüştür. Türkiye'nin enerji üretim portföyünde yenilenebilir enerji yatırımların payını daha verimli olarak artırmak için kamu idaresi eliyle büyük ölçekli yatırımlar hayata geçirilerek, sonra tamamen veya kısmen özelleştirme yoluyla özel sektöre devredilmesi alternatif bir model olarak değerlendirilebilir. Küçük ölçekli daha verimsiz özel sektör yatırımlarının teşviğine aktararak kaynak daha verimli olarak kullanılabilir. Enerji verimliliğini arz ve tüketim alanlarında geliştirmeye yönelik önlemler alınmalıdır. Gerekli makro düzenlemeler yapılmalı, teknoloji değerlendirme teknikleri faaliyete sokulmalı ve kamunun satın alma politikaları dikkate alınmalıdır. Enerji verimliliğine yönelik ekipman standartları ile bina-yapı standartları denetim altına alınmalıdır. Yüksek miktarda enerji tüketen sanayi tesislerinde tüketimin periyodik olarak beyanı, izlenmesi ve birim üretim başına kullanılan enerji miktarı azaltılabilir(TMMOB, 2003).
- ✓ Günümüz politikalarının merkezinde yer alan petrol ve doğal gazın yerini bir an önce yenilenebilir enerji kaynakları almalıdır(Kılıç, 2012:s.135). Enerjinin üretiminden son kullanımına kadar verimliliğin yükseltilmesi, enerji yoğunluğunun azaltılması oldukça önemlidir.; Enerji kaynakları açısından ithalat bağımlılığını, enerji üretim maliyetlerini, dolayısı ile sanayi üretim maliyetlerini, enerji kaynakları çevre sorunlarını azaltmak adına fayda sağlayabilir (TMMOB, 2003).
- ✓ Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili faaliyet gösteren kuruluşlar, yatırımcılar, üniversiteler, bilimsel araştırma merkezleri, uzmanlar arasında işbirliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, yenilenebilir teknoloji alanındaki yeniliklerin yakından takip edilip

geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmaları teşvik edilmeli; bu amaçla, kamu ve özel kuruluşlar ile üniversitelerce yürütülmekte olan çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojileri alanında çalışacak mühendis ve teknik elemanların yetiştirilmesi için, üniversitelerde genel yenilenebilir enerji mühendislik bölümleri, özel olarak güneş, rüzgâr, jeotermal mühendislikleri gibi bölümler, meslek liselerinde yenilenebilir enerji bölümlerinin açılması gerekmektedir. Özellikle yeni gelişen bir sektör olan güneş ve rüzgâr enerji santrallerinde kullanılacak teknolojik malzemelerin mutlaka yerli sermaye ile üretiminin gerçekleştirilmesi gerekir. Böylece dışa bağımlılık azalabilir. Güneş enerjisi teknolojileri kullanımı arttırılarak, ürün fiyatlarının düşmesi sağlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin ulusal şebekeye bağlanma ve sistem dengesi konusundaki sorunların çözülmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji sistemlerinin üretilmesinde kullanılan malzemelerin fiyatlarının düşük tutulması, bu ürünlerden alınan vergi oranlarının düşürülmesi gerekmektedir(Kılıç, 2012:s.136).

- ✓ EİE İdaresi araştırmalarına göre; Türkiye enerji tüketim sektöründe yıllık ortalama %30 tasarruf (parasal karşılığı 3 milyar \$) potansiyeli olduğu öngörülmüştür. Bu bağlamda tesislerde enerji verimliliğini yükseltecek rehabilitasyon yatırımları yapılabilir, verimliliği yüksek yeni teknolojilere geçilmesi teşvik edilebilir, enerji verimliliği ve tasarrufu konusundaki çabalar arz ve tüketim tarafındaki tüm alanları kapsayacak şekilde düşünülebilir(TMMOB, 2003)
- ✓ Kyoto Protokolü gereği karbon emisyonlarının düşürülmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji üreticilerine bu konuda teşvikler verilebilir. Ayrıca yatırımcıların karbon emisyonu satışı yapabilmeleri için karbon piyasası oluşturulması ve ek gelir sağlamaları açısından faydalı olacaktır(Kılıç, 2012:s.136).
- ✓ KHES'lerle ilgili teşviğin sağlanarak yerli teknolojinin desteklenmesi, KHES projelerin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacaktır. Yerli elektromekanik teknolojinin, dünyada yaşanan teknolojik gelişmelerle desteklenmesi, üretilecek yeni ürünlerin dışarıya satılması ülke ekonomisi ve yeni iş alanları oluşumuna katkı sağlayacaktır(Kılıç, 2012:s.137). Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri doğrultusunda, önemli, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan KHES yapımına destek verilmesi, teşvik edilmesi yararlı olacaktır. Bölge halkının su kullanımı sorunu yaşamaması adına, su kullanım haklarının tamamen özel şirketlerin yönetimine verilmemesi gibi dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. KHES projeleri yapılırken tüm canlıların, insanların ve doğal çevrenin korunmasına önem verilmesi

gerekmektedir. HES'lerin çevreye zararlı yapılar haline gelmelerinin önlenmesi için havza yönetimi esas alınarak tüm HES projelerinden ÇED raporları istenmeli ve bu raporlar ciddiyle değerlendirilmelidir

- ✓ Kırsal alanlarda pişirme ve sıcak su elde etmek amacıyla güneş ocaklarının yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, elektrik üretimi ve su ısıtma işini aynı anda gerçekleştiren sistemler teşvik edilmeli ve uygun kredilerin verilerek güneş enerjisinin kullanımı arttırılmalıdır.

## KAYNAKÇA

Adaçay, F. R. (2014). “Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler”, Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, s.87-103.

Agahı R. İnanlı M., (2015), Orc Jeotermal Enerji Santrali Doğasında Mevcut Olan Belirsizliklerle Nasıl Başa Çıkılır? 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi İzmir.

Ağır, Hüseyin, Kar, Muhsin (2010). “Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzey İlişkisi: Yatay kesit Analizi”, Sosyo Ekonomi Dergisi, Özel Sayı, s.150 -175.

Akarca, A.T. ve Long, T.V. (1980). “On the Relationship Between Energy and GNP: A Reexamination”, Journal of Energy and Development, 5, s.326-331.

Akbulut, Gülpınar. (2008). “Küresel Değişimler Bağlamında Dünya Enerji Kaynakları, Sorunlar ve Türkiye”, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, cilt.32, s.1, s.117-137.

Akkemik, K. A., Göksal, K. (2012). Energy Consumption - GDP Nexus: Heterogeneous Panel Causality Analysis. Energy Economics, 34, s.865-873.

Akkoyunlu, Atilla, (2006). “Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri” Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu (26 Nisan 2006), Atilla Sandıklı ve Hasret D. Bilgin, Tasam Yayıncılık, İstanbul. s.141.

Akman, Ayşenur Topçuoğlu (2004). “Rüzgar Enerjisi” Bilim ve Teknik Dergisi, c.436, s.77.

Akpolat, A.G. ve Altıntaş, N. (2013). “Enerji Tüketimi İle Reel GSYİH Arasındaki Eşbütünlük Ve Nedensellik İlişkisi”,Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, Cilt: VIII, Sayı: II, s. 115-127.

Akova, İsmet (2008). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Akpınar A., Kömürcü M., Filiz M., (2008). “Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevre”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 12-24, İstanbul.

Aksu, C. (2011). Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre, Güney Ege Kalkınma Ajansı

Aksungur, M., Ak, O. ve Özdemir, A., (2011). “Nehir tipi hidroelektrik santrallerin sucul ekosisteme etkisi: Trabzon örneği”, *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(1): s.79-92.

Albostan, A., Çekiç, Y. ve Eren, L. (2009). “Rüzgar Enerjisinin Türkiye’nin Arz Güvenliğine Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 24 (4): s.641-649.

Aldoss, T.K., ve Najjar, Y.S.H., (1985). “Further Development of the Swinging Blade Savonius Rotor” *Wind Engineering*, Vol. 9, No.3.

Al-Iriani, A. M. (2006). “Climate-Related Electricity Demand Side Management In Oil-Exporting Countries: The Case Of The United Arab Emirates”, *Energy Policy*, 33 (18), s.2350-2360.

Allegrini, G., Barbier, E., (1993). “The geothermoelectric Generation in Italy: Planning Strategies, Experience Gained During Operation, and Cost Analysis”, *VDI Berichte 1024*. VDI Verlag, Munich, Germany, s.123-139.

Alshehry, Atef S. ve Belloumi, Mounir. “Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: The Case of Saudi Arabia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 41, 2015, s.237-247.

Altınay, G., Karagöl, E. (2005). “Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence From Turkey”, *Energy Economics*, No:27, s.849-856.

Altıntaş, Halil. (2013). “Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Vol.8, No.1, s.263-294.

Altıntaş, H. & Koçbulut, Ö. (2014). “Türkiye’de Elektrik Tüketiminin Dinamikleri ve Ekonomik Büyüme: Sınır Testi ve Nedensellik Analizi”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, s.37-65.

Altuntaşoğlu, Z.T., (2011). “Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar”, *Mühendis ve Makina Cilt: 52 Sayı: 617*, s.56-63.

Amin, A. Z., (2016). “The Falling Costs of Renewable Energy: No More Excuses”, *The Huffington Post*.

Anderson, Dennis (1996). "Energy and the Environment: Technical and Economic Possibilities", *Finance. & Development* /June 1996, s.10.

Apergis, Nicholas, and James E. Payne, (2009). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From A Panel of OECD Countries", *Energy Policy*, Vol: 38-1, 2009, s.656-660.

Apergis, N.ve Payne, J. E. (2009). "Energy Consumption And Economic Growth In Central America: Evidence From A Panel Cointegration And Error Correction Model", *Energy Economics*, 31 (2), s.211-216.

Apergis, N., Payne, J.E. (2010). "Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries", *Energy Policy*, 38, s.656-660.

Apergis, N., Payne, J., Menyah, K. ve Rufael, Y.W. (2010). "On The Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, And Economic Growth", *Ecological Economics*, Vol.69, s.2255-2260.

Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010)(a). "Energy Consumption And Growth In South America: Evidence From A Panel Error Correction Model", *Energy Economics*, 32 (6), s.1421-1426.

Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010)(b). "Natural Gas Consumption And Economic Growth: A Panel Investigation Of 67 Countries", *Applied Energy*, 87 (8), s.2759-2763.

Apergis, N., Payne, J.E. (2012). "Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model", *Energy Economics*, 34, s.733-738.

Asafu-Adjaye, J. (2000). "The Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries", *Energy Economics*, 22, s.615-625.

Ar, Figen, (2014). "Biyometanol Kullanım Zorunluluğunun Türk Ekonomisinde Yaratacağı Etkiler", *Pankobirlik / Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi*.

Arrow, Kenneth, (1962). "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention," *NBER Chapters*, in: *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, National Bureau of Economic Research, Inc., s.609-626

Arseven, B., Hocaoğlu F. O., Rüzgar Enerji Teknolojilerine Genel Bir Bakış ve Uçan Rüzgar Türbinleri.



Arslan, Sinan, Darıcı, Mustafa, ve Karahan, Çetin (2001) “Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası MMO/2001/270

Asif M., Muneer T., (2007). “Energy Supply, Its Demand And Security Issues For Developed And Emerging Economies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, s.1388-1413.

Aslan, Özgür (2007). “Hidrojen Ekonomisine Doğru”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, c.11. s.283-298.

Augutis Juozas, Linas Martišauskas, ve Ričardas Krikštolaitis, (2015). “Energy Mix Optimization From an Energy Security Perspective”, Energy Conversion and Management, Cilt. 90, 2015, s.301.

Austvik, Ole Gunnar; Rzayeva, Gulmira (2016). “Turkey in the Geopolitics of Natural Gas” September 2016. M-RCBG Associate Working Paper Series | No. 66. Mossavar-Rahmani Center for Business & Government. Harvard Kennedy School.

Ataman, Ayşe Rüya (2007).“Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Anabilim Dalı, Ankara.

Aykal, F.D., Gümüş, B., Akça, Y.B. Ö. (2009).“Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır s.78-83.

Bacanlı Ülker Güner, (2006). “Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerjinin Önemi”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji-Uygulamalar ve Sorunlar Cilt-1, 27-30 Kasım 2006, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, İstanbul, 2006, s.97-98.

Bahaj, A.S., L.E. Myers, (2003). “Fundamentals applicable to the utilisation of marine current turbines for energy production”.

Bahar, O. (2005), “Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme”, Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, (14), 35-59.

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

Bakırtaş, İ. & M.A. Çetin (2016). “Yenilenebilir Enerji Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: G-20 Ülkeleri”, *Sosyoekonomi*, Vol. 24(28), s.131-145.

Banos, R, Agugliaro, M., Montoya, G., Gil, C., Alcayde, A. ve Gomez, J. (2011). “Optimization Methods Applied To Renewable And Sustainable Energy: A Review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.15, s.1753-1766.

Barbier, E.B., (2005). “Natural Resources and Economic Development” Cambridge University Press, Cambridge.

Barbier, E.B., (2010). “A Global Green New Deal: Rethinking the Economic Recovery”, Cambridge University Press and UNEP, Cambridge, UK.

Barbir, F., Veziroglu, T.N., Plass Jr, H.J., (1990). "Environmental damage due to fossil fuels use", *International Journal of Hydrogen Energy*, 15,s. 739-749.

Basic Plan For Space Policy, (2009). “Wisdom of Japan Moves Space”. June 2, 2009.

Bauen, A. (2006). “Future energy sources and systems -Acting on climate change and energy security”. *Journal of Power Sources*, 157, s.893-901.

Bayraç, H. N. 1999(a). “Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Analizi, Türkiye’deki Gelişimi ve Eskişehir Uygulaması”, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Eskişehir, s.14.

Bektaş, Ayşe, (2013). “Binalarda Rüzgar Enerjisi Kullanımının Farklı Bölgeler Açısından Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma: Toki Tarımköy Projesi” Örneği, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Haziran 2013, s.9.

Belen, İ (2010). “Ormanlardaki Biyokütleden Pelet ve Elektrik Enerjisi Üretimi Dünyadaki Gelişmeler Ülkemiz Potansiyeli”.

Bernard, O. A. & O, K. O. (2016). “Sectoral Consumption of Non-Renewable Energy and Economic Growth in Nigeria”, *International Journal of Research in Management, Economics and Commerce*, 6 (7),s.15-22.

Bhatt, B., (2006). “Biofuel-Economic & Environmental Benefits & Technological Aspect” APO Workshop on Utilisation of Biomass for Renewable Energy, Kathmandu-Nepal.

Bielecki, J., (2002). “Energy security: is the wolf at the door?”, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 42, s.235-250.

Bloch, Harry, Rafiq Shuddhasattwa, Salim Ruhul (2015). "Economic Growth with Coal, Oil and Renewable Energy Consumption in China: Prospects for Fuel Substitution", *Economic Modelling*, 44(2015), s.104-115.

Blue Energy For A Green Europe (BlueAGE) (2000): Strategic Study for the Development of Small Hydro Power in the European Union, Università Commerciale Luigi Bocconi, Milano, Italy.

Bolinger M., Wiser R. (2003). "Learning by Doing: The Evolution of State," Lawrence Berkeley National Laboratory Publication LBNL-52398, LBNL: Berkeley, CA.

Bowden, N. & Payne, J. E. (2010). "Sectoral analysis of the causal relationship between renewable and non-renewable energy consumption and real output in the US. Energy Sources", Part B: Economics, Planning, and Policy, 5 (4), s.400-408.

Bowen Richard G, (1973). "Environmental Impact of Geothermal Development", Geothermal Energy Resources, Production and Stimulation, Paul Kruger and Carel Otte (Ed.), Stanford University Press, USA, s.198.

Boyle, G., (2004). "Renewable Energy Power for a Sustainable Future". Oxford University Press London.

Böhm, D. C. (2008). "Electricity Consumption And Economic Growth In The European Union: A Causality Study Using Panel Unit Root And Cointegration Analysis", 5th International Conference on European, s.1-7.

Bracewell, R., (1990). "FROG and PS FROG: A Study of Two Reactionless Ocean Wave Energy Converters", PhD Thesis, Lancaster University, s.228.

Bradley, Paul G. "Increasing Scarcity: The Case of Energy Resources", *The American Economic Review*, Cilt. 63, Sayı. 2, Mayıs 1973, s.119-125.

Brandhorst, Jr. Henry W., (2010). "Options for Lunar Power Beaming A presentation to the FISO group". Carbon-Free Energy, LLC, October 27.

Brennan, L. and Owende, P. (2010). "Biofuels from microalgae - A review of Technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14(2), s.557-577.

Brown., W. C. (1984). "The History of Power Transmission by Radio Waves". IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 32 (Volume: 32, Issue: 9, s.1230-1242, September 1984.

Brown, R. L., J. Durbin ve J. M. Evans, (1975). "Techniques for Testing the Constancy of Regression Relations over Time", Journal of Royal Statistical Society, Series B, 37, s.149-163.

Buchan, David, (2007). "The European Union's new targets on emissions and renewables: pluses and minuses", Oxford Energy Comment March 2007. Oxford Institute for Energy Studies.

Buchi Felix N., Minoru Inaba, Thomas J. Schmidt (Ed.) (2009). "Polymer Electrolyte Fuel Cell Durability", Springer Science and Business Media Publications, USA, s.29.

Buckley, T. (2017), China's Global Renewable Energy Expansion, Institute for Energy Economics and Financial Analysis, January.

Bustamante, C. (2000). "Pnoc Geothermal Projects: A Holistic Approach To Environmental Management", Proceedings World Geothermal Congress, Japan, s.539-544.

Cansevdi Hürrem (Ed.) (2004). "Avrupa Birliği'nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları ve Türkiye'nin Uyumu", İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayınları, İstanbul, Aralık 2004, s.29-31.

Cardwell, D. (2017), "Wind Power Surpasses Hydroelectric in a Crucial Measure," New York Times, 9 February.

Cassedy, Edward S. (2000). "Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment", Cambridge University Press, UK, s.100.

Cassman K.G., Liska, A.J., (2007). "Food and fuel for all: realistic or foolish?", Biofuels Bioproducts and Biorefining, 1, s.18-23.

Cebeci, Mehmet, (2005). "Bölgemizin Enerji Kaynakları ve Enerji Projeksiyonu", Güneydoğu Anadolu Bölgesi Enerji Forumu, 2-3 Aralık 2005, Bildiriler Kitabı, TMMOB EMO Diyarbakır Şubesi, Diyarbakır, 2006.

Cheng-Lang, Y., Lin, H.P., & Chang, C.H. (2010). "Linear and Nonlinear Causality between Sectoral Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Taiwan", Energy Policy, 38 (8), s.6570-6573.

Cherp, A. and Jewell, J., (2011). "The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration" *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3, s.202-212.

Chien, C. L. ve Chang C.P. (2007). "Energy Consumption And GDP Revisited: A Panel Analysis Of Developed And Developing Countries", *Energy Economics*, 29 (6), s.1206-1223.

Chien, C. L. ve Chang C.P. (2008). "Energy Consumption And Economic Growth In Asian Economies: A More Comprehensive Analysis Using Panel Data", *Resource and Energy Economics*. 30(1), s.50-65.

Chien, T., Hu J., "Renewable Energy: An Efficient Mechanism to Improve GDP", *Energy Policy*, 36, 2008, s.3045-52.

China Proposes Space Collaboration With India - *The Times of India* 2012

Chisti, Y. (2007). "Biodiesel from microalgae". *Biotechnology Advances*. 25: s.294-306.

Clark, P. , R. Klossner, L. Kologe. (2003). *Tidal Energy*.

Conte, M, Iacobazzi, A, Ronchetti, M, Vellone, R (2001). "Hydrogen economy for a sustainable development: state-of-the-art and technological perspectives" *Italy*.

Costantini, V. & Martini, C. (2010). "The Causality between Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-Sectoral Analysis Using Non-Stationary Cointegrated Panel Data", *Energy Economics*, 32 (3), s.591-603.

Craddock David, (2008). "Renewable Energy Made Easy, Free Energy From Solar, Wind Hydropower and Other Alternative Energy Sources", *Atlantic Publishing Group, USA*, s.144-148.

Çağlar, İlyas, Tuncay Taymaz, Seda Yolsal, Ümit Avsar, (2006). "Sıfır Zararlı Jeotermal Enerji", *Bilim ve Teknik Dergisi*, Temmuz, s.52.

Çağlar, Mehmet (2006). "Dünya ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK)" *Türkiye 10. Enerji Kongresi Programı*.

Çalıkoğlu, Erdal (2004). "Enerji Verimliliği ve EİE Tarafından Yürütülen Çalışmalar", 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara 2004, s.59.

Çelikpala, Mitat (2014). “Enerji Güvenliği: NATO’nun Yeni Tehdit Algısı” Uluslararası İlişkiler Akademik Dergisi, 10 (40), s.75-99.

Çengel, Yunus A. (2003). “Dünyada ve Türkiye’de Jeoterma, Rüzgar ve Diğer Yenilenebilir Enerjilerin Kullanımı”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 3-4 Ekim Kayseri, s. 1-14.

Çetiner, Ç. (2013). “Jeotermal Enerji”. [http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/jeotermal\\_enerji\\_5.pdf](http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/jeotermal_enerji_5.pdf)

Chang, T.H., Huang, C.M. ve Lee, M.C. (2009).“Threshold Effect of The Economic Growth Rate on The Renewable Energy Development From A Change In Energy Price:Evidence From OECD Countries”, Energy Policy, Vol.37, s.5796-5802.

Çolak İ, Bayındır R., Sefa İ., Demirbaş Ş., Arslan C. (2005).“Sanayide Enerji Verimliliği”, 1. Enerji Verimliliği ve Kalite Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Kocaeli Şubesi, Kocaeli.

Çukurçayır, M. A., H.Sağır, (2008).“Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, c.20, s. 257.

Dalton G.J. ve Lewis T. (2011).“Metrics for measuring job creation by renewable energy technologies, using Ireland as a case study”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, s.2123-2133.

Demirbas, A., (2007).“Progress and recent trends in biofuels”, Progress in Energy and Combustion Science, 33, s.1-18.

Demirbas, A., (2009).“Biofuels securing the planet's future energy needs”, Energy Conversion and Management, 50, s.2239-2249.

Denny, E., (2010). “The economics of tidal power. Power and Energy Society General Meeting”. Irish Research Council for the Humanities and Social Sciences.

Deveci Duranay, Neslihan, Yılgin, Melek, Pehlivan, Dursun (2007). “Mobilya fabrikası Artığının Yakıt Olarak Değerlendirilmesi”, IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Gaziantep.

Dickson Mary H., Fanelli, Mario, (2004). “What is Geothermal Energy”, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, February 2004, Italy, s.48-51.

Dietz, R. H., Arndt, G. D., Seyl, J. W., Leopold, L. ve Kelly, J. S., (1981) Satellite Power System: Concept Development and Evaluation Program, NASA Reference Publication 1076 Volume III - Power Transmission and Reception Technical Summary and Assessment.

Dikmen, A. Ç., (2009).“Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'nin Geleceğindeki Yeri”, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı.

Dinçer, İ. (2000).“Renewable energy and sustainable development: a crucial review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 4 (2):s.157-175.

Doğan, B. (2010).“Enerji Tüketimi-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği (1980-2008)”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Doğan, Nevzat, Ünver, Aydoğan (2005). “Türkiye'nin Hidrolik Enerji Kaynakları ve EÜAŞ'ın Bölgemize Katkısı”, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Enerji Forumu, Diyarbakır.

Donnel, C.K. Johnston, (2001). “Hydro, UK's Dependable Renewable”, IEEE, International Conference on Renewable Energy Clean Power, Conference Publication No:385, s.110.

Doukas, H., Flamos A. and Psarras, J., (2011). “Risks on the security of oil and gas supply”. Energy Sources -Part B: Economics, Planning, and Policy, 6 (4), s.417-425.

Dumrul, Y. (2011), “Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Teori ve Türkiye Uygulaması”, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü Basılmamış Doktora Tezi

Durand, Etienne, Malcolm Keay, (2014). “National Support for Renewable Electricity and the Single Market in Europe: the Ålands Vindkraft case”, August 2014. The Oxford Institute for Energy Studies, University of Oxford.

Durdyev, S. (2010). “Rüzgar Enerjisine Uygun Türbin Seçimi”, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Economic And Demographic Issues Related to Deployment of The Satellite Power System (SPS) (1978). ANL/EES-TM-23, October 1978. 71 (j)

Edenhofer Ottmar, Madrugá Ramón Pichs, Sokona Youba (2012).“Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation”, Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press.

Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, and J.C. Minx. IPCC, (2014): “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

Edward S. Cassedy, (2000).“Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment”, Cambridge University Press, UK, s.131.

Ege Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları (ÇEVMER) (1999), “Çevre Bilimi Sürdürülebilir Dünya”, No:1.

Egre, D., Milewski J. C., (2002). “The Diversity of Hydropower Projects”, Energy Policy, Vol.30, No. 14.

El-Katiri, Laura, (2014). A Roadmap for Renewable Energy in the Middle East and North Africa. January 2014. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

El-Katiri, Laura; Husain Muna, (2014). “Prospects for Renewable Energy in GCC States: Opportunities and the Need for Reform”, September 2014. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Elliott, D. (2000). “Renewable Energy And Sustainable Futures”. Futures, 32 (3-4), s.261-274.

Eniş, A. (2003). “Enerji Politikaları İle Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı.

Eral, M. (1998). “Tübitak-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu, Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu”, Ankara.



Erdal, G., Erdal, H. ve Esengün, K. (2008). “The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey” *Energy Policy*, 36(10), s.3838-3842.

Eroğlu, Veysel, (2003). “Ülkemizin Hidroelektrik Potansiyeli ve Yakın Gelecekteki Önemi”, Türkiye 9. Enerji Kongresi, Enerji Sektöründe Serbestleşme, Yeni Politika, Stratejiler ve Sosyo-Ekonomik Etkileri Cilt II, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, İstanbul, 24-27 Eylül 2003.

Eroğlu, Veysel, (2006). “İklim Değişikliği ile Mücadele: Yenilenebilir Enerji Olarak Hidroelektrik Enerji Üretimini Artırılması (1. Bölüm)”, *Eneji&Kojenerasyon Dünyası*, sayı 42, Mayıs-Haziran 2006.

Eroğlu Veysel, (2006). “İklim Değişikliği ile Mücadelede Yenilenebilir Enerji Olarak Hidroelektrik Enerji Üretimini Artırılması”, *Enerji Dünyası, Kojenerasyon, Yenilenebilir Enerji ve Çevre Teknolojileri Dergisi*, Sayı 43, Temmuz-Ağustos 2006, s.53.

Erim, M.N. (2017), Communication with experts, March 2017.

Erol, U., Yu, E.S.H., (1987).“On the Causal Relationship between Energy and Income for Industrialized Countries” *Journal of Energy and Development* 13, s.113-122.

Ersoy, A.Yağmur (2010).“Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi”, *Akademik bakış Dergisi*, s.20, Kırgızistan.

Ersöz, Atilla. “Alternatif Enerji Teknolojileri Araştırmaları ve Çevre İlişkisi”, TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü, Enerji ve Çevre İlişkisinde Alternatif Enerjilerin Yeri ve Önemi Paneli, 28 Haziran 2006, İstanbul.

Ertürk, F., Akkoyunlu Atilla, Varınca Kamil B., (2006). “Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri”, *Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi, Tasam Yayınları*, 14 Nisan 2016.

Etemadi, A., Emdadi, A., AsefAfshar, O., Emami, Y., (2011), “Electricity Generation by the Ocean Thermal Energy”. *Energy Procedia*, 12, 936-943.

- Fang, Y., (2011). "Economic Welfare Impacts From Renewable Energy Consumption: The China Experience", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, s.5120-5128.
- Farret, Felix A. and Simoes, M. Godoy (2006), "Integration of Alternative Sources of Energy", A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, s.4, 23.
- Fernandes, T.R.C., Chen, F., Carvalho, M.G., (2005) "HySociety" in Support of European Hydrogen Projects and EC Policy, *International Journal of Hydrogen Energy*.
- Fidan, Abdulvahit (2006). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi", Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Finney, K.A., (2008). Ocean Thermal Energy Conversion. *Guelph Engineering Journal*, (1), s.17-23.
- Foray, D. (2009). *Innovation Policy for Development: A Review*, Elgar.
- Fraenkel, Peter, 2006. "Next Gen SeaGen". *Modern Power Systems*. Vol 26. Iss 2. s.28.
- Frede Blaabjerg, Zhe Chen, (2006). "Power Electronics for Modern Wind Turbines", Morgan and Claypool Publishers, USA, 2006, s.12.
- French, M.J., Bracewell, R., (2010). "PS FROG: A Point-Absorber Wave Energy Converter Working in a Pitch/Surge Mode", <http://www.wedc.eng.cam.ac.uk/~rhb24/ieeopt87.pdf>
- Fridleifsson, I.B., and Freeston, D.H.: "Geothermal Energy Research and Development", *Geothermics*, 23, (1994), 175-214.
- Friedman, Milton, (1977). "A Department of Energy?" *Newsweek*, 23 May 1977, s. 62 © The Newsweek/ Daily Beast Company LLC.
- Froggatt, A. (2000). "The liberalisation of Europe's electricity markets-Is the Environment Paying the Price for Cheap Power?", *Greenpeace*, s. 13, Mayıs 2000
- Frois, B. (2006), France Member Statement, Vancouver, France,
- Frondel, M., Peters, J., (2007) "Biodiesel: A new Oildorado?", *Energy Policy*, 35, s.1675-1684.

Fuinhas, Jose A. ve Marques Antonio C. (2012). "Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: An ARDL Bounds Test Approach (1965-2009)", *Energy Economics*, Vol.34, No.2, s.511-517.

Geller, Howard.,(2002). "Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future", Island Pres, Washington DC.

Gençoğlu, Muhsin Tunay, Cebeci, Mehmet (2001). "Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir.

General Dynamics Convair Division (1979). Lunar Resources Utilization for Space Construction.

Gerpen, Jon Van, (2009) "Biodiesel: Small Scale Production and Quality Requirements", *Biofuels, Methods and Protocols*, Jonathan R. Mielenz, Humana Press, USA, s.281.

Gibilisco Stan, (2007). *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies, USA, s.254.

Gipe Paul, (1999). "Wind Energy Basics, A Guide to Small and Micro Wind Systems", Chelsea Green Publishing Company, USA, s. 3.

Glaser, Peter E. (1968). "Power from the Sun: Its Future". *Science Magazine*. 162 (3856):857-861.

Glaser, P., (1973) Method and apparatus for converting solar radiation to electrical power, United States Patent, No: 3781647 A

Glaser, P. E., Maynard, O. E., Mackovciak, J., and Ralph, E. L, Arthur D. Little, (1974.) Inc., "Feasibility study of a satellite solar power station", NASA CR-2357, NTIS N74-17784, February 1974.

Gleason Carrie, (2008). "Geothermal Energy Using Earth's Furnace", Crabtree Publishing Company, Canada, s. 28.

Glenn Involvement With Laser Power Beaming-Overview NASA Glenn Research Center

Global Economic Prospects (2008). "Technology Diffusion in the Developing World", Dünya Bankası raporu, 2008, s.41.

Gowrisankaran, G., Reynolds, S. ve Samano, M. (2011). "Intermittency And The Value of Renewable Energy", NBER Working Paper Series, Working Paper No.17086, s.1-49.

Gökdemir, Murat, M.İ. Kömürcü, T. U. Evcimen, (2012).“Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, c.471: 22.

Görez, Turgut, Alkan, Ahmet (2006).“Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli”, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, İzmir.

Gülbahar Necati, Mustafa Kılınç, (2000).“Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Türkiye’nin Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt II, İTÜ, Temiz Enerji Vakfı, İGDAŞ, İstanbul, s.784-785.

Güner S., Albostan A., (2007).“Türkiye’nin Enerji Politikası, YEKSEM’07, Gaziantep-Türkiye, s.47.

Gross, Robert, Leach, Matthew, Bauen, Ausilio (2003). “Progress In Renewable Energy“, Environment International 29 105-122, London 2002, s.106.

Gross, C. (2012). “Explaining The (Non)Causality between Energy and Economic Growth in The U.S.A Multivariate Sectoral Analysis”, Energy Economics, 34.

Gülay, A. N., (2008). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Gülşaç, I.I., (2009). “Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi”:  
[http://www.vizyon21yy.com/documan/Genel\\_Konular/Enerji/Dalga\\_Enerjisi/Dalga\\_Enerjisi.pdf](http://www.vizyon21yy.com/documan/Genel_Konular/Enerji/Dalga_Enerjisi/Dalga_Enerjisi.pdf)

Güvendirren, M ve Öztürk, T. (2003).“Enerji Kaynağı Olarak Hidrojen ve Hidrojen Depolama”, Mühendis ve Makina Dergisi, Sayı:523, Ankara, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Ağustos 2003.

Hahn-Hägerdal, B., Galbe, M., GorwaGrauslund, M.F., Lidén, G., Zacchi, G., , (2006).“Bioethanol - the fuel of tomorrow from the residues of today”, Trends in Biotechnology, 24, s.549-556.

Halıcıoğlu, F. (2009).“An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey” Energy Policy, 37(3): 1156-1164.

Hamilton, James D. (1983). Oil and the Macroeconomy since World War II, *The Journal of Political Economy*, 91, 228-248. July 1992, Vol. 10, No. 3.

Hammons, T.J. (1993). Tidal Power. *Proceeding of the IEEE*. Vol81. Issue 3:s.419-433.

Harper Gavin D.J., (2008). *Fuel Cell Projects For The Evil Genius*, The McGraw-Hill Publications, USA, 2008, s.51, 57, 77, 95.

Harris R. I. D (1995), *Using Cointegration Analysis in Econometric Modelling*, Harlow, London: Prentice Hall.

Harrison, G., (2003), Opportunities arising from DTI Innovation initiatives, HERDA Annual Conference, November.

Haydaroğlu, Ceyhun (2006). “Türk Sanayinde Enerji Verimliliği ve Yoğunluğunun Analizi”, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Heal, G., (2009). “The Economics of Renewable Energy”, NBER Working Paper Series, Working Paper No.15081, s.1-31, <http://www.nber.org/papers/w15081>

Hoffert MI, Caldeira K, Benford G, Criswell DR, Green C, Herzog H, Jain AK, Kheshgi HS, Lackner KS, Lewis JS, Lightfoot HD, Manheimer W, Mankins JC, Mauel ME, Perkins LJ, Schlesinger ME, Volk T, Wigley TM. (2002) Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet, *Science*, 298, 981–987.

Hordeski Michael Frank (2007). “Alternative Fuels, The Future of Hydrogen”, Published by the Fairmont Press Inc., USA.

Hondroyannis, G., Lolos, S., Papapetrou, E. (2002). “Energy Consumption and Economic Growth: Assessing the Evidence from Greece”. *Energy Economics*, 24, s.319-336.

Hossain, S. (2011). “Panel Estimation For CO2 Emissions, Energyconsumption, Economic Growth, Trade Openness And Urbanization Of Newly Industrialized Countries”, *Energy Policy*, 39, s.6991-6999.

Hudson, R.B., (1995). *Geothermal Energy*, John Wiley & Sons, Chichester.

Huntington, H. (2009) "Creating Jobs With ' Green ' Power Sources", United States Association for Energy Economics, Dialogue, Vol. 17, No. 1, March 2009, s.12-15, 13.

Husaini, D.H. & Lean, H.H. (2015). "Does Electricity Drive The Development of Manufacturing Sector in Malaysia", Frontiers in Energy Research, 3 (18), s.1-7.

Ibrahiem, Dalia M. (2015). "Renewable Electricity Consumption, Foreign Direct Investment and Economic Growth in Egypt: An ARDL Approach", Procedia Economics and Finance, 30(2015), s.313-323.

İder, S. Kemal, (2003) "Hidrojen Enerji Sistemi", TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, Sayı 134, İstanbul.

İnglesi-Lotz, Roula (2016). "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application", Energy Economics, 53, s.58-63.

İpek, O., "Enerji Üretimi ve Kullanımında Çevre Risk Faktörünün Jamil, F. & Ahmad, E. (2010), The Relationship Between Electricity Consumption, Electricity Prices and GDP in Pakistan, Energy Policy, 38 (10), s.6016-6025.

Jobert, T. ve Karanfil, F. (2007). "Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey" Energy Policy, 35(11): 5447-5456.

Johansson Bengt, (2013). "Security Aspects of Future Renewable Energy Systems: A Short Overview", Energy, Cilt. 61, s.601.

Jones Lackie (Ed.), Renewable Energy World Magazine, Volume 12, Number 1, January-February, 2009 s.104.

Jonsson, J.Å., Saab (2006). "BioPower: Daha Yeşil Bir Geleceğe Doğru".

Josheski, D., Magdinceva-Sopova, M., Sovreski, Z. (2014). "Energy Consumption, Economic Development and Prices: Time Series Evidence in CESEE Countries". Comparative Political Economy: Regulation eJournal.

Jude, C. E., Chrysost, B. ve Christophe R. (2011). "Energy Consumption And Economic Growth Revisited In African Countries", CESifo Working Paper Series, No:3590.

Kahraman, C., Kaya, İ., Cebi, S., (2009).“A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy”, *Energy*, 34, s.1603-1616.

Kakaç Sadık, (2006).“Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Bugünü ve Yarını”, *TÜBA-Günce Dergisi*, Sayı 34, Mayıs 2006, s.4.

Kalyoncu, H., Gürsoy, F., Göcen, H. (2013).“Causality Relationship between GDP and Energy Consumption in Georgia, Azerbaijan and Armenia”, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3 (1), s.111-117.

Kamien, M.I. and Schwartz, N.L.,(1982). *Market Structure and Innovation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Kammen, Daniel M., Kamal Kapadia, and Matthias Fripp. (2004).“Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate?” RAEI Report, University of California, Berkeley.

Kanoglu, M., 2005, Jeotermal elektrik üretim sistemleri ve kojenerasyon, *Jeotermal Enerji Seminer Kitabı*, TESKOM 2005 VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, MMO Yayın No: E/2005/393-2, 23-26 Kasım 2005, s: 289-299.

Kaplan, Muhittin, Taşdemir, Murat (2008).“Gelişmekte Olan Ülkelerin Özellikleri”, Sami Taban ve Muhsin Kar Editörlüğünde *Kalkınma Ekonomisi Seçme Konular*, Ekin Yayınevi, Bursa.

Kaplan Muhittin, Öztürk İlhan, Kalyoncu Hüseyin (2011).“Energy Consumption and Economic Growth in Turkey:Cointegration and Causality Analysis”, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 14, s.31-41.

Karadeli, Selçuk, (2001).“Rüzgar Enerjisi”, *Temiz Enerji Vakfı Yayınları*, No 5, TÜBİTAK Matbaası, Ankara.

Karagöl, Erdal Tanas; Kavaz, İsmail, (2017).“Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, s:197,Nisan 2017.s:22.

Karagül, Erdal, Baykal Erman, Ertuğrul H. Murat(2007). “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8, s.72-80.

Karamanav, Mustafa (2007).“Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri”. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kar, M. ve Kınık, E. (2008).“Türkiye’de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 10(2), s.333-353.

Kaya, Tekiner (2011). “Türkiye’de Su Gücü ve Küçük Hidroelektrik Santraller”, Nevşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, c.1, s.208.

Kaya, K., Koç, E. (2015). “Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi,” Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 660, s.61-68.

Kaygusuz Kamil, Ömer Yüksek ve Ahmet Sari, (2007).“Renewable Energy Sources in the European Union: Markets and Capacity”, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, Cilt. 2, Sayı. 1, s.19-29.

Kaymakçioğlu, Fatih , Kayabaşı, Ali, (2006).“Elektrik Üretiminde Jeotermal Enerjinin Kullanımı ve İleriye Dönük Perspektifler”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi.

Keay, Malcolm, Rhys John, David Robinson, (2012).“Decarbonization of the electricity industry- is there still a place for markets?” November 2012. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Keay, Malcolm (2013). “Renewable Energy Targets: The Importance of System and Resource Costs”, Oxford Energy Comment February 2013, The Oxford Institute for Energy Studies, University of Oxford.

Keçecioğlu, Tamer, Günerhan, Hüseyin (2010).“Türkiye Uzun Vadeli Sanayi ve Enerji Strateji İlişkileri Üzerine bir Çalışma”, <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/10690.pdf>.

Kılıç, Nurel (2009).“Dünyanın Önemli Doğal Kaynağı Rüzgar Enerjisi”, İzmir Ticaret Odası, ARGE Bülten 2009, İzmir.

Kılıç, Selim, (2012). “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikaları”.

Kılınç, Nurcan (2008). “Geleceğin Yakıtı Hidrojen Enerjisi ve Hidrojene Dayalı Ürünler”, Ticaret Dergisi, Cilt:3, Sayı:15-16, Niğde.

Koca, T., A. Çıtlak, (2008).“Dalga Enerjisi”, Yeni Enerji Dergisi, c.4.



Koç, E., (2008). “Osmaniye’nin Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Yapısı”, Adana, Nobel Yayınevi, s.252-253.

Koçak, Saim & A. Hakan, Altun. (2003). “Enerji İhtiyacımız ve Nükleer Enerji”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 3-4 Ekim 2003, Kayseri, s.397-400.

Komerath, N.M; Boechler, N. (2006). “The Space Power Grid”, 57th International Astronautical Federation Congress, Valnecia, Spain.

Komor, P. & Bazilian, M. (2005). “Renewable Energy Policy Goals, Programs, And Technologies” Energy Policy, 33, s.1873-1881.

Koo, J., Park, K., Shin, D. ve Yoon, E. (2011). “Economic Evaluation Of Renewable Energy Systems Under Varying Scenarios And its Implications To Korea’s Renewable Energy Plan”, Applied Energy Vol.88, s.2254-2260.

Kossler E., (1992). Installed and Planned Minihydro Power, Osstructiron

Kömürcü, M.İ., Akpınar, A., Hydropower energy versus other energy ... effects in Turkey, Renewable Energy, 34, s.1611-1615.

Kraft, John ve Kraft, Arthur, (1978). “Relationship between Energy and GNP”, J. Energy Dev.(United States), Vol.3, No.2, s.401-403.

Krupa, Joel; Poudineh Rahmatallah, (2017). “Financing renewable electricity in the resource-rich countries of the Middle East and North Africa: A review”, February 2017. The Oxford Institute for Energy Studies, University of Oxford.

Kum, Hakan (2009), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 33, Kayseri.

Külekçi, Ö.,Ç.(2009),“Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi”,Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi,2,83-91.

Ladanai, S., Vinterback, J. (2009).“Global Potential of Sustainable Biomass for Energy”. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, s.32.

Laidler, E. W. D. (1993).“The Demand for Money: Theories, Evidence and Problems”, 4. Edition, Harper Collins College Publishers, New York.

Lange, J-P,(2007).“Lignocellulose conversion: an introduction to chemistry, process and economics”, Biofuels Bioproducts and Biorefining, 1, s.39-48.

Laponche, Bernard; Jamet, Bernard; Colombier, Michel; Attali, Sophie (1997).“Energy Efficiency For A Sustainable World”, ICE Editions, International Conseil Énergie, Paris, s.18.

Lee, C. C. (2005).“Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis”, Energy Economics, 27, 415-427.

Leitgab, M. (2013).“Hypermodular Self-Assembling Space Solar Power-Design Option for Mid-Term GEO Utility-Scale Power Plants”, 2013 IEEE International Conference on, Wireless for Space and Extreme Environments (WiSEE)., Baltimore, MD, USA. 7-9 Kasım.

Lemperiere, F., P. Blanc (2007).“Cost-effective large tidal; plants could secure peak power in 15 countries”. Hydropower and Dams. Issue 3.

Lena, Manuel. 2008.“A sea of electricity”, CBS Business Network.

Lennart Söder, (2005).“The Value of Wind Power”, Wind Power in Power Systems, Thomas Ackermann (Ed.), A. John Willey and Sons Inc. Publications, England, s.171.

Li, Y., Horsman, M., Wu, N., Lan, C. Q. and Dubois-Calero, N. (2008).“Biofuels from Microalgae”, Biotechnology Progress, 24 (4), 815-820.

Lienau, P.. Lunis, B.C. (1991), Geothermal Direct Use Engineering and Design Guidebook. U.S. Department of Energy, Idaho Operations Office, 83415 DEFG07-90ID 13040, Idaho Falls, Idaho, ID: US Department of Energy.

Liptak G. Bela (2009). “Post-Oil Energy Technology, The World’s First Solar-Hydrogen Demonstration Power Plant”, CRC Press, USA, s.123.

Lise, Wietze ve Montfort, Kees VAN, (2007).“Energy Consumption and GDP in Turkey: Is there a Co-integration Relationship?”, *Energy Economics*, Vol.29, No.6, s.1166-1178.

Luft Gal, Anne Korin (2009).“Energy Security:In the Eyes of the Beholder”, *Energy Security Challenges for the 21st Century:A Reference Handbook*, , Santa Barbara Praeger Security International, Kaliforniya, s.1-2.

Lund, J. W., D. H. Freeston, (2000), “World-wide Direct Uses of Geothermal Energy 2000”, *World Geothermal Congress 28 Mayıs-10 Haziran 2000*.

Lund Peter D., (2009).“Effects of energy policies on industry expansion in renewable energy” *Renewable Energy*,34, 53-64.

Lund J. W. and Boyd T. L., (2015). “Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review”, *Proceedings World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015*.

Mabee, W.E., Saddler, J.N., (2009)."Bioethanol from lignocellulosics: Status and perspectives in Canada", *Bioresource Technology*, In Press, Corrected Proof.

Mabro, R., (2008). “On the Security of Oil Supplies, Oil Weapons, Oil Nationalism and All That”, *OPEC Energy Review*, Oxford: Blackwell Publishing.

Magazzino, Cosimo.,(2015).“Energy Consumption and GDP in Italy: Cointegration and Causality Analysis”, *Environment, Development and Sustainability*, Vol.17, No.1, s.137-153.

Makower, Joel, Ron Pernick ve Clint Wilder, (2009). “Clean Energy Trends 2009”, *Clean Edge Inc.*, <http://www.cleandedge.com/reports/pdf/Trends2009.pdf>

Mankins, John C., (1997).“A Fresh Look at Space Solar Power: New Architectures, Concepts and Technologies”, *38th International Astronautical Federation, Brighton, England, IAF-97-R.2.03*.

Malça, J., Freire, F. (2006).“Renewability and lifecycle energy efficiency of bioethanol and bioethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation”, *Energy*, 31, 3362-3380,

Mancisidor, I., Uragua, P., Basurto, Mancisidor, M. ve Lo’pezas, B. (2009).“European Union’s Renewable Energy Sources And Energy Efficiency

Policy Review: The Spanish Perspective”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.13, 100-114.

Mankins, John C. (2000) Testimony of John Mankins before House Science Committee Hearings on Solar Power Satellites, Sep 7.

Mankins, J. C. (2011). Space Solar Power: The First International Assessment of Space Solar Power: Opportunities, Issues And Potential Pathways Forward, International Academy Astronautics, Toronto, Canada.

Mankins, Mr. John C., (2012) SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrarily Large Phased Array (A 2011-2012 NASA NIAC Phase 1 Project), 15 September 2012.

Martin, Bo (2005).“Tidal Power. BC Sustainable Energy Association.

Masih, A. M. M., Masih, R. (1996).“Energy Consumption, Real Income and Temporal Causality: Results from a Multi-Country Study Based on Cointegration and Error-Correction Modeling Techniques”, Energy Economics, 18 (3), 165-183.

Mathews, J.A. (2007).“Biofuels: What a Biopact between North and South could achieve”, Energy Policy, 35, 3550-3570.

Mcveigh J. C. (1984).“Energy Around The World: An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Pres, UK, s.116.

Mehel, Nurcan (2009).“Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi: Potansiyeli, Kullanımı ve Almanya-Türkiye Karşılaştırması”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Mehrara, M. (2007).“Energy Consumption And Economic Growth: The Case Of Oil Exporting Countries”, Energy Policy, 35, 2939-2945.

Melikoğlu M.(2016).“The Role of Renewables and Nuclear Energy in Turkey’s Vision 2023 Energy Targets: Economic and Technical Scrutiny”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt: 62, (2016), s.1-12.

Menegaki, A.N.,(2011).“Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis”,Energy Economics, 33,s. 257-263.

Menyah, K., and Y. Wolde-Rufael; (2010).“CO2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in The US”, *Energy Policy*, 38, s.2911-2915.

Meriç, B.T. (2004).“Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28 (1), 27-38.

Metcalf, G.E. (2008).“Using Tax Expenditures To Achieve Energy Policy Goals”, *NBER Working Paper Series Working Paper No.13753*, 1-14, <http://www.nber.org/papers/w13753>

Modi, V.J. ve Fernando, M.S.U.K., (1989).“On The Performance of The Savonius Wind Turbine”, *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol.111, 71-81.

Mohtasham Javid, (2015).“Review Article-Renewable Energies”, *Energy Procedia*, Sayı: 74, s.1289-1297.

Momirlan, M. and Veziroglu T.N., *Current Status of Hydrogen Energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.VI, No: 1-2, 2002.

Moreno Blanca ve Lo’pez Ana Jesu’s, (2008).“The Effect Of Renewable Energy On Employment, The case of Asturias (Spain)”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,12, 732-751.

Moomaw, W., F. Yamba, M. Kamimoto, L. Maurice, J. Nyboer, K. Urama, T. Weir, (2011): Introduction. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C.von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Mork, A.K. ve Hall, R.E. (1979), “Energy Prices, Inflation, And Recession,1974-1975”, *NBER Working Paper Series*, Working Paper No. 369, 1-49. <http://www.nber.org/papers/w0369>.

Morse, R.N. (1977). “Solar Heating as A Major Source of Energy for Australia”, 10th World Energy Conference, İstanbul.

Mourant, A. (2016), “Jobs Toll to Worsen Amid UK Renewable Energy Subsidy Cuts,” *Renewable Energy World*, 17 June, [www.renewableenergyworld.com/articles/2016/06/jobs-toll-set-to-worsenamid-uk-subsidy-cuts.html](http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/06/jobs-toll-set-to-worsenamid-uk-subsidy-cuts.html).

Mucuk, Mehmet; Uysal, Doğan (2009).“Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme”, Maliye Dergisi, sayı.157, s.105-115.

Murry, D.A. ve Nan, G.D., (1996).“A definition of the gross domestic product–Electrification interrelationship”, The Journal of Energy and Development 19(2),s. 275-283.

Nachane, D.M., Nadkarni, N.M., Karnik, A.V.,(1988).“Co-integration and Causality Testing of the Energy GDP Relationship: A Cross-Country Study”. Applied Economics, 20 (11), 1511-1531.

Najam, A., Cleveland, C., (2003).“Energy And Asustainable Development At Global Environmental Summits”. An Evolving Agena.Environment, Developmenet and Sustainability.

Narayan, Paresh Kumar, Smyth, Russel (2008).“Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence from Panel Cointegration with Structural Breaks”, Energy Economics, 30, 2331-2341.

Narayan, P.K., Popp, S. (2012).“The Energy Consumption-Real GDP Nexus Revisited: Empirical Evidence From 93 Countries”,Economic Modelling, 29,303-308.

Nazlı, Fatma (2007).“Petrolün Geleceği Ve Türkiye'nin Enerji Gerçeği”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.

Netzer, David., (2006).“Alberta Bitumen Processing Integration Study”, Energy Final Report, Published by Government of Alberta, March 2006, s.10-58.

Newman, B.G., (1974).“Measurements on Savonius Rotor with Variable Gap, Proceedings of the University of Sherbrook Conference on Wind Energy”, Sherbrooke, Quebec, 116s, Canada.

Niang, I., O.C. Ruppel, M.A. Abdrabo, A. Essel, C. Lennard, J. Padgham, and P. Urquhart, (2014): “Africa”. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge

University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, s. 1199-1265.

Nişancı, M. (2005).“Türkiye’de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki”, SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Sayı:9, s.107-121.

Noor, S., and Siddiqi, M. W., (2010) “Energy Consumption and Economic Growth in South Asian Countries: A Co-integrated Panel Analysis”, International Journal of Human and Social Sciences 5, 14, 921.

Nurbay, N., Çınar, A., (2005).“Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması”.

Ocal, O., Aslan, A. (2013).“Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28, 494-499.

Ogueke N. V., E. E. Anyanwu, O. V. Ekechukwu, (2009).“A Review of Solar Water Heating Systems”, Journal of Renewable and Sustainable Energy, American Institute of Physics, s.20.

Oğuz Selami (2008). “Yenilenebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 17-19 Aralık 2008: 484.

Olgun, Hayati (2009), “Küçük Hidroelektrik Santralleri”, Bilim ve Teknik Dergisi, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.51.

Ong, Y.K., Bhatia, S.,(2010).“The Current Status And Perspectives Of Biofuel Production Via Catalytic Cracking Of Edible And Non-Edible Oils”,Energy, 35,111-119.

Osso A., Walsh T., Gottfried D. (1996).“Sustainable Building Technical Manual”, Public Technology Inc.: New York.

Özdemir, M. T., A. Orhan, M. Cebeci, (2011). “Çok Küçük Hidrolik Potansiyellerin Enerji Üretim Amacı İle Yerel İmkânlarla Değerlendirilmesi”, Ulusal Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Bildiri Kitabı-1, 371-375.

Öztürk, İ., Acaravcı, A. (2010).“The Causal Relationship between Energy Consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence from ARDL Bound Testing Approach”. Applied Energy. 87, s.1938–1943.

Öztürk Nihat, Bilgiç Mehmet, Arslan Cemali, (2009). “Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’deki Hidrojen Potansiyeli”. [http://www.emo.org.tr/ekler/51c5ffd6b62cc21\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/51c5ffd6b62cc21_ek.pdf).

Pamir, A. N., (2006).“Enerji Güvenliği, Stratejik Öngörü 2023”, Avrasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (ASAM), Avrasya-Bir Vakfı Yayını,Ekim 2006, Ankara :s.4.

Panwara, N.L., Kaushik, S.C. ve Kotharia, S. (2011).“Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.15, 1513-1524.

Pao, H.T., H.C. Fu, (2013).“Renewable Energy, Non-renewable Energy and Economic Growth in Brazil”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, s. 381-392.

Paska, J., Sa"ek M., SurmaT. (2009). “Current status and perspectives of renewable energy sources in Poland”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, c.13, s.142-154.

Pelc, R., Fujita, R.M., (2002).“Renewable Energy from the Ocean”, Marine Policy 26, s.471-479.

Perron, Pierre (1989).“The Great Crash, The Oil Price Shock, And The Unit Root Hypothesis”, Econometrica, Vol. 57, No. 6, s.1361-1401.

Pindyck, R., D. Rubinfeld (1991).“Econometric Models And Economic Forecasts” Mcgraw-Hill Company.

Pohit, S., Biswas, P.K., Kumar, R., Jha, J.,(2009).“International experiences of ethanol as transport fuel: Policy implications for India”,Energy Policy,37,4540-4548.

Polat, Cihat; Kılınç, Nurcan (2007).“Dünya’da ve Türkiye’de yeni bir pazarın doğuşu, gelişimi ve paylaşımı: “Hidrojen enerjisi ve hidrojen teknolojisi ürünleri” pazarı”. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi ISSN: 1303-5134.

Pollitt, H., Barker A., Barton J., Pirgmaier E., Polzin C., Lutter S., Hinterberger F., Stocker A. (2010).“A Scoping Study on the Macroeconomic View of Sustainability”, Final report for the European Commission, DG Environment, Cambridge Econometrics and Sustainable Europe Research Institute.

Ponta, F. L., & Jacovkis, P. M. (2008).“Marine-current power generation by diffuser-augmented floating hydro-turbines” Renewable Energy, 33(4), 665-673.



Potential of Laser For SPS Power Transmission. HCP/R-4024-07, October 1978. 112 pages. (f)

Poudineh, Rahmatallah, Anupama S., Fattouh B., (2016).“Advancing Renewable Energy in Resource-Rich Economies of the MENA”, September 2016. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Prasad, S., Singh, A., Joshi, H.C. (2007).“Ethanol As An Alternative Fuel From Agricultural, Industrial And Urban Residues”, Resources, Conservation and Recycling, 50, 1-39.

Prieur-Vernat, A., His, S. (2007).“Biofuels Worldwide”, IFP, <http://www.ifp.fr>

Prug, Thomas, Flavin, Christopher, Savin, Janet L. (2005).“Petrol Ekonomisini Değiştirmek, Dünyanın Durumu 2005 Küresel Güvenliği Yeniden Tanımlamak, TEMA Vakfı Yayınları, İstanbul, s.125-153.

Ragauskas A.J., Williams C.K., Davison B.H., Britovsek G., Cairney J., Eckert C.A., Frederick W.J. Jr, Hallett J.P., Leak D.J., Liotta C.L., Mielenz J.R., Murphy R., Templer R., Tschaplinski T.,(2006).“The Path Forward for Biofuels and Biomaterials”, Science, 311, 484-489.

Rainer Hinrichs-Rahlwes, “Renewable Energy: Paving the Way Towards Sustainable Energy Security Lessons Learnt from Germany”, Renewable Energy, Cilt. 49, 2013, ss. 10-14.

Rajeshwar Krishnan, Robert McConnell, Stuart Licht (2008).“Solar Hydrogen Generation, Toward a Renewable Energy Future”, Springer Science and Business Media, LLC., USA, s.12.

Rapier, R. (2011).“The Global Petroleum Picture”,: (Ed: Andrew Schmitz, Nolbert L. Wilson, Charles B. Moss ve David Zilberman), The Economics of Alternative Energy Sources and Globalization, USA, Bentham Science Publishers, s.3-12.

Reupke, P., ve Probert, S.D.,(1991).“Slatted-Blade Savonius Wind-Rotors”, Applied Energy, Vol.40.

Robert L. Evans, Fueling Our Future, An Introduction to Sustainable Energy, Cambridge University Press, UK, 2007, s.93.

Robert, A. (2017), “France’s energy transition could create a million jobs,” EurActiv, 13 January, [www.euractiv.com/section/climate-environment/news/frances-energy-transition-could-create-a-million-jobs/](http://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/frances-energy-transition-could-create-a-million-jobs/).

Robinson, David, (2013).“Living with Intermittent Renewable Power: Challenges for Spain and the EU”. Oxford Energy Comment. The Oxford Institute for Energy Studies.

Romano, A. A. ve Giuseppe, S. (2013).“Energy Consumption–Gross Domestic Product Causal Relationship In The Italian Regions”, Classification and Data Mining, Springer Berlin Heidelberg, (4), 279-286.

Rudkin, E. (2005)., World Energy Council: Marine Current Energy.

Roselyne J., Ronald D. R. (2011).“Energy Consumption And Real Income: A Panel Cointegration Multi-Country Study”, The Energy Journal, International Association for Energy Economics, 0 (2), 107-142.

Runge, C.F., Senauer, B. (2007).“How Biofuels Could Starve the Poor”, Foreign Affairs.

Rutger A.van Santen, 2007.“Renewable Catalytic Technologies- a Perspective”, Catalysis for Renewables: From Feedstock to Energy Production, der. Gabriele Centi ve Rutger A. van Santen (der.), WileyVCH, Weinheim, s.1.

Rutovitz, J. and Harris, S. (2012).“Calculating global energy sector jobs: 2012 methodology”, Prepared for Greenpeace International by the Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney, s.5.

Rzayeva, Gulmira, (2014). “Natural Gas in the Turkish Domestic Energy Market: Policies and Challenges”, February 2014. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Rzayeva, Gulmira, (2015). “The Outlook for Azerbaijani Gas Supplies to Europe: Challenges and Perspectives”, June 2015. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Rzayeva, Gulmira, (2017). Turkey’s Gas Demand Decline: Reasons and Consequences Oxford Energy Comment February April 2017. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Saatçi, Mustafa ve Dumrul, Yasemin 2013.“The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Structural Break Analysis for Turkey”, International Journal of Energy Economics and Policy, Vol.3, No.1, s.20-29.

Saatçioğlu, Cem , Küçükaksoy, İsmail (2001).“Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi”.

Sadorsky Perry, “Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies”, Energy Policy, Cilt 37, 2009, s.4021-4028.

Saha, D., and Muro, M. (2016), “Rigged: Declining U.S. oil and gas rigs forecast job pain”.

Sancar, M. Selçuk, (1992).“Avrupa Topluluğu’nda Enerji Arzı-Çevre Dengesinin Optimizasyonu ve Türkiye’deki Uygulanabilirliği, Ankara.

Sasaki, S., Tanaka, K. ve Maki, K., (2012) Technology Development Status For Space Solar Power Systems, IAC-12.C3.1.4, The 63rd International Astronautical Congress, Naples, Italy, 1-5 Ekim.

Satellite Power System (SPS) Resource Requirements (Critical Materials, Energy, and Land). HCP/R-4024-02, October 1978.

Satellite Power System (SPS) Financial/Management Scenarios. Prepared by J. Peter Vajk. HCP/R-4024-03, October 1978. 69 pages (a).

Satellite Power System (SPS) Financial/Management Scenarios. Prepared by Herbert E. Kierulff. HCP/R-4024-13, October 1978. 66 pages.(b).

Satellite Power System (SPS) Public Acceptance. HCP/R-4024-04, October 1978. 85 pages. (c).

Satellite Power System (SPS) State And Local Regulations as Applied to Satellite Power System Microwave Receiving Antenna Facilities. HCP/R-4024-05, October 1978. 92 pages. (d).

Satellite Power System (SPS) Student Participation. HCP/R-4024-06, October 1978. 97 pages.(e).

Satellite Power System (SPS) International Agreements. Prepared by Carl Q. Christol. HCP-R-4024-08, October 1978. 283 pages. (g).

Satellite Power System (SPS) International Agreements. Prepared by Stephen Grove. HCP/R-4024-12, October 1978. 86 pages. (h).

Satellite Power System (SPS) Centralization/Decentralization. HCP/R-4024-09, October 1978. 67 pages (i).

Satellite Power System (SPS) Mapping Of Exclusion Areas For Rectenna Sites. HCP-R-4024-10, October 1978. 117 pages.(i).

Satellite Power System (SPS) Laser Studies: Meteorological Effects on Laser Beam Propagation and Direct Solar Pumped Lasers for the SPS. NASA Contractor Report 3347, November 1980. 143 pages. (m).

Satellite Power System (SPS) Public Outreach Experiment. DOE/ER-10041-T11, December 1980. 67 pages. (n).

Satellite Power System Concept Development And Evaluation Program: Power Transmission and Reception Technical Summary and Assessment" NASA Reference Publication 1076, July 1981. 281 pages.  
*<http://www.nss.org/settlement/ssp/library/1981NASASPS-powerTransmissionAndReception.pdf> (o).*

Satellite Power System Concept Development And Evaluation Program: Space Transportation. NASA Technical Memorandum 58238, November 1981. 260 pages(p).

Satman, A., Serpen, U., Korkmaz Başel, E.D., (2007). "An Update on Geothermal Energy Potential of Turkey", Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, 22-24 Jan. 2007.

Say, Nuriye P., Yücel, Muzaffer (2006). "Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on an Economic Growth", Energy Policy, Vol.34, No.18, s.3870-3876.

Sebri, Maamar ve Ousama Ben-Salha (2014). "On The Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO<sub>2</sub> Emissions and Trade Openness: Fresh Evidence From BRICS Countries", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39(2014), s.14-23.

Scott, N., (2006). "Renewable Energy Systems to Enhance the Prosperity of Rural Communities".

Schneider, Mycle, Antony, Froggatt. (2004). "The World Nuclear Industry Status Report 2004", Brussels December 2004.  
*<https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/2004MSC-WorldNuclearReport-EN.pdf>.*

Some Questions And Answers About The Satellite Power System (SPS). DOE/ER-0049/1, January 1980. 47 pages. (k)

Solar Power Satellites. Office Of Technology Assessment, August 1981. 297 pages. (r)

Space-Based Solar Power. United States Department of Energy (DOE) 6 March 2014 (a).

Space-Based Solar Power. ESA-advanced concepts team. Retrieved August 2015 (b).

Space Solar Power Team Breaks Through At D3 Innovation Summit .www.nss.org.

Saraçoğlu, Nedim, (1996). ” Enerji Ormancılığı Projelerinin Türkiyenin Enerji Potansiyeline Katkı Olanakları”, TMMOB, Türkiye 1. Enerji Sempozyumu, 50, Ankara: EMO Yayınları.

Saraçoğlu, Nedim (2003).“ Biyokütlenin Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, Türkiye IV. Enerji Sempozyumu, Ankara.

Serpen, Ü., 2010. Jeotermal Güç Santralleri Ders Notları, İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Bölümü, İstanbul.

Shen, Y., James, C., ve Lin, G. (2011).“The Portfolio of Renewable Energy Sources For Achieving The Three E Policy Goals”, Energy, Vol.36, 2589- 2598.

Sims, R.E.H., Hastings, A., Schlamadinger, B., Taylor, G., Smith, P., (2006).“Energy crops: current status and future prospects”, Global Change Biology 12, 2054–2076.

Sørensen, H. C.; Hansen, R.; Friis-Madsen, E.; Panhauser, W.; Mackie, G.; Hansen, H. H.; Frigaard, Peter Bak; Hald, Tue; Knapp, W.; Keller, J.; Holmen, E.; Holmes, B.; Thomas, G.; Rasmussen, P. (2000). “The Wave Dragon: now ready for tests in real seas”, In Proceedings of the Fourth European Wave Energy Conference, Aalborg, Denmark Aalborg.

Söğüt, Ziya, Oktay, Zuhale (2006), “Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi ve Bir Uygulama”, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı:10, Kütahya.

Spangenberg, J.H. (2000).“Sustainable development concepts and indicators”, Sustainable Europe Research Institute.

Szarka, J., (2004). “Wind power, discourse coalitions and climate change: breaking the stalemate?”, European Environment, 14 (6): 317-330.

Şahbaz, A. & Yanar, R. (2013).“Türkiye’de Toplam ve Sektörel Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin Ekonometrik Analizi”, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, 50 (575), 31-44.

Şahin, Ümit (2012), “Yeşil Düşünceden Yeşil Ekonomiye”, Yeşil Ekonomi, Aşıcı, Ahmet Atıl ve Ümit Şahin (Ed.), Yeşil Ekonomi, İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi, s.22-56.

Şenel, M. C., Koç, E. 2015.“Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme”, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663, s.46-56.

Şengül, S. ve İ. Tuncer, (2006).“Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960-2000”, İktisat İşletme ve Finans Dergisi, Cilt: 21, Sayı: 242, s.69-80.

Shaari, Mohd S., Hussein Nor E. ve Rashid, Intan M. A. (2014).“The Relationship between Energy Use, Economic Growth, and CO2 Emission in Malaysia”, Economics, Management and Financial Markets, Vol.9, No.2, s.41-53.

Shuyun, Y. ve Donghua, Y. (2011).“The Causality Between Energy Consumption And Economic Growth In China: Using Panel Method İn A Multivariate Framework”, Energy Procedia, 5, 808-812.

Shuwen N., Yongxia D., Yunzhu N., Yixin L. ve Guanghua L. (2011).“Economic Growth, Energy Conservation And Emissions Reduction: A Comparative Analysis Based On Panel Data For 8 Asian-Pacific Countries”, Energy Policy, 39 (4), 2121-2131.

Şimşek, N. E. (2005).“Deniz Akımları Enerjisi ve Türbinleri”.

Śmiech, S., Papież, M. (2014).“Energy Consumption and Economic Growth in the Light of Meeting the Targets of Energy Policy in the EU”. 11th International Conference “European Energy Market”, Kraków, Poland.

Soytaş, U., Sarı, R. ve Özdemir, O. (2001) “Energy Consumption and GDP Relation in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis” Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings, 838-844.

Soytas, U. and Sari, R., (2003). “Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 and emerging markets”. Energy Economics 25, 33-37.

State of California Public Utilities Commission (CPUC), (2010) Contract for Procurement of Renewable Energy Resources Resulting from PG&E’s Power Purchase Agreement with Solaren Corporation.

Stern, David (2000). "A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the US Macro Economy", *Energy Economics*, 22, 267-283.

Takahashi, Patrick, Trenka, Andrew (1996). "Ocean Thermal Energy Conversion," John Wiley & Sons, Chichester.

Tang, C. F. & Shahbaz, M. (2013). "Sectoral Analysis of The Causal Relationship between Electricity Consumption and Real Output in Pakistan", *Energy Policy*, 60 (9), 885–891.

Terzi, H. (1998). "Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Sektörel Bir Karşılaştırma", *İktisat İşletme ve Finans*, 13(144): 62-71.

Thomsen, L. (2010). "How 'green' are algae farms for biofuel production". *Biofuels*. 1(4): 515-517.

Thorpe, T W. , 1999 (a). "A Brief Review of Wave Energy", ETSU Report Number R-120.

Thorpe, T.W. 1999(b). "An Overview of Wave Energy Technologies: Status, Performance and Costs", *Wave Power: Moving Towards Commercial Viability*, Broadway House, Westminster, London.

Thorpe, T.W., (2000). "The Wave Energy Programme in the UK and the European Wave Energy Network", Fourth European Wave Energy Conference, Denmark.

Thorpe, T.W., (2001). "Current Status and Developments in Wave Energy", *Proc. of Conference on Marine Renewable Energies*, s.103-110.

Toke, D., Breukers, S., ve Wolsink, M. (2008). "Wind power deployment outcomes: how can we account for the differences?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (4): 1129-1147.

Topal, Murat, Arslan, E. Işıl (2008). "Biyokütle Enerjisi ve Türkiye", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu UTES’2008, İstanbul.

Torunoğlu, Ethem. (1997). "Ekolojik Felaket Eşiği( mi?)", *Ve Kirlendi Dünya*, Öteki Yayınevi, Ankara, s.19-34.

Tsani, Z. S. (2010).“Energy Consumption and Economic Growth: A Causality Analysis for Greece”. *Energy Economics*. 32, 582-590.

Tuğcu, C.T., I. Öztürk, A. Aslan (2012).“Renewable and Non-renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries”, *Energy Economics*, 34, s.1942-1950.

Tulgas O., Demirören A., Gören Ö., Üstün Ö. İstanbul Boğazındaki Akıntı Enerjisi Yardımıyla Elektrik Eldesi.

Turner, G.M. 2008.“A Comparison Of The Limits To Growth With 30 Years Of Reality”. *Global Environmental Change*, 18:397-411.

Tutar, F., Eren M. V. (2011).“Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye”.

Türkyılmaz, O., (2009).“Türkiye'nin Enerji Görünümü”, Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu.

Uğurlu, Örgen (2006).“Türkiye’de Çevresel Güvenlik Bağlamında Sürdürülebilir Enerji Politikaları”, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara. s.2.

Ün, Ümran Tezcan, (2003), “Dalga Enerjisi: Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu”, Ulusal Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu

Ural, Engin (2006).“Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.52.

Urgun, N. (2015).“Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Türkiye’nin Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Harekete Geçirilmesine Yönelik Stratejiler”. Dumlupınar Üniversitesi. 2015, Ağustos 22.

Urbanchuk, J.M. (2017).“Contribution of the Ethanol industry to the Economy of the United States in 2016”, *ABF Economics*, Doylestown, PA, 30 January.

Ushiyama, I. ve Nagai, H., (1988).“Optimum Design Configurations and Performance of Savonius Rotors” *Wind Engineering* Vol. 12 (1), 59-75.

Uyar, Tanay Sıtkı, (1999).“Türkiye Rüzgar Enerjisi Kullanım Programı”, Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye’deki Uygulamaları



Konferansı, Bildiriler Kitabı, 3-4 Nisan 1999, TMMOB İstanbul Şubesi, MMO Yayını, İstanbul.

Uyar, Tanay Sıtkı (2001).“Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu, Rüzgar Enerjisi Dosyası”, Çevre ve Mühendis, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayını, Sayı-21-22.

Uzun, A. (2013). “Toplam Elektrik Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği (1980-2010)”, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 17 (3), 327-344.

Uzunoz, Meral, Akcay, Yaşar (2012).“Türkiye’de Büyüme ve Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi: 1970-2010”, Cankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Vol.3 No.2, s.1-16.

Üstün, Ayhan, (2016).“Yenilenebilir Enerji: Dünya ve Türkiye Uygulamalarına Bakış”, KPMG Gündem 95, Kış 2016.

Valentine Scott Victor (2011).“Emerging Symbiosis: Renewable Energy and Energy Security”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Cilt. 15, s. 4576.

Varınca, Kamil, Gönüllü Mustafa Talha, (2006).“Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Çevresel Olumlu Etkileri”, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES 2006), Isparta, Türkiye.

Veziroğlu, T. N., Ö. F. Noyan, (2003).“21. Yüzyılın Enerjisi: Hidrojen Enerji Sistemi”, TMMOB, Türkiye VI. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 46, Ankara.

Vlahinic, Nela ve Jakovac, Pavle (2014).“Revisiting the Energy Consumption-Growth Nexus for Croatia: New Evidence from a Multivariate Framework Analysis”, Contemporary Economics, 2014, Vol.8, No.4, ss.435-452.

Von Braun, J., (2007).“Promises and Challenges When Food Makes Fuel”, Crawford Fund Conference on Biofuels, Energy, and Agriculture-Powering Towards World Food Security, Canberra, Avustralya.

Walter, A., (2006).“Biofuels in developing countries and rapidly emerging economies–Socio-economic and political aspects”, Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy, 16-17 Mayıs, Berlin, Almanya.

Wei, M. , S. Patadai, & D. M. Kammen, (2010).“Putting renewable and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?” *Eenergy Policy*, Vol. 38, s.919-931.

Winrow, G., (2007).“Geopolitics And Energy Security in The Wider Black Sea Region”. *Southeast European and Black Sea Studies*, 7 (2), s.217-235.

Wolfram, C., Shelef, O., Gertler, P. (2012).“How Will Energy Demand Develop in The Developing World” *NBER Working Paper Series*, Working Paper No.17747, s.1-23. <http://www.nber.org/papers/w17747>

Yağlı, İbrahim M., (2008). “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar Enerjisi”.

Yalta A. Talha (2011).“Analyzing Energy Consumption and GDP Nexus Using Maximum Entropy Bootstrap: The Case of Turkey”, *Energy Economics*, 33, s.453-460.

Yamada, Makio, (2016).“GCC–East Asia Relations in the Fields of Nuclear and Renewable Energy: Opportunities and Barriers”, September 2016. The Oxford Institute for Energy Studies. University of Oxford.

Yanar, Rüstem, Kerimoğlu, Güldem (2011).“Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi”, *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, Vol.3, No.2, s.191-201.

Yang, H., (2000).“A Note on The Causal Relationship Between Energy and GDP in Taiwan”, *Energy Economics*, Vol.22, s.309-317.

Yergin Daniel, (2011).“The Quest: Energy, Security and the Remaking of the Modern World”, The Penguin Press, New York, s.13.

Yıldırım, M.(2006).“Hidrojenle Birlikte Yenilenme Süreci Başladı”, *Termodinamik Sayı*: 170, Ekim.

Yıldız, Ercan, Aslan Ali Rüstem, (2015).“Günebakan: Uzay Tabanlı Güneş Enerji Sistemi”. *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi Ocak 2015*, Cilt 8, Sayı 1 (27-38).

Yıldız, Mustafa, (2006).“ Dünya’da ve Türkiye’de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Yılmaz, Vedat, (2009).“Sürdürülebilir Bir Sistemde Biyogazın Yeri”. 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiri Kitabı, 213, Ankara:Emo Yayınları.

Yılmaz, Zerrin (2004).“Türkiye ve Enerji, Politikalar, Kapasite, Üretim ve Harcamalar Üzerine Derlemeler”.

Yılmaz, Selen Arlı, (2014).“Yeşil İşler ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alanındaki Potansiyeli”, TC Kalkınma Bakanlığı, Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No: 2887.

Yılmaz, Alper, Kelleci, Serap Ürüt, Bostan, Aziz (2016). “Türkiye Ekonomisinde Sektörel Enerji Tüketiminin Ayrıştırma Yöntemiyle Analizi”, Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 31 (2), s.1-27.

Yi-Chong, X., (2006). “China’s Energy Security”. Australian Journal of International Affairs, 60 (2), 265-286.

Yorgancılar, N. S., Kökçüoğlu, H. (2009).“Pompaj Depolamalı Santrallerin Türkiye’de Geliştirilmesi, Türkiye 11. Enerji Kongresi, 21-23 Ekim 2009.

Young, Russell J. De (1989).“Second Beamed Space-Power Workshop” Proceedings of a workshop sponsored by the National Aeronautics and Space Administration and held at NASA Langley Research Center Hampton, Virginia February 28-March 2, 1989.

Yu, Eden S. H. ve Dennis B. K. Hwang(1984).“The Relationship Between Energy and GNP”, Energy Economics, 6, 186-190.

Yu, E.S.H. ve Choi, J.Y. (1985) The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison, Journal Energy Development, 10, 249- 272.

Yu, Eden S. H. ve Jang C. Jin(1992). Cointegration Tests of Energy Consumption, Income and Employment, Resources and Energy, 14, 259-266.

Yuan Jian-Hai, Jian-Gang Kang, Chang-Hong Zhao ve Zhao-Guang Hu,(2008). “Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from China at both Aggregated and Disaggregated Levels”, Energy Economics, Cilt. 30, s. 3078.

Yüksel, D. ve Kaygusuz, K. (2011), “Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 4132-4144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.007>

Zhu, S., Wu, Y., Yu, Z., Zhang, X., Wang, C., Yu, F., Jin, S., Zhao, Y., Tu, S., Xue, Y.,(2005)."Simultaneous Saccharification and Fermentation of Microwave/Alkali Pre-treated Rice Straw to Ethanol", *Biosystems Engineering*, 92, 229-235.

Zilberman, D., (2007). “Global Biofuel Developments: Modeling the Effects on Agriculture: Workshop Discussion and Summary”.  
<http://www.farmfoundation.org/projects/documents/Zilbermansummary.pdf>.

Zivot, E., D. W. K. Andrews (1992).“Further Evidence On The Great Crash, The Oil Price Shock Ans Unit Root Hypothesis”, *Journal of Business & Economic Statics*, Vol. 10, No.3, s.251-270.

## **BÜLTEN VE RAPORLAR**

ABIOVE (Brezilya Bitkisel Yağ Endüstrisi Birliği), (2017). “Biodiesel: Production and Delivery - December 2016,”  
[www.abiove.com.br/site/index.php?page=statistics&area=MTAtMi0x](http://www.abiove.com.br/site/index.php?page=statistics&area=MTAtMi0x).

American Wind Energy Association (AWEA), (2009). Annual Wind Industry Report; Year Ending 2008.

Asociación de Productores de Energía Renovables (APPA) (2016), Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2015, Madrid.

Aquatic Renewable Energy Technologies (Aqua-RET), (2006). The Case Study “The Race Rocks Tidal Energy Project”.

Australian Renewable Energy Agency (ARENA). “What is Renewable Energy?”,  
<http://arena.gov.au/about-renewable-energy>.

Business Council for Sustainable Energy (BCSE) Business Council for Sustainable Energy, BNEF (2017), 2017 Sustainable Energy in America Factbook.

British Petroleum (BP) Statistical Review of World Energy (a).

British Petroleum (BP) (2009), Statistical Review Of World Energy, June 2009, Consumption, s.38.

British Petroleum (BP) (2015), BP Energy Outlook 2035, Şubat 2015, s.11.

British Petroleum (BP) 2016, “Statistical Review of World Energy, E1-Electricity Generation”, Haziran 2016.

Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) (2016).“Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche(Photovoltaik),” [www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2016\\_3\\_BSW\\_Solar\\_Faktenblatt\\_Photovoltaik.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2016_3_BSW_Solar_Faktenblatt_Photovoltaik.pdf).

Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) (2017).“Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche(Photovoltaik),” [www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user\\_upload/bsw\\_faktenblatt\\_pv\\_2017\\_2.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/bsw_faktenblatt_pv_2017_2.pdf).

China National Renewable Energy Centre (CNREC) (2016). Communication with experts, March 2016.

China National Renewable Energy Centre (CNREC) (2017), Communication with experts, March 2017.

Dalkır Özcan, Şeşen Elif, (2011).“Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik”, MRK Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2004). Genel Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji, Ankara, Aralık 2004.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), 2004-2008 Enerji Raporu.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) 2007-2008 Enerji Raporu.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2014). Enerji Raporu 2013, Ankara.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) (2000). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT Yayını, Ankara.

Department of Trade and Industry (DTI) (2002)., Future Offshore, A Strategic Framework for the Offshore Wind Industry”.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü/Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (EİE/YEGM) (2012).

Enerji-Kojenerasyon Dünyası (2006). “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Gelecek Senaryoları”, İstanbul.

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) (2007). İzmir Şubesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu Bildiri Kitabı, İzmir, Mart 2007, s.73.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)

<http://www2.epdk.org.tr/lisans/elektrik/lisansdatabase/uygunuretim.asp>

European Photovoltaic Industry Association (EPIA) (2011).,Greenpeace International, Solar Generation 6: Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World.

European Renewable Energy Council (EREC) (2004). Renewable Energy Target for Europe, Brussel, s. 14-15,

European Renewable Energy Council (EREC) (2008). European Renewable Energy Council, Renewable Energy Technology Roadmap 20% by 2020.

European Renewable Energy Council (EREC) (2012). European Renewable Energy Council, Global Wind Energy Council (GWEC), Greenpeace International, Energy [r]evolution: A Sustainable World Energy Outlook, ed. DAWE A., SHORT, R., AUBREY, C., 4th edition, July 2012. :s. 196-197.

EurObserv’ER, (2010). The State of Renewable Energies in Europe,10th EurObserv’ER Report.

EurObserv’ER, (2017).

European Commission, (2013) (a), “EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050, Reference Scenario 2013”

European Commission, (2014) (a), “EU Energy in Figures, Statistical Pocket Book 2014”

European Commission, (2014) (b) DG-ENER-A4, “Energy-Country Factsheets”, 2014 V3.0, Eylül 2014

European Commission, (2016) (a) “EU Reference Scenario 2016, Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050”.

European Commission 2016 (b), “EU Energy in Figures, Statistical Pocket Book 2016”, Belçika, 2016.

Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO) (2007).

F.O. Licht; (2009). World Ethanol and Biofuels Report 2009, <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/Crude1.xls>.

Geothermal Energy Association (GEA) (2009), Geothermal Energy and Jobs.

Geothermal Energy Association (GEA) (2013). Geothermal power: International market overview 2013, <http://geo-energy.org/events/2013%20International%20Report%20Final.pdf>

Geothermal Energy Association (GEA) (2016). “2016 Annual US&Global Geothermal Power Production Report”, Geothermal Energy Association, <http://geo-energy.org/reports/2016/2016%20Annual%20US%20Global%20Geothermal%20Power%20Production.pdf>

Global Insight (2008), U.S. Metro Economies: Current and Potential Green Jobs in U.S. Economy, s. 13.

GREENPEACE, Future Investment, A Sustainable Investment Plan For The Power Sector To Save The Climate, Report Global Financial Energy Investment, EREC, European Renewable Energy Council, 2007, s. 21.

GREENPEACE ve EREC (2007). Enerji Devrimi: Sürdürülebilir Bir Dünya İçin Enerji Yol Haritası.

Global Wind Energy Council (GWEC) (2006)., Greenpeace International, Global Wind Energy Outlook 2006, September 2006, s.38.

Global Wind Energy Council (GWEC) (2013). Global Wind Statistics (2012).

Global Wind Energy Council (GWEC) (2015). Global Wind 2014 Report.

Global Wind Energy Council (GWEC) (2016). [http://www.gwec.net/wpcontent/uploads/vip/GWEC\\_PRstats2016\\_EN\\_WEB.pdf](http://www.gwec.net/wpcontent/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf), 10 Şubat 2017.

Global Wind Energy Council (GWEC)(2017), Global Wind Statistics 2016, Brussels.

Heinrich Böll Stiftung (HBS) France (2016), Un Million d'Emplois pour le Climat, Paris.

Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu Aralık (2007), Ankara

International Atomic Energy Agency (IAEA) (2008). "Competitiveness of Nuclear Energy: IAEA's Perspective and Study Results for Europe", 3rd International Conference on Energy in Central and Eastern Europe, November, Bucharest, Romania.

International Atomic Energy Agency (IAEA) (2015). Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı "Power Reactor Information System (PRIS)", <http://www.iaea.org/pris/>

International Atomic Energy Agency (IAEA)(a) (2015). International Atomic Energy Agency, Nuclear Power Reactors In the World, Reference Data Series No. 2, Viyena, s.10.

International Labour Office (ILO) (2011)(a), Assessing green jobs potential in developing countries: A practitioner's guide, Geneva, 2011 :s. 8.

International Labour Office (ILO) (2011)(c). Skills and Occupational Needs in Renewable Energy, International Labour Office and European Commission, Geneva, 2011 :s. 37.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2011). <http://www.irena.org/DocumentDownloads/factsheet/factsheet.pdf>

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2011) (b). Preparatory Commission For International Renewable Energy Agency, January 2011, [https://www.irena.org/DocumentDownloads/newsletter/IRENA\\_brochure\\_Jan-2011.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/newsletter/IRENA_brochure_Jan-2011.pdf)

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2014), Intercoal Renewable Energy Agency, Renewable Energy and Jobs- Annual Review 2014. Abu Dabi: IRENA.



International Renewable Energy Agency (IRENA) (2016). Annual Review 2016 Renewable Energy and Jobs. [http://seforall.org/sites/default/files/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_Annual\\_Review\\_2016.pdf](http://seforall.org/sites/default/files/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf)

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017) (a), RETHinking Energy 2017: Accelerating the global energy transformation, Abu Dhabi.

International Renewable Energy Agency (IRENA) (b). Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System. [www.irena.org/DocumentDownloads/](http://www.irena.org/DocumentDownloads/)

International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017) (c). Renewable Energy and Jobs Annual Review 2017.

Japan Photovoltaic Energy Association (JPEA) (2016). Communication with experts, March 2016.

National Hydropower Association (NHA), (2009). Navigant Consulting, Job Creation Opportunities in Hydropower: Executive Summary, ABD Ulusal Hidroenerji Birliği için Yapılan Sunum.

Organisation for Economic Co-operation and Development/ International Energy Agency (OECD/IEA) (2009). Cities Towns and Renewable Energy, s.71.

Petrotürk, 2010. Altan Kolbay, “Türkiye’nin En Büyük 22 Enerji Şirketi”,

PricewaterhouseCoopers (PWC), Solar Trade Association (STA) (2016), Seeing through the Gloom. UK Solar Seeks Stability after Subsidy Cuts, [www.pwc.co.uk/power-utilities/assets/solar-report-2016.pdf](http://www.pwc.co.uk/power-utilities/assets/solar-report-2016.pdf).

Renewable Energy Association (REA) (2015), REview 2016, Renewable Energy View, 25 May, [www.r-e-a.net/resources/rea-publications](http://www.r-e-a.net/resources/rea-publications).

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21, 2006. Renewables Global Status Report

REN21, 2009. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century; (2009), Renewables Global Status Report: 2009 Update, REN21 Secretariat, Paris, France, s.9.

REN21, 2011. Renewable Energy Policy Network, Renewables 2011 Global Status Report

REN21, 2012. Renewable Energy Policy Network for 21st Century, Renewables 2012 Global Status Report, REN21 Secretariat, Paris, s.27

REN21, 2014. Renewables 2014 Global Status Report, Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris.

REN21, 2015. Renewables 2015 Global Status Report. Paris : REN:21.  
Renewables 2016 Global Status Report

REN21, 2017 Renewables Global Futures Report: Great debates towards 100% renewable energy (Paris: REN21 Secretariat).

Solar Foundation (2017), National Solar Jobs Census 2016. Washington, DC, January.

EY(2015). Solar Power Europe“Solar Photovoltaics Jobs & Value Added in Europe”,[www.solarpowereurope.org/fileadmin/user\\_upload/documents/Media/Jobs\\_\\_\\_Growth.pdf](http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Media/Jobs___Growth.pdf)

T.C. Başbakanlık Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı (TYDTA), (2012).  
<http://www.invest.gov.tr/tr-TR/theagency/Pages/OurServices.aspx>

T.C. Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi Başkanlığı 30.06.2015. Uzay Ve Havacılık Teknolojileri Ar-Ge Konuları.

T.C. Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi Başkanlığı 30.06.2015. Uzay Ve Havacılık Teknolojileri Ar-Ge Konuları.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2010).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2011).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2012).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)(2013) (a). 2014 Yılı Bütçe Sunumu. Ankara: Strateji Geliştirme Başkanlığı. 13 Aralık 2013, s.11.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2014) (Mavi Kitap) ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, Mavi Kitap 2014, Ankara.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2014). Genel Enerji Denge Tabloları-Mavi Kitap 2014. Ankara.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2014) (a). Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı”. Aralık 2014

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2014) (b).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2016). “2016 Yılı Bütçe Sunumu”, 03 Mart 2016.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2016) (b) 2017 Yılı Bütçe Sunumu, 8 Kasım 2016.

T.C. Kalkınma Bakanlığı, Orta Vadeli Program (2013-2015).

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2012), Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi. <http://www.solar-academy.com/menus/Yenilenebilir-Enerji-Teknolojileri-Kaynaklari-Onemi.164622.pdf>.

The International Energy Agency (IEA) (2008), World Energy Outlook 2008.

The International Energy Agency (IEA) (2009), Renewables Information, s.4.

The International Energy Agency (IEA) (2009)(a), Global Renewable Energy Policies and Measures 2009.

The International Energy Agency (IEA) (2009)(b).IEA ülkelerinin Enerji Politikaları-Türkiye, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/fr/EV/2009/turkey2009.pdf>

The International Energy Agency (IEA) (2009)(c).IEA Statistics, Renewables Information, s. 18.

The International Energy Agency (IEA) (2009)(d). IEA Statistics, Renewables Information, s. 4,8.

The International Energy Agency (IEA) (2010). Projecting Costs of Generating Electricity, International Energy Agency-Nuclear Energy Agency Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

The International Energy Agency (IEA) (2011). “Technology Roadmap-Geothermal Heat and Power”, [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_roadmap.pdf).

The International Energy Agency (IEA) (2011) (a), Deploying Renewables 2011, OECD/IEA, Paris.

The International Energy Agency (IEA) (2012) (b). World Energy Outlook 2012.

The International Energy Agency (IEA) (2012) (c). Renewables Information 2012, IEA Statistics, 2012.

The International Energy Agency (IEA) (2012) (d). Key World Energy Statistics 2012, Paris.

The International Energy Agency (IEA) (2012) (e). “Technology Roadmap-Bioenergy for Heat and Power”, [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012\\_Bioenergy\\_Roadmap\\_2nd\\_Edition\\_WEB.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Bioenergy_Roadmap_2nd_Edition_WEB.pdf).

The International Energy Agency (IEA) (2013) (a). Key World Energy Statistics 2012, [www.iea.org/publications/.../kwes.pdf](http://www.iea.org/publications/.../kwes.pdf).

The International Energy Agency (IEA) (2013) (b). “World Energy Outlook 2013”.

The International Energy Agency (IEA) (2013) (c). “Technology Roadmap: Wind Energy-2013 Edition”, [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Wind\\_2013\\_Roadmap.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Wind_2013_Roadmap.pdf).

The International Energy Agency (IEA) (2013) (d). World Energy Outlook 2013, IEA, Paris, 2013.

The International Energy Agency (IEA) (2014) (a). “World Energy Outlook 2014”.

The International Energy Agency (IEA) (2014) (b). 2014. World Energy Outlook 2014 Paris: IEA.

The International Energy Agency (IEA) (2015). “World Energy Outlook 2015”.

The International Energy Agency (IEA) (2016). “Energy Policies of IEA Countries–Turkey 2016 Review”, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesofIEACountriesTurkey.pdf>.

The International Energy Agency (IEA) (2016) (b). System Integration of Renewables: Implications for Electricity Security, OECD/IEA, Paris.

The International Energy Agency (IEA) (2016) (c) “World Energy Outlook 2016”

The International Energy Agency/Organisation for Economic Co-operation and Development (IEA/OECD) (2008). International Energy Agency “Key world energy statistics 2008”, Paris.

Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) (2006).“Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Ankara: Türkiye Çevre Vakfı Yayınları.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2016). “Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2016- 2020)”, Eylül 2016.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) 2017 (a). “Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç”, TEİAŞ, [www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls](http://www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls)

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) , 10.03.2017

The Eu Project Better-Introduction to Modelling Framework”, Vienna University of Technology-Energy Economics Group, 15 Mayıs 2014, [http://better-project.net/sites/default/files/Introduction%20to%20the%20modeling%20framework\\_TUWIEN.pdf](http://better-project.net/sites/default/files/Introduction%20to%20the%20modeling%20framework_TUWIEN.pdf)

The National Academies Press, Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass, Technological Status Costs and Environmental Impacts, USA, 2009, s.50

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Makine Mühendisleri Odası, (2014). Oda Raporu: “Türkiye'nin Enerji Görünümü”, Üçüncü Baskı, Haziran 2014 Ankara, yayın no: MMO/616. [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/9aca139809cf620\\_ek\\_0.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/9aca139809cf620_ek_0.pdf)

TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu (2011), Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, Kocaeli, Marka Yayınları, Temmuz 2011.

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) (2003). “Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu”, 24 Temmuz 2003 Ankara, s.21.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) (2014). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, 2014 Temmuz, Ankara.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (Turkish Wind Energy Association) (TÜREB) (2016), Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu (Turkish Wind Energy Statistics Report), July 2016.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) (2016) (a), Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Rüzgar Enerjisi ve Etkileşim Raporu, Esip Geçmesin: Her YIL 1000 MW RES ile Türkiye değişir, Kasım 2016.

Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) (1998), 21. Yüzyıla Girenken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, İstanbul.

Wave Energy Utilization In Europa, (2003):Current Status and Perspectives, Produced by Centre for Renewable Energy Sources (CRES).

World Energy Council (WEC) (2010). Survey of Energy Resources, London.

World Energy Council (WEC), 2015. "2015 World Energy Issues Monitor", Londra

World Wind Energy Association (WWEA), World Wind Energy Report 2008, WWEA Publication, Germany, 2009, s.7.

World Wind Energy Association (WWEA), World Wind Energy Report 2009, Mart 2010.

World Wind Energy Association (WWEA), World Wind Energy Report 2010, Nisan 2011.

World Wind Energy Association (WWEA), World Wind Energy Report 2011, Mayıs 2012.

World Wind Energy Association (WWEA) (2014). Half Year Report-2014, World Wind Energy Association, Bonn, Almanya.

World Wind Energy Association (WWEA) (2015). Quarterly Bulletin Special Issue 2015 s.21.

World Wide Fund For Nature (WWF) (2011). "The Energy Report: %100 Renewable Energy by 2050"

World Wide Fund For Nature (WWF) (2012). "Solar PV Atlas: Solar Power in Harmony with Nature" Towards 100 per cent renewable energy, [http://awsassets.panda.org/downloads/solar\\_atlas\\_\\_low\\_res\\_\\_final\\_8\\_jan\\_2013\\_\\_1\\_.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/solar_atlas__low_res__final_8_jan_2013__1_.pdf)

Worldwatch Institute (2009), PV News, "Solar PV Industry Reports", March, Washington, USA, s.17.

Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, TBMM Enerjiye ve Enerji Verimliliğine Bakış Açıları Paneli, 15-16 Ocak 2009, s.16.

The United Nations Environment Programme/ International Labour Organization/ The International Organisation of Employers/ International Trade Union Confederation (UNEP/ ILO/ IOE / ITUC) (2008). Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low- Carbon World, United Nations Environment Programme, Nairobi, September 2008.

The United Nations Environment Programme UNEP, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, Renewable Energy: Investing in Energy and Resource Efficiency, 2011. (2011a)

The United Nations Environment Programme UNEP. (2015). Global Trends in Renewable Energy Investment. [http://fs-unepcentre.org/sites/default/files/attachments/unep\\_fs\\_globaltrends2015\\_chartpack.pdf#overlay-context=publications/global-trends-renewable-energyinvestment-2015](http://fs-unepcentre.org/sites/default/files/attachments/unep_fs_globaltrends2015_chartpack.pdf#overlay-context=publications/global-trends-renewable-energyinvestment-2015).

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.228.

U.S. Department of Energy (DOE) (2001). National Renewable Energy Laboratory (NREL), Careers in Renewable Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse, DOE/GO 102001-1130, s.6-7.

U.S. Department of Energy/International Energy Agency (DOE/IEA) (2009). Publications, Energy Information Administration (EIA), International Energy Outlook 2009, U.S. Department of Energy, May 2009, s.3.

U.S. Energy Information Administration “International Energy Statistics”.

U.S. Energy Information Administration Office (EIA) (2012). Annual Energy Outlook 2012 with Projections to 2035, U.S. Department of Energy, Office, Washington, DC 20585.

U.S. Energy Information Administration Office (EIA) (2013)., “International Energy Outlook 2013”, Temmuz 2013.

U.S. Energy Information Administration Office (EIA) (2015). “International Energy Statistics”.

U.S. Energy Information Administration Office (EIA) (2015) (a). Annual Energy Outlook 2015: With Projections to 2040, EIA, U.S, Nisan 2015, s. 9.

U.S. Energy Information Administration Office (EIA) (2016). "International Energy Outlook 2016", Mayıs 2016.

U.S. Energy Information Administration Office (EIA) (2017), "US Biodiesel production capacity and production," [www.eia.gov/biofuels/biodiesel/production/table1.pdf](http://www.eia.gov/biofuels/biodiesel/production/table1.pdf).

### KİTAPLAR VE DERGİLER

Energy World Dergisi, (2015). Sayı: 2, (Nisan 2015).

Ertaş, Cemal (2011). Fizik 9 Ders Kitabı, Ankara: Paşa Yayıncılık.

Heinrich Böll Stiftung Derneği. Enerji Verimliliği Teknik Kitapçığı. İstanbul, (2008) Birinci Baskı.

Keleş R., Hamamcı C., Çoban A. 2009, Çevre Politikası, Ankara: İmge Kitabevi Yayınları.

Lackie Jones (2009), Renewable Energy World Magazine, Volume 12, Number 1, January-February, s.10.

O'Neill, Gerard K.(1977), "The High Frontier, Human Colonies in Space", ISBN 0-688-03133-1, s.57.

Özer, Zuhul (1996). "Yeryüzündeki Gün Işığı Deposu: Biyokütle", Bilim ve Teknik Dergisi, c.342: 59.

Özkaya, Simla Yasemin, (2004). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları", T.C. Dışişleri Bakanlığı Yayınları Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, (XIV).

Özgür Bora Özkul (2010). "21. Yüzyılda Enerji Güvenliği", Stratejik Öngörü Stratejik Araştırmalar Dergisi, Sayı: 15-16, s.49-62.

Parfit, Michael (2005). "Alternatif Enerji", National Geographic, Ağustos 2005, s.76-106.

Rooney, Anne (2008). "Solar Power", Gareth Stevens Publishing, USA, 2008, s.20-22.



Soerensen, H.C., Hansen, R., Madsen; E.F., Panhauser, W., Mackie, G., Hansen, H.H., Frigaard, P., Hald, T., Knapp, W., Keller, J., Holmen, E., Holmes, B., Thomas, G., Rasmussen, P., Krogsgaard, J., (2000) “The Wave Dragon- Now Ready for Test in Real Sea”, [http://www.wave-energy.net/Library/WaveDragon\\_dec\\_2000.pdf](http://www.wave-energy.net/Library/WaveDragon_dec_2000.pdf)

Stoneman, P., (1995). Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change. Blackwell, Oxford.

Şahin Mükerrerem (2006). “Hidrojen Enerjisi Teknolojileri”, Anıl Matbaacılık, Mayıs 2006, Ankara, 2006, s.10.

Şen, Zekai, (2009). Temiz Enerji Kaynakları ve Modelleme İlkeleri, Su Vakfı Yayınları.

Schlager Neil and Weisblatt J. (2006). Alternative Energy Volume Three, Library of Congress Cataloging in Publication Data, s.333.

Tabak John Ph. D., (2009).“Natural Gas and Hydrogen”, Energy and the Environment, Facts on File Inc. An Imprint of Infobase Publishing, USA, 2009, s.156.

Twidell John, Weir Tony,(2005).“Renewable Energy Sources”, Second Edition, s.183.

Türe, Semra, (2001).“Biyokütle Enerjisi”, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, No 7, TÜBİTAK Matbaası, Ankara.

Ültanır, M.Ö.(1996). “21. Yüzyılım Eşiğinde Güneş Enerjisi”, Bilim ve Teknik, Sayı: 340, sayfa 50-55, Mart 1996.

Williams J. Richard (1974).“Solar Energy Technology and Applications”, Ann Arbor Science Publishers, 1974, USA, s.54-55.

Yerebakan Metin, Mikro Enerji Santralleri, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.223.

Yılmaz Gaye (2009), Suyun Metalasması, Sosyal Arastırmalar Vakfı (SAV) Yayını, İstanbul, Eylül 2009, s.278

Yumurtacı, Z., Bekiroğlu, N., Akaryıldız, E., “Hidrojen Enerjisi Kullanımında Temel Kriterler”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, Kasım-Aralık 2002, 38-50.

### WEB SİTELERİ

Alternative Energy, Alternative Energy Solutions for the 21st Century.  
<http://www.altenergy.org/renewables/renewables.html>

Alternaturk, <http://www.alternaturk.org/otec.php>

Anno 2070 Wiki. [http://anno2070.wikia.com/wiki/Marine\\_Current\\_Power\\_Plant](http://anno2070.wikia.com/wiki/Marine_Current_Power_Plant)

Archimedes Wave Swing Web Sayfası, <http://www.waveswing.com>

Atıg Yatırım Menkul Değerler A.Ş., 2015, Ocak. [www.atig.com.tr](http://www.atig.com.tr). Ekim 25, 2015.  
[http://www.atig.com.tr/arastirma/raporlar/tr/enerji\\_sektorune\\_bakis\\_201522012015111505.pdf](http://www.atig.com.tr/arastirma/raporlar/tr/enerji_sektorune_bakis_201522012015111505.pdf)

Bakır, N. Nadi, 2001. Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyelinin Yeniden Değerlendirilmesi

Bigumigu, <http://bigumigu.com/haber/dunyanin-ilk-ucan-ruzgar-turbini/>

Biyoeanol ve Biyoeanol Üretimi, Konya Şeker,  
[http://www.konyaseker.com.tr/?sayfa=icerik&p\\_gid=208&text=208](http://www.konyaseker.com.tr/?sayfa=icerik&p_gid=208&text=208), 2010.

Biyoeanol Fiyat Analizi, 2010. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü,  
[http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/biyoenenerji/03-biyoeanol/be\\_fiyat.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/biyoenenerji/03-biyoeanol/be_fiyat.html), 2010.

Brainyquote (a), Mark Z. Jacobson.  
<https://www.brainyquote.com/quotes/quotes/m/markzjaco551095.html>

Brainyquote (b), Mark Z. Jacobson.  
<https://www.brainyquote.com/quotes/quotes/m/markzjaco551093.html>

Brainyquote (c), Mark Z. Jacobson.  
<https://www.brainyquote.com/quotes/quotes/m/markzjaco551094.html>

Central Intelligence Agency, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2232rank.html>.

Cihan Özdemir, 9 Haziran. Bir Mühendisin Sayısal Notları.  
<http://www.cihanozdemir.com/2008/06/ucan-ruzgar-turbinleri.html>

Clement, A., McCullen, P., Falcao, A., Fiorentino, A., Gardner, F., Hammarlund, K., Lemonis, G., Lewis, T., Nielsen, K., Petroncini, S., Pontes, M.T., Schild, P.,

Sjöström B.O., Sorensen, H.C., Thorpe, T., “ Wave Energy in Europe: Current Status and Perspectives”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 6, s.405-431, 2002.

Cumhuriyet Gazetesi, “Lisans Sorununu Çözmek Şart”, 25.10.2006.

Çokan, A. Metin, “Dalga Elektrik Santralleri”

[http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji\\_kongresi\\_11/112.pdf](http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_11/112.pdf)

Creative Science and Research. Fuel From Water, New Albany USA, 2004

Denizden Enerji Temini, 20.06.2008. <http://enginsalli.blogcu.com/denizden-enerji-temini/3576027>

Dr. Pete Worden on thespaceshow. [www.thespaceshow.com](http://www.thespaceshow.com).

DSİ Genel Müdürlüğü , 2010. <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>

Dünyalılar, 23/11/2013. 2035’te Enerjimiz Uzaydan Gelecek <http://dunyalilar.org/2035te-enerjimiz-uzaydan-gelecek.html/>

Economist’s View, Paul Krugman. Nuclear Energy Should Not Be the Main Answer to Our Energy Problems, 26.05.2006.

Ekodialog Özgün Ekonomi ve Makale Arşivi. <http://www.ekodialog.com/Konular/dunyada-hidroelektrik-enerjisi-uretimi-ve-politikalari.html>

Elektrikmedya, 29.04.2012. <http://elektrikmedya.com/ruzgar-turbinlerine-giris/>

Elektrik Mühendisleri Odası, [http://www.emo.org.tr/ekler/6a781dbfd8e524b\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/6a781dbfd8e524b_ek.pdf)

Elektrikport, 01.06.2011. Uçan Rüzgar Türbinleri ile daha fazla enerji. <http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/ucan-ruzgar-turbinleri-ile-daha-fazla-enerji/2967#ad-image-0>

Elektrikport (a), 09.11.2011. Gelgit Enerjisinden Elektrik Elde Edilmesi. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/dosya-gelgit-enerjisinden-elektrik-elde-edilmesi/4357#ad-image-0>

Elektrikport, 01.01.2012. <http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/bogazlarin-kesfedilmeyen-yeni-gucu-akinti-enerjisi/3913#ad-image-0>

Elektrikport, 11.10.2013. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/yesilden-gelen-enerji-biyokutle-3-bolum/8982#ad-image-0>

Emlakkulisi, [http://www.emlakkulisi.com/27844\\_bep\\_yonetmeligi\\_yle\\_yilda\\_7\\_milyar\\_dolar\\_enerji\\_tasarufu\\_yapilacak.pdf](http://www.emlakkulisi.com/27844_bep_yonetmeligi_yle_yilda_7_milyar_dolar_enerji_tasarufu_yapilacak.pdf)

Enders, Walter (1995), Applied Econometric Time Series, Birinci Baskı, Wiley

Enerji Atlası. <http://www.enerjiatlası.com/en-yuksek-barajlar/>

- Enerji Atlası (a). <http://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/>
- Enerji Atlası (b). <http://www.enerjiatlası.com/en-buyuk/ruzgar>
- Enerji Atlası (c). <http://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>
- Enerji Atlası (d). <http://www.enerjiatlası.com/gunes/>
- Enerji Atlası (e). <http://www.enerjiatlası.com/gunes-paneli/>
- Enerji Atlası (f). <http://www.enerjiatlası.com/biyogaz/>
- Enerji Atlası (g),2017 . <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/gunes>
- Enerji Atlası (h), 2017. <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/ruzgar>
- Enerji Atlası (ı), 2017. <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/jeotermal>
- Enerji Atlası (i), 2017. <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/hidroelektrik>
- Enerji Beş Temiz Enerji Portalı (EnerjiBES), 31.05.2016. <http://www.enerjibes.com/gunes-enerjisinin-avantajlari-dezavantajlari-nelerdir/>
- Enerji Beş Temiz Enerji Portalı (EnerjiBES)(a), <http://www.enerjibes.com/enerji-kaynaklari/>
- Enerji Enstitüsü 01.06.2011, Uçan rüzgar türbinleri ile daha fazla enerji  
<http://enerjiensitusu.com/2011/06/01/ucan-ruzgar-turbinleri-ile-daha-fazla-enerji/>
- Enerji Enstitüsü (a) 10.07.2011. Boğazdaki Akıntıdan Enerji Üretecek.  
<http://enerjiensitusu.com/2011/07/10/bogazdaki-akintidan-enerji-uretecek/>
- Enerji Enstitüsü (b) 23.12.2011. Siemens deniz akıntısı türbinleri konusunda teknoloji lideri. <http://enerjiensitusu.com/2011/12/23/siemens-deniz-akintisi-turbinleri-konusunda-teknoloji-lideri/>
- Enerji Enstitüsü 30.12.2013, Çanakkale Boğazı'nda akıntı enerjisiyle elektrik üretimi başlıyor. <http://enerjiensitusu.com/2013/12/30/canakkale-bogazinda-akinti-enerjisiyle-elektrik-uretimi-basliyor/>
- Enerji Günlüğü, 31.07.2014. Kaliforniya tüm enerjisini yenilenebilirten karşılayabilir Mark Z. Jacobson(Stanford University), Mark A. Delucchi(Berkeley, University of California) <http://www.enerjigunlugu.net/icerik/9539/kaliforniya-tum-enerjisini-yenilenebilirten-karsilayabilir.html>
- Enerji Üretim Sistemleri, <http://enerjiuretimsistemleri.blogspot.com.tr/2011/10/biyokutle-enerjisinin-avantaj-ve.html>
- Enerji Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji İçin.  
<https://enerjiteknolojileri.wordpress.com/ruzgar-enerjisi/>

Forbes, 2015. The World Biggest Public Companies: 2015 Rankings, 2015, <http://www.forbes.com/global2000/list/#tab:overall>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr), 2014.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)(a) <http://www.enerji.gov.tr/enerjiprofilleri.htm>

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)(c), Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/hidrojen\\_tasinmasi.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/hidrojen_tasinmasi.html)

Euractiv (2017), “Das stürmische Wachstum der Windkraft,” 8 February, [www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/das-stuermische-wachstum-der-windkraft/](http://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/das-stuermische-wachstum-der-windkraft/).

European Commission Web Sayfası, “Wave Energy”, [http://www.europa.eu.int/comm/energy\\_transport/atlas/html/wavint.html](http://www.europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/html/wavint.html)

Gaia Dergi, 2015. <https://gaiadergi.com/hawaiiden-dunyada-bir-ilk-okyanustaki-isi-farkindan-elektrik-ureten-tesis/>

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Bilim ve Teknoloji Topluluğu (OBİTET). Hidrojen Enerjisi, [http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif\\_enerji/Hidrojen\\_Enerjisi.htm](http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/Hidrojen_Enerjisi.htm)

Gould, W.R., Edison’s QF Experience. Proc. Geothermal Energy The Environmentally Responsible Energy Technology for the Nineties, Geothermal Program Review XI, U.S. Dept. of Energy, CONF/930484, 1993.

Greenpeace, “Küresel Rüzgar Enerjisine Bakış 2006 Raporu”, GWEC, [www.greenpeace.org/international/press/reports/](http://www.greenpeace.org/international/press/reports/), Eylül 2006

Güneş Enerjisi Kılavuzu, <http://www.solar-energy.websitezap.com/advice/the-benefits-of-solar-energy-system/?lang=tr>

Haberler.com, 2010. Anonim, Türkiye'nin İlk Üç Biyoetanol Üretim Tesislerinden Biri Olan Tezkim, Açılış için Başbakan Erdoğan'ı Bekliyor, Haberler.com, <http://www.haberler.com/turkiyenin-ilk-uc-biyoetanol-uretim-tesislerindenhaberi/>.

Harbiforum, <http://www.harbiforum.net/konu/ruzgar-enerjisi-avantajlari-ve-dezavantajlari.133251/>

IEA 2014, International Energy Agency. <https://www.iea.org/>

IEA (a), What is Energy Security?, <http://www.iea.org/topics/energysecurity/subtopics/whatisenergysecurity/>

İstanbul Enerji. [http://www.istanbulenerji.com.tr/haber\\_detay.asp?id=993&tur=266](http://www.istanbulenerji.com.tr/haber_detay.asp?id=993&tur=266)

İTÜ Enerji Enstitüsü, <http://www.energy.itu.edu.tr/>

Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli.

<http://www.eie.gov.tr/turkce/HESproje/turkeyhidro.doc>

TMMOB. Makina Mühendisleri Odası

Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş (TKB). 2013. <http://www.kalkinma.com.tr/>

Kontrol Kalemi Türkiye'nin Mesleki Gelişim Platformu, 2009.

<http://www.kontrolkalemi.com/forum/konu/u%C3%A7an-r%C3%BCzgar-t%C3%BCrbinleri.18542/>

Konya Ticaret Odası, [http://www.kto.org.tr/dosya/rapor/enerji\\_verim.pdf](http://www.kto.org.tr/dosya/rapor/enerji_verim.pdf)

Krugman, Paul, 2011. Yenilenebilir Enerjinin İki Yüzü.

<http://www.dunyabulteni.net/yazar/paul-krugman/15813/yenilenebilir-enerjinin-iki-yuzu>

Limitsiz Enerji, 25.01.2010. Yenilenebilir Enerji ve Çevre Haberleri.

<http://www.limitsizenerji.com/okyanus-enerjisi/>

Makaleler.com, 2016. Küresel Isınmanın Nedenleri ve Zararları

<https://www.makaleler.com/kuresel-isinmanin-nedenleri-ve-zararlari>

Anno 2070 Wiki. “Marine Current Power Plant”

[http://anno2070.wikia.com/wiki/Marine\\_Current\\_Power\\_Plant](http://anno2070.wikia.com/wiki/Marine_Current_Power_Plant)

Mavi İda Enerji, 2017. <https://www.maviidaenerji.com/projeler>,

Metalurji ve Malzeme Platformu, 13.03.2014. <http://www.metalurjik.net/genel/gunes-enerjisinin-diger-enerji-turlerine-gore-avantaj-ve-dezavantajlari.html>

<http://www.metalurjik.net/genel/gunes-enerjisinin-diger-enerji-turlerine-gore-avantaj-ve-dezavantajlari.html>

MGM, 2006. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü,

<http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa33.pdf>

MGM, 2008. Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri

<https://www.mgm.gov.tr/files/genel/saglik/iklimdegisikligi/kureseliklimdegisikligietkileri.pdf>

Mühendis Beyinler, Japonlardan Çığır Açan Kablosuz Enerji Buluşu.

<https://www.muhandisbeyinler.net/forum/konu/japonlardan-cigir-acan-kablosuz-enerji-bulusu.221/>

Mynet, <http://www.mynet.com/>

National Space Society (a) <http://www.nss.org/news/releases/pr20080909.html>

Ocean Power Delivery Ltd. Web Sayfası, <http://www.oceanpd.com>

Özgür Gürbüz, 2006. <http://ozgururbuz.blogspot.com/2006/10/enerji-younluu-drlmeden-enerji-sorunu.html>

Power.gen.tr, 11.04.2017 <http://www.power.gen.tr/makaleler/icerik.asp?id=207>

Reuters (2017), “China to plow \$361 billion into renewable fuel by 2020,” 5 January, [www.reuters.com/article/us-china-energy-renewables-idUSKBN14P06P](http://www.reuters.com/article/us-china-energy-renewables-idUSKBN14P06P)

Sniper Channel, <http://sniperchannel.com/bat-ucan-turbin/#.WTaBn-vyjX4>

Solar Academy, 2012. <http://www.solar-academy.com/menuis/Yenilenebilir-Enerji-Teknolojileri-Kaynaklari-Onemi.164622.pdf>

Solea Enerji, <http://www.soleaenerji.com/>

Sözcü, 2017. <http://www.sozcu.com.tr/2017/ekonomi/okyanustan-enerji-uretimi-ucusa-gecti-1803498/>

Sureyken, Yelkenle Solo Dünya Turu. <http://www.sureyken.com/etiket/akinti-enerjisi/>

Tesisat, 18.04.2016 <http://www.tesisat.org/ruzgar-enerjisi-avantajlari-dezavantajlari.html>

The Australian Greenhouse Office Web Sayfası, ''Wave Energy'', <http://www.greenhouse.gov.au/renewable/technologies/ocean/wave.html>

The New York Times Magazine, Current Thinking 03.06.2007. <http://www.nytimes.com/2007/06/03/magazine/03wwln-essay-t.html>

TMMOB, 2009.

[http://www1.mmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=6451&tipi=3&sube=0#.WWcSgYTjX4](http://www1.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=6451&tipi=3&sube=0#.WWcSgYTjX4)

TMMOB Enerji Komisyonu, 2003. "Türkiye'de Enerji Sorunu ve Çözüm Önerileri", 10 Aralık 2003.

TMMOB, 2015. <http://www.emo.org.tr/>

Türkiye Jeotermal Derneği. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Dunya-da-Jeotermal>

Universität Leipzig, 2003. [www.uni-leipzig.de/~grw/expo/index.html](http://www.uni-leipzig.de/~grw/expo/index.html)

Ünal, Sertaç Fatih (2005). "Enerji Üretiminde Bir Devrim, OTEC"

<https://sertcunal.wordpress.com/2015/07/20/enerji-uretiminde-bir-devrim-otec/>

Webrazzi, <http://webrazzi.com/2016/10/10/gelgit-etkisi-ile-yenilenebilir-enerji-uretimi/>

Worldbank, 2010. Anonim, Energy use per capita, World Bank, [http://www.google.com/publicdata?ds=wbwidi&met=eg\\_use\\_pcap\\_kg\\_oe&tdim=true&dl=en&hl=en&q=world+energy+consumption#met=eg\\_use\\_pcap\\_kg\\_oe&tdim=true](http://www.google.com/publicdata?ds=wbwidi&met=eg_use_pcap_kg_oe&tdim=true&dl=en&hl=en&q=world+energy+consumption#met=eg_use_pcap_kg_oe&tdim=true)

World Energy Council (WEC) 2015 (a), World Energy Trilemma, <https://www.worldenergy.org/work-programme/strategicinsight/assessment-of-energy-climate-change-policy/>, 2015.

World Resources Institute, [www.wri.org/climate](http://www.wri.org/climate), 2001

WWEA, 10.10.2016. <http://www.wwindea.org/wwea-half-year-report-worldwind-wind-capacity-reached-456-gw/>

Wave Dragon ApS Web Sayfası, <http://www.wavedragon.net>

"Wave Energy", European Commission Web Sayfası, [http://www.europa.eu.int/comm/energy\\_transport/atlas/html/wavint.html](http://www.europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/html/wavint.html)

Wavegen Web Sayfası, <http://www.wavegen.co.uk>

Williams, Robert (2010). “How France Eclipsed the UK with Brittany Tidal Success Story. Ecologist”.  
[http://www.theecologist.org/News/news\\_analysis/678082/how\\_france\\_eclipsed\\_the\\_uk\\_with\\_brittany\\_tidal\\_success\\_story.html](http://www.theecologist.org/News/news_analysis/678082/how_france_eclipsed_the_uk_with_brittany_tidal_success_story.html)

Yeşilist, 2014. <http://www.yesilist.com/bir-ilk-ucan-ruzgar-turbini/>

27 Eylül 2011 tarih ve 28607 sayılı Resmi Gazete