TR22 GÜNEY MARMARA BÖLGESİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ARAŞTIRMASI
SONUÇ RAPORU



İçindekiler

İÇİNDEKİLER		**III**
ŞEKİLLER		**IX**
TABLOLAR		**VI**
KISALTMALAR		**XII**
YÖNETİCİ ÖZETİ		**1**
1. GİRİŞ		**22**
1.1.	Çevre – Enerji – Ekoloji İlişkisi	24
1.2.	İklim Değişikliği ve Nedenleri	26
2. YÖNTEM		**33**
2.1.	En Küçük Kareler Yöntemi	33
2.2.	Doğrusal Regresyon Denklemi ve ?'nın Anlamlılığı için Student t Sınaması	34
2.3.	Polinom Regresyon	35
3. ENERJİ SEKTÖRÜNE GENEL BİR BAKIŞ		**36**
3.1.	Dünyanın Genel Enerji Görünümü	36
3.2.	Dünyada Yenilenebilir Enerji	38
3.2.1.	2035 Yılına Doğru Dünyanın Genel ve Yenilenebilir Enerji Görünümü ve Eğilimler	38
3.2.2.	Petrol ve Doğal Gazın Geleceği	44
3.2.3.	Elektrik Üretimindeki Ana Eğilimler	47
3.2.4.	Enerji Verimliliğindeki Gelişmeler ve Eğilimler	47
3.3.	Türkiye'nin Genel Enerji Görünümü	51
3.3.1.	Birincil Enerji Kaynak Rezervi	51
3.3.2.	Birincil Enerji Kaynakları Üretimi	51
3.3.3.	Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi	52
3.3.4.	Sektörel Enerji Tüketimi	54
3.3.4.1.	Elektrik Sektörü	56
3.3.5.	Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Potansiyeli	57
3.3.6.	Türkiye Cumhuriyeti'nin Enerjide 2023 Hedefleri	60
4. HİDROELEKTRİK ENERJİ		**62**
4.1.	Dünyada Hidroelektrik Enerji	62
4.2.	Türkiye'de Hidroelektrik Enerji	63

4.3.	TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Hidroelektrik Enerji	65
4.4.	Türkiye' de HES Mevzuatı	66
4.5.	Öneriler	69
5.	**RÜZGAR ENERJİSİ**	**70**
5.1.	Dünyada Rüzgar Enerjisi	70
5.1.1.	Kurulu Rüzgar Türbin Kapasitesi	70
5.1.2.	Rüzgar Enerjisi Tüketimi	73
5.2.	Türkiye'de Rüzgar Enerjisi	74
5.2.1.	Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)	74
5.2.2.	Rüzgar Kaynak Bilgileri ve Tematik Haritalarla Birlikte Gösterimi	76
5.2.3.	Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli	77
5.3.	TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Rüzgar Enerjisi	88
5.3.1.	Marmara Bölgesi'nin Rüzgar Klimatolojisi ve RES Potansiyeli	88
5.3.2.	Çanakkale İlinin RES Potansiyeli	90
5.3.3.	Balıkesir İlinin RES Potansiyeli	93
5.4.	Türkiye'nin Rüzgar Enerjisinde 2023 Hedefi	95
5.5.	Türkiye'de Rüzgar Enerjisi ile İlgili Mevzuat	96
5.6.	Öneriler	96
6.	**JEOTERMAL ENERJİ**	**97**
6.1.	Dünyada Jeotermal Enerji	98
6.2.	Türkiye'de Jeotermal Enerji	100
6.3.	TR22 Güney Marmara Jeotermal Enerji	104
6.3.1.	Balıkesir İli Jeotermal Kaynakları	105
6.3.1.1.	Merkez-Pamukçu Jeotermal Alanı	107
6.3.1.2.	Balya-Ilıca (Şamlı) Jeotermal Alanı	107
6.3.1.3.	Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanı	108
6.3.1.4.	Sındırgı-Hisaralan Jeotermal Alanı	109
6.3.1.5.	Havran-Derman Jeotermal Alanı	110
6.3.1.6.	Edremit-Güre Jeotermal Alanı	111
6.3.1.7.	Susurluk-Kepekler Jeotermal Alanı	112
6.3.1.8.	Gönen Jeotermal Alanı	113

6.3.1.9.	Susurluk-Yıldız Jeotermal Alanı	114
6.3.1.10.	Merkez-Kirazköy Jeotermal Alanı	114
6.3.1.11.	Burhaniye-Pelitköy Jeotermal Alanı	115
6.3.1.12.	Burhaniye-Karaağaç-Uyuz Jeotermal Alanı	115
6.3.1.13.	Manyas-Kızıkköy Jeotermal Alanı	115
6.3.1.14.	Balıkesir İli Jeotermal Yatırımları	116
6.3.1.14.1.	Gönen JBIS	116
6.3.1.14.2.	Edremit JBIS	118
6.3.1.14.3.	Bigadiç JBIS	118
6.3.1.14.4.	Güre JBIS	119
6.3.2.	Çanakkale İli Jeotermal Kaynakları	119
6.3.2.1.	Çanakkale İli Jeotermal Yatırımları	124
6.3.2.1.1.	Tuzla Jeotermal Enerji A.Ş.	124
6.3.2.1.2.	Yerka Tuzla Sondajları	127
6.3.2.1.3.	Tuzla Kaplıcası	127
6.3.2.1.4.	Kestanbol Kaplıcası	129
6.4.	Türkiye'nin Jeotermal Enerjide 2023 Hedefi	132
6.5.	Türkiye'de Jeotermal Enerji ile İlgili Mevzuat	132
6.6.	Öneriler	134
7.	**GÜNEŞ ENERJİSİ**	**136**
7.1.	Dünyada Güneş Enerjisi	153
7.1.1.	Güneş Enerjisi (Isıl)	153
7.1.2.	Fotovoltaik (PV)	162
7.2.	Türkiye'de Güneş Enerjisi	166
7.2.1.	Güneş Enerjisi (Isıl)	166
7.2.2.	Fotovoltaik (PV)	172
7.3.	TR22 Güney Marmara Bölgesinde Güneş Enerjisi	177
7.4.	Türkiye'nin Güneş Enerjisinde 2023 Hedefi	190
7.5.	Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Mevzuat	190
7.6.	Öneriler	192
8.	**BİYOKÜTLE ENERJİSİ**	**193**
8.1.	Biyokütle Kaynakları	194
8.1.1.	Biyokütle Kaynaklarının Kullanımının Sınıflandırılması	195
8.2.	Biyokütleden Enerji Üretim Teknolojileri	196
8.2.1.	Fiziksel İşlemler	196
8.2.2.	Fizikokimyasal Yöntem	197

8.2.3	Termokimyasal Yöntemler	197
8.2.4.	Biyokimyasal Yöntemler	198
8.3.	Dünyada Biyokütle Enerjisi	200
8.4.	Türkiye'de Biyokütle Enerjisi	205
8.5.	TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Biyokütle Enerjisi	224
8.5.1	TR22 Bölgesi Tarım ve Hayvancılık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli	225
8.5.1.1.	Çanakkale İli Mevcut Durumu	227
8.5.1.2.	Balıkesir İli Mevcut Durumu	237
8.5.2.	TR22 Bölgesi Orman Ürünleri Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli	243
8.5.3.	TR22 Bölgesi Kentsel ve Endüstriyel Atıklar Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli	247
8.5.3.1.	Çanakkale İli Mevcut Durumu	247
8.5.3.2.	Balıkesir İli Mevcut Durumu	251
8.6.	Türkiye'de Biyokütle Enerjisi ile İlgili Mevzuat277	253
8.7.	Öneriler	254
8.8.	Türkiye'nin Biyokütle Enerjisinde 2023 Hedefi	256

9. HİDROJEN ENERJİSİ 257

9.1.	Hidrojenin Elde Edilmesi	260
9.2.	Hidrojen Enerjisinin Dünyadaki Mevcut Durumu	261
9.3.	Hidrojen Enerjisinin Türkiye'deki Mevcut Durumu	262
9.4.	TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Hidrojen Üretimi	264

10. DENİZ ENERJİSİ 266

10.1.	Dünyada Deniz Enerjisi	266
10.1.1.	Gel-Git Akıntıları Enerjisi	268
10.1.2.	Dalga Enerjisi	269
10.1.3.	Dalga Enerjisi Dönüştürme Teknolojileri	271
10.1.4.	Deniz Termal Enerji Dönüşümü (OTEC-Ocean Thermal Energy Conversion)	271
10.1.5.	Akıntı Enerjisi	272
10.2.	Türkiye'de Deniz Enerjisi	273
10.2.1.	Türkiye'de Dalga Enerjisi	273
10.2.2.	Türkiye'de Akıntı Enerjisi	275

10.3.	TR22 Güney Marmara Bölgesi'ndeki Potansiyel, Mevcut Durum, İleriye Dönük Projeksiyonlar ve Haritalar	275
10.4.	Çanakkale Boğazı'nda Düşük Akıntı Hızında Enerji Üretiminde Yeni Teknolojilerin Kullanılabilirliği	277
10.4.1.	VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy) Sistemi	277
10.5.	TR22 Güney Marmara Bölgesi'ndeki Yatırımlar	278
10.5.1.	Mavi İda Deniz Akıntısından Enerji Üretimi Projesi	278
10.5.1.1.	Platformun Denize Yerleştirilmesinde Kullanılan Mooring (Çapalama) Sisteminin Tasarımı ve Kurulumu	278
10.5.1.2.	Enerji Platformunda Kullanılan Materyal	280
10.5.1.3.	Pervane (Kanat) Sistemi	283
10.5.1.4.	Ölçüm Grubu	283
10.5.1.5.	Platformda Enerji Üretimi ve Çalışma Prensibi	284
10.5.1.6.	Üretimi Etkileyen Önemli Faktörler	285
10.6.	Türkiye'de Ulusal Politikalar, Destekler ve Mevzuat	285
10.7.	Öneriler	286

11. ENERJİ VERİMLİLİĞİ **287**

11.1.	Dünyada Enerji Verimliliği	288
11.2.	Türkiye'de Enerji Verimliliği	290
11.3.	Etüt ve Eğitim Hizmetleri	292
11.3.1.	Sanayide Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi (UNDP-GEF)	299
11.3.2.	Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi (UNDP/GEF)	293
11.3.3.	Enerji Verimli Elektrikli Ev Aletlerinin Piyasa Dönüşümü Projesi (UNDP/GEF)	293
11.3.4.	Hollanda-Türkiye İkili İşbirliği Çerçevesinde "Türkiye'de Enerji Verimliğinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Alt Yapısının Desteklenmesi " Projesi	293
11.3.5.	Avrupa Enerji Şebekesi (European Energy Network: EnR) Üyeliği ve İşbirliği	293
11.4.	TR22 Güney Marmara Bölgesi Enerji Verimliliği	294

11.5. Mevzuat 294
11.6. Öneriler 295

12. GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER 299

12.1. Hidroelektrik Enerji 301
12.2. Rüzgar Enerjisi 302
12.3. Jeotermal Enerj 303
12.4. Biyokütle Enerjisi 304
12.5. Güneş Enerjisi 305
12.6. Hidrojen Enerjisi 307
12.7. Dalga ve Deniz Akıntı Enerjileri 308

KAYNAKLAR 309

İLGİLİ KANUNLAR ve YÖNETMELİKLER 322
YARARLANILAN İNTERNET (WEB) ADRESLERİ 323
EKLER 327

Şekiller

Şekil 1.1.	Sera Gazlarının Dünya Atmosferinde Bulunma Bolluklarının Karşılaştırmalı Gösterimi (Gören, 2013)	28
Şekil 1.2.	Dünya CO_2 Salımının OECD ve Dışı Ülkelere Göre Dağılımı ve Projeksiyonu	29
Şekil 1.3.	Yakıt Kullanımına Bağlı CO_2 Salımlarının İllere Göre Dağılımı	32
Şekil 3.1.	Dünyanın Büyük Ülke Grupları ile Çin ve Hindistan'ın Enerji Taleplerindeki Değişimler	38
Şekil 3.2.	ABD'de 1980-2035 Döneminde Konvansiyonel ve Konvansiyonel Olmayan Petrol ve Doğal Gaz Üretimindeki Değişimler	39
Şekil 3.3.	Seçilmiş Ülkelerde 2010 ve 2035 Yıllarında Gerçekleşen ve Öngörülen Değerlere Göre Net Petrol ve Gaz İthalatı Bağımlılığı	42
Şekil 3.4.	2010-2035 Yılları Arasında Kaynaklara Göre Elektrik Üretimindeki Olası Dağılımlar	42
Şekil 3.5.	2035 Yılına Kadar Yenilenebilir Enerjiler İçin Öngörülen Küresel Sübvansiyonların Biyoyakıtlar ve Elektrik Enerjisine Göre Dağılımı	43
Şekil 3.6.	Varış Yerine Göre Ortadoğu Petrol İhracatının, 2000-2035 Dönemindeki Değişimleri	44
Şekil 3.7.	Dünyada 2035 Yılına Kadar Şekillenmesi Ön Görülen Başlıca Küresel Gaz Ticareti Akışları	44
Şekil 3.8.	2035 Yılına Kadar 2011 Yılına Göre Ortalama Konut Elektrik Fiyatlarının Çin, ABD, AB ve Japonya Gibi Büyük Enerji Tüketicisi Ülkelerdeki Durumu	48
Şekil 3.9.	UEA'nın Yeni Politikalar Senaryosu'nda Çeşitli Sektörlerin Enerji Verimliliği Potansiyellerinin Karşılaştırılması	48
Şekil 3.10.	UEA'nın Yeni Politikalar ve Verimli Ekonomik Senaryolarına Göre, Toplam Birinci Enerji Talebinin Yakıt Cinslerine Göre 2010-2035 Dönemindeki Değişimleri	49
Şekil 3.11.	Karbon Salımının Yıllara Göre Değişimi	50
Şekil 3.12.	Türkiye'nin Birincil Enerji Üretiminin Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre 1990-2009 Dönemindeki Yıllara Göre Değişimleri	51
Şekil 3.13.	Türkiye'de Birincil Enerji Üretiminin 2000 ve 2009 Yıllarında Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre Oransal Dağılımı	52
Şekil 3.14.	Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketiminin Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre 1990-2009 Dönemindeki Yıllara Göre Değişimleri	53
Şekil 3.15.	Türkiye'de Birincil Enerji Tüketiminin 2000 Ve 2009 Yıllarında Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre Oransal Dağılımı	53
Şekil 3.16.	Türkiye'nin Nihai Enerji Tüketiminin Başlıca Sektörlere Göre 1990-2009 Dönemindeki Yıllara Göre Değişimleri	54
Şekil 3.17.	Türkiye'de Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketiminin 2000 ve 2011 Yıllarındaki Oransal Dağılımları	54
Şekil 3.18.	Türkiye'nin Nihai Enerji Tüketiminin (NET) ve Toplam Birincil Enerji Temininin (TET) 1990-2009 Dönemindeki Yıllar Arası Değişimleri ve En Küçük Kareler Doğrusal Regresyon Çözümlemesine Göre Belirlenen Doğrusal Eğilimleri	55

Şekil 3.19.	Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün (MW) Enerji Üretim Türüne Göre (GWh) 2002-2011 Dönemindeki Değişimleri	56
Şekil 3.20.	Türkiye Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Kapasitesinin Enerji Kaynağına Göre 1998-2012 Yılları Arası Değişimi	57
Şekil 4.1.	2012-2019 Yılları Arası Türkiye Elektrik Üretim Projeksiyonları	63
Şekil 4.2.	Türkiye Nehir Havzası Haritası	64
Şekil 5.1.	Anakaralardaki Eklenik Kurulu Rüzgar Türbin Kapasitelerinin (MW) 1997-2011 Dönemindeki Değişimleri	71
Şekil 5.2.	Anakaralardaki Rüzgar Enerjisi Tüketiminin (TW/saat) 1990-2011 Dönemindeki Değişimleri	73
Şekil 5.3.	OECD ve OECD Dışı Ülkelerde Rüzgar Enerjisi Tüketiminin 1990-2011 Dönemindeki Değişimleri	74
Şekil 5.4.	30 m, 50 m, 70 m ve 100 m Yükseklikler İçin Hesaplanmış Olan Türkiye REPA Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) Dağılış Katmanları	75
Şekil 5.5.	Marmara Bölgesi ve Kuzey Ege'de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin (RES) Kurulması İçin Uygun Olmayan Ya Da Kurulamayacağı Kabul Edilen Alanlar	77
Şekil 5.6.	Türkiye'nin 50 m Yükseklik İçin Hesaplanmış REPA ürünü (a) Rüzgar Hızı (m/s), (b) Rüzgar Güç Yoğunluğu (W/m^2) ve (c) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Coğrafi Dağılış Desenleri	78
Şekil 5.7.	Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesinin 1998-2012 Yılları Arası Değişimi (MW)	80
Şekil 5.8.	İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yatırımcılara Göre Dağılımı	83
Şekil 5.9.	İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre (a) ve İllere Göre (b) Yüzdesel Dağılımı	84
Şekil 5.10.	İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yatırımcılara Göre Dağılımı	86
Şekil 5.11.	İnşa Halinde Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre (a) ve İllere Göre (b) Yüzdesel Dağılımı	87
Şekil 5.12.	Marmara Bölgesi REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Güç Yoğunluklarının (W/m2) Alansal Dağılış Desenleri	88
Şekil 5.13.	Marmara Bölgesi REPA Ürünü 50 m'deki Yıllık Ortalama Rüzgar Hızları (m/s) İle Birlikte RES Kurulmasına Uygun Olmayan Ya Da Kurulamayacağı Kabul Edilen Alanların Dağılış Desenleri	89
Şekil 5.14.	Güney Marmara Bölümü, Çanakkale ve Balıkesir İlleri Rüzgar Enerjisi Santralleri Atlası	91
Şekil 5.15.	Çanakkale İli İçin REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Alansal Dağılış Desenleri	92
Şekil 5.16.	Balıkesir İli İçin REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Alansal Dağılış Desenleri	94
Şekil 6.1.	Türkiye Jeotermal Kaynaklarının Dağılımı	102
Şekil 6.2.	Jeotermal Kaynakları ve Kullanım Alanları	103
Şekil 6.3.	Balıkesir İSıcak Su Kaynakları	106

Şekil 6.4.	Çanakkale İli Jeotermal Kaynaklarının Sıcaklıkları ve Tesis Bilgileri	120
Şekil 6.5.	Tuzla Jeotermal Elektrik Santrali	125
Şekil 6.6.	Binary Sistem (İki Devreli Sistem) Çalışma Şeması	126
Şekil 6.7.	Yerka Tuzla Sondajı	127
Şekil 6.8.	Tuzla Kaplıcası	128
Şekil 6.9.	Tuzla Kaplıcası Havuzu	128
Şekil 6.10.	Kestanbol Kaplıcası	129
Şekil 6.11.	Kestanbol Kaplıcası'ndan Görünüş	130
Şekil 6.12.	Kestanbol Kaplıcası Soğutma Havuzları	130
Şekil 6.13	Kestanbol Kaplıca İşletmesi ile Yapılan Görüşme	131
Şekil 6.14.	Kestanbol Kaplıcası Toplantı ve Çok Amaçlı Salonu	131
Şekil 7.1.	Dünyadaki Enerji Kaynaklarının Potansiyellerinin Karşılaştırılması	137
Şekil 7.2.	Dünya Solar Radyasyon Akısının Bölgesel Değişimi, 1990-2004 Ortalaması	139
Şekil 7.3.	Düzlemsel Güneş Kolektör Kesiti	139
Şekil 7.4.	Düzlemsel Kolektörlerde Optimum ve Termal Kayıplar	140
Şekil 7.5.	Vakum Tüplü Güneş Kolektörü	141
Şekil 7.6.	Vakum Tüplü Güneş Kolektörlü Bir Sıcak Su Isıtma Sistemi	142
Şekil 7.7.	Odaklayıcı Kolektörlerin Çalışma Prensipleri	142
Şekil 7.8.	Parabolik Oluk Güneş Kolektörleri	143
Şekil 7.9.	Doğrusal Fresnel Oluk Kolektörleri	143
Şekil 7.10.	Parabolik Çanak Kolektörleri	144
Şekil 7.11.	17 MW Gücündeki Gemasolar Güneş Kulesi Güç Santrali	144
Şekil 7.12.	Fotovoltaik Hakkında Genel Bilgiler	145
Şekil 7.13.	Fotovoltaik Etki	146
Şekil 7.14	Mono Kristal (Solda) ve Poli Kristal (Sağda) Silisyumdan Üretilmiş Hücreler	147
Şekil 7.15.	Kristal Yapılı Fotovoltaik Sistemin Üretim Aşamaları	148
Şekil 7.16.	PV Sisteminin Temel Elemanları	152
Şekil 7.17.	Şebekeye Bağlı Bir Ev Fotovoltaik Sistem Uygulama Örneği	153
Şekil 7.18.	2010 Yılı İtibariyle Dünyada Kullanılan Toplam Kolektör Türlerinin Oransal Dağılımı	154
Şekil 7.19.	Dünyada 2010 Yılında Yeni Kurulan Kolektör Türlerinin Oransal Dağılımı	154
Şekil 7.20.	Dünyada 2010 Yıl Sonu İtibariyle Kurulu Olan Havalı ve Sulu Toplayıcıların Yüzdesel Dağılımı	155
Şekil 7.21.	2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Toplam Sulu Kolektör Kapasitesinin Çalışma Şekline Göre Dağılımı	158
Şekil 7.22.	2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Toplam Sulu Kolektör Kapasitesinin Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı	159
Şekil 7.23.	Dünyada Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Santralleri İçin Uygun Alanlar	159
Şekil 7.24.	Dünya Toplam Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Gücü Kapasitesi, 1984-2012	160
Şekil 7.25.	Yenilenebilir Enerji Kapasitesi ve Biyoyakıt Üretiminin Yıllık Ortalama Büyüme Hızı, 2007-2012	160
Şekil 7.26.	Dünyadaki Toplam Solar PV Kapasite, 1995-2012	162
Şekil 7.27.	Solar PV İşletme Kapasitesi, İlk On Sıradaki Ülke	163
Şekil 7.28.	PV Üreticilerinin Pazar Payları, İlk On beş Üretici	165

Şekil 7.29. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Bulunan Sulu Kolektör Kapasitesi Bakımından Lider Konumdaki On Ülke 166
Şekil 7.30. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Toplam Sulu Kolektör Kapasitesi Bakımından Lider On Ülke İçin Solar Sistemlerin Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı 167
Şekil 7.31. 2010 Yılında Yeni Kurulan Sulu Kolektör Kapasitesi Bakımından Lider Olan On Ülke 170
Şekil 7.32. 2010 Yılında Yeni Kurulan Kolektör Kapasitesinin Ülkelere Göre Dağılımı 170
Şekil 7.33. ünyanın Sekiz Lider Ülkesinde 2010 Yılında Yeni Kurulan Sulu Kolektörlerin Farklı Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı 171
Şekil 7.34. Türkiye'nin Ay İçerisindeki Bir Günlük Global Radyasyon Değeri 171
Şekil 7.35. Türkiye'nin Ay İçerisindeki Bir Günlük Güneşlenme Süresi 173
Şekil 7.36. Türkiye Global Işınım ve Solar Elektrik Potansiyeli (PV Modülünün Optimum Eğimde Yerleştirilmesi Durumunda) 174
Şekil 7.37. Avrupa Yıllık Global Radyasyon ve PV Elektrik Üretim Potansiyeli Haritası 175
Şekil 7.38. Bazı Avrupa Ülkelerinin Solar PV Elektrik Üretim Potansiyeli ile Kurulu PV Güç Değerleri 176
Şekil 7.39. TR22 Bölgesi İllerinin Ay İçerisindeki Bir Günlük Global Radyasyon Değerleri 178
Şekil 7.40. TR22 Bölgesi İllerinin Ay İçerisindeki Bir Günlük Güneşlenme Süreleri 178
Şekil 7.41. Avrupa ve TR22 Bölgesi İlleri Güneş Enerjisi Potansiyelinin Karşılaştırılması 179
Şekil 7.42. Balıkesir Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası 181
Şekil 7.43. Balıkesir İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Global Radyasyon Değerleri 182
Şekil 7.44. Balıkesir İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri 183
Şekil 7.45. Çanakkale Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası 185
Şekil 7.46. Çanakkale İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Global Radyasyon Değerleri 185
Şekil 7.47. Çanakkale İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri 186
Şekil 7.48. TR22 Bölgesi İlçelerinin Yıllık Global Radyasyon Değerleri 187
Şekil 7.49. TR22 Bölgesi İlçelerinin Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri 188
Şekil 7.50. Yıllık Güneş Enerji Üretiminin Aylık Dağılımı 189
Şekil 7.51. Sistemin Kurulumu ve Kurulum Sonrası Görünümleri 189
Şekil 8.1. Biyokütle Kaynakları 194
Şekil 8.2. Biyokütle Kaynaklarının Enerji Çevrim Yöntemleri ve Çıktıları 197
Şekil 8.3. Dünya Sıvı Biyoyakıt Üretimi Dağılımı 201
Şekil 8.4. Seçilmiş Bazı AB Ülkelerinin Biyogaz Üretimleri 202
Şekil 8.5. Seçilmiş AB Ülkelerine Ait Katı Biyoyakıt Üretim Değerleri 204
Şekil 8.6. Enerji Üretimi ve Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi 206
Şekil 8.7. Yıllara Göre Tüketimin Yerli Üretimle Karşılanma Oranları 206
Şekil 8.8. Türkiye'de Birincil Enerji ve Yenilenebilir Enerji Arzının Dağılımı 207
Şekil 8.9. Türkiye'de Birincil Enerji Üretiminin Dağılımı 207
Şekil 8.10. Katı Atık Enerji Dönüşümünde Kullanılan Teknolojiler 214
Şekil 8.11. Bazı Tarımsal Ürün Atıkları ve Peletleri 220
Şekil 8.12. Orman Formlarının Yıllara Göre Dağılımı 222
Şekil 8.13. Arazi Kullanım Sınıflarının Dağılımı 223
Şekil 8.14. TR22 Bölgesi'nin Yağlık Zeytin Üretiminde Türkiye Sıralamasındaki Yeri 225

Şekil 8.15. TR22 Bölgesi'nin (Balıkesir ve Çanakkale) Büyükbaş Hayvan Varlığında Türkiye Sıralamasındaki Yeri 226
Şekil 8.16. TR22 Bölgesi'nin Küçükbaş Hayvan Varlığında Türkiye Sıralamasındaki Yeri 226
Şekil 8.17. TR22 Bölgesi'nin Kanatlı Hayvan Varlığında Türkiye Sıralamasındaki Yeri 227
Şekil 8.18. Doğrudan Yakılan Prina Pelet ve Kalıpları 231
Şekil 8.19. Orman Üretim Artıkları ve Yongalama İşlemleri 244
Şekil 8.20. Odunsu Yongaların Isıtma Amaçlı Kullanılması 244
Şekil 8.21. Biyoenerjide Kullanılabilecek Odunsu Biyokütle Potansiyeli 244
Şekil 8.22. ÇAKAB Katı Atık Depolama Alanı ve Ambalaj Atıkları Ayırma Tesisi 249
Şekil 8.23. Türkiye'nin Enerjide 2023 Hedefleri (Anonim, 2012g) 256
Şekil 9.1. Hidrojen Enerji Çevrimi 260
Şekil 9.2. Bozcaada hidrojen üretim ve depolama tesisi 265
Şekil 9.3. Bozcaada Kaymakamlık Binası 265
Şekil 9.4. Bozcaada Güneş – Rüzgar – Hidrojen Enerji Sistemi 266
Şekil 10.1. Hidrokinetik Enerji Konvertör Sistem Taslağı 268
Şekil 10.2. Dünyadaki Ortalama Gel-Git Akıntı Mesafeleri 269
Şekil 10.3. Dalga Oluşumu ve Yayılımının Şematik Tarifi 270
Şekil 10.4. Dalga Enerjisinin İki Hali 270
Şekil 10.5. Dünyada Dalga Gücü Seviyesinin Dağılımı (kW/m Tepe Yüksekliği) 271
Şekil 10.6. Türkiye Kıyılarında Asgari Dalga Enerji Seviyeleri 274
Şekil 10.7. Türkiye Kıyılarında Azami Dalga Enerji Seviyeleri 274
Şekil 10.8. Mavi IDA1 Yer Haritası 278
Şekil 10.9. Çapa Hatları 278
Şekil 10.10. Çapalara Şamandıra Bağlanması 279
Şekil 10.11. Mooring sistemde su üstü şamandıra hattı 279
Şekil 10.12. Mavi İDA1, Yüzer Platform 280
Şekil 10.13. Katamaran, Tahrik Mili, Dişli Grubu, Alternatör, Sabit Yük, Silindir Tabla ve Ölçüm Grubu 280
Şekil 10.14. Kanat, Pervane Kolları 281
Şekil 10.15. Mavi İDA1 Enerji Sisteminde Kullanılan Çapa 281
Şekil 10.16. Mavi İDA1 Enerji Sisteminde Kullanılan Şamandıra 282
Şekil 10.17. Mavi İDA1 Enerji Sisteminde Kullanılan Radansa ve Halatlar 282
Şekil 10.18. Mavi IDA1 Pervane Sistemi 283
Şekil 10.19. Ölçüm Grubu 283
Şekil 10.20. Platformda Pervane Haznesinin Yerleştirilmesi 284
Şekil 10.21. Akıntı İçerisinde Pervanenin Dönüşü 284
Şekil 10.22. Pervane Kolu 285
Şekil 11.1 Bep-Tr (Binalarda Enerji Performansı) Programı Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması 294

Tablolar

Tablo 1.1.	Küresel Isınmada Sera Gazlarının Potansiyel Etkileri, Atmosferde Kalma Süreleri, Oranları ve Artış Yüzdeleri	25
Tablo 1.2.	Türkiye'nin Kişi Başına Düşen Yıllık CO_2 Salımının Bölgesel Dağılımı	29
Tablo 1.3.	Bazı Ev Gereçlerinin Kullanımından Kaynaklanan CO_2 Salımları	30
Tablo 1.4.	Bazı Toplu Taşıma Araçlarının CO_2 Salımları	30
Tablo 3.1.	2001 – 2011 Döneminde Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları	40
Tablo 3.2.	2001-2011 Döneminde Dünya Doğal Gaz Tüketimi (Milyon TEP) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları	46
Tablo 3.3.	ürkiye'nin Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü (MW) ve Elektrik Üretiminin (GWh) Enerji Üretim Türüne Göre 2002-2011 Dönemindeki Değişimleri	55
Tablo 3.4.	Türkiye'de Yenilenebilir Enerjilerin Kaynak Potansiyelleri	58
Tablo 3.5.	2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Jeotermal Enerji Kapasitesi (MW) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)	59
Tablo 3.6.	2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Fotovoltaik (FV) Güneş Enerjisi Kapasitesi (MW) Sıralamasındaki Değişimler Ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)	60
Tablo 4.1.	Değişik Santral Tiplerinin Bilinen Kurulu Güç Birim Maliyetleri	62
Tablo 4.2.	Balıkesir İlindeki Hidroelektrik Santraller	65
Tablo 4.3.	Çanakkale İlindeki Hidroelektrik Santraller	66
Tablo 4.4.	4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde Özel Sektörce Gerçekleştirilecek Projeler	67
Tablo 4.5.	Üretim Lisanslı HES' lerin Bölgelere ve Kurulu Güçlerine Göre Dağılımları	67
Tablo 4.6.	İşletmedeki HES'lerin Bölgelere ve Kurulu Güçlerine Göre Dağılımları	68
Tablo 4.7.	İnşaatları Devam Eden HES'lerin Bölgelere ve Kurulu Güçlerine Göre Dağılımları	68
Tablo 4.8.	5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu (2005) Sonrası En Çok HES Üretim Lisansı Alınan İller	68
Tablo 4.9.	346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu (2005) Öncesi En Çok HES Üretim Lisansı Alınan İller	69
Tablo 5.1.	2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Rüzgar Enerji Kapasitesi (MW) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları	72
Tablo 5.2.	Türkiye İyi-Sıra Dışı Rüzgar Sınıfları İçin 50 m Toplam Rüzgar Potansiyelleri	79
Tablo 5.3.	Türkiye İyi-Sıra Dışı Rüzgar Sınıfları 50 m Deniz Alanı Rüzgar Potansiyelleri	79
Tablo 5.4.	Türkiye'de İşletmedeki Rüzgar Santralleri	80
Tablo 5.5.	Türkiye'de İnşa Halindeki Rüzgar Santralleri	85
Tablo 5.6.	Marmara Bölgesi'ne Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri	89

Tablo 5.7. Küresel Isınmada Sera Gazlarının Potansiyel Etkileri, Atmosferde Kalma Süreleri, Oranları ve Artış Yüzdeleri 93
Tablo 5.8. Balıkesir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri) 95
Tablo 5.9. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kaynak Potansiyeli, Kurulu Gücü ve 2023 Hedefi 95
Tablo 6.1. Jeotermal Enerjinin Seracılıkta Kullanıldığı Bazı Yerler 104
Tablo 6.2. Jeotermal Elektrik Santralleri 104
Tablo 6.3. Pamukçu Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 107
Tablo 6.4. Pamukçu Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 107
Tablo 6.5. Balya-Ilıca (Şamlı) Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 107
Tablo 6.6. Balya-Ilıca (Şamlı) Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 108
Tablo 6.7. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 108
Tablo 6.8. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanında 2000-2001 Yılları Arasında Açılan Kuyular 108
Tablo 6.9. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanında 2002-2007 Yılları Arasında Açılan Kuyular 108
Tablo 6.10. Bigadiç Adalı ve Bigadiç-İlyaslar Köyü Sondaj Sonuçları 109
Tablo 6.11. Sındırgı-Hisaralan Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 109
Tablo 6.12. Sındırgı-Hisaralan Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 109
Tablo 6.13. Havran-Derman Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 110
Tablo 6.14. Havran-Derman Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 110
Tablo 6.15. Havran-Derman Jeotermal Alanında 2005-2010 Yılları Arasında Açılan Kuyular 111
Tablo 6.16. Güre Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 111
Tablo 6.17. Edremit-Güre Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 112
Tablo 6.18. Edremit-Güre Jeotermal Alanında 2004-2011 Yılları Arasında Açılan Kuyular 112
Tablo 6.19. Susurluk-Kepekler Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 113
Tablo 6.20. Susurluk-Kepekler Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 113
Tablo 6.21. Gönen Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 113
Tablo 6.22. Gönen Jeoermal Alanında Açılan Kuyular 114
Tablo 6.23. Susurluk-Yıldız Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 114
Tablo 6.24. 2011 Yılı Merkez-Kirazköy Jeotermal Alanı Sondaj Sonuçları 114
Tablo 6.25. 2008 Yılı Burhaniye-Pelitköy Jeotermal Alanı Sondaj Sonuçları 115
Tablo 6.26. Uyuz Jeotermal Alanındaki Kaynaklar 115
Tablo 6.27. 2011 Yılı Uyuz Jeotermal Alanı Sondaj Sonuçları 115
Tablo 6.28. Kızık Jeotermal Alanında Açılan Kuyular 115
Tablo 6.29. Balıkesir İlinde Bulunan Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Genel Özellikleri 117
Tablo 6.30. Çanakkale İli Jeotermal Kaynaklarının Konum Bazlı Karakteristik Özellikleri 122
Tablo 6.31. Çanakkale İli Jeotermal Tesis Yatırımları 124
Tablo 7.1. Ticari PV Teknolojilerinin Performansı 149
Tablo 7.2. PV Sistemleri İçin Anahtar Veriler- Özet Tablo 150

Tablo 7.3. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Kurulu Kolektör Kapasitesinin Ülkelere Göre Dağılımı 156
Tablo 7.4. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Kurulu Kolektör Alanlarının Ülkelere Göre Dağılımı 157
Tablo 7.5. Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Gücü (CSP) Kapasitesi, 2012 Yılı Artış Miktarı ve Toplam Değerleri 161
Tablo 7.6. Solar PV Global Kapasite ve İlave Kapasite Miktarları, 2012 164
Tablo 7.7. 2030 Yılı Global Yenilenebilir Güç Kapasitesine Ait Güncel Senaryolar 164
Tablo 7.8. Çeşitli Yenilenebilir Enerji Sektörlerine Göre Sağlanan Tahmini İstihdam 165
Tablo 7.9. 2010 Yılında Dünyada Yeni Kurulan Kolektör Kapasiteleri 168
Tablo 7.10. 2010 Yılında Dünyada Yeni Kurulan Kolektör Alanları (m2) 169
Tablo 7.11. Yerli Fotovoltaik Sistemlere Verilen Ek Alım Garantisi Fiyatları 176
Tablo 7.12. Türkiye'de PV Sektörü Değer Zincirindeki Yetenekler 177
Tablo 7.13. TR22 Bölgesi Güneş Enerjisi Potansiyeli 177
Tablo 7.14. Balıkesir İlinde Farklı Açılardaki Düzlemlere Düşen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Global Radyasyon Değerleri 180
Tablo 7.15. Balıkesir İlinde Farklı Eğimlerde Yerleştirilen 1 kW Anma Gücündeki PV Modülünden Elde Edilen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Elektrik Üretim Miktarı 180
Tablo 7.16. Bölgelerine Göre Balıkesir İlinde PV Modüllerine Verilecek Minimum, Ortalama ve Maksimum Eğim Açıları 180
Tablo 7.17. Çanakkale İlinde Farklı Açılardaki Düzlemlere Düşen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Global Radyasyon Değerleri 183
Tablo 7.18. Çanakkale İlinde Farklı Eğimlerde Yerleştirilen 1 kW Anma Gücündeki PV Modülünden Elde Edilen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Elektrik Üretim Miktarı 184
Tablo 7.19. Bölgelerine Göre Çanakkale İlinde PV Modüllerine Verilecek Minimum, Ortalama ve Maksimum Eğim Açıları 184
Tablo 8.1. Dünyadaki Yakıt Tüketimi Dağılımı 200
Tablo 8.2. Dünyadaki Biyoyakıt Üretimi Dağılımı 200
Tablo 8.3. Türkiye Arazi Varlığı, 1.000 ha 208
Tablo 8.4. Türkiye'de Yağlı Tohumlu Bitkilerin Üretim Miktarları 210
Tablo 8.5. Seçilmiş Tarla ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Üretim Miktarları 211
Tablo 8.6. Arıtma Çamurları Bertaraf Yöntemlerinin Tarihsel Gelişimi ve Uygulanabilirlikleri 215
Tablo 8.7. Belediye Atık Göstergeleri 216
Tablo 8.8. Sektörlere Göre Biyogaz Tesislerinin Dağılımı, Durumları ve Toplam Kurulum Kapasiteleri 217
Tablo 8.9. Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş Hayvan Sayıları 217
Tablo 8.10. Tür ve Irklarına Göre Küçükbaş Hayvan Sayıları 218
Tablo 8.11. Türlerine Göre Kümes Hayvanları Sayısı 218
Tablo 8.12. Türkiye'de Sert Kabuklu Meyvelerin Üretim Miktarları 221
Tablo 8.13. Türkiye'de Zeytin Üretimi 222
Tablo 8.14. Seçilmiş Orman Ürünlerinin Yıllara Göre Üretim Miktarları 224
Tablo 8.15. Çanakkale'de Tarım Arazisi Dağılımı 228
Tablo 8.16. Çanakkale'de İlçelere Göre Tarla Ürünleri Dağılımı 228

Tablo 8.17. Çanakkale'de Yıllara Göre Bazı Tarla Ürünleri Üretimi 229
Tablo 8.18. Çanakkale'de Tarla Ürünleri Artıkları ve Enerji Potansiyeli 229
Tablo 8.19. Çanakkale'de Yağlık Zeytin Üretimi 230
Tablo 8.20. Pirina ve Diğer Bazı Yakıtların Isıl Değerleri 232
Tablo 8.21. Çanakkale'de Prina Potansiyeli ve Bazı Enerji Değerleri 323
Tablo 8.22. Çanakkale'de Domates Üretimi ve Tarla Artığı Potansiyeli 234
Tablo 8.23. Çanakkale'de Büyükbaş Hayvan Varlığı 234
Tablo 8.24. Çanakkale'de Küçükbaş Hayvan Varlığı 235
Tablo 8.25. Çanakkale'de Kanatlı Hayvan Varlığı 235
Tablo 8.26. Çanakkale'de Yetiştirilen Hayvan Sayısına Bağlı Isıl Kapasite 236
Tablo 8.27. Balıkesir İli Tarım Alanlarının Kullanılış Amaçlarına Göre Dağılımı 236
Tablo 8.28. Balıkesir İlinde İlçeler İtibariyle Tarla Bitkileri Üretimi 237
Tablo 8.29. Balıkesir'de Tarla Ürünleri Artıkları ve Enerji Potansiyeli 238
Tablo 8.30. Balıkesir'de Yağlık Zeytin Üretimi 238
Tablo 8.31. Balıkesir'de Zeytin Üretimi 239
Tablo 8.32. Balıkesir'de Yağlık Zeytin Üretiminde Oluşan Pirina ve Biyogaz Potansiyelleri 239
Tablo 8.33. Balıkesir'de Domates Üretimi ve Tarla Artığı Potansiyeli 240
Tablo 8.34. Balıkesir'de Büyükbaş Hayvan Varlığı 241
Tablo 8.35. Balıkesir'de Küçükbaş Hayvan Varlığı 242
Tablo 8.36. Balıkesir'de Kanatlı Hayvan Varlığı 242
Tablo 8.37. Balıkesir'de Yetiştirilen Hayvanlardan Elde Edilebilecek Biyogaz Potansiyeli ve Isıl Kapasitesi 243
Tablo 8.38. TR22 Bölgesi Yakacak Odun Üretim Durumu 245
Tablo 8.39. Orman Genel Müdürlüğü'nün İşletmeler Bazında Biyokütleye Konu Edilebilecek Odun Üretimi Durumu, 2007-2009 Yılları Arası Ortalama Değerler 246
Tablo 8.40. Çanakkale Atık Yönetimi Eylem Planı 249
Tablo 8.41. ÇAKAB Yönetim Birliği Kapsamında Biyokütleye Konu Olabilecek Atıklar 250
Tablo 8.42. ÇAKAB Kapsamında Toplanan Atıklar ve Isıl Kapasite 250
Tablo 8.43. Balıkesir Atık Yönetimi Eylem Planı 252
Tablo 8.44. Balıkesir İl Merkezinde Biyokütleye Esas Olabilecek Atıklar 252
Tablo 8.45. Balıkesir İl Merkezinde Atıklar ve Isıl Kapasite 253
Tablo 8.46. Biyokütle Tesisleri İçin Yerli Katkı Teşvikleri 254
Tablo 9.1. Dünya Genelinde Bir Yılda Üretilen Hidrojenin Sektörlerde Kullanım Miktarları 258
Tablo 10.1. Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri 272
Tablo 10.2. Ülkemizdeki Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları 275
Tablo 11.1. Dünya'da Enerji Verimliliği/CO2 Göstergeleri 289
Tablo 11.2. Türkiye'de Enerji Verimliliği/CO2 Göstergeleri 291

Kısaltmalar

3E	Enerji – Ekonomi - Ekoloji
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	Araştırma – Geliştirme
As	Arsenik
ASKİ	Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
B	Bor
BAE	Birleşik Arap Emirliği
BOREN	Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü
CdTe	Kadmiyum Tellür
CH4	Metan
CO	Karbonmonoksit
CO_2	Karbondioksit
CPV	Yoğunlaştırılmış Fotovoltaik (Concentrated Photovoltaic)
$CuInSe_2$	Bakır İndiyum Diselenid
DEG	Dünya Enerji Görünümü
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DMİGM	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EERA	Avrupa Enerji Araştırması Birliği (European Energy Research Alliance)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
EPRI	Enerji Üretimi ve Araştırma Enstitüsü (Energy Production an Research Institute)
ETKB	Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
EU	Avrupa Birliği (European Union)
EVD	Enerji Verimliliği Danışmanlığı
FCCC	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (Framework Convention Climate Change)
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GSH	Gayri Safi Hasıla
GSMH	Gayrisafi Milli Hasıla
GSYH	Gayri Safi Yatırım Hasıla
GT	Milyar Ton (Giga Ton)
GTEP	Milyar Ton Eşdeğer Petrol (Giga Ton Eşdeğer Petrol
GWh	Milyar Watt Saat (Giga Watt Saat)
GWth	Milyar Watt Termal Saat (Giga Watt Thermal Hour)
H_2	Hidrojen
H_2S	Hidrojen Sülfür
ha	Hektar
HC	Hidrokarbon
HES	Hidroelektrik Santral
HUB	Rüzgar Türbin Rotor Göbeği
ICHET	Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi

IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IHEA	Uluslararası Hidrojen Enerjisi Birliği
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
J Joule	(Enerji Birimi, 1 J = 107 erg,)
JBS	Jeotermal Bilgi Sistemi
JES	Jeotermal Enerji Santral
JRC	Ortak Araştırma Merkezi
kcal/kg	Kilokalori/Kilogram
kJ/m^3	Kilojoule/metreküp
KOSGEB	T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KÖHES	Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santralleri
kVA	Kilo Volt Amper (Elektrik Güç Birimi)
kW	KiloWatt
kWh	KiloWatt Saat
mg/kg	Miligram/kilogram
mg/l	Miligram/litre
MJ/m^3	Milyon Joule / metreküp
MT	Milyon Ton (Mega Ton)
MTA	Maden Tetkik ve Arama
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol (Mega Ton Eşdeğer Petrol)
MTKE	Milyon Ton Kömür Eşdeğer (Mega Ton Kömür Eşdeğer)
MV	Milyon Varil (Mega Varil)
MV/G	Milyon Varil / Gün (Mega Varil / Gün)
MVPE/G	Milyon Varil Petrol Eşdeğeri /Gün
MW	Milyon Watt (Mega Watt)
MWe	Milyon Watt Elektrik (Mega Watt Electric)
MWt	Milyon Watt Termal (Mega Watt Thermal)
NH_3	Amonyak
N_2O	Diazotmonoksit
NET	Nihai Enerji Tüketimi
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Cooperation and Development)
OTEC	Deniz Termal Enerji Dönüşümü (Ocean Thermal Energy Conversion)
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
ppmv	Hacim olarak milyonda kısım
ppbv	Hacim olarak milyarda kısım
pptv	Hacim olarak trilyonda kısım
PV	Fotovoltaik
PVGIS	Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (Photovoltaic Geographical Information System)
REPA	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
Si	Silisyum
STK	Sivil Toplum Kuruluşları
t/ha	Ton /Hektar
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TET	Toplam Birincil Enerji Tüketimi

TEMSAN	Türkiye Elektromekanik Sanayi
THEME	Hidrojen Ekonomisi Miami Konferansı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TWh	Trilyon Watt Saat (Tera Watt Saat)
Tm^3	Trilyon Metre Küp (Tera Metre Küp)
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
UFTP	Ulusal Fotovoltaik Teknoloji Platformu.
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (United Nations Industrial Devolopment Organization)
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
URAK	Uluslararası Rekabet Araştırmaları Kurumu
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun
YEVDŞ	Yetkilendirilmiş Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketi
YİD	Yap İşlet Devret
W/m^2	Güç Yoğunluğu
WHEC	Dünya Hidrojen Enerjisi Konferansı
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization)

Yönetici Özeti

İnsan yaşamının sosyal, kültürel, ekonomik ve teknolojik gelişiminin en temel gereksinimlerinin başında enerji gelmektedir. Isı, ışık, mekanik, kimyasal, elektrik enerjisi gibi çeşitli formlarda karşımıza çıkan ve bir türden diğer türe dönüşebilen enerji, en yalın haliyle bir cismin ya da sistemin iş yapma yeteneği olarak ifade edilir. Enerjiyi depolayan kaynakları da yenilenemeyen (tükenebilir) ve yenilenebilir (tükenmeyen) kaynaklar olmak üzere iki ana başlık altında toplayabiliriz.

İnsanoğlunun enerji ile ilk tanışması, var oluşundan günümüze yaşantısı ile birlikte dünyasını aydınlatan ve şekillendiren Güneş ile olmuştur. Zaman içerisinde çevresiyle etkileşimi ve temel ihtiyaçların kaçınılmaz olarak etkili olması sonucu fosil yakıtlar olarak adlandırılan petrol, kömür, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynakları ile birlikte rüzgar, biyokütle, hidrolik, jeotermal enerji gibi çevresindeki diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından da yararlanmaya başlamıştır. Teknolojideki gelişmelerin insan yaşantısını daha da rahatlatması, enerji tüketiminin önemli ölçüde artmasına yol açmıştır. Zaman içerisinde enerjinin hızlı ve kontrolsüz tüketimi çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. . Mevcut bilinen enerji rezervlerinin sınırlı olması ve en geç bu yüzyılın sonlarına doğru tükenme sinyalleri vermesi, yenilenebilir ve çevre dostu yeni yakıt ve enerji kaynakları arayışını gündeme getirmiştir. Bu amaçla birçok araştırma yapılmış, raporlar hazırlanmış ve halen de çalışmalar hızla devam etmektedir. Gerek konunun ele alınış tarzı ve gerekse kapsamı bakımından ilk göze çarpan çalışmalardan biri, URAK (Uluslararası Rekabet Araştırmaları Kurumu) tarafından yapılan bir araştırmadır (URAK, 2010). Alternatif ve fosil enerji kaynaklarının dünya ve Türkiye genelinde ileriye dönük etüt çalışmaları da yapılmaktadır (Yıldız, 2006). Bu ve benzeri çalışmalardan elde edilen sonuçlar, ülkelerin gerek ekonomilerinin ve gerekse politikalarının belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir.

20. yüzyılın başlarında 2.10^{18} J civarında olan dünya enerji tüketimi, yüzyılın sonlarına doğru yaklaşık 175 kat artarak $3,5.10^{20}$ J'a ulaşmıştır (URAK, 2010). Yüzyılın başında yaklaşık 1,65 milyar olan dünya nüfusu 2000 yılında 6,06 milyar civarına, kişi başına yıllık toplam enerji tüketimi ise 340 kWh'ten 16.111 kWh'e ulaşmıştır. Buna göre, enerji tüketimindeki artışın nüfus artışına nazaran 3,5 kattan biraz daha fazla olduğu görülmektedir. Yaklaşık iki yılda bir katlanan enerji tüketimindeki bu hızlı yükseliş, sera etkisi başta olmak üzere çeşitli çevresel, ekonomik, ekolojik, politik ve sağlık sorunları ile karşılaşılmasına yol açmaktadır. Bu da, enerji üretim ve tüketiminin ne derece bilinçli ve kontrollü yapılması gerektiğini, gerektiği kadar enerji tüketiminin önemini, yani enerji verimliliğinin her zamankinden daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Zira gelişmişlik kriterlerinden biri ve hatta en önemlisi, üretilen ve tüketilen enerjinin çevreye olan etkilerinin de dikkate alındığı bir enerji yönetimidir. Son yıllarda; dünyada global nüfus artışına paralel olarak sanayileşmenin ve kentleşmenin getirdiği yaşam standardındaki hızlı yükselişler, başta enerji olmak üzere bir çok tüketimi hızlı bir şekilde artırmıştır. Literatürde farklı bilgiler bulunmakla birlikte yaygın görüşe göre, enerji tüketiminin yarıya yakınının tüketildiği sanayinin en önemli dayanaklarının başında gelen teknolojideki gelişmeler enerji tüketimini körüklemektedir. Sanayi devriminden bu yana gittikçe artan enerji talebini karşılamak için fosil yakıtlara daha fazla yüklenilmekte ve bunun sonucu olarak başta çevre sorunları olmak üzere çeşitli sıkıntılar baş göstermektedir. Mevcut bilinen rezervler göz önüne alındığında bu yüzyılın sonlarına doğru fosil yakıtların tükeneceği ya da ciddi oranda azalacağı birçok kaynak tarafından ifade edilmektedir. Öte yandan ülkemiz güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik, biyokütle enerjileri başta olmak üzere

bir çok yenilenebilir enerji kaynağı bakımından oldukça yüksek potansiyele sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde yer alan Balıkesir ve Çanakkale illeri, rüzgar, güneş, akıntı-dalga, jeotermal ve biyokütle enerjisi bakımından dikkate değer potansiyellere sahiptir.

21. yüzyılın ilk yıllarıyla birlikte ülkemizde kalkınma hamlelerinin ivme kazanması, sanayi ve diğer hizmet sektörlerinde yatırımların canlanması, enerji tüketimimizi önemli ölçüde artırmaya başlamıştır. Enerji tüketimindeki bu artış, enerji temini hususunda dışa bağımlığı beraberinde getirmektedir. 2012 yılında 60,1 milyar Amerikan Doları olarak gerçekleşen toplam ithalatın %25'ini ve cari açığın yaklaşık %71'ini oluşturan enerji ithalatımızın, 2023 yılında yaklaşık 106 milyar Amerikan Doları olarak gerçekleşeceği öngörüleri göz önüne alındığında, enerji harcamalarının ulusal büyümenin önündeki en büyük engel olduğu ortaya çıkmaktadır[1] (EBTK, 2013; TMMOB, 2012). Bu durum, başta petrol olmak üzere fosil kaynakların enerji temininde ilk sırada yer almasından kaynaklanmaktadır. Enerji talebindeki önlenemez artış, başta petrol fiyatları olmak üzere doğal gaz gibi fosil kökenli enerji kaynaklarının fiyatlarında dalgalanmalara yol açmaktadır. Bu istikrarsızlık, dünya ekonomisinde özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomik, sosyolojik ve siyasi çalkantılarla birlikte gelişmelerinin önünde en büyük engeli oluşturmaktadır.

Bu çalışma; ekonomik ve kültürel anlamda ulusal gelişmişliği dışa bağımlı olmadan oluşturabilmeyi, çevre tahribine yol açmadan kalkınmayı ivmelendirmeye yardımcı olacak yerli enerji teminini, mevcut kaynaklarımızın tasarruf bilincini ön planda tutarak bilinçli bir şekilde değerlendirilmesini ve bu hususlara dikkat çekilmesini hedeflemektedir. Bu bağlamda; TR22 Güney Marmara Bölgesi illeri Balıkesir ve Çanakkale'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyellerinin farklı disiplinler çerçevesinde ortaya çıkarılması ve bu değerlerin ekonomiye verimli bir şekilde kazandırılarak değerlendirilmesine katkılar sağlanması hedeflenmektedir.

[1]Enerji İthalatının Cari Açığa Etkisi, http://www.ankarastrateji.org/haber/enerji-ithalatinin-cari-aciga-etkisi-781/, Erişim Tarihi: 27 Temmuz 2013.

1. Giriş

İnsanoğlu Dünya üzerinde var olması ve kendisi ile birlikte çevresini tanımaya, anlamaya ve temel gereksinimlerini karşılamaya çalışması sonucu enerji kaynakları ile tanışmıştır. Ateşin keşfedilmesi ile başlayan bu serüvende, günümüze kadar ısı enerjisi başta olmak üzere birçok enerji kaynaklarından yararlanılmıştır. Rüzgarın esmesi ile nesnelerin hareket etmesinden esinlenerek yelkenli gemiler, yel değirmenleri gibi çeşitli araç ve gereçler yapılmış ve kullanılmıştır.

Sanayi devrimiyle birlikte daha da artan enerji gereksinimi nedeniyle, sırasıyla kömür, petrol ve doğal gaz kökenli ısı enerjisinden yararlanarak buharlı makinelere geçilmiş ve günümüze kadar hayatı kolaylaştırmaya yönelik çeşitli teknolojik gelişmeler gerçekleşmiştir. Tüm bu gelişmelerde enerji daima başrol üstlenmiş olup her alanda kendini göstermiştir.

Enerji üretiminde hala önemli ağırlığa sahip olan petrol, kömür ve doğal gaz kaynakları ile insanoğlunun tanışıklığı, çeşitli kaynaklarda bazı farklılıklar göstermekle birlikte; petrolle tanışıklık M.Ö. 3200 yıllarına kadar gitmekte ve Anadolu'nun bir parçası olan Mezopotamya'da, katranın inşaat alanında harç katkı maddesi ve gemicilikte yalıtım maddesi olarak kullanılmasıyla başlamaktadır. Tarih kayıtlarından aynı zamanda, M.Ö. 300 yıllarında petrol türevi olan asfaltın Mısır'da mumyalama işlerinde ve aydınlatmada kullanıldığı öğrenilmektedir[2]. Tarihsel kaynaklar doğal gazın ilk kez M.Ö. 900'lerde Çin'de kullanıldığını belirtmektedir[3]. Yine aynı kaynaklara göre, doğal gazın yaygın olarak kullanımına 1790'da İngiltere'de başlanmış ve yaygınlaşmasında, doğal gazın kolay taşınması, işlenmesi ve stoklanması önemli rol oynamıştır. Doğal gazın modern anlamda endüstriyel kullanımının ise 1815 yılında Batı Virginia'da gerçekleştiği belirtilmektedir (TMMOB, 1995). Milattan önceki yıllarda ilk olarak Çinliler tarafından kullanıldığı belirtilen ve 18. yüzyılın ikinci yarısında yaygınlaşan kömür ve gelişen sanayi ile birlikte enerji, artık, bir endüstri haline gelmiş ve en etkili ekonomik güç olmuştur. Tarih kaynaklarında kömür işletmeciliğine ilişkin ilk belgelere 12. yüzyılda rastlanmaktadır. Yaklaşık iki asırlık bu serüven, özellikle 1972 – 1975 yılları arasında yaşanan petrol krizinin etkileri karşısında geliştirilen yeni yöntem ve tekniklerle, günümüzde oldukça etkili ve hala vazgeçilemeyen bir enerji üretim kaynağı olma gücünü korumaktadır.

Fosil kaynakların ülkemizdeki tarihsel gelişimi incelendiğinde, kömürün ilk kez 8 Kasım 1829 tarihinde Zonguldak ilinde, petrolün ise 1945 yılında Batman Raman Dağı'nda çıkarıldığı görülmektedir. Doğal gaz ise petrol krizinin baş göstermesinden birkaç yıl önce (1970 yılında) Kırklareli'nin Kurumlar Bölgesi'nde çıkarılmış ve bundan yaklaşık altı yıl sonra Pınarhisar Çimento fabrikasında kullanılmaya başlanmıştır. Doğal gazla ilgili sürdürülen çalışmalar sonucunda, 1975 yılında Mardin Çamurlu sahasında da doğal gaz bulunmuş ve bu gaz 1982 yılında Mardin Çimento fabrikasında kullanılmaya başlanmıştır.

Nüfus artışına paralel olarak ortaya çıkan ve insan yaşamını kolaylaştıran teknolojik gelişmeler ve ürünlerin enerji tüketimini daha da artırması yeni enerji kaynakları arayışını gündeme getirmiştir. Tüketimdeki bu artışlar, kömür ve petrol gibi fosil kaynaklar olarak da adlandırılan birincil enerji

[2]Dünya'da Petrol, http://www.pigm.gov.tr/dunyada_petrol.php, Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.
[3]Türkiye'de ve Dünya'da Doğalgaz, http://www.selcukgaz.com.tr/turkiyede_ve_dunyada_dogalgaz.asp, Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.

kaynaklarının CO_2 salımı başta olmak üzere çeşitli çıktı ürünleri ile olusuz çevresel etkiler gündeme gelmiştir. Bu olumsuz etkilerin diğer yan etkilere de yol açması ile giderilemez ya da giderilmesi maliyetli, önemli ve ciddi sonuçların ortaya çıkmaya başlaması üzerine çevre dostu, ekonomik ve sürdürülebilir yeni enerji kaynakları önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak da adlandırılan alternatif enerji kaynakları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Güneş Enerjisi
Rüzgar Enerjisi
Jeotermal Enerji
Hidrolik Enerji
Deniz Enerjisi (Dalga, Akıntı, Gel-Git Enerjisi, vs.)
Biyokütle Enerjisi
Hidrojen Enerjisi

Günümüzde özellikle modern sanayi toplumunda gerek sosyal ve gerekse ekonomik anlamda etkin rol oynayan enerji tüketiminin sera etkisi başta olmak üzere bazı çevresel sorunlara yol açması yenilenebilir ve çevre dostu alternatif enerji kaynaklarına yönelimi hızlandırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimdeki bu ivmelenmede fosil kaynakların enerji üretimindeki maliyet artışları da büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz cari açığında en önemli yeri tutan enerji harcamaları ekonomik, kültürel, teknolojik ve sosyal gelişmelerde atılan adımların ivmesini yavaşlatmaktadır. Tüm bu durumlar ve gelişmeler göz önüne alındığında ülkemizin zenginliklerinden özellikle yenilenebilir ve yerli enerji kaynaklarımızı bilinçli olarak, ekolojik, çevre dostu ve sürdürülebilirlik anlayışı ile maksimum düzeyde yararlanmanın önemi ortadadır.

Yukarıda ana hatları ile özetlenmeye çalışılan çerçevede gerçekleştirilen bu çalışmanın temel amacı; TR22 Güney Marmara Bölgesi'ni oluşturan Balıkesir ve Çanakkale illerinin, ilçeleri ile birlikte bir bütün olarak yenilenebilir enerji potansiyelini ortaya koymak, ülkemizdeki ve dünyadaki mevcut durumlarla karşılaştırarak 2023 yılı ve ötesine bir enerji projeksiyonu sunmaktır. Dünya enerji trafiğinde, Türkiye'nin önemli bir enerji koridoru olması, sahip olduğu jeopolitik ve stratejik konumu, bu ve benzeri çalışmaların geniş perspektiflerde yapılması ve zaman içersinde güncelle mesi, ulusal ve uluslararası enerji endüstrisi, politikası ve ekonomisi yanında sosyal-kültürel ilişkiler gibi birçok açıdan da oldukça önemlidir.

1.1. Çevre – Enerji – Ekoloji İlişkisi

Son yıllarda birçok çalışmada da vurgulandığı gibi, 20. yüzyılın ikinci yarısından bu yana gözlenen küresel ısınmada beşeri aktivitelerin büyük rol oynadığına dair önemli deliller elde edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler, eğer önlemler alınmaz ise, bu olumsuz etkilerin 21. yüzyıl boyunca da artarak devam edeceğini, hatta etkilerin telafi edilemeyecek ya da bedelinin çok yüksek boyutlara ulaşabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar, insanlığın rahat ve konfor içerisinde yaşaması için harcanan enerjinin karşılanmasında büyük oranda petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil kaynakların bilinçsiz ve verimsiz tüketilmesi sonucunda atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunda artışın gittikçe hızlandığını göstermektedir. Bu artışta en önemli pay gelişmekte olan ülkelere ait olup, artan nüfus ve yüksek büyüme oranları sonucu üretim sanayi başta olmak üzere çeşitli sektörlerdeki enerji talebini karşılamada fosil kaynaklara ağırlık verilmesi etkili olmaktadır. Atmosferdeki küresel ısınmada etkili olan başlıca sera gazlarının potansiyel etkisi Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Küresel Isınmada Sera Gazlarının Potansiyel Etkileri, Atmosferde Kalma Süreleri, Oranları ve Artış Yüzdeleri[4]*

Sera Gazı	Kimyasal Adlandırma	Kimyasal Formülü	Ticari Adı	Küresel Isınma Potansiyeli	Atmosferde Kalma Süresi (Yıl)	Tarihsel Dönem	En Güncel Oran**	Ortalama Yıllık **Artış (%)**
Karbondioksit	Karbondioksit	CO_2		1	50 - 200	1000 - 1750	280 ppmv	0
						1750 - 2000	368 ppmv	31
Metan	Metan	CH_4		21	12	1000 - 1750	700 ppbv	0
						1750 - 2000	1.750 ppbv	151
Diazotmonoksit	Diazotmonoksit	N_2O		310	120	1000 - 1750	270 ppbv	0
						1750 - 2000	316 ppbv	17
Hidroflorokarbonlar (HFCs)	**Hidroflorokarbon - 23**	CHF_3	R-23	11.700	2 - 50.000	Son 50 yılda tüm dünyada artış		
	Hidroflorokarbon - 32	CH_2F_2	R-32	650				
	Hidroflorokarbon - 41	CH_3F		150				
	Hidroflorokarbon - 43-10mee	$C_5H_2F_{10}$		1.300				
	Hidroflorokarbon - 125	C_2HF_5		2.800				
	Hidroflorokarbon - 134	$C_2H_2F_4(CHF_2CHF_2)$		1.000				
	Hidroflorokarbon - 134a	$C_2H_2F_4(CH_2FCF_3)$		1.300				
	Hidroflorokarbon - 143	$C_2H_3F_3(CHF_2CH_2F)$		300				
	Hidroflorokarbon - 143a	$C_2H_3F_3(CF_3CH_3)$		3.800				
	Hidroflorokarbon - 152a	$C_2H_4F_2(CH_3CHF_2)$		140				
	Hidroflorokarbon - 227ea	C_3HF_7	FM-200	2.900				
	Hidroflorokarbon - 236fa	$C_3H_2F_6$		6.300				
	Hidroflorokarbon - 245ca	$C_3H_3F_5$		560				
	Hidroflorokarbon - 356	$C_4H_4F_6$		?				
Perflorokarbonlar (PFCs)	**Perflorometan**	CF_4	R-14	6.500	> 50.000			
	Perfloroetan	C_2F_6	Feron 116	9.200				
	Perfloropropan	C_3F_8		7.000				
	Perflorobutan	C_4F_{10}		7.000				
	Perflorosiklobutan	$c\text{-}C_4F_8$		8.700				
	Perfloropentan	C_5F_{12}		7.500				
	Perflorohekzan	C_6F_{14}		7.400				
Kükürt Heksaflorid	**Sülfürhekzaflorür**	SF_6		23.900	3.200			

* Kumbaroğlu ve Arıkan, 2009; Gören, 2013; Anonim, 2009 ve FCCC verilerinden tekrar derlenmiştir.

** ppmv: hacim olarak milyonda kısım, ppbv: hacim olarak milyarda kısım, ptmv: hacim olarak trilyonda kısım.

[4]İklim Değişikliği ve Teknoloji Uygulamaları, TTGV, http://www.ttgv.org.tr/content/docs/iklim_degisikligi_ve_teknoloji.pdf, Erişim Tarihi: 17 Temmuz 2013.

1.2. İklim Değişikliği ve Nedenleri

İklim değişikliği, iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2008ab). İklim değişikliği, doğal iç süreçler ve dış zorlama etmenleri ile atmosferin bileşimindeki ya da arazi kullanımındaki sürekli antropojen (insan kaynaklı) değişiklikler nedeniyle oluşabilir. Konuyla ilgili bilinmesi gereken başka bir önemli kavram ise, iklim değişkenliği ya da iklimsel değişebilirliktir. İklim değişkenliği ise, tüm zaman ve alan ölçeklerinde iklimin ortalama durumundaki ve standart sapmalar ile uç olayların oluşumu gibi istatistiksel özelliklerindeki değişimlerdir (Türkeş, 2010, 2012). İklimsel değişebilirlik, iklim sistemi içerisindeki doğal iç süreçlere (içsel değişebilirlik) ya da doğal kaynaklı dış zorlama etmenlerindeki değişimlere (dışsal değişebilirlik) bağlı olarak oluşabilir (Türkeş, 2011ab).

Küresel iklim, atmosfer (havaküre), hidrosfer (suküre), buz küre, litosfer (taşküre) ve biyosfer (yaşamküre) olarak adlandırılan başlıca beş bileşeni bulunan ve bu bileşenler arasındaki karşılıklı etkileşimleri de içeren çok karmaşık bir sistemdir ve genel olarak Fiziksel İklim Sistemi ya da kısaca İklim Sistemi olarak da adlandırılır (Türkeş, 2010, 2012). İklim sisteminin atmosfer bileşeni, iklimi en çok niteleyen ve denetleyen alt sistemdir. İklim sistemi, zaman içinde kendi iç dinamiklerinin etkisiyle olanların yanı sıra, iklimi etkileyen çeşitli dış etmen ve süreçlerde ortaya çıkan değişiklikler (zorlamalar) ile insan kaynaklı zorlamalar (örn. ışınımsal zorlama) yüzünden evrimleşir. Yerküre'nin herhangi bir yerinde egemen olan iklim, iklim sisteminin çeşitli asal bileşenleri (alt sistemleri) arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir sonucudur (Türkeş, 2011b, 2012).

Dış zorlamalar ve etmenler, fiziksel iklim sisteminin alt sistemleri ile etkileşim içinde bulunan ve onlardan etkilenen değişiklikleri, örneğin volkanik püskürmeler, Güneş etkinliklerindeki değişimler ve Yerküre – Güneş arasındaki astronomik ilişkilerdeki değişiklikler gibi doğal olaylar ile atmosferin bileşimindeki insan kaynaklı değişiklikleri içerir (Erlat, 2010; Le Treut et al., 2007; Türkeş, 2010, 2013). İnsan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazları ve aerosoller, etki süreleri değişmekle birlikte, iklim değişikliklerine neden olabilecek başlıca dışsal zorlama ve etmenlerdir (Türkeş, 2011ab, 2012). Başka bir deyişle, dış zorlama ve etmenlerin neden olduğu değişiklikler, iklim sisteminin dışındaki doğal olaylar ile insan kaynaklı zorlama ve etmenlerin denetiminde ve etkisiyle gelişir. İklim değişikliğinin potansiyel "dış" nedenleri, temel olarak Yerküre'nin katı kabuğundaki (litosferdeki) levha hareketlerini, Güneş etkinliklerindeki ve Yerküre ile Güneş arasındaki astronomik ilişkilerdeki değişiklikleri içerir. Astronomik ilişkiler, Milankovitch döngüleri olarak da adlandırılan bir dizi dönemsel değişiklikleri içermekte ve uzun dönemli iklim değişikliklerinin açıklanması açısından önemli kanıtlar sunabilmektedir. Küresel iklimi etkileyebilecek olan başlıca astronomik ilişkiler, Yerküre'nin Güneş'in çevresindeki yörüngesinin şeklindeki (eksantrisite), eksen eğikliğindeki (tilt) ve presesyonundaki değişiklikleri içerir (Erlat, 2010; Türkeş, 2008ab, 2010).

Kendi evrimiyle bağlantılı olarak, ortalama Güneş - Yerküre uzaklığında Güneş'in fotosfer katmanından tüm dalga boylarında yaydığı ve atmosferin üst sınırında Güneş ışınlarına dik bir birim alana birim zamanda ulaşan toplam radyant enerji (Güneş sabiti, w/m^2), Yerküre'nin 4.6 milyar yıllık tarihi boyunca yaklaşık %30 kadar artmıştır. Toplam Güneş irradyansında daha kısa zaman ölçeklerinde gerçekleşen değişimler, genliği tam olarak bilinmemesine karşın, benzer bir genliğe sahip olmaktadır. Yerküre yörüngesinin karakteristiklerinde oluşan düşük sıklıklı değişiklikler, Yerküre yüzeyindeki her nokta üzerinde belirli bir mevsimde alınan Güneş enerjisi tutarını değiştirir (Türkeş,

2013). Bu kapsamda oluşan en önemli dalgalanmalar, 10,000 – 100,000 yıl aralığında gözlenir. Tek volkan püskürmeleri, püskürmeyi izleyen ilk yıllarda genel bir soğumaya yol açar (Erlat ve Türkeş, 2013). Ayrıca, volkanik etkinlikler, belirli bir on yıllık ya da yüz yıllık dönemde yoğunlaşırsa, düşük sıklıklı bir zorlamadan sorumlu olabilir.

Öte yandan, iç zorlama ve etmenler, doğrudan iklim sisteminin içerisinde gelişir. İklim değişikliğinin potansiyel "iç" nedenleri, atmosferin bileşimindeki ve yerkürenin yüzey özelliklerindeki önemli doğal değişiklikleri içerir. İklim sistemindeki içsel interaktif bileşenler, atmosferi, okyanusları, deniz buzunu, kara yüzeyini ve özelliklerini (yer şekilleri, bitki örtüsü, albedo, canlı kütle ve ekosistemler), kar örtüsünü, karasal buz ve buzulu (dağ buzullarını, Antarktika ve Grönland'daki buzul kalkanlarını) ve hidrolojiyi (nehirleri, gölleri, yüzey ve yer altı sularını) içerir. Bu ana bileşenler, atmosferik süreçleri kuvvetli bir biçimde etkileme gücüne sahiptir.

Küresel iklim sisteminin çalışmasını ve sürekliliğini sağlayan yakıt, gelen kısa dalga boylu (GKDB) Güneş ışınımıdır. Yerküre'nin ışınım dengesini değiştiren temel etmenlerse, üç grupta toplanabilir (Türkeş, 2011ab, 2012, 2013):

1- GKDB yüksek enerjili Güneş ışınımının yeryüzü ile yaptığı açının, şiddetinin ve coğrafi dağılışlarının değişmesi. Bu durum, örneğin, Yerküre'nin eksen eğikliğinde, yörüngesinin biçiminde ya da doğrudan Güneş etkinliklerinde ortaya çıkan değişiklikler yoluyla gerçekleşebilir.

2-Güneş ışınımının çoğunlukla yeryüzünden ve atmosferden yansıtılma oranı olarak tanımlanan "albedo"nun değişmesi. Bu durum, örneğin, bulut örtüsü ve atmosferde asılı durabilen uçucu küçük parçacıklardaki ve Yerküre'nin vejetasyon, kara ve deniz buz ve buzulları, pürüzlülük, nemlilik gibi yüzey özelliklerindeki değişiklikler yoluyla gerçekleşebilir.

3- Yerküre'den geriye atmosfere ve uzaya doğru salınan giden uzun dalga boylu (GUDB) yer ışınımın (termal kızılötesi) tutarının değişmesi. Bu durum, örneğin, atmosferdeki sera gazlarının birikimlerinin değişmesi yoluyla oluşabilir. İklim sistemiyse, ortaya çıkan böyle değişiklikleri çeşitli geri besleme düzenekleri yoluyla doğrudan ve dolaylı olarak yanıtlamaktadır.

Tablo 1.1. 'den de anlaşılacağı üzere, sera etkisi üzerindeki en büyük payın milyonda 1,5 ile CO_2'e ait olduğu görünmektedir. Metanın etkisinin yüz milyonda 1 ve diazotmonoksitin etkisinin ise milyarda 1'den daha az olmaktadır. Hem sera etkisinin kuvvetlenmesinde, hem de ozon tabakasının incelmesinde rol oynayan ve günümüzde kullanımı hemen hemen sıfırlanmış olan kloroflorokarbonun (CFC – 11) etkisi ise trilyonda 268 olduğu için, artık sera gazlarının azaltılması kapsamındaki önemi azalmıştır. Öte yandan; diğer sera gazlarına nazaran küresel ısınma potansiyelinin daha düşük olmasına rağmen, atmosferde bulunma bolluğu ve artış hızı yüksek olduğu için CO_2 küresel ısınmada daha etkili olmaktadır (Şekil 1.1). Enerji tüketimine bağlı olarak Dünya CO_2 salımı ileriye dönük projeksiyon ile birlikte Şekil 1.2'de verilmiştir. Buna göre, 2008 – 2035 yılları arasında CO_2 salımının yaklaşık %43'lük artışla 30,2 milyar tondan 43,2 milyar tona çıkacağı öngörülmektedir[5] (TMMOB, 2012). 1850'li yıllardan günümüze küresel ısınmadan büyük oranda sorumlu olan gelişmiş ülkelerin sera gazı salımları, yenilenebilir enerji kaynaklarının uluslararası boyutlarda kullanımının artması

[5]Dünyada Enerji Tüketimine Bağlı Karbondioksit Salımı, http://www.elektrikelektronikmuhendisi.com/2012/03/dunyada-enerji-tuketimine-bagli-karbondioksit-salimi/, Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.

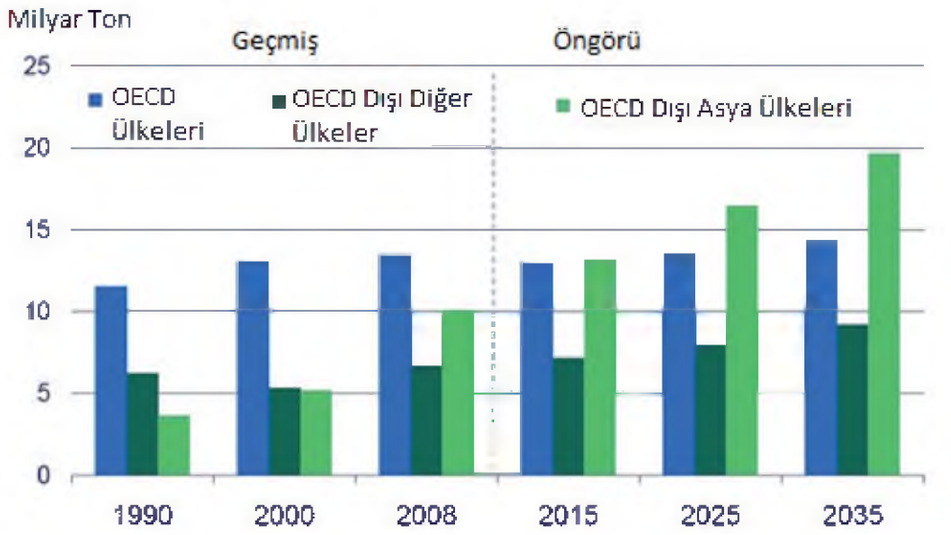
ile 2000'lerden bu yana, yeterli olmamakla birlikte, artış hızı azalma eğilimi göstermektedir. Bu azalmada gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji teknolojilerine ağırlık vermeleri ve bu teknolojileri geliştirmeye yönelik ciddi AR-GE yatırımları yapmaları etkili olmaktadır. TÜİK tarafından yayınlanan ve 1996 Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) rehberi kullanılarak hesaplanan ulusal sera gazı emisyonu ülkemizde, 1990 yılındaki değere göre %115 artış göstererek 2010 yılında 401,9 milyon ton CO_2 eşdeğerine ulaşmıştır. Buna göre, 1990 yılında kişi başı CO_2 eşdeğeri 3,4 ton iken 2010 yılında bu değer 5,5 tona yükselmiştir (DEK-TMK, 2012).

Türkiye'nin karbondioksit karnesi; Açık Toplum Enstitüsü (ATE) tarafından Kumbaroğlu ve Arıkan (2009)'a hazırlatılan "Türkiye'nin Karbondioksit Salımları Araştırması" raporunda detaylı olarak ele alınmış, Türkiye'nin kişi başı ortalama CO_2 salımının coğrafi dağılımı, bazı ev gereçlerinin kullanımından kaynaklanan CO_2 salımları ve toplu taşıma araçlarının CO_2 salımlarına katkıları karşılaştırmalı olarak Tablo 1.2, Tablo 1.3 ve Tablo 1.4'te verilmiştir[6].



Şekil 1.1. Sera Gazlarının Dünya Atmosferinde Bulunma Bolluklarının Karşılaştırmalı Gösterimi (Gören, 2013)

[6] Yıldız Arıkan, Türkiye'de Sera Gazı Salımı Sorunu Var, http://som.sabanciuniv.edu/tr/node/546, Erişim Tarihi:31 Temmuz 2013.



Şekil 1.2. Dünya CO_2 Salımının OECD ve Dışı Ülkelere Göre Dağılımı ve Projeksiyonu (TMMOB, 2012)

Tablo 1.2. Türkiye'nin Kişi Başına Düşen Yıllık CO_2 Salımının Bölgesel Dağılımı[7]

BÖLGELER	KİŞİ BAŞI CO_2 SALIM (Ton)	KİŞİ BAŞI CO_2 SALIM (%)
Ege	4,3	22,99
Marmara	3,4	18,18
Akdeniz	3,1	16,58
Karadeniz	3,1	16,58
İç Anadolu	2,9	15,51
Doğu Anadolu	1,0	5,35
Güney Doğu Anadolu	0,9	4,81

[7]Türkiyenin CO2 karnesi,http://webhatti.com/genel-sohbet/187927-turkiyenin-karbondioksit-karnesi.html, Erişim Tarihi: 31 Temmuz 2013.

Tablo 1.2'den görüleceği gibi kişi başı CO_2 salımında 4,3 ton (%23) ile Ege Bölgesi en yüksek değere sahip iken 0,9 ton (%0,1) ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi en az değere sahiptir. Bölgeler kişi başına düşen CO_2 salımı ortalaması yılda yaklaşık 2,7 ton'dur. Marmara Bölgesi ise 3,4 ton (%18) ile 2. sırada yer almaktadır. Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri'nin dışındaki bölgeler ortalamanın üstünde kalmaktadır.

Tablo 1.3. Bazı Ev Gereçlerinin Kullanımından Kaynaklanan CO_2 Salımları[8]

ALET – CİHAZ	ORTALAMA GÜÇ (W)	ORTALAMA CO_2 SALIMI (g/Saat)
Çamaşır Kurutma Makinası	4.000,0	2.120,0
Elektrikli Fırın	3.100,0	1.643,0
Su Isıtıcısı (Banyo)	3.000,0	1.590,0
Su Isıtıcısı (Mutfak)	2.150,0	1.139,0
Fritöz	1.200,0	901,0
Jakuzi	1.600,0	795,0
Elektrikli Soba	1.400,0	742,0
Bulaşık Makinası	1.325,0	702,3
Kahve Makinası	1.250,0	662,5
Mikrodalga Fırın	1.230,0	651,9
Ütü	1.075,0	569,8
Elektrikli Süpürge	900,0	477,0
Çamaşır Makinası	600,0	318,0
Derin Dondurucu	300,0	159,0
Mutfak Robotu	230,0	121,9
Bilgisayar	225,0	119,3
Müzik Seti	110,0	58,3
Telefon	75,0	39,8
Vantilatör	62,5	33,1
Laptop	40,0	21,2
CD/DVD Oynatıcı	35,0	18,5

Tablo 1.4. Bazı Toplu Taşıma Araçlarının CO_2Salımları[9]

Toplu Taşıma Aracı	Toplam CO_2 Salımı (g/km)	Taşınan Yolcu Başına CO_2 Salımı (g/km)
Uçak – Yurtiçi	28.122,0	170,4
Uçak – Yurtdışı	22.446,0	82,8
Deniz Otobüsü	18.199,5	40,5
Otobüs – Çift Dingilli	825,8	15,3
Otobüs – Ortalama	748,2	14,7
Tren – Elktrikli	8.798,0	14,7
Otobüs – Tek Dingilli	670,7	14,0

[8] Yıldız Arıkan, Türkiye'de Sera Gazı Salımı Sorunu Var, http://som.sabanciuniv.edu/tr/node/546, Erişim Tarihi:31 Temmuz 2013.

[9] Yıldız Arıkan, Türkiye'de Sera Gazı Salımı Sorunu Var, http://som.sabanciuniv.edu/tr/node/546, Erişim Tarihi:31 Temmuz 2013.

Tablo 1.2 bize, hemen hemen her evde bulunan ve kullanılan ev alet-cihazlarının topluca saatlik kullanımının yaklaşık 24 kWh elektrik tüketimine ve bu tüketimin toplamda saatte yaklaşık 13 kg CO_2 salımına neden olduğunu göstermektedir. Bu değerlerden, her 1 Wh elektrik tüketiminin saatte 0,53 gr CO_2 salımına yol açtığı görülmektedir. Tablo 1.3'ten de taşınan yolcu başına yurtiçi uçak yolculuğunun yurt dışı uçak yolculuğundan daha fazla CO_2 salımına neden olduğu görülmektedir. Öte yandan; Türkiye'nin kişi başı sera gazı salımı dünya ülkeleri salımları çeşitli yönleri ile karşılaştırmalı olarak Ümit Şahin[10] tarafından ele alınmıştır[11].

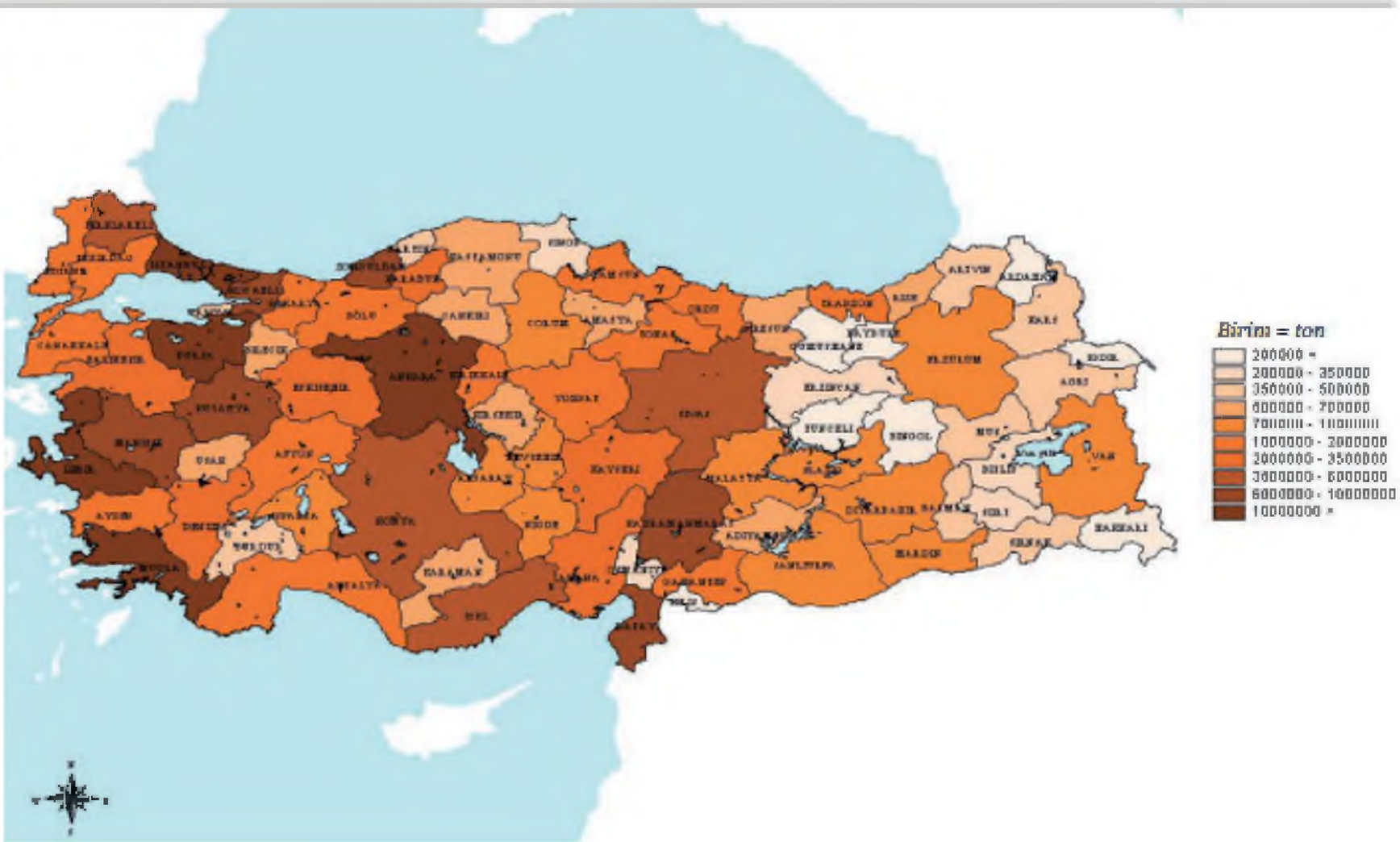
Türkiye'de CO_2 salımlarının tarihsel gelişimi ülkelerle karşılaştırmalı olarak çeşitli yönleri ile Kumbaroğlu (2006) tarafından ele alınarak detaylı olarak incelenmiştir[12]. Ayrıca; yakıt kullanımına bağlı CO_2 salımının illere göre dağılımı (Şekil 1.3), "Türkiye'nin Karbondioksit Probleminin Sayısal Model ile İncelenmesi" başlıklı çalışmasıyla Can (2006) tarafından ele alınmıştır[13]. Değerler yıldan yıla değişim göstermekle beraber, ortalamalar alındığında TR22 Güney Marmara Bölgesi illeri olan Balıkesir ve Çanakkale benzerlik göstermektedir. Şekil 1.3, Balıkesir ve Çanakkale illerinin bölge CO_2 salımına etkileri hakkında fikir vermesi ve yenilenebilir enerji kaynak potansiyelinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması açısından dikkate değer bir anlam taşımaktadır.

[10] Ümit Şahin, Kyoto Protokolü ve Türkiye, http://okul.selyam.net/docs/index-65112.html, Erişim Tarihi: 31 Temmuz 2013.

[11] Ümit Şahin, Kyoto Protokolü ve Türkiye, http://okul.selyam.net/docs/index-65112.html?page=4, Erişim Tarihi: 31 Temmuz 2013.

[12] Kumbaroğlu, İklim Değişikliği için STK Buluşması, http://www.rec.org.tr/dyn_files/32/305-3-Kasim-2006-STK-Bulusmasi-Kumbaroglu.pdf, Erişim Tarihi: 31 Temmuz 2013.

[13] Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, http://enerji.comu.edu.tr/belgeler/tc_iklim_degisiklgi_birinci_ulusal_bildirimi.pdf, Erişim Tarihi: 01 Ağustos 2013.



Şekil 1.3. Yakıt Kullanımına Bağlı CO_2 Salımlarının İllere Göre Dağılımı[14]

[14]Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, http://enerji.comu.edu.tr/belgeler/tc_iklim_degisiklgi_ birinci_ulusal_bildirimi.pdf, Erişim Tarihi: 01 Ağustos 2013.

2. Yöntem

Bu çalışmanın temel yöntemi; yerinde tespitlere, ikili görüşmelere, örneklerin ve verilerin kaynaklarından alınmasına, önceki çalışmaların da göz önüne alınarak analiz edilmesine ve yorumlanmasına dayanmaktadır. İkili görüşmelerde kamu ve yerel yönetim yetkililerinin yanı sıra yöre halkı ile de görüşülmüştür. Arazi çalışmaları, önceki çalışmalar, ikili görüşmeler ve elde edilen verilerin değerlerindirilmesi sonrasında çeşitli örnek lokasyonlar belirlenmiş, belirlenen kaynaklardan fiziksel, kimyasal ve köken analizleri için çeşitli örnekler alınmıştır. Fiziksel özellikler kaynak başında ölçülmüştür. Kaynak başında sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, redoks potansiyeli, tuzluluk ve basınç özellikleri tespit edilmiştir. Analizler kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm veriler ve sonuçları, diğer çalışmalar da göz önüne alınarak ayrıntılı ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilip yorumlanmıştır.

Bu ve benzeri çalışmalarda; elde edilen verilerin incelenmesi ve modellenmesinde, verileri en iyi şekilde temsil edebilecek bir fonksiyon elde edilmeye çalışılır. Çoğu zaman verileri tam olarak temsil edebilecek bir fonksiyon elde etmek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle gerçeğe en yakın fonksiyon belirlenmeye çalışılır. Bir veri dağılımının oluşturduğu veri tablosunu en iyi şekilde uyan fonksiyonu elde etme işlevi regresyon analizi olarak adlandırılır[15]. Regrasyon analizinde en çok baş vurulan yöntemlerden biri de, 1795 yılında Gauss tarafından geliştirilen ve ilk kez 1801 yılında Ceres atroidinin yörüngesinin belirlenmesinde kullanılmış olan “en küçük kareler yöntemi” dir.

2.1. En Küçük Kareler Yöntemi

En küçük kareler yöntemi, fen ve sosyal alanların bir çok çalışmalarında elde edilen verileri tanımlayan değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede sıkça kullanılan en temel yöntemlerde biridir. Literatürde oldukça geniş bir kaynak arşivine (Akdeniz, 2013) sahip olan en küçük kareler yönteminin temeli, çeşitli ölçümler sonucunda i = 1, 2, 3, . . . n olmak üzere elde edilen (xi , yi) verileri için en ideal fonksiyonun belirlenmesine dayanır. Hesaplamada her bir yi değerinin xi‘ye bağlı olarak değiştiği varsayılmaktadır. (xi, yi) düzlemde noktalar olarak düşünüldüğünde, pratikte bu noktalar her zaman düzgün bir eğri üzerinde, yani bilinen bir fonksiyonun grafiği üzerinde yer almazlar. Çoğu zaman (xi , yi)’ler arasında nasıl bir bağıntı bulunduğu dahi bilinmeyebilir. Bununla beraber, yapılan ölçümlerin doğası gereği, her i = 1, 2, . . . , n için yi= f (xi) olacak şekilde bir fonksiyonun var olduğu, ölçümlerde yapılan ve elde olmayan hatalardan dolayı bu eşitliklerin bazıları veya hemen hemen hepsinin sağlanmadığı kabul bir gerçektir. Bu düşünceyle, ölçülen yi değeri f (xi) için yaklaşık değer alınarak, yaklaşımdaki hatanın minimum olduğu bir f(x) fonksiyonu belirlenmeye çalışılır. Bu amaçla; belirlenmeye çalışılan f(x) fonksiyonunun bir takım parametrelere bağlı bir ifadesinin olduğu ön görüsünden hareketle elde edilen veriler de kullanılarak, fonksiyonu karakterize eden parametreler belirlenmeye çalışılır[16]. İlk yaklaşım olarak, birçok durumda oldukça iyi sonuç veren doğrusal regrasyon denklemi kullanılır.

[15]En Küçük Kareler Yöntemi, http://www.baskent.edu.tr/~afet/dersler/genel_matematik_2/dersnotlari_listesi/DERS_%207.pdf, Erişim Tarihi: 31 Temmuz 2013.

[16]En Küçük Kareler Yöntemi, http://www.baskent.edu.tr/~afet/dersler/genel_matematik_2/dersnotlari_listesi/DERS_%207.pdf, 31 Temmuz 2013.

2.2. Doğrusal Regresyon Denklemi ve ß'nın Anlamlılığı için Student t Sınaması

Doğrusal regresyon yaklaşımında, değişkenlerden biri bağımsız değişken (tahmin edici, X) ve ötekisi bağımlı (tahmin edilen, Y) değişken olarak kabul edilir. Genel olarak regresyon, bir ya da birden çok değişkenden (tahmin ediciler) gelen bilgi yardımıyla bir değişkenin (tahmin edilen ürün ya da çıktı) istatistiksel kestirilmesidir (Wonnacott ve Wonnacott, 1972).

En küçük kareler doğrusal regresyon çözümlemesi, X'in her hangi bir değerinin Y'nin en iyi kestirimini verdiği veri kümesine bir doğru çizgi uydurmayı amaçlar. Hesaplanmış regresyon katsayılarının istatistiksel sınamaları sonucunda, regresyon modelinin (denklemi) veri kümesinin dağılımına ne kadar iyi uyduğu konusundan memnun olunduysa, regresyon modeli Y değerlerinin kestirimi amacıyla kullanılabilir. Regresyon modeliyle, amaca göre nokta kestirimi ve aralık kestirimi yapılabileceği gibi, zaman dizilerindeki doğrusal eğilimlerin istatistiksel özellikleri (hızı, büyüklüğü ya da anlamlılık düzeyi ve doğası) belirlenebilir ve sınanabilir.

En küçük kareler doğrusal regresyon denklemi (doğrusal regresyon modeli) ve regresyon katsayısı ß'nın anlamlılığı için Student t sınaması aşağıdaki gibi hesaplanır (Türkeş, 2011, 2012):

i = 1, 2, . . . , ne kadar,xXive Yi, iki değişkene ait diziler olmak üzere:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n},\ \overline{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n},\ a = \overline{Y},\ x_i = X_i - \overline{X},\ b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2},\ \hat{Y}_i = a + b \cdot x_i, Y = a + bx$$

eşitlikleriyle gösterildiğinde, ß̂ 'nın (regresyon ya da X katsayısının) anlamlılığı için hipotez sınaması (Student t sınaması) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$s^2 = \frac{1}{n-2}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Önce, Y'nin varyansı, s^2, aşağıdaki eşitlikle kestirilir. Burada, Ŷi, Ŷi = α + ß̂ xi eşitliği ile kestirilen regresyon çizgisi üzerindeki Y'nin uydurulan değeridir. s^2'ye, 'residual varyans' da denir; s ise, Y'nin standart hatası olarak adlandırılır.

Sonra ß'nın (eğimin) anlamlılığı için Student t sınaması gerçekleştirilir:

$$t = \frac{\hat{\beta} - \beta}{\sqrt{s^2 / \sum_{i=1}^{n} x_i^2}}$$

t, (n-2) bağımsızlık sayısıyla birlikte Student t dağılır. Yukarıda verilen eşitlik yalınlaştırılarak daha kolay yazılabilir:

$$t = \frac{\hat{\beta} - \beta}{S_{\hat{\beta}}}$$

Burada,

$$S_{\hat{\beta}} = \frac{s}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}}$$

$\hat{\beta}$'nın standart hatası ya da tahmini standart sapma olarak adlandırılır. Sınama örneklemdeğeri t, (n-2) bağımsızlık sayısıyla birlikte Student t dağılır. "Gözlemler bir eğilim göstermiyor" (ya da Gözlemlerde herhangi bir eğilim yoktur) boş hipotezi, dağılımın iki yanlışekline göre t 'nin büyük değerleri için ($|t| \geq t_{a/2}$) reddedilir.

2.3. Polinom Regresyon

Polinom regresyon, bağımsız değişkenler tek bir değişken durumundaki X'in kuvvetleri olan çoklu regresyonun özel bir türüdür. Polinom regresyon, bilinmeyen fonksiyonel biçemle nitelenen bir eğriye ulaşmak ya da bir veri kümesine böyle bir eğriyi uydurmak ve kestirimler yapmak için kullanılan bir regresyondur. Model aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\hat{Y}_i = \alpha + \beta_1 \cdot X + \beta_2 \cdot X^2 + ... + \beta_k \cdot X^k + \varepsilon_i$$

Model seçimi, en yüksek dereceden terimlerin ardışık sınanması ve anlamlı olmayan yüksek dereceli terimlerin elenmesi yoluyla yapılır. Sınama liberal bir anlamlılık düzeyi kullanmalıdır; örneğin *a*= 0.25 gibi. Başlangıç derecesi olarak, N gözlem sayısı olmak üzere, genellikle k<N/10 koşulu aranır.

3.Enerji Sektörüne Genel Bir Bakış

3.1. Dünya'nın Genel Enerji Görünümü

Bu araştırmada, bir bütün olarak TR22 Güney Marmara Bölgesi'nin yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilecek olmasına karşın, raporun sonuçlarının daha nesnel ve karşılaştırılabilir olması için, konunun önce hem küresel genel enerji hem de küresel yenilenebilir enerji durumu ve eğilimleri kapsamında ele alınmasında yarar vardır. Sonrasındaysa, sırasıyla dünyada, Türkiye'de ve TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde yenilenebilir enerji görünümü ve gelecek projeksiyonları ele alınacaktır.

Uluslararası Enerji Ajansının (UEA) "Dünya Enerji Görünümü 2012" (IEA, World Energy Outlook 2012) raporu (UEA,2012a,b) incelendiğinde, küresel enerjinin temellerinin ciddi olarak değiştiği ve şimdiye kadar düşünülen bazı enerji eğilimlerinde (trend) önemli değişmeler olduğu görülmektedir. UEA Baş Ekonomisti Birol'a (UEA-TUSİAD, 2012) göre, bu gelişmelerde üç unsur etkili olmuştur.

Bu üç etmenden ilki, hiç beklenmedik bazı ülkelerde önemli petrol ve doğalgaz üretim artışlarının gündeme gelmiş olmasıdır. Bu ülkeler Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Kanada ve Irak'tır. Irak, petrol zengini Ortadoğu ülkeleri arasında yabancı yatırıma izin veren tek ülkedir (UEA, 2012).

İkinci etmen, Japonya'daki Fukushima nükleer santralindeki afet boyutundaki çok büyük kaza sonrasında birçok ülkenin nükleer enerji politikasını değiştirmiş olmasıdır. Bilindiği gibi, bu olay sonrasında, Japonya'da, nükleer enerjinin payının Fukişima öncesinden çok daha düşük olacağı, özellikle Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'ye üye ülkelerde nükleer enerjiye ilginin kısmen de olsa azalacağı beklenmektedir (UEA, 2012).

Üçüncü etmen, "dipten gelen dalga" olarak nitelendirilen ve birçok ülkenin önemli adımlar attığı enerji verimliliğidir. Bu kapsamda, Avrupa Birliği'nin (AB) beyaz eşyadan elektrik santrallerine kadar ciddi yaptırımlar ve yatırımlar gerektiren yeni enerji verimliği direktifi önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Sonuç olarak, burada özetlenen bu üç etmenin, enerji sektöründe ve piyasalarında önemli değişikliklere yol açacağı beklenmektedir.

Diğer başlıca önemli noktalar ise şöyle özetlenebilir: Petrol fiyatları düşmeyecek, başka bir deyişle ciddi bir durgunluk ya da ekonomik bir dalgalanma olmazsa, petrol fiyatları yüksek kalacak ve bu yüksek fiyatlar etkilerini Türkiye gibi fosil yakıtlara ve petrolde dış alıma bağlı gelişmekte olan ülkelerde gösterecektir. Doğalgaz fiyatlarındaki dalgalanmalar önemlidir. Yenilenebilir enerjiler dünyada zor günler geçirmektedir. Son 10 yılda yenilenebilir enerjiye yapılan yatırım her yıl artmış olmasına karşın, ilk kez 2012'de yatırımlarda bir düşüş olmuştur. Bu düşüşün finansal kriz (bunalım) ve ülke politikalarının değişmesi gibi birçok nedeni var. Buna bağlı olarak da karbondioksit salımlarında küresel düzeyde rekor ya da tarihi bir yükselme gerçekleşti. Günümüzde yaklaşık 1,3 milyar

insanın (Dünya'daki her altı kişiden birinin) elektriğe erişimi yoktur. Bu olumsuz durum özellikle Afrika ülkelerinde, Hindistan, Pakistan ve Bangladeş gibi gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'nin odaklanması gereken konulardan birisi de, söz konusu ülkelerde elektrik santral yatırımları olabilir. Öte yandan, su ve enerji arasındaki ilişki gittikçe daha yakın ancak daha zor bir hale gelecektir. Günümüzde küresel su kullanımının %15'i enerjiden kaynaklanıyor ve bu oranının santrallerin soğutulmasından biyoyakıtların üretilmesine kadar çeşitli kullanımları sonucunda %15 artması beklenmektedir. Başka bir deyişle, enerji projeleri yapılırken suyun yakınlığı, ucuz ve kolay erişilebilir olması, projenin genel yatırım maliyeti ve işçilik ücretlerinin yanı sıra, en az onlar kadar önemli ekonomik ölçütlerden ve 'kritik' etmenlerden biri olacaktır.

ABD, 2017 yılında Suudi Arabistan'ı geçerek dünyanın en büyük petrol, 2015 yılında ise Rusya'yı geçerek dünyanın en büyük doğalgaz üreticisi ülke olacaktır. Son üç yılda ABD'nin petrol üretimi bir Kuveyt kadar artmıştır. Ayrıca ABD'de kaya gazı nedeniyle 650 bin yeni iş alanı oluşmuştur. Küresel enerji denklemindeki değişimlerden bir başkası da, Ortadoğu ile ilgilidir. Bu gelişmeler sonucunda çok yakın bir zamanda ABD'nin artık Ortadoğu'dan petrol ithal etme zorunluluğu kalmayacağı öngörülmektedir. Bu da ayrıca petrol piyasaları için önemli bir sonuçtur. Günümüzde yarısı doğuya, yarısı ise batıya gitmekte olan Ortadoğu petrolünün, bu gelişmelere bağlı olarak gelecekte %90'ı Asya'ya gidecektir. Bu ise, yeni enerji ticaret bağlantılarının ortaya çıkmasına yol açabilecektir.

UEA 2012 raporunda, (IEA, 2012a,b) ülke olarak Irak petrolüne dikkat çekilmiştir. Buna göre, Irak'ın günde 3 milyar varil olan petrol üretimini, 2020'de 6 milyar varile, sonrasındaysa 8 milyar varile çıkarabileceği beklenmektedir. Bu öngörülerin gerçekleşmesi halinde, gelecek 20 yılda dünya petrol üretimindeki artışın % 45'i yalnız Irak'tan gelecektir. Irak'taki çok zengin petrol yataklarının yeni küresel ve bölgesel koşullar sayesinde yeni ve büyük arama etkinliklerine sahne olacağı, böylelikle rezervin artacağı öngörülmektedir. Bunun yanı sıra 1 varil petrol maliyetinin Irak'ta Rusya'ya göre 12 kat daha ucuz olduğu vurgulanmaktadır.

Doğal gazdaki büyük değişimlerin hem talep artışından hem de kaya gazı üretiminden kaynaklanacağı, yeni üretim artışlarının geleceği ve sahneye yeni oyuncuların çıkacağı beklenmektedir. Bu gelişmelerden ise, en çok ABD, Kanada, Avustralya ve Polonya'nın yararlanacağı, bu ülkelerin artık gaz ithal etme zorunlulukları kalmayacağı, gaz arz ve talebinde ve ticaretinde önemli değişimler olacağı beklentisi bulunmaktadır. Yine yapılan küresel değerlendirmelerde, enerji pazarlarındaki ve arzındaki önemli değişiklikler ve eğilimler sonucunda, petrole bağımlı yüksek doğalgaz fiyatları sürecinin yakın bir zamanda sona ereceği ve pazar fiyatlarının gaz fiyatlarına yansımaya başlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca, elektrik sektöründe kömür payının azalacağı, bununla birlikte dünya elektrik üretiminde kömürün bel kemiği olmayı sürdüreceği, nükleer enerjide ise büyümenin yerini küçülmenin ve yavaşlamanın alacağı beklentileri bulunmaktadır.

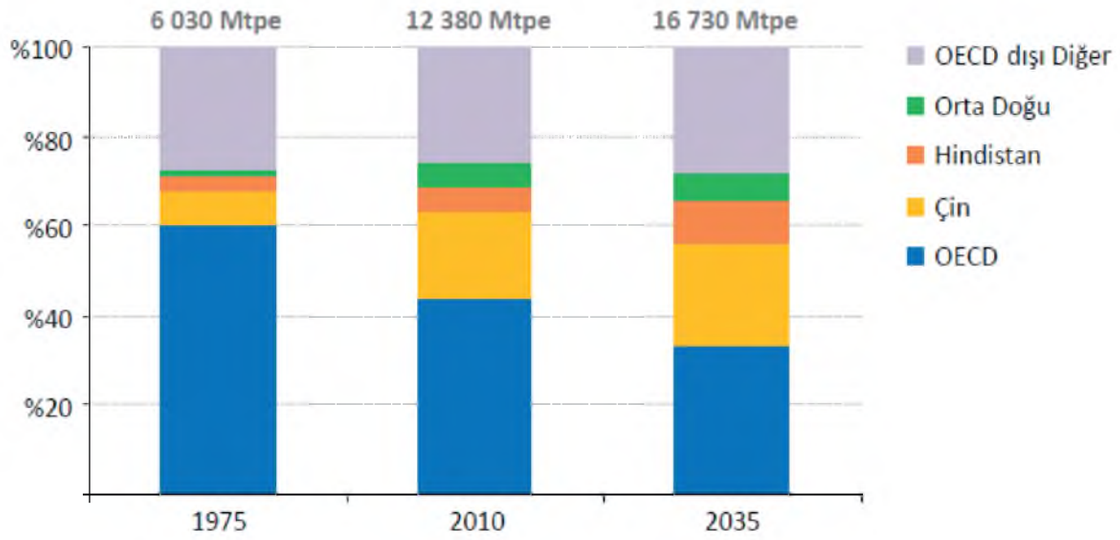
3.2. Dünyada Yenilenebilir Enerji

3.2.1. 2035 Yılına Doğru Dünyanın Genel ve Yenilenebilir Enerji Görünümü ve Eğilimler

Yeni gelişmeler ve politikalar dikkate alındığında, küresel enerji sistemi hala sürdürülebilir ve güvenli bir yola girmemiştir. UEA Dünya Enerji Görünümünün (DEG) ana senaryosu olan Yeni Politikalar Senaryosu'na (Merkez Senaryo) göre (IEA, 2012a,b), dünya enerji piyasalarında birkaç temel eğilim sürmektedir. Şöyle ki:

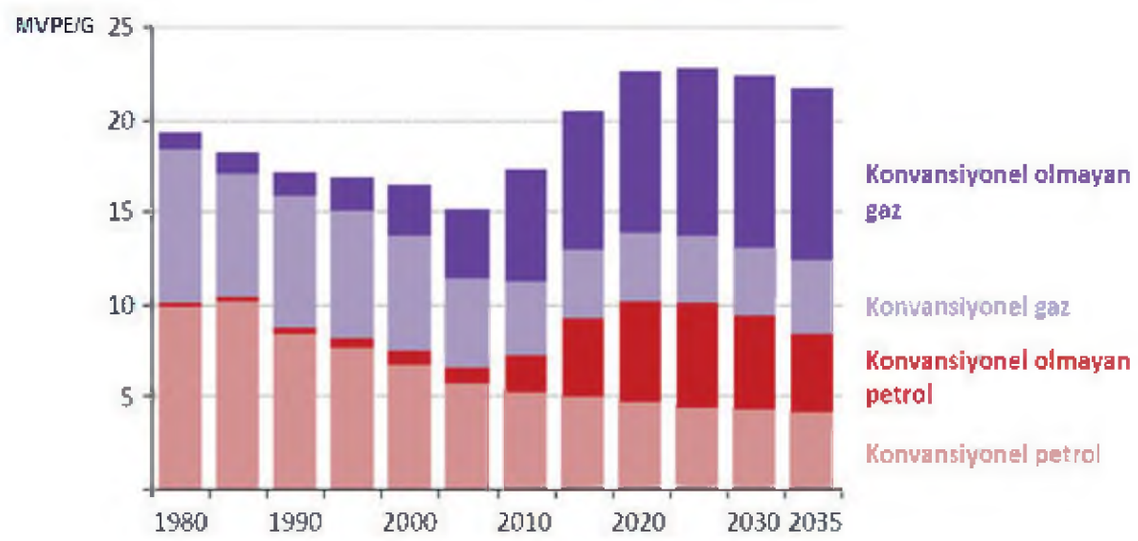
- Enerji talebi ve CO_2 salımlarının artışı sürmekte;
- Enerji pazarlarının dinamikleri giderek artan bir biçimde yükselen ekonomiler tarafından belirlenmekte;
- Fosil yakıtlar ana enerji kaynağı olarak kullanılmaya devam edilmekte ve dünyanın yoksul ülkelerinin enerji kaynaklarına erişiminin sağlanması hala zor bir hedef olarak karşımızda durmaktadır.

Küresel enerji talebi ve CO_2 salımları Yeni Politikalar Senaryosu'nda daha da artmaktadır. Küresel enerji talebi 2035 yılına kadar en az üçte bir oranında artış gösterecektir. Çin, Hindistan, Orta Doğu ve bazı gelişmekte olan ülkelerdeki yükselen yaşam düzeylerinin, 2035'e kadar küresel enerji talebini üçte birden fazla artırması öngörülmektedir (Şekil 3.1). Bu öngörüye göre; enerji kaynaklı CO_2 salımlarının 2011 yılında yaklaşık 31,2 milyar tondan (GT), 2035 yılında 37 GT'a çıkması beklenmektedir. Bu ise yaklaşık %18,6 artışa karşılık gelmektedir. Bununla birlikte, Yerküre'nin yıllık ortalama yüzey sıcaklığının uzun dönemde 3,6 °C artacağı tahmin edilmektedir. Kısa vadede, küresel ekonomide daha düşük bir büyüme kaydedilmesi durumununsa, uzun vadeli enerji ve iklim değişikliği eğilimlerine sınırlı bir etkisinin olacağı beklenmektedir.



Şekil 3.1. Dünyanın Büyük Ülke Grupları ile Çin ve Hindistan'ın Enerji Taleplerindeki Değişimler (UEA, 2012a,b)

Şekil 3.1 incelendiğinde; Çin, Hindistan, Orta Doğu ve bazı gelişmekte olan ülkelerdeki yükselen yaşam düzeylerinin, 2035'e kadar küresel enerji talebini üçte birden fazla artıracak olması dikkat çekicidir. Eneji pazarlarını ve eğilimlerini sürüklemekte olan ülkeler, yükselen piyasa ekonomileridir. OECD dışı ülkelerin dünya enerji talebindeki payı 2010 yılında %55 iken, 2035 yılında %65'e çıkacaktır. Çin, 2035 yılına kadar %60 talep artışı ile enerji kullanımında payını en çok artıran ülke olacaktır (Şekil 3.1). Çin'i, talebin yaklaşık iki katına çıkacağı Hindistan ve Orta Doğu izlemektedir. 2035 yılında OECD ülkelerinin enerji talebi 2010 yılına göre yalnız %3 daha fazla olacaktır. Ancak, enerji bileşiminde önemli değişiklikler olması beklenmektedir. Buna göre, yakıt ikamesi sonucunda, petrol ve kömürün toplam payının %15 azalarak %42'ye düşeceği öngörülmektedir.



Şekil 3.2. ABD'de 1980-2035 Döneminde Konvansiyonel ve Konvansiyonel Olmayan Petrol ve Doğal Gaz Üretimindeki Değişimler (UEA, 2012a,b)

2010 yılı sonrasında 2025 yılına kadarki dönemde konvansiyonel olmayan gaz ve petrol üretiminde beklenen artış dikkat çekicidir. Konvansiyonel olmayan petrol ve gaz üretiminin etkileri, ABD dışında da beklenmektedir.

Burada özetlenen gelişmelerle bağlantılı ve uyumlu olarak, 2011 yılında, Dünya Birincil Enerji Tüketimi sıralamasında, sırasıyla Çin, ABD, Rusya Federasyonu, Hindistan ve Japonya ilk beş sırayı alırken, Türkiye dünya toplamındaki yaklaşık %1'lik katkıyla 21. sırada yer almıştır (Tablo 3.1).

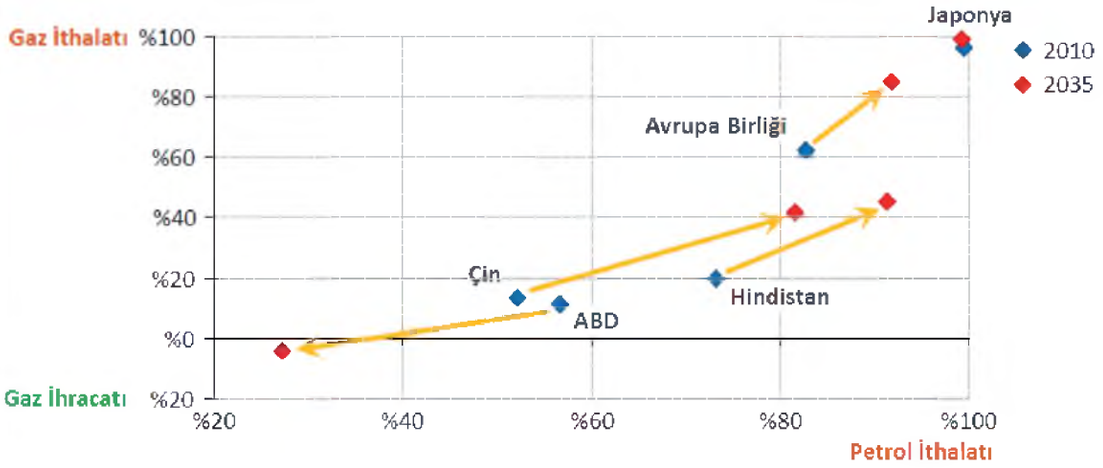
Tablo 3.1. 2001 – 2011 Döneminde Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları*

Ülke	2001	2003	2005	2007	2009	**2011**	**2011 Payı (%)**
ABD	2.259,7	2.302,3	2.351,2	2.372,7	2.205,9	2.269,3	18,5
Kanada	298,2	305,9	326,8	327,5	314,0	330,3	2,7
Meksika	140,9	147,7	161,1	168,4	166,6	173,7	1,4
Toplam Kuzey Amerika	**2.698,8**	**2.756,0**	**2.839,2**	**2.868,6**	**2.686,5**	**2.773,3**	**22,6**
Arjantin	59,4	61,1	68,8	74,4	75,1	81,9	0,7
Brezilya	182,3	190,3	207,0	225,6	234,3	266,9	2,2
Şili	24,8	25,6	28,4	29,9	28,8	30,9	0,3
Kolombiya	25,6	26,2	28,3	30,0	31,3	35,1	0,3
Ekvador	8,2	8,9	9,8	11,0	11,5	13,2	0,1
Peru	11,8	12,0	13,4	14,9	16,6	20,7	0,2
Trinidad ve Tobago	11,8	14,1	14,8	19,9	20,5	21,5	0,2
Venezuela	69,2	61,4	71,0	77,4	81,8	89,1	0,7
Diğer Güney ve Orta Amerika	75,4	79,5	80,3	85,3	82,6	83,3	0,7
Toplam Güney ve Orta Amerika	**468,4**	**479,0**	**521,8**	**568,4**	**582,6**	**642,5**	**5,2**
Avusturya	33,5	34,6	34,6	33,4	33,8	32,0	0,3
Azerbaycan	11,1	11,8	13,8	12,3	10,9	11,5	0,1
Belarus	21,5	21,3	23,8	24,4	24,0	25,5	0,2
Belçika	61,9	65,2	64,5	65,0	62,7	63,3	0,5
Bulgaristan	18,7	19,2	19,4	19,2	16,9	19,2	0,2
Çek Cumhuriyeti	41,6	43,7	45,4	45,5	41,8	44,0	0,4
Danimarka	20,0	21,4	19,8	20,9	18,8	18,7	0,2
Finlandiya	28,2	30,4	28,1	29,4	26,7	27,7	0,2
Fransa	258,4	259,3	261,2	256,7	244,0	242,9	2,0
Almanya	338,8	337,1	333,2	324,4	307,5	306,4	2,5
Yunanistan	32,1	32,7	33,9	34,9	33,1	30,5	0,2
Macaristan	24,1	23,9	25,7	25,0	22,8	22,6	0,2
İrlanda Cumhuriyeti	14,7	14,2	15,1	15,9	14,4	13,6	0,1
İtalya	176,9	181,0	185,1	181,8	168,1	168,5	1,4
Kazakistan	39,3	44,6	47,2	52,4	50,2	50,5	0,4
Litvanya	8,1	9,1	8,4	8,7	8,0	6,4	0,1
Hollanda	90,7	91,9	97,2	98,5	95,7	95,8	0,8
Norveç	42,0	39,2	46,0	46,1	43,9	43,4	0,4
Polonya	88,9	90,1	91,5	95,8	92,3	102,8	0,8
Portekiz	25,4	25,8	25,6	25,4	24,6	24,4	0,2
Romanya	37,3	37,8	39,8	37,5	34,0	34,8	0,3
Rusya Federasyonu	623,3	644,9	650,7	673,8	644,4	685,6	5,6
Slovakya	18,6	18,1	18,8	17,2	16,0	17,1	0,1
İspanya	135,3	145,3	153,8	159,8	145,2	145,9	1,2
İsveç	54,1	48,5	54,0	52,0	47,2	50,5	0,4
İsviçre	31,3	29,1	27,7	28,6	29,7	27,6	0,2
Türkiye	**68,1**	**78,1**	**86,0**	**103,1**	**102,8**	**118,8**	**1,0**
Türkmenistan	15,0	17,2	18,8	23,8	22,6	27,4	0,2
Ukrayna	135,1	136,6	136,1	135,4	112,2	126,4	1,0
Birleşik Krallık	226,6	225,4	228,2	218,3	203,7	198,2	1,6
Özbekistan	53,6	50,6	46,0	48,7	46,9	52,2	0,4
Diğer Avrupa ve Avrasya	78,0	84,6	89,7	88,8	86,2	89,1	0,7

Toplam Avrupa ve Avrasya	**2.852,1**	**2.912,7**	**2.969,0**	**3.002,6**	**2.831,0**	**2.923,4**	**23,8**
İran	130,9	152,0	179,2	195,1	212,6	228,6	1,9
İsrail	19,7	20,7	21,6	22,9	23,3	23,5	0,2
Kuveyt	21,6	25,5	30,5	28,8	28,4	33,6	0,3
Katar	12,3	14,1	20,8	22,8	24,2	29,4	0,2
Suudi Arabistan	123,0	135,8	151,6	164,4	186,0	217,1	1,8
Birleşik Arap Emirlikleri	53,7	56,5	62,6	72,7	80,6	87,2	0,7
Diğer Orta Doğu	83,9	81,7	96,1	104,8	116,3	128,1	1,0
Toplam Orta Doğu	**445,1**	**486,3**	**562,5**	**611,6**	**671,5**	**747,5**	**6,1**
Cezayir	27,7	30,0	32,6	35,4	39,6	40,9	0,3
Mısır	52,6	57,0	62,5	69,9	77,0	82,6	0,7
Güney Afrika	100,1	109,5	113,5	121,9	121,0	126,3	1,0
Diğer Afrika	99,6	105,2	118,3	122,6	128,0	134,7	1,1
Toplam Afrika	**280,1**	**301,8**	**327,0**	**349,8**	**365,7**	**384,5**	**3,1**
Avustralya	110,0	111,9	117,8	124,0	123,7	123,3	1,0
Bangladeş	14,1	15,6	17,6	19,6	22,5	24,3	0,2
Çin	1.041,4	1.277,3	1.659,0	1.951,0	2.210,3	2.613,2	21,3
Çin Hong Kong SAR	19,4	21,2	22,9	26,2	27,0	28,6	0,2
Hindistan	297,4	317,4	364,5	415,5	487,6	559,1	4,6
Endonezya	102,8	116,4	118,8	129,4	133,6	148,2	1,2
Japonya	512,8	511,0	527,1	522,9	474,0	477,6	3,9
Malezya	49,1	54,6	60,1	67,7	69,0	69,2	0,6
Yeni Zelanda	18,5	18,7	18,8	19,0	19,1	19,4	0,2
Pakistan	45,5	52,4	58,9	65,1	66,9	67,6	0,6
Filipinler	25,1	26,5	27,6	27,1	27,3	27,7	0,2
Singapur	37,2	37,6	48,5	56,8	63,4	70,4	0,6
Güney Kore	193,9	209,8	220,8	231,9	237,4	263,0	2,1
Tayvan	91,0	99,6	107,3	113,9	104,4	109,9	0,9
Tayland	69,1	79,1	88,9	94,5	98,3	106,0	0,9
Vietnam	19,9	22,5	29,8	34,9	42,1	45,9	0,4
Diğer Asya - Pasifik	42,2	43,0	46,8	47,3	47,7	49,9	0,4
Toplam Asya - Pasifik	**2.689,5**	**3.014,5**	**3.535,0**	**3.946,7**	**4.254,1**	**4.803,3**	**39,1**
Dünya Toplam	**9.434,0**	**9.950,2**	**10.754,5**	**11.347,6**	**11.391,3**	**12.274,6**	**100,0**
OECD	5.407,4	5.507,0	5.668,9	5.718,4	5.388,6	**5.527,7**	45,0
OECD dışı	4.026,6	4.443,1	5.085,5	5.629,2	6.002,7	**6.746,9**	55,0
Avrupa Birliği	1.756,4	1.778,5	1.808,7	1.791,3	1.682,0	**1690,7**	13,8
Eski Sovyetler Birliği	931,3	961,8	973,1	1.009,8	945,9	**1.015,1**	8,3

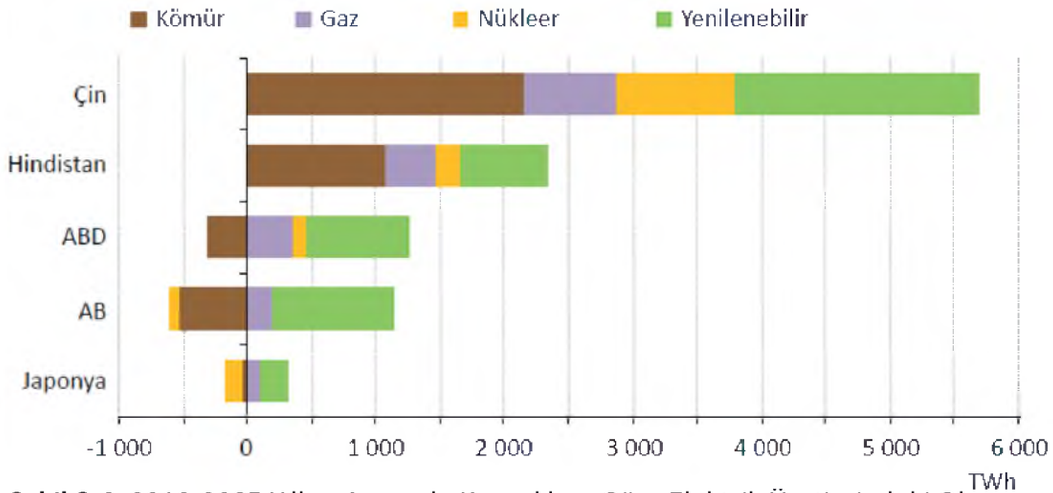
*** BP, 2012.**

ABD'nin enerji bileşimindeki dönüşüm, küresel enerji haritasına yeniden şekil vermektedir. Bunun enerji pazarları ve ticareti üzerinde önemli etkilerinin olması beklenmektedir. Bugünkü koşullarda ABD, toplam enerji gereksinimin %20'sini ithal etmekle birlikte, 2035 yılında artan petrol, kaya gazı ve biyoenerji üretiminin yanı sıra, yakıt verimliliğinin iyileştirilmesi yoluyla kendine yetebilen bir ülke olmaktadır (Şekil 3.2 ve 3.3). ABD'nin azalan petrol ithalatıyla, Kuzey Amerika 2010 yılında net petrol ihracatçısı durumuna gelecektir. Bu durum, var olan petrol petrol ticaretinin Asya piyasalarına yönelmesini hızlandıracak ve bu pazarları Orta Doğu'ya bağlayan stratejik yolların güvenliğinin önemini artıracaktır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Seçilmiş Ülkelerde 2010 ve 2035 Yıllarında Gerçekleşen ve Öngörülen Değerlere Göre Net Petrol ve Gaz İthalatı Bağımlılığı (IEA, 2012a,b)

Şekil 3.3'e bakıldığında, ithal petrol ve gaz bağımlılığı birçok ülkede artış gösterirken, ABD bu genel eğilimin dışında kalmaktadır. Dünyada yenilenebilir enerji üretimi hızla artmasına karşın, fosil yakıtlar dünya genelinde ana enerji kaynağı olma konumlarını korumaktadır (Şekil 3.3). Enerjide petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlara olan talep mutlak değer olarak 2035 yılına kadar artış gösterirken, bu yakıtların enerji bileşimindeki payları bu dönemde %81'den %75'e düşmektedir. Konvansiyonel olmayan kaynaklar dünya doğal gaz üretimi için (örn. ABD) parlak bir geleceğe işaret etmektedir (Şekil 3.2). Şöyle ki, 2035 yılına kadar doğal gaz, birincil enerji arz bileşiminde kömürü neredeyse geride bırakacaktır. Fukushima Daiichi kazası sonucunda, çeşitli ülkelerde (örneğin AB, Japonya, vb.) oluşan politika değişiklikleri (Şekil 3.4), elektrik üretiminde nükleer enerjinin payının önceki tahminlerin altında gerçekleşerek %12'de kalmasına neden olmaktadır (DEK-TMK,2012; IEA, 2012a,b). Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimi, teşviklere, düşen maliyetlere, artan fosil yakıt fiyatlarına ve bazı durumlarda karbonun fiyatlandırılmasına bağlıdır. Ancak elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının 2012 yılındaki %20 düzeyinden 2035 yılında %31'e çıkması beklenmektedir.

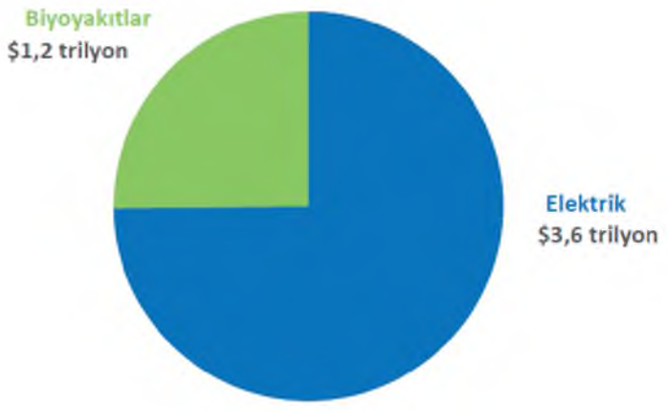


Şekil 3.4. 2010-2035 Yılları Arasında Kaynaklara Göre Elektrik Üretimindeki Olası Dağılımlar (IEA, 2012a,b)

Gelişmekte olan ekonomilerin elektrik gereksinimi, küresel talepte %70'lik bir artışa neden olmaktadır (IEA, 2012a,b). Küresel yeni kapasitesinin yarısı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecektir. AB ve özellikle Japonya'daysa, nükleerin elektrik üretimindeki payı azalacaktır.

Fosil yakıt sübvansiyonları, enerji pazarlarının işleyişini bozmayı sürdürmektedir. Uluslararası reform çabalarına karşın, 2011 yılında bu tür sübvansiyonların kullanımı artmıştır. Küresel fosil yakıt tüketim sübvansiyonları 2011 yılında 523 milyar ABD Dolarına ulaşarak 2010 yılına göre %30'luk önemli bir artış göstermiştir. Bu artış, uluslararası enerji fiyatlarında yükselmeyi ve sübvanse edilen fosil yakıtların tüketiminin artışını da göstermektedir. Çeşitli ülkelerdeki reform çabaları, sübvansiyonların maliyetinin daha yüksekolmasını engellemiştir. Bununla karşılaştırıldığında, yenilenebilir enerjilere yönelik finansal destek 2011 yılında 88 milyar ABD Doları olarak gerçekleşmiştir. Hedeflere ulaşılması için 2035 yılına kadar 4,8 trilyon dolarlık sübvansiyon sağlanması gerektiği öngörülmektedir. (Şekil 3.5).

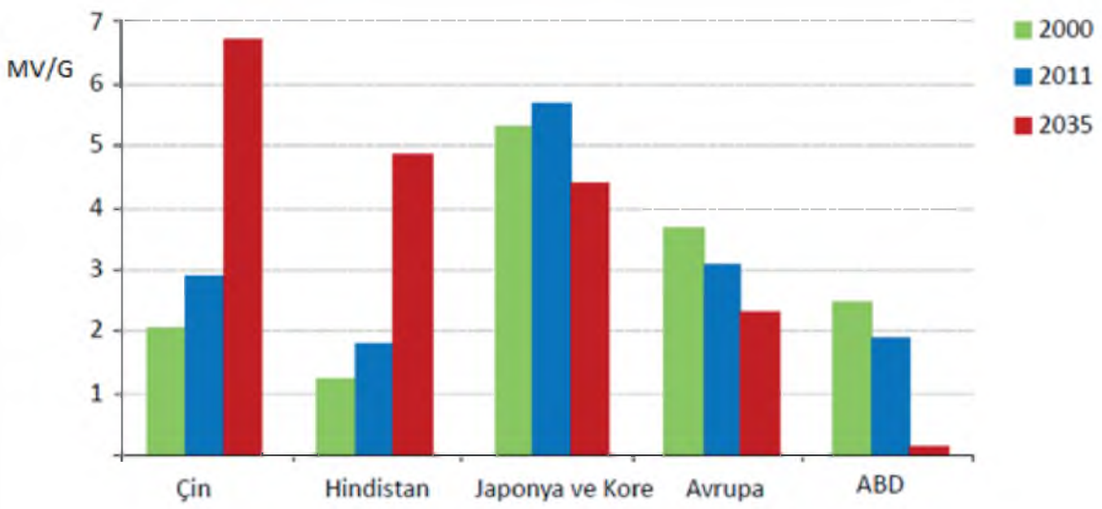
Var olan küresel enerji arz kapasitesini yenilemek ve artan enerji gereksinimini karşılamak için, enerji üretim altyapısına yönelik büyük ölçekli yatırımların yapılması gerekmektedir. UEA'nın Yeni Politikalar Senaryosu'na göre, dünya enerji arz sistemi için 2012-2035 döneminde gereksinim duyulan toplam yatırım maliyeti 37 trilyon ABD Dolarıdır. Bu tutar, dönem ortalaması olarak küresel GSH'nin %1,5'ine karşılık gelir. OECD dışı ülkeler bu toplamın %61'ine gerek duymaktadır. Bunun 19 trilyon ABD Dolarının petrol ve doğal gaz arzında, 17 trilyon ABD Dolarının ise, üretim, iletim ve dağıtımı içermek üzere elektrik yatırımlarında kullanılacağı öngörülmektedir.



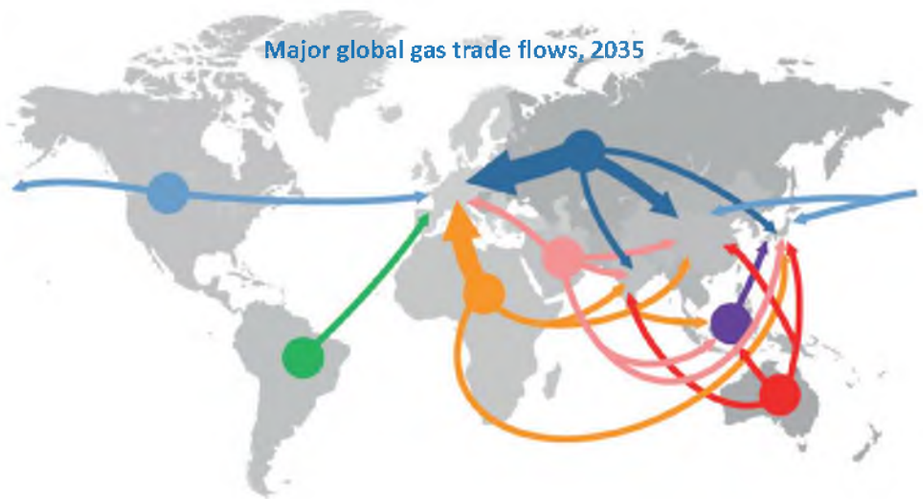
Şekil 3.5. 2035 Yılına Kadar Yenilenebilir Enerjiler İçin Öngörülen Küresel Sübvansiyonların Biyoyakıtlar ve Elektrik Enerjisine Göre Dağılımı (IEA, 2012a,b)

3.2.2. Petrol ve Doğal Gazın Geleceği

Yükselen pazar ekonomilerinde (gelişmekte olan büyük ülkeler) petrol tüketimindeki artış, özellikle Çin, Hindistan ve Orta Doğu'daki ulaştırma sektöründe tüketimin aratmasına bağlı olarak, OECD ülkelerinde görülen azalan talebin üzerinde kalmakta; buysa, küresel petrol kullanımını düzenli olarak artırmaktadır. UEA Yeni Politikalar Senaryosu'nda küresel petrol talebi 2035 yılına kadar yavaşça artarak, 2011 yılında 87,4 milyon varil gün (MV/G) düzeyinden 99,7 MV/G 'e çıkmaktadır. Dünyadaki toplam net artışın yarısı Çin'in gereksiniminin karşılanmasında kullanılacaktır. Örneğin, 2035 yılına kadar Orta Doğu petrolünün yaklaşık %90'ının Çin, Hindistan, Japonya ve Kore ağırlıklı Asya'ya ihraç edilecek olması dikkat çekicidir (Şekil, 3.6). OECD bölgesindeki düzenli düşüşe, verimlilik artışından kaynaklanan kazanımlar, yakıtlar arasındaki ikame ve doymuşluk (doyma düzeyine ulaşma) gibi etmenler neden olmaktadır. Öte yandan, ABD'nin net ihracatçı olarak değişen konumunun, ticaretteki bu doğuya yönelimi hızlandırması beklenmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Varış Yerine Göre Ortadoğu Petrol İhracatının, 2000-2035 Dönemindeki Değişimleri (IEA, 2012a,b)



Şekil 3.7. Dünyada 2035 Yılına Kadar Şekillenmesi Ön Görülen Başlıca Küresel Gaz Ticareti Akışları (IEA, 2012a, b'ye göre yeniden düzenlendi)

Artan konvansiyonel olmayan gaz ve sıvılaştırılmış doğal gaz arzı ticaret akışlarının çeşitlenmesine katkı sağlayacak, konvansiyonel gaz tedarikçileri ve petrole dayalı fiyatlandırma düzeneklerinin ü erinde bir baskı öğesi oluşturacaktır. Petrol İhraç Eden Ülkeler (OPEC) dışında kalan ülkelerin petrol üretimi, 2010'lu yıllarda artacak, ancak 2020 yılından sonra petrol arzı giderek daha fazla OPEC'e bağımlı olacaktır. Konvansiyonel olmayan petrol, özellikle ABD'deki konvansiyonel olmayan petrol (Şekil 3.2), Kanada'daki kum petrolü, doğal gaz sıvıları ve Brezilya'daki derin deniz petrol üretimindeki artış, OPEC dışı üretimi 2011 yılındaki 49 MV/G 'den, yaklaşık %8,2 artarak 2015 yılında 53 MV/G düzeyinin üzerine çıkarmaktadır. Bu durum 2020'lerin ortalarına kadar korunacak, ancak 2035 yılında 50 MV/G 'e kadar düşecektir. OPEC ülkelerinde de üretim, özellikle 2020'den sonra artarak OPEC'in dünya üretimindeki payını %42'den 2035 yılında %50'ye çıkaracaktır. Küresel petrol üretimindeki net artış, hemen hemen tümüyle doğal gaz sıvıları ve konvansiyonel olmayan petrol tarafından sağlanmaktadır. Konvansiyonel olmayan petroldeki bu artış, 2020'li yılların büyük bölümünde 4 MV/G düzeyini aşacak olan konvansiyonel olmayan petrolün ve doğal gaz sıvılarının katkısı olacaktır. 2035 yılına kadar gerekli olan 15 trilyon ABD Doları değerindeki küresel petrol ve doğal gaz arama ve üretimine yönelik yatırımların yaklaşık %30'u Kuzey Amerika'da gerçekleşecektir.

Doğal gaz, UEA'nın üç senaryosunda da küresel istemin arttığı tek fosil yakıt durumundadır. Yeni Politikalar Senaryosuna göre, dünya talebi bugünkü 3,4 trilyon m^3 'ten (Tm3) 2035 yılında yaklaşık 5 Tm^3 'e çıkacaktır. %47,1'lik bu artış, başta Çin gelmekle birlikte, hem gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı ekonomik büyümenin hem de Kuzey Amerika'daki geniş arz kapasitesinden dolayı OECD ülkelerindeki istemin belirli bir oranda yükselmesinin bir sonucudur. Var olan doğal gaz kaynakları bu istemi karşılamak için yeterli olup, bu kaynakların büyüklüklerine ilişkin tahminler yükselmektedir.

Konvansiyonel olmayan gaz, 2035 yılına kadar küresel gaz üretimindeki artışın yaklaşık yarısını oluşturacak ve bu artışın bir bölümü Çin, ABD ve Avustralya'dan kaynaklanacaktır. Ancak söz konusu gaz üretimi henüz gelişme aşamasındadır ve birçok ülkede kaynakların büyüklük ve niteliğinin yanı sıra üretimin ekolojik etkilerine ilişkin de belirsizlikler bulunmaktadır. Konvansiyonel olmayan gaz, çeşitli ticaret ilişkilerinin oluşumunu hızlandırarak konvansiyonel gaz üreticilerinin ve geleneksel petrole bağımlı doğalgaz fiyatlandırma düzeneklerinin üzerinde bir baskı öğesi oluşturabilir. Bunu da arz kaynaklarını güçlendirerek ve çeşitlendirerek, Çin örneğinde olduğu gibi ithalat istemini azaltarak ve ABD örneğinde olduğu gibi yeni ihracatçı ülkelerin ortaya çıkmasına yardımcı olarak gerçekleştirebilir.

Sağdaki özetlenen gelişmelerle bağlantılı ve uyumlu olarak, 2011 yılında, Dünya Doğal Gaz Tüketimi sıralamasında, sırasıyla ABD, Rusya Federasyonu, İran, Çin ve Japonya ilk beş sırayı alırken, Türkiye dünya toplamındaki %1,4'lik payıyla 20. sırada yer almıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. 2001-2011 Döneminde Dünya Doğal Gaz Tüketimi (Milyon TEP) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları*

Ülke	2001	2003	2005	2007	2009	**2011**	**2011 payı**	Sıra
ABD	573,9	575,3	568,5	597,3	590,1	626,0	21,5	1
Rusya Federasyonu	329,6	346,4	360,2	379,9	350,7	382,1	13,2	2
İran	63,1	74,6	94,5	101,7	118,2	138,0	4,7	3
Çin	24,7	30,5	42,1	63,5	80,6	117,6	4,0	4
Japonya	66,8	71,8	70,7	81,2	78,7	95,0	3,3	5
Kanada	79,4	87,9	88,0	86,6	85,4	94,3	3,2	6
Suudi Arabistan	48,3	54,1	64,1	67,0	70,6	89,3	3,1	7
İngiltere	86,7	85,8	85,5	81,9	78,0	72,2	2,5	8
Almanya	74,6	77,0	77,6	74,6	70,2	65,3	2,2	9
İtalya	58,5	64,1	71,2	70,0	64,4	64,2	2,2	10
Meksika	37,6	45,4	50,5	56,9	59,6	62,0	2,1	11
Birleşik Arap Emirlikleri	34,1	34,1	37,8	44,3	53,2	56,6	1,9	12
Hindistan	23,8	26,6	32,1	36,1	45,9	55,0	1,9	13
Ukrayna	61,9	62,1	62,1	56,9	42,3	48,3	1,7	14
Mısır	22,1	26,7	28,4	34,5	38,3	44,7	1,5	15
Özbekistan	44,6	41,2	38,4	41,3	39,2	44,2	1,5	16
Tayland	22,3	25,7	29,3	31,8	35,3	41,9	1,4	17
Kore Cumhuriyeti	18,7	21,8	27,3	31,2	30,5	41,9	1,4	18
Arjantin	28,0	31,1	36,4	39,5	38,8	41,9	1,4	19
Türkiye	**14,4**	**18,8**	**24,2**	**32,5**	**32,1**	**41,2**	**1,4**	**20**
Fransa	37,7	38,7	39,6	38,2	38,0	36,3	1,2	21
Pakistan	20,4	27,4	32,0	33,1	34,6	35,2	1,2	22
Hollanda	36,0	36,0	35,4	33,3	35,0	34,3	1,2	23
Endonezya	27,9	31,5	29,9	28,2	33,6	34,1	1,2	24
Venezuela	26,6	22,7	24,7	26,6	27,5	29,8	1,0	25
İspanya	16,4	21,3	29,1	31,6	31,1	28,9	1,0	26
Malezya	22,7	24,6	28,3	30,1	30,3	25,7	0,9	27
Cezayir	18,5	19,3	20,9	21,9	24,5	25,2	0,9	28
Brezilya	10,7	14,2	17,7	19,0	17,8	24,0	0,8	29
Avustralya	19,8	20,2	19,9	23,9	22,7	23,0	0,8	30
Dünya Toplam	**2.215,4**	**2.347,0**	**2.497,5**	**2.645,8**	**2.643,7**	**2.905,6**	**100,0**	**Sıra**
OECD dışı	1.001,6	1.085,0	1.207,0	1.307,8	1.331,3	**1.519,5**	52,3	1
OECD	1.213,8	1.262,0	1.290,6	1.338,0	1.312,4	**1.386,1**	47,7	2
Avrupa Birliği	485,6	502,1	519,2	540,9	487,9	**539,6**	18,6	3
Eski Sovyetler Birliği	406,7	426,3	445,3	433,8	414,1	**403,1**	13,9	4

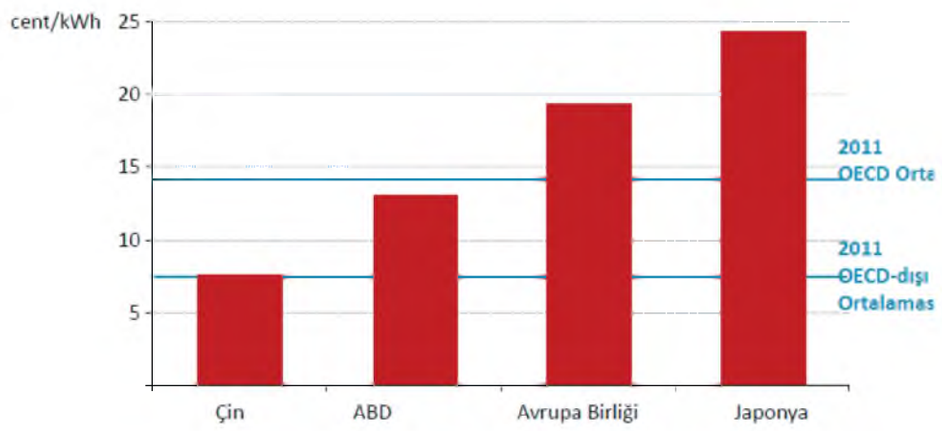
*BP, 2012.

3.2.3. Elektrik Üretimindeki Ana Eğilimler

Elektriğe olan talep artmaya devam edecektir. Yeni Politikalar Senaryosu'nda 2035 yılınadeğin küresel elektrik talebi %70'in üzerinde artarak 32.000 TWh'a ulaşacaktır. Bu artışın büyük bir çoğunluğu, yarısı Çin ve Hindistan'dan olmak üzere, çoğu gelişmekte olan OECD dışı ülkelerden kaynaklanmaktadır. Kömür, özellikle OECD dışı ülkelerde elektrik üretiminin temelini oluşturmaya devam etmektedir. Ancak, kömürün toplam elektrik üretimi yakıt bileşimi içerisindeki payı azalarak beşte ikiden üçte bire düşmüştür. OECD ülkelerindeyse, kömüre dayalı üretim azalmaktadır. 2035 yılına kadar, doğal gaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi kömürün önüne geçecektir. Küresel ölçekte yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimi, 2035 yılında 2010 yılına göre üç katına çıkarak üretim bileşimindeki payı %20'den %31'e yükselecektir. OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artması, %47 oranıyla çoğunlukla rüzgar, biyoenerji (%16), fotovoltaik Güneş (%15) ve hidrolik enerji (%11) kaynaklıdır. Hidrolik enerji, OECD dışı ülkelerde yenilenebilir enerjideki artışın %42'sini oluştururken, rüzgar (%25), biyoenerji (%16) ve fotovoltaik Güneş (%10) de bu artışa önemli bir katkı sağlamıştır.

2035 yılına kadar dünya elektrik fiyatlarının yükselmesi beklenmektedir. En yüksek fiyatlar AB ve Japonya'da görülecek; ABD ve Çin'dekinin çok üzerinde olacaktır. Yükselen yakıt fiyatları artan yenilenebilir enerji kullanımı ve bazı bölgelerde CO_2 fiyatlandırması nedeniyle elektrik fiyatlarının 2035 yılına kadar reel olarak ortalama %15 artması öngörülmektedir. Ancak bu durumda önemli bölgesel farklılıklar göze çarpmaktadır. Buna göre, en yüksek elektrik fiyatları AB ve Japonya'da görülecek, fiyatlar ABD ve Çin'in çok üzerinde gerçekleşecektir (Şekil 3.8).

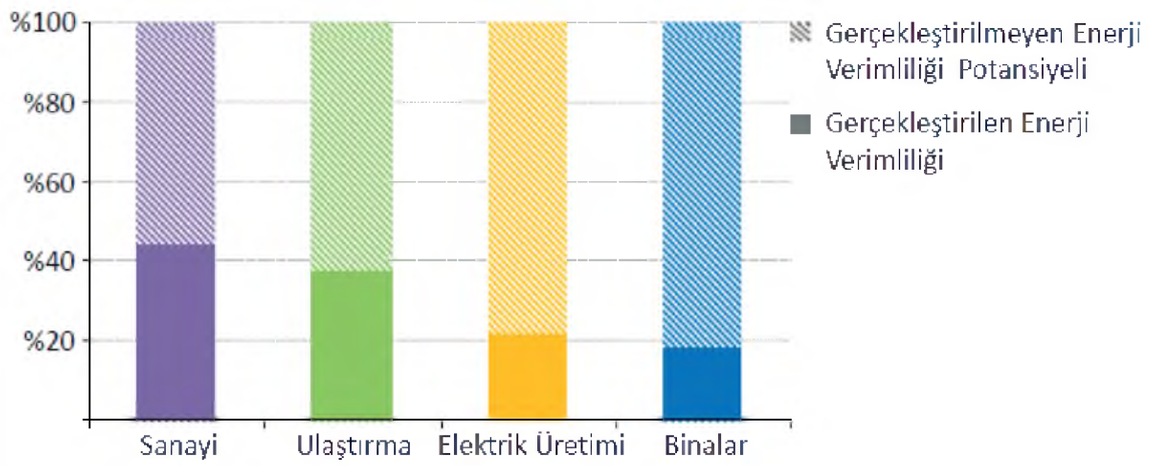
Dünya'nın bazı bölgelerinde 2035 yılına kadar konut elektrik fiyatlarında %30'a varan bir artış olabilecektir. Ancak, genel olarak gelirlerin daha hızlı bir biçimde artması beklendiği için, ödemeler içerisinde elektrik faturalarının payı azalacaktır. Öte yandan, yenilenebilir enerji sübvansiyonlarının müşterilere yansıtıldığı durumlarda, ek tarife yükü azımsanmayacak kadar yüksek olabilecektir. Örneğin, yenilenebilir enerji sübvansiyonları AB'de 2020 yılına kadar konut elektrik fiyatlarının %15 artmasına yol açacaktır (IEA, 2012a). Bu değerlendirme, UEA'nın yukarıda özetlenen çeşitli koşullar ve senaryolara göre yapılmış küresel bir değerlendirme olup, ülkelerin (ör. Almanya, Danimarka gibi) yenilenebilir enerjiden vazgeçmeleri anlamına gelmemektedir. Artan enerji gereksiniminin karşılanmasında geleneksel birincil enerji kaynaklarının ağırlıklı payını (kısmen azalma eğiliminde olsa da) korunacağı beklenmektedir.



Şekil 3.8. 2035 Yılına Kadar 2011 Yılına Göre Ortalama Konut Elektrik Fiyatlarının Çin, ABD, AB ve Japonya Gibi Büyük Enerji Tüketicisi Ülkelerdeki Durumu (IEA, 2012a,b)

3.2.4. Enerji Verimliliğindeki Gelişmeler ve Eğilimler

Günümüzde enerji verimliliği, enerji güvenliğini sağlayabilen, ekonomik kalkınmayı destekleyen ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı yoluyla ekolojik bozulmaları ve çevresel kirliliği azaltabilecek ve aynı zamanda enerjinin üç ana hedefini de içeren sürdürülebilir önlemler ve eylemler bütünü olmasına karşın, var olan ve planlanan çalışmalar ve eylemler enerji verimliliğindeki ekonomik potansiyelin tümünü gerçekleştirmekten oldukça uzaktır. Çin, ABD, AB ve Japonya gibi başlıca enerji tüketicisi konumundaki birçok ülke, 2011 yılında yeni enerji verimliliği politika ve önlemlerini yürürlüğe sokmuştur. Bu politikalarla sağlanan ilerlemenin sonucunda, Yeni Politikalar Senaryosu uyarınca, küresel enerji yoğunluğunda GSYH'nin birim başına düşen enerji tüketimi 2035'e kadar yıllık %1,8'lik azalma gerçekleşeceği öngörülmektedir. Yine de, çoğunlukla teknik engellerden bağımsız şekilde, enerji verimliliğinin sağlayacağı ekonomik potansiyelin önemli bir bölümü, örneğin bina sektöründeki potansiyelin beşte dördü ve sanayinin yarıdan fazlası henüz harekete geçirilmemiş durumdadır (Şekil 3.9).

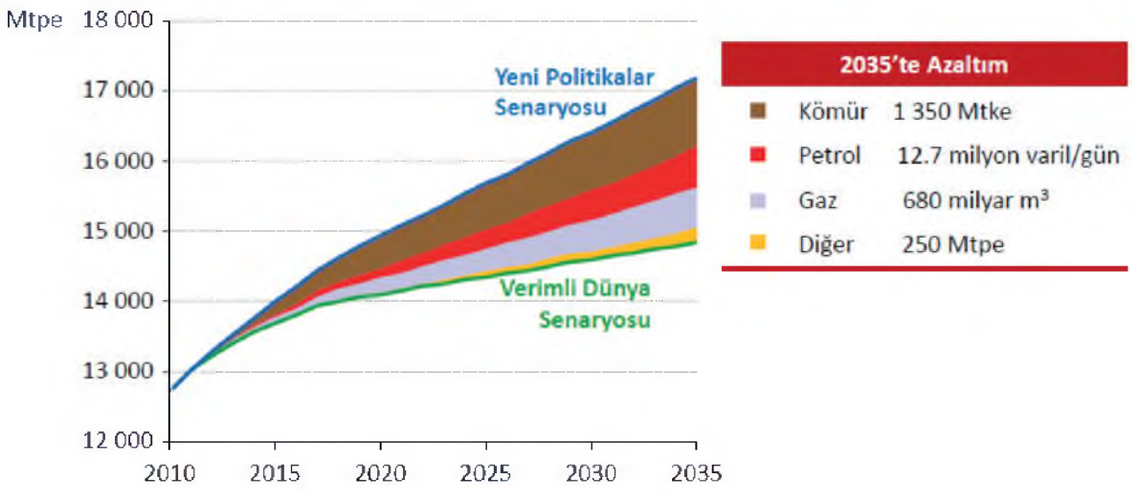


Şekil 3.9. UEA'nın Yeni Politikalar Senaryosu'nda Çeşitli Sektörlerin Enerji Verimliliği Potansiyellerinin Karşılaştırılması (IEA, 2012a,b).

Buna göre, 2035 yılına kadarki dönemde sanayi %40'ı aşan bir oranla, enerji verimliliğinin en-çok gerçekleştirildiği sektör özelliğini sürdürmekle birlikte, genel olarak başlıca sektörlerde enerji verimliliğini artırmaya yönelik ekonomik potansiyelin üçte ikisinden yararlanılamayacağı öngörüsü dikkat çekicidir. UEA'nın Verimli Dünya Senaryosu, enerji verimliğinde ekonomik olarak olanaklı potansiyeli yakalamak açısından dünya ülkelerine bir yol haritası sunmak üzere tasarlanmıştır. Bu senaryoyla, ülkelerin piyasa engellerini alçaltmak için gereksinim duyacakları, işlem maliyetlerini en aza indirecek ve enerji verimliliği için gerekli yatırımları olanaklı yapacak

politikalar belirlenmektedir. Bu yatırımlar, ülkelere, enerji sermaye birikiminin kullanım süresi bitmeden yatırımların geri kazanılmasının yanı sıra, "enerji güvenliğinde iyileşme, ekonomik kazanç ve çevrenin ve ekosistemin korunması"ndan oluşan enerji politikasının üç ana hedefinin yakalanmasını da sağlayacaktır.

Verimli Dünya Senaryosu'nda daha verimli kaynak dağılımının dikkate alınması, küresel ekonomik çıktının 2035 yılına gelindiğinde 18 trilyon ABD Doları kadar artmasına yol açabilecektir. Bu rakam, ABD, Kanada, Meksika ve Şili'nin bugünkü GSYH'lerinin toplamına eşittir. Senaryoya göre, 2035 yılında en çok GSYH kazancı, sırasıyla Hindistan (%3,0), Çin (%2,1), ABD (%1,7) ve OECD Avrupa'sında (%1,1) gerçekleşmiş olacaktır.



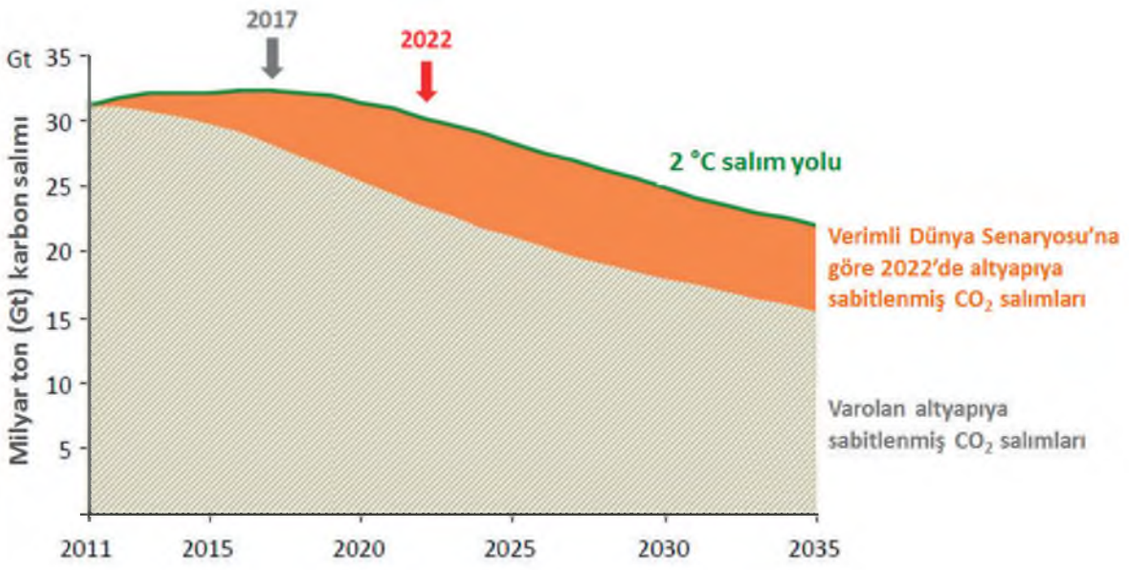
Şekil 3.10. UEA'nın Yeni Politikalar ve Verimli Ekonomik Senaryolarına Göre, Toplam Birinci Enerji Talebinin Yakıt Cinslerine Göre 2010-2035 Dönemindeki Değişimleri (IEA, 2012a,b).

Ekonomik olarak uygulanabilir verimlilik önlemlerinin, 2035 yılına kadarki enerji talebini yarıya indirebileceği, petrol talebinin azalmasıyla oluşan tasarruflarınsa, petrol fiyatlarının aynı dönemde varil başına 16 ABD Doları daha düşük olmasını sağlayabileceği beklenmektedir.

Verimli Dünya Senaryosunda küresel birincil enerji kaynakları talebindeki büyüme, Yeni Politikalar Senaryosuna göre yarıya indirilmiş ve enerji yoğunluğu son 25 yılın ortalamasına göre 2,6 kat iyileştirilmiş olarak hesaplanmıştır. Küresel olarak 2020'ye kadar olan petrol talebi, 91 MV/G ile en üst düzeyine yükselmekte, 2035'te ise 87 MV/G 'e düşmektedir. Bu değer, Rusya Federasyonu'nun ve Norveç'in bugünkü üretimlerinin toplamına eşittir. 2035 itibariyle kömür talebi bugünkü düzeyinin altında gerçekleşmekte ve Yeni Politikalar Senaryosuna göre de 1.350 milyon ton kömür eşdeğeri (MTKE) olarak alınmıştır (Şekil 3.10). Düşen talep sonucunda, 2035 yılında petrol fiyatlarının Yeni Politika Senaryosundan varil başına 16 ABD Doları daha ucuz olacağı öngörülmektedir.

Küresel ortalama yüzey hava sıcaklığı artışının 2 °C'de sınırlandırılmasına yönelik küresel 'iklim hedefinin' eylemsizlikle geçen her yılla birlikte daha zor ve daha maliyetli olduğunu görmekteyiz. Verimli Dünya Senaryosuna göre, enerjiden kaynaklanan CO_2 salımı 2020'den önce en yüksek değerine ulaşmakta, sonra azalarak 2035 yılında dönemin en düşük değerine gerilemektedir (Şekil 3.11). Bu durum, uzun dönemde küresel ortalama yüzey hava

sıcaklıklarında 3°C'lik bir artışa karşılık gelir. Enerji verimliliği önlem ve teknolojilerinin hızla uygulamaya konulması, CO_2 salımlarındaki artışlara bağlı sıcaklık artışının 2 °C civarında gerçekleşmesine yönelik olarak öngörülen sınırın aşılmaması için belirlenen sürenin (bu süre bu Yeni Politikalar Senaryosunda 2017 olarak belirlenmiştir) 5 yıl ötelenmesini sağlayacaktır (Şekil 11). Bu da Kyoto Protokolü sonrası sera gazı salımlarını azaltmak için çok fazla gereksinim duyulan yeni bir küresel iklim antlaşmasının ya da rejiminin 2022 yılına kadar yürürlüğe sokulmasına olanak verecektir. Ancak 2 °C'lik küresel bir hedefe ulaşabilmek için, enerji verimliliğine ek olarak düşük karbon teknolojilerinin de devreye sokulmasının gerekli olduğu vurgulanmaktadır.



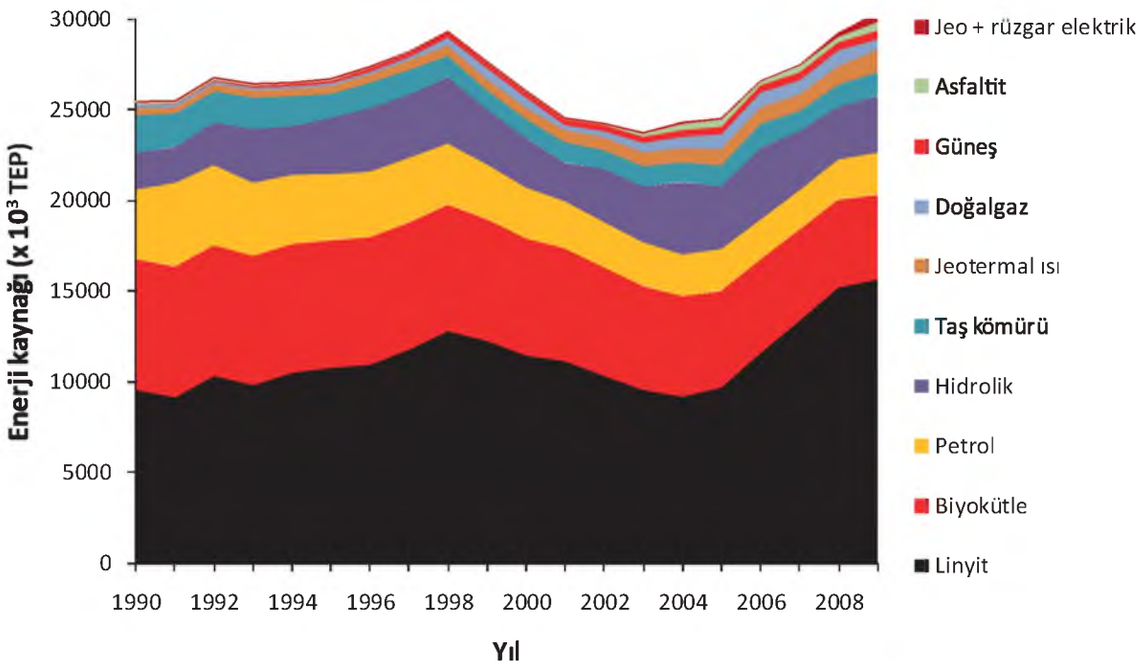
Şekil 3.11. Karbon Salımının Yıllara Göre Değişimi (IEA, 2012a,b)

Şekil 3.11 incelendiğinde; küresel ortalama yüzey sıcaklığının artışını 2°C'de sınırlandıracak olan CO_2 salım düzeyine 2017 yılında ulaşılması beklenmesine karşın, enerji verimliliği (Verimli Dünya Senaryosu) bu tarihi 2022 yılına kadar erteleyerek 5 yıl kazandırabileceği ön görülmektedir. UEA Dünya Enerji Görünümü 2012 raporunda, kapsamlı olarak uygulanması durumunda Verimli Dünya Senaryosunu gerçeğe dönüştürebileceği öngörülen aşağıdaki altı guruptan oluşan bir politika demeti önerilmiştir:

1. Ölçümleri kuvvetlendirerek ve elde edilen kazançları kamuoyuna açıklayarak, enerji verimliliğinin görünürlüğünü artırmak;
2. Enerji verimliliğini, hükümet, sanayi ve toplumun karar alma süreçlerine taşıyarak ya da onunla bütünleştirerek verimliliğe öncelik ve destek vermek;
3. Uygun iş modelleri ve finansman araçları yaratarak, enerji verimliliğinin finansal açıdan karşılanabilir olmasını sağlamak;
4. En verimli teknoloji seçeneklerine teşvikler sunarak ve verimsiz olanlardan vazgeçerek, verimliliği egemen eğilim haline getirmek;
5. Denetleme, doğrulama ve yaptırım aşamalarını devreye sokarak, verimliliği gerçekleştirmek;
6. Her alanda yönetişim ve yönetimsel kapasiteleri artırarak, verimliliği gerçekleştirilebilir kılmak.

3.3. Türkiye'nin Genel Enerji Görünümü

Genç ve hızla artmakta olan bir nüfusa sahip olan Türkiye'nin, genel enerji ve elektrik istemi, bunun sonucunda da özellikle fosil yakıt yanmasından kaynaklanan enerji ilişkili sera gazı salımları sürekli artmaktadır. Yerel enerji kaynakları artan istemi karşılamak için yeterli olmadığından, Türkiye enerjide büyük ölçüde dışalıma bağımlıdır. Türkiye'nin enerjide dışalıma bağımlılığı son yıllarda artış eğilimi göstermiştir. Bu artış temel olarak doğal gaz ithalindeki artıştan kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.12. Türkiye'nin Birincil Enerji Üretiminin Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre 1990-2009 Dönemindeki Yıllara Göre Değişimleri (Kaynak Veri: ETKB, 2011)

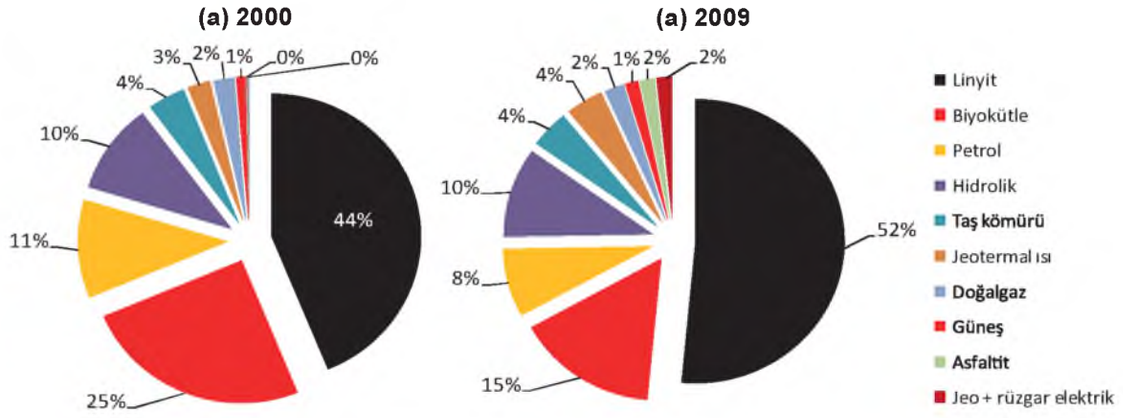
3.3.1. Birincil Enerji Kaynak Rezervi

Türkiye artan enerji istemini karşılarken, çoğu fosil yakıt olmak üzere çeşitli birincil enerji kaynaklarından yararlanmaktadır. 2009 yılı verilerine göre Türkiye'nin en büyük fosil yakıt rezervi, yaklaşık 11,4 milyar ton ile linyit kömürüdür. Türkiye'nin görünür hidroelektrik enerji kurulu güç potansiyeli ise, 36.603 MW Üretim kapasitesi (129,388 GWh) olarak hesaplanmıştır. Birincil enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli 3.3.5 alt bölümünde verilmiştir.

3.3.2 Birincil Enerji Kaynakları Üretimi

Türkiye'nin birincil enerji üretimi, ulusal ve uluslararası mali koşullara ve ulusal kalkınma düzeyine bağlı olarak belirgin bir dalgalanma göstermektedir (Şekil 3.12). Buna göre, toplam birincil enerji üretimi 1990'da yaklaşık 25,5 MTEP iken, 1998'de yaklaşık 29,3 MTEP'e çıkmış, 2003'te yaklaşık 32,2 MTEP'e ulaşmıştır. Temel yurt içi enerji kaynağı, en büyüğünden başlayarak sırasıyla kömür (18 MTEP, %56), hidrolik (4,5 MTEP, %14),

biyokütle (3,5 MTEP, %11), yenilenebilir enerjiler (jeotermal, rüzgar ve Güneş – 3 MTEP, %9), petrol (2,6 MTEP) ve 0,6 MTEP ile doğal gazdır (DEK-TMK, 2012). Belirgin bir artış olmakla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji içerisindeki payı henüz oldukça küçüktür. Yurt içi kaynakların en uygun kullanımı ulusal enerji politikasının temel bileşenlerinden biridir. Bu nedenle, Türkiye yurt içi kömür kaynaklarının yeterli kullanımına önem vermekte ve temiz kömür teknolojilerinin kullanılmasına gerekli özeni göstermektedir. Şekil 3.12'den de görüleceği üzere, birincil enerji kaynakları içerisinde üretiminde belirgin bir artış eğilimi görülen başlıca enerji kaynağı olarak linyit öne çıkmaktadır. Bu durumu ve genel olarak enerji kaynaklarının dağılımını, Türkiye'de birincil enerji üretiminin 2000 ve 2009 yıllarında kaynak çeşitlerine göre oransal dağılımlarının karşılaştırıldığı Şekil 3.13a ve Şekil 3.13b'de görmek olasıdır. Buna göre, Türkiye'de 2000 yılında birincil enerji üretiminin %44'ü linyit, %25'i biyokütle, %11'i petrol ve %10'u hidrolik enerjiyken, bu oranlar 2009 yılında sırasıyla, %52, %15, %8 ve %10 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.13). Jeotermal ısı ve yenilenebilir enerjilerin birincil enerji içerisindeki paylarında da küçük artışlar olmuştur.

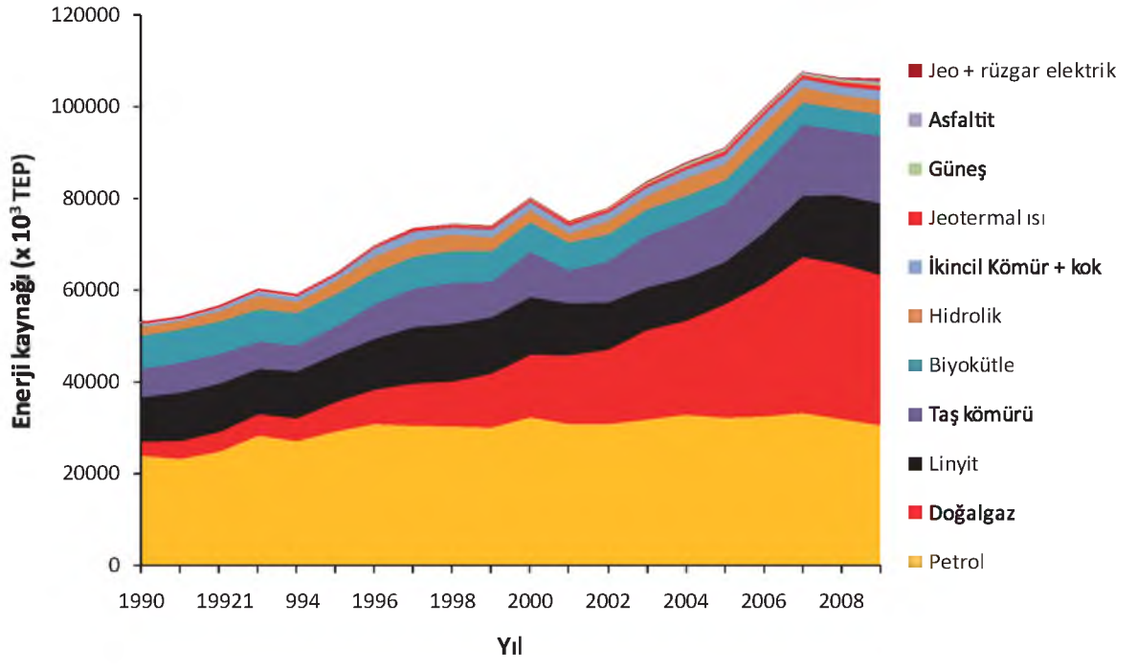


Şekil 3.13. Türkiye'de Birincil Enerji Üretiminin 2000 ve 2009 Yıllarında Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre Oransal Dağılımı (Kaynak Veri: ETKB, 2011)

3.3.3. Birincil Enerji Kaynakkarı Tüketimi

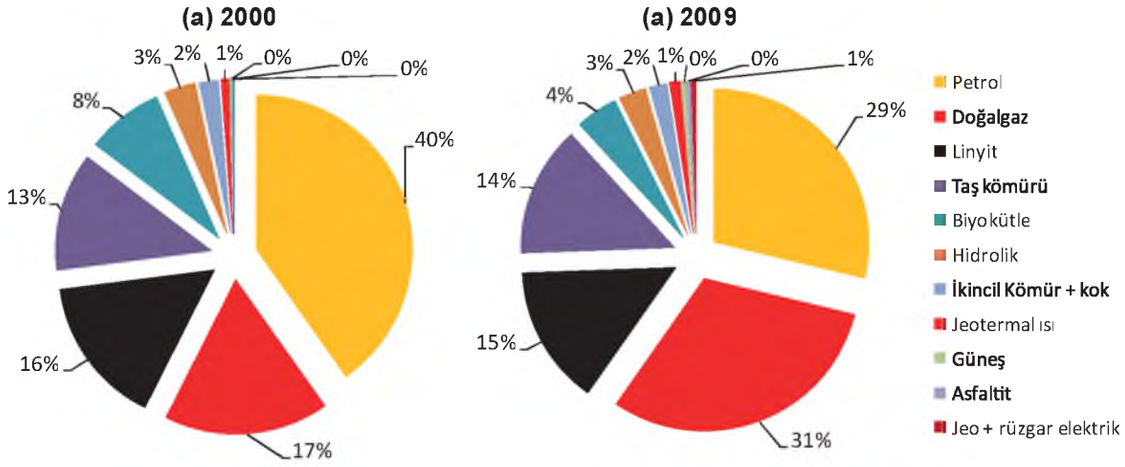
Türkiye, hem ekonomi hem de enerji (özellikle de elektrik istemi) açısından hızla büyümektedir. Buna bağlı olarak Türkiye'de birincil enerji tüketimi hızla artmaktadır.

Türkiye'de 1990-2009 yılları arasında, toplam birincil enerji tüketimi petrol dışında hızlı bir artış göstererek, yaklaşık 53 MTEP'ten 2009 yılında yaklaşık 106 MTEP'e (Şekil 3.14) ve 2011 yılında 114,48 MTEP'e ulaşmıştır. 2011 yılı enerji tüketiminin, kaynaklara göre dağılımında, ilk sırayı 36,9 MTEP (toplam tüketimin %32'si) ile doğal gaz alırken, onu 33,5 MTEP (%29) ile kömür, 30,4 MTEP (%27) ile petrol, 4,5 MTEP (%4) ile yenilenebilir kaynaklar izlemiştir (DEK-TMK, 2012). Petrol dışında kalan enerji kaynakları tüketimindeki artış eğilimi, 2007 yılına kadar sürmüş, dünyada ve Türkiye'de yaşanan mali krizin etkisiyle 2008 ve 2009 yıllarında bir azalma eğilimi ortaya çıkmıştır (Şekil 3.14). Öte yandan, değişim incelendiğinde, doğal gaz isteminde ortaya çıkan aşırı artış da dikkat çekicidir.



Şekil 3.14. Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketiminin Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre 1990-2009 Dönemindeki Yıllara Göre Değişimleri(Kaynak Veri: ETKB, 2011)

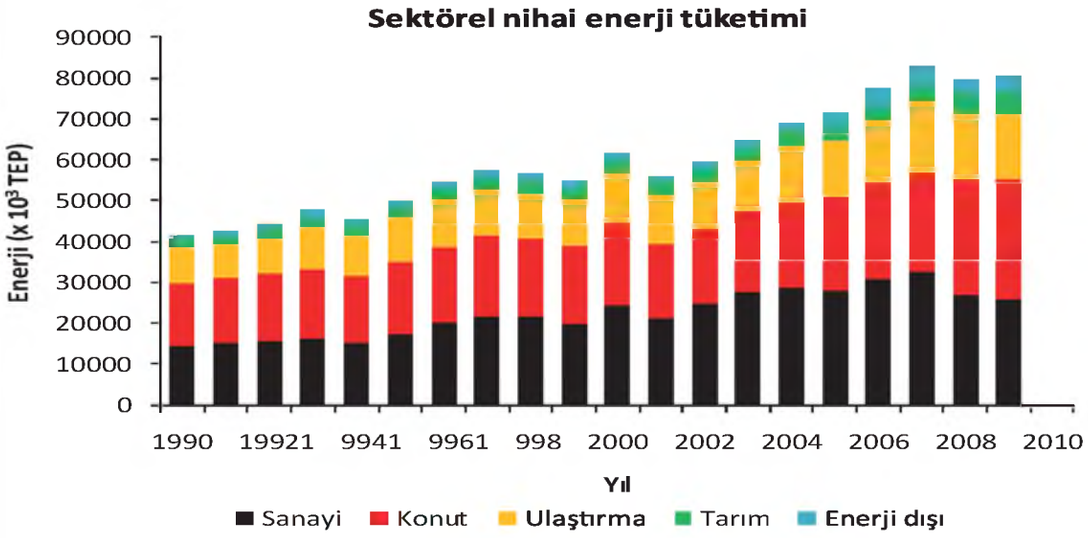
Şekil 3.15'te, Türkiye'de birincil enerji tüketiminin 2000 ve 2009 yıllarında kaynak çeşitlerine göre oransal dağılımları karşılaştırılmıştır. Buna göre, Türkiye'de 2000 yılında birincil enerji tüketiminin %40'ı çoğunluğu dış alımla sağlanan petrol, %17'si doğalgaz, %13'ü taşkömürü, %16'sı linyit, %8'i biyokütle ve %3'ü hidrolik enerjiye karşılık gelmiştir. Bu oranlar 2009 yılında doğalgazın toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki payı arttığı, petrolün azaldığı için, petrol ve doğal gaz açısından belirgin biçimde değişmiş öteki kaynaklar açısından önemli bir değişiklik olmamıştır. Sonuç olarak, 2009 yılında birincil enerji tüketiminin %29'u petrol, %31'i doğalgaz, %15'i linyit ve %14'ü taşkömürüdür (Şekil 3.15). Geri kalan yaklaşık %12'lik bölüm ise, biyokütle, hidrolik, ikincil kömür ve kok, jeotermal ısı, güneş ve asfaltit ile elektrik için kullanılan jeotermal ve rüzgar enerjileridir.



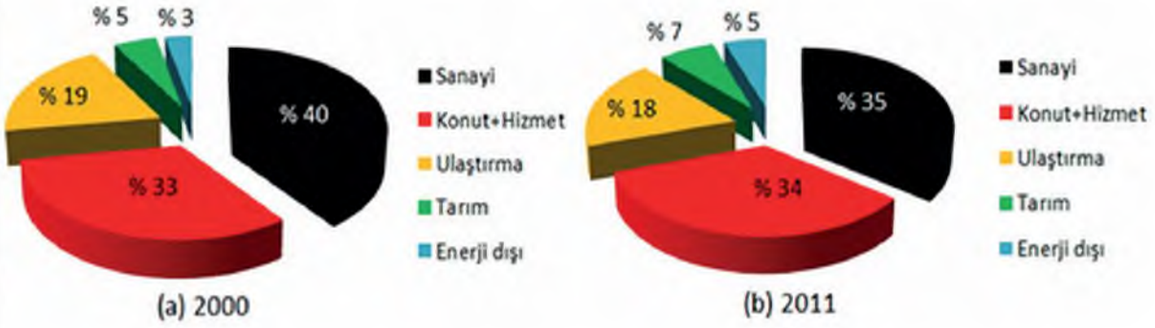
Şekil 3.15. Türkiye'de Birincil Enerji Tüketiminin 2000 Ve 2009 Yıllarında Enerji Kaynağı Çeşitlerine Göre Oransal Dağılımı(Kaynak Veri: ETKB, 2011)

3.3.4. Sektörel Enerji Tüketimi

Türkiye'nin nihai enerji tüketiminin sektörlere göre 1990 – 2009 dönemindeki yıllara göre değişimleri, enerji kaynağı çeşitlerine göre Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin yıllara göre değişimine benzer biçimde (Şekil 3.14), 2007 yılına kadar zayıf bir dalgalanmayla birlikte genel bir artış eğilimi gösterir (Şekil 3.16). Küresel mali krizin etkisiyle, 2008 ve 2009 yıllarında temel olarak sanayiden kaynaklanan bir azalma görülür. Türkiye'de sektörlere göre nihai enerji tüketiminin 2000 ve 2009 yıllarındaki oransal dağılımları karşılaştırıldığında, sanayi ve konut sektörlerinin katkıları açısından önemli bir değişikliğin ortaya çıktığı anlaşılır (Şekil 3.17). Buna göre, 2000 yılında, nihai enerji tüketiminde en yüksek pay %40 ile sanayi sektörününken, 2009 yılında bu durum değişmiş ve en yüksek pay %37 ile konutun olmuş; sanayi %32 ile ikinci sırada yer alabilmiştir (Şekil 3.17).

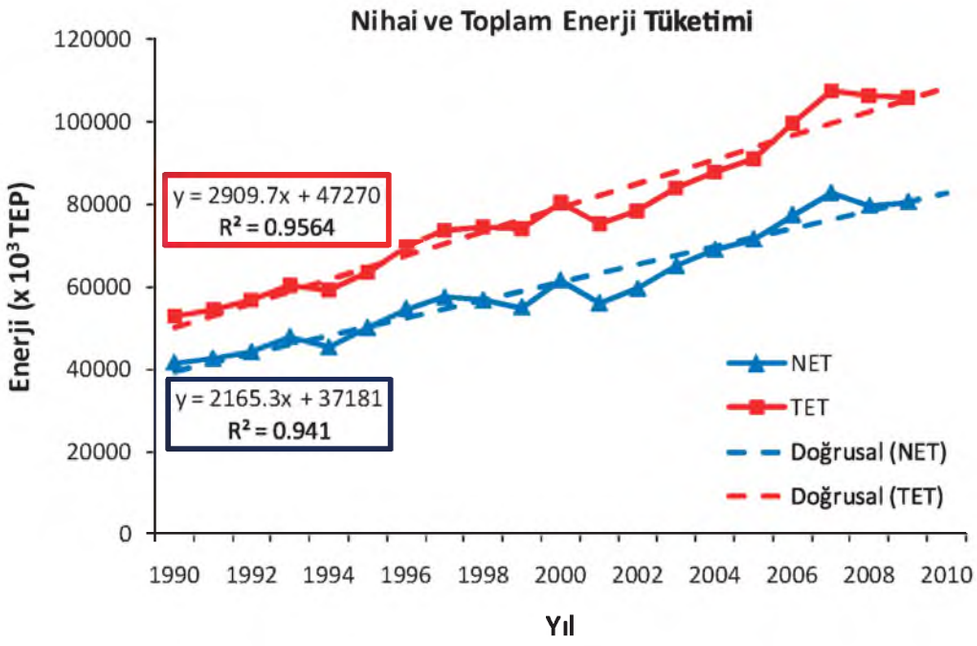


Şekil 3.16. Türkiye'nin Nihai Enerji Tüketiminin Başlıca Sektörlere Göre 1990-2009 Dönemindeki Yıllara Göre Değişimleri (Kaynak Veri: ETKB, 2012)



Şekil 3.17. Türkiye'de Sektörlere Göre Nihai Enerji Tüketiminin 2000 ve 2011 Yıllarındaki Oransal Dağılımları (Kaynak Veri: ETKB, 2012)

Buraya kadar ayrıntılı olarak incelenen verilere ve yapılan açıklamalara koşut olarak, Türkiye'nin nihai enerji tüketimi (NET) ve toplam birincil enerji temini (TET) 1990-2009 döneminde yaklaşık olarak aynı hızda kuvvetli bir doğrusal artış eğilimi gösterir (Şekil 3.18). En küçük kareler doğrusal regresyon çözümlemesinden elde edilen doğrusal eğilimler, eğimin anlamlılığı için Student sınamasına göre 0.001 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlıdır.



Şekil 3.18. Türkiye'nin Nihai Enerji Tüketiminin (NET) ve Toplam Birincil Enerji Temininin (TET) 1990-2009 Dönemindeki Yıllar Arası Değişimleri ve En Küçük Kareler Doğrusal Regresyon Çözümlemesine Göre Belirlenen Doğrusal Eğilimleri

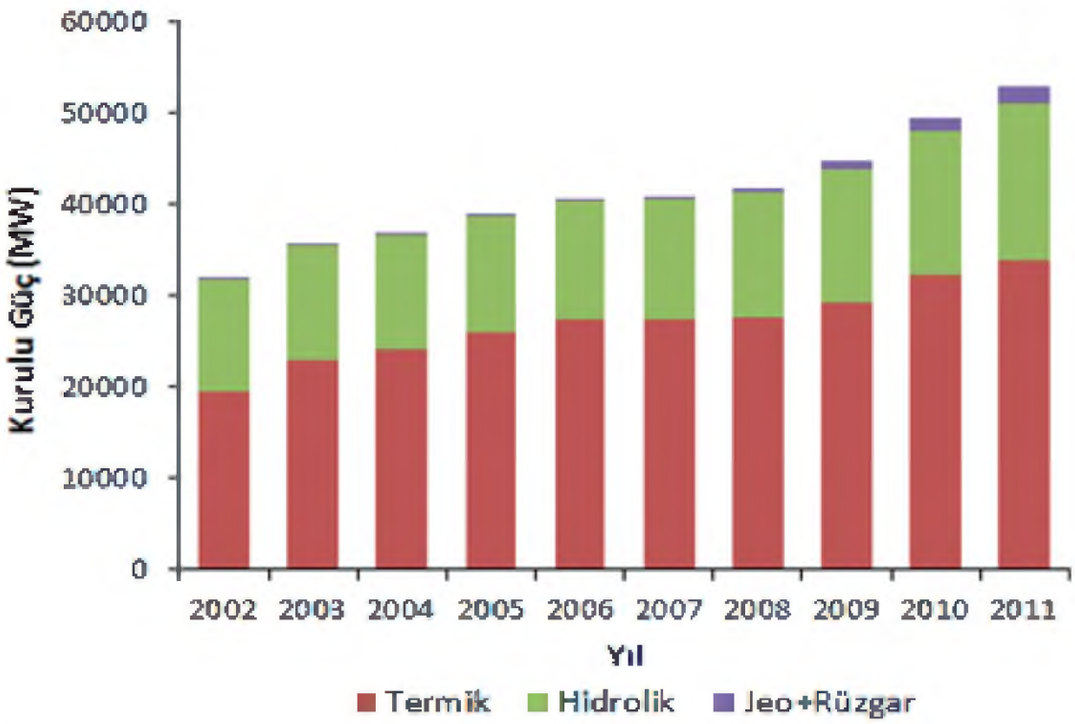
Tablo 3.3. Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü (MW) ve Elektrik Üretiminin (GWh) Enerji Üretim Türüne Göre 2002-2011 Dönemindeki Değişimleri*

	Kurulu Güç (MW)				Üretim (GWh)			
Yıl	Termik	Hidrolik	Jeo+Rüz	Toplam	Termik	Hidrolik	Jeo+Rüz	Toplam
2002	19.568,50	12.240,90	36,4	31.845,80	95.563,10	33.683,80	152,6	129.399,50
2003	22.974,40	12.578,70	33,9	35.587,00	105.101,00	35.329,50	150	140.580,50
2004	24.144,70	12.645,40	33,9	36.824,00	104.463,70	46.083,70	150,9	150.698,30
2005	25.902,30	12.906,10	35,1	38.843,50	122.242,30	39.560,50	153,4	161.956,20
2006	27.420,20	13.062,70	81,9	40.564,80	131.835,10	44.244,20	220,5	176.299,80
2007	27.271,60	13.394,90	169,2	40.835,70	155.196,20	35.850,80	511,1	191.558,10
2008	27.595,00	13.828,70	393,5	41.817,20	164.139,30	33.269,80	1.008,90	198.418,00
2009	29.339,10	14.553,30	868,8	44.761,20	156.923,40	35.958,40	1.931,10	194.812,90
2010	32.278,50	15.831,20	1.414,40	49.524,10	155.827,60	51.795,50	3.584,60	211.207,70
2011	33.931,10	17.137,10	1.842,90	52.911,10	171.638,30	52.338,60	5.418,20	229.395,10

*ETKB, 2012 .

3.3.4.1. Elektrik Sektörü

Türkiye'nin artan elektrik istemi temel olarak termik ve hidrolik kaynaklardan karşılanırken, yenilenebilir kaynakların toplam üretimdeki payı pozitif yönde değişmeye başlamıştır. 1990'da 16.318 MW olan kurulu kapasite 2005 yılında 38.844 MW'a, 2011 yılında 52.911 MW'a ulaşmıştır (Tablo 3.3 ve Şekil 3.19). Son 10 yılda elektrik üretiminde hızlı bir büyüme yaşanmış ve elektrik santrallerinin kapasitesi düzenli olarak artmıştır. Bu kapsamda, termik kaynakların toplam kurulu kapasitedeki payı 2005 yılında %66,7'ye ulaşmış ve geri kalan %33,3 hidrolik + jeotermal + rüzgar kaynaklarından sağlanmıştır. Bu oranlar, 2011 yılında, sırasıyla yaklaşık %64 ve yaklaşık %36 olarak gerçekleşmiştir. 1990'lara kadar toplam termik kapasitede en büyük pay linyit kullanan termik santrallerinin olmasına karşın,1990'lı yıllarla birlikte linyit kullanan santrallerin payı giderek azalmış ve doğal gaz santrallerinin payında hızlı bir artış kaydedilmiştir.

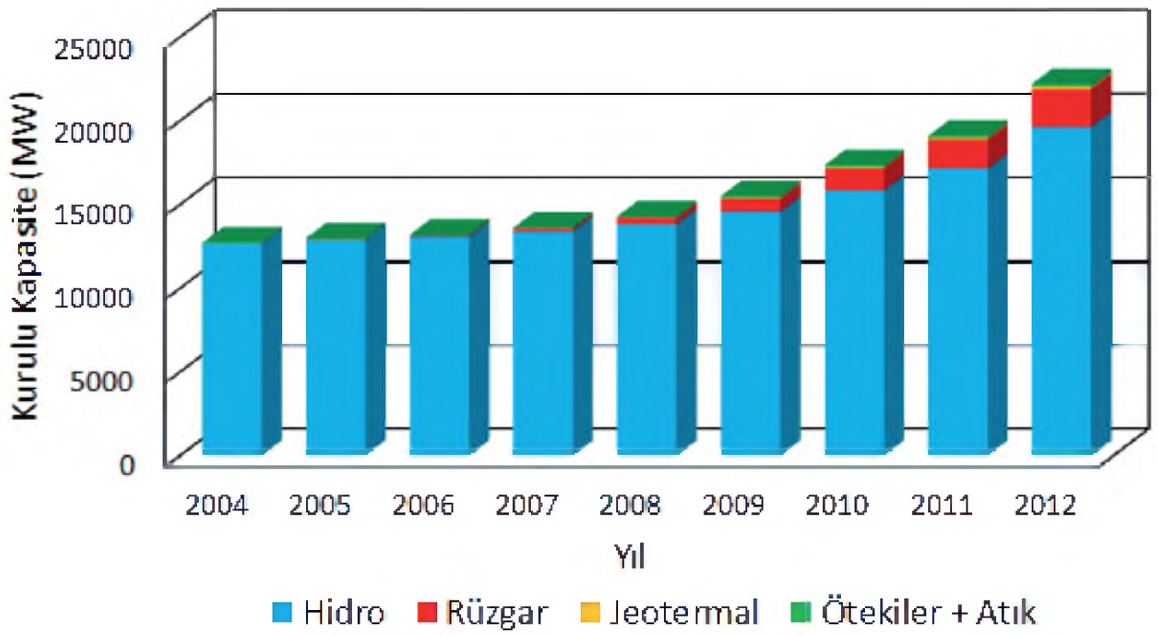


Şekil 3.19. Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün (MW) Enerji Üretim Türüne Göre(GWh) 2002-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak Veri: ETKB, 2012)

3.3.5. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Potansiyeli

Türkiye'nin yenilenebilir enerji toplam güç kapasitesinin 1998-2012 yılları arası değişimi (Şekil 3.20) incelendiğinde, Türkiye'deki kurulu gücünün düzenli bir artış eğilimi gösterdiği, bu artışın özellikle kurulu rüzgar gücündeki artışla beraber 2009 yılı itibarıyla hızlandığı, örneğin 2011'e göre 2012 yılındaki artışın %16,3 dolayında olduğu görülür. Öte yandan, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli oldukça yüksek olmasına karşın, ticari olarak yenilenebilir enerji üretimi henüz çok yetersizdir (Tablo 3.4).

Yenilenebilir enerjilerin arasında jeotermal enerjinin kaynak potansiyeli, rüzgarın yanı sıra önemli düzeydedir. YEKGM'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli öngörülerine göre (YEKGM, 2012a), Türkiye'nin yıllık hidrolik enerji potansiyeli 135 milyar kWh; jeotermal potansiyeli 31.500 MWt; biyokütle potansiyeli 8 MTEP ve Güneş ışınımından elde edilebilecek potansiyeli ise 35 MTEP düzeyindedir (Tablo 3.4) .



Şekil 3.20. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Kapasitesinin Enerji Kaynağına Göre 1998-2012 Yılları Arası Değişimi (Kaynak Veri: YEKGM, 2012a)

Tablo 3.4. Türkiye'de Yenilenebilir Enerjilerin Kaynak Potansiyelleri*

Hidro	Potansiyel (Milyar kWh/yıl)	135,0
Rüzgar	Potansiyel (MW)	48.000,0
	2023 Hedefi (MW)	20.000,0
	İşletmede (MW) (Nisan 2012)	2.260,5
	Üretim (2012) (GWh)	5.581,5
Jeotermal	Potansiyel (MWt/yıl)	31.500,0
	Üretim (2012) (GWh)	850,0
	İşletmede (MW) (Nisan 2012)	162,2
	Kurulum aşamasında (MW)	120,0
Biyokütle	Potansiyel (MTEP/yıl)	8,0
	İşletmede (MW)	158,5
Güneş	Potansiyel (MTEP/yıl)	35,0
	Teknik olarak olası (milyar kWh/yıl)	380,0

***YEKGM, 2012a**

Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası çalışmalarında, rüzgar gücünden olabilecek elektrik enerjisi üretimi 48.000 MW olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Başka bir deyişle, Türkiye iyi-sıradışı rüzgar sınıfına giren aralıkta rüzgarlı alanların güç potansiyeli 48.000 MW'lık rüzgar kurulu gücünü destekleyebilecek düzeydedir.

Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MWt/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Ülkelerin 2011 yılı Jeotermal Enerji Kapasiteleri (MW) ve dünya toplamındaki payları incelendiğinde (Tablo 3.5), ilk beş ülkenin sırasıyla, ABD (%28,3), Filipinler (%17,9), Endonezya (%10,8), Meksika (%8,0) ve İtalya'dan (%7,) oluştuğu, Türkiye'nin ise %1'lik oranla 12. sırada yer aldığı görülür.

Tablo 3.5. 2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Jeotermal Enerji Kapasitesi (MW) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)*

Ülke	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2011 payı (%)	Sıra
ABD	2.159	2.020	2.653	2.850	3.087	3.112	28,3	1
Filipinler	1.931	1.931	1.978	1.958	1.953	1.967	17,9	2
Endonezya	662	807	856	992	1.189	1.189	10,8	3
Meksika	838	960	960	960	965	887	8,0	4
İtalya	787	791	791	811	843	863	7,8	5
Yeni Zelanda	436	436	436	506	629	769	7,0	6
İzlanda	182	202	202	485	576	665	6,0	7
Japonya	535	535	534	532	500	502	4,6	8
Kosta Rika	149	163	163	163	166	208	1,9	9
El Salvador	161	161	151	195	204	204	1,9	10
Kenya	70	121	129	131	167	170	1,5	11
Türkiye	**20**	**20**	**20**	**28**	**82**	**114**	**1,0**	**12**
Nikaragua	73	78	78	88	88	88	0,8	13
Rusya F. (Kamçatka)	40	73	79	82	82	82	0,7	14
Papua Yeni Gine	2	6	6	56	56	56	0,5	15
Guatemala	30	33	33	52	52	52	0,5	16
Portekiz (Azorlar)	16	16	16	29	29	29	0,3	17
Çin	28	28	28	28	24	24	0,2	18
Fransa (Guadeloupe)	4	4	15	15	16	16	0,1	19
Almanya	0	0	0	3	8	8	0,1	20
Etiyopya	7	7	7	7	7	7	0,1	21
Avusturya	0,4	1,3	1,2	1,2	1,4	1,4	0,0	22
Avustralya	0,2	0,2	0,2	0,2	1,1	1,1	0,0	23
Tayland	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	24
Dünya Toplam	**8.131,9**	**8.392,8**	**9.134,7**	**9.970,7**	**10.724,8**	**11.014,8**	**100,0**	

***BP, 2012.**

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli 35 MTEP/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Ülkelerin 2011 yılı kurulu fotovoltaik (FV) Güneş Enerjisi kurulu gücü (MW) ve dünya toplamındaki payları incelendiğinde, Almanya'nın 24.820 MW ve %35,8 oranıyla bu alanda mutlak üstünlüğü olduğu görülür. Almanya'yı, İtalya (%18,4) ve birbirlerine yakın paylara sahip olan Japonya (%7,1), ABD (%6,3) ve İspanya (%6,2) izlemektedir. Türkiye 12 MW ve % 0'a yakın payla bu sıralamada 27. sırada yer almıştır (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. 2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Fotovoltaik (FV) Güneş Enerjisi Kapasitesi (MW) Sıralamasındaki Değişimler Ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)*

Ülke	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2011 payı	Sıra
Almanya	186	435	2.056	4.170	9.914	24.820	35,8	1
İtalya	20	26	38	120	1.181	12.782	18,4	2
Japonya	453	860	1.422	1.919	2.627	4.914	7,1	3
ABD	168	275	479	831	1.616	4.389	6,3	4
İspanya	4	12	49	705	3.523	4.270	6,2	5
Çin	30	55	□8	100	300	3.000	4,3	6
Fransa	14	21	33	75	335	2.576	3,7	7
Çek Cumhuriyeti	0	0	0	3	462	1.959	2,8	8
Belçika	0	0	2	27	627	1.820	2,6	9
Avustralya	34	46	61	83	188	1.345	1,9	10
İngiltere	3	6	11	18	26	1.014	□0,5	11
Kore Cumhuriyeti	5	6	14	81	524	748	1,1	12
Kanada	9	12	17	26	95	654	0,9	13
Yunanistan	0	1	5	8	55	631	0,9	14
Slovakya	-	-	-	-	-	462	0,7	15
Hindistan	2	6	18	31	101	427	0,6	16
İsviçre	18	21	27	36	74	211	0,3	17
İsrail	0	0	1	2	25	200	0,3	18
Avusturya	6	17	24	28	53	174	0,3	19
Portekiz	1	2	3	18	10	144	0,2	20
Bulgaristan	0	0	0	0	7	135	0,2	21
Hollanda	21	4	51	53	68	118	0,2	22
Meksika	15	17	19	21	25	41	0,1	23
İsveç	3	4	4	6	9	19	0,0	24
Danimarka	2	2	3	3	5	17	0,0	25
Malezya	0	0	0	7	11	13	0,0	26
Türkiye	**1**	**1**	**2**	**3**	**5**	**12**	**0,0**	**27**
Norveç	6	7	7	8	9	10	0,	28

***BP, 2012** .

3.3.6. Türkiye Cumhuriyeti'nin Enerjide 2023 Hedefleri

ETKB'nin "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi'ndeki 2009 değerlendirmelerine göre, Türkiye'nin 2023 yılında elektrik enerjisi gereksinimin, günümüze oranla iki kat artarak yaklaşık 500 milyar kWh olacağı öngörülüyor. Bu talebin karşılanabilmesi için, bugünkü kurulu gücün 2 katına çıkarılarak, 100.000 MW'a ulaşılması gerekiyor. Bu hedefe ulaşabilmek içinse, her yıl 5 milyar ABD Doları tutarında enerji yatırımının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla;

. Enerjide üretim tesislerinin özelleştirilmesiyle özel sektörün payının %75'e çıkarılması hedefleniyor.

. Türkiye kömür kaynaklarının günümüzde %37'lik bölümü değerlendirilmektedir. Türkiye 2023 yılında tüm kömür kaynaklarının ekonomiye kazandırılması hedeflenmektedir.

. Türkiye'nin hidrolik santrallerden elde edilebilecek enerji potansiyeli 140 milyar kWh dolayında olup, buna karşılık gelen kurulu güç yaklaşık 36.000 MW'tır. Buna göre, 2023 yılına kadar yaklaşık 20.000 MW toplam kurulu güce sahip hidroelektrik santralin özel sektör tarafından yapılması he defleniyor.

. Türkiye rüzgar enerjisindeki kurulu gücünü 20.000 MW'a, Güneş enerjisinde 3.000 MW ve jeoter mal enerjide 600 MW'a çıkarmayı hedefliyor.

. Türkiye bu kapsamda 2023'e kadar elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payını %30'a çıkarmayı, doğalgazın payını ise %30'a düşürmeyi, %30'unu kömürden ve kalan %10'unu da nükleer enerjiden sağlamayı hedeflemektedir.

. Türkiye petrol ve doğalgaz aramalarından ümitlidir ve 2023 hedefi petrol ve doğalgaz ithal etmeyen bir Türkiye olarak tanımlanmaktadır.

4. Hidroelektrik Enerji

Su, canlılar için temel ihtiyaç maddesi olmanın yanında, insan yaşamı için de temel gereksinim özelliğinde olan önemli bir enerji kaynağıdır. Suda bulunan bu enerji türü, suyun sahip olduğu potansiyel enerjinin önce kinetik enerjiye ve sonrasında mekanik ve elektrik enerjisine dönüşümünü ifade eden hidroelektrik enerjidir. Hidroelektrik enerji çevre dostu, temiz, yenilenebilir, çevreyle uyumlu, %90 gibi yüksek verimliğe sahip, yakıt gideri olmayan, uzun ömürlü, işletme gideri oldukça düşük, dışa bağımlılığı bulunmayan bir enerji türüdür. Bu enerji kaynağı elektromekanik sistemlerin yardımıyla kullanılabilir hale getirilmektedir. Bu işlemlerin gerçekleştiği tesisler hidroelektrik santraller olarak tanımlanır. Yağış rejimine bağlı olması hidroelektrik santrallerinin en büyük dezavantajıdır. Hidroelektrik santralleri diğer santral tiplerine göre doğal gaz santrallerinden sonra en düşük işletme giderine sahiptir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Değişik Santral Tiplerinin Bilinen Kurulu Güç Birim Maliyetleri*(MW) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)*

Santral Tipleri	Birim Maliyetleri ($/kW)
Doğal Gaz	680
Hidrolik	**1.200**
İthal Kömür	1.450
Linyit	1.600
Nükleer	1.800 – 2.700

* **URAK, 2010, s. 327.**

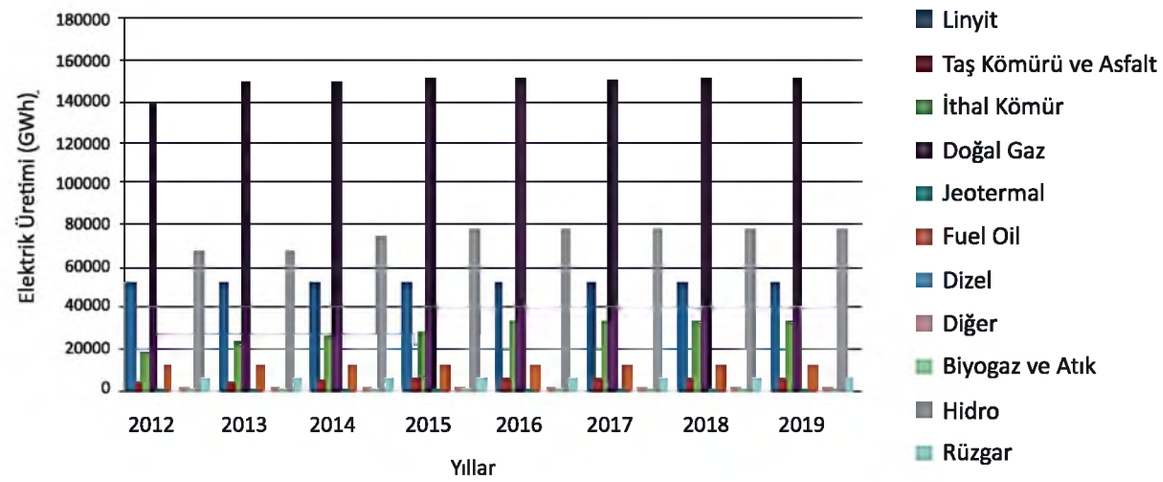
4.1. Dünyada Hidroelektrik Enerji

Ekonomik gelişmenin ve sosyal refahın en önemli göstergelerinden birinin elektrik enerjisi tüketimi olduğu ve günümüzde dünya nüfusunun 6 milyarı aştığı ve 2030'lu yıllarda 9 milyar sınırını zorlayacağı tahminleri göz önüne alındığında düşük maliyetli, uzun ömürlü ve çevre dostu enerji üretiminin önemi daha da artmaktadır (Altınbilek, 2008). Dünya nüfusunun yaklaşık dörtte birinin elektriksiz yaşamakta olduğu göz önüne alındığında durum daha da önem kazanmaktadır. Bir ülkede kişi başına düşen elektrik enerjisi üretimi ve/veya tüketimi o ülkedeki hayat standardını yansıtması bakımından büyük önem arz etmektedir. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik üretiminde hidroelektrik enerji ilk sırayı almaktadır. Hidroelektrik santraller temel olarak depolamalı, doğal akışlı (nehir tipi) ve pompajlı rezervuarlı olmak üzere üç grupta değerlendirilir[17]. Doğrudan yağışlara bağımlı olması nedeniyle hidroelektrik enerji üretimin güvenirliliği düşüktür, buna rağmen dünyada diğer enerji kaynakları içerisindeki payı yaklaşık olarak 1/3 civarındadır.

[17] Çevre ve Temiz Enerji, DSİ 25. BölgeMüdürlüğü – Balıkesir, http://www.mgm.gov.tr/files/imgtemp/hesraporu-2402.pdf, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

4.2. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ

Türkiye'de hidroelektrik enerji üretiminin diğer enerji kaynakları içerisindeki payı 17.040 MW ile % 33,4 'tür (Özkaldı, 2011). TEİAŞ tarafından yapılan bir çalışma ve değerlendirmeden elde edilen ve 2012-2019 dönemini kapsayan elektrik üretim projeksiyonu ve bu projeksiyonda hidroelektrik enerjinin yeri Şekil 4.1.'de verilmiştir.[18] Bu projeksiyondan görülebileceği gibi 2019 yılına kadar elektrik üretiminde hidroelektrik için yaklaşık %20'lik artış öngörülmüştür.



Şekil 4.1. 2012-2019 Yılları Arası Türkiye Elektrik Üretim Projeksiyonları (TEİAŞ, 2010)

Ülkemizde bulunan 25 adet hidrolojik havza (Şekil 4.2) içerisinde yıllık ortalama akımları toplamı 193 milyar m^3 olan irili ufaklı çok sayıda nehir bulunmaktadır (Gökdemir, 2012). Enerji potansiyelinin belirlenmesinde teorik potansiyel, teknik değerlendirilebilir potansiyel ve ekonomik potansiyel olmak üzere üç farklı değerlendirme yapılır (Gökdemir, 2012).Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları içinde en önemli yeri tutan hidroelektrik enerji potansiyeli; teorik hidroelektrik potansiyel olarak 433 milyar kWh, teknik değerlendirilebilir potansiyel olarak 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik potansiyel olarak 140 milyar kWh/yıl' dır. 2010 yılı itibarıyla, Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin %37'lik kısmı işletmede, %15'lik kısmı (Özel teşebbüs tarafından yapımı sürdürülen projeler dahil) ise inşa halindedir. Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16,6'sıdır[19,20,21].Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelini değerlendirmek ve hidroelektrik potansiyelin geliştirilmesi amacı ile 510 adet HES projesi yapımı planlanmıştır. Bu söz konusu durum gerçekleştiği zaman Türkiye 35.000 MW ve 125 milyar kWh enerji üretmiş olacaktır (Görez, 2006; Gökdemir, 2012).

[18] World Water Forum Raporu 2011, http://panel.stgm.org.tr/vera/app/var/files/w/w/wwftryenilenebilirenerjigelecegiveturkiye. pdf, Erişim Tarihi: 12Temmuz 2013.

[19] Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[20] Enerji Sistemleri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, http://www.enerjisistemleri.org/turkiyeninhidroelektrik-potansiyeli.html, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[21] Enerji, 2014-2023, Özel İhtisas Komisyonu Ön Raporu, http://www.trakya.org.tr/uploads/ENERJI%20OIK%20FINAL%20RAPOR.pdf, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 4.2. Türkiye Nehir Havzası Haritası[22]

[22] Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli, http://www.cem.gov.tr/erozyon/Files/moduller/havza/turkiyedekisuhavzalari.pdf, Erişim Tarihi: 17 Nisan 2013.

4.3. TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Hidroelektrik Enerji

DSİ 25. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan ve sunulan özet bilgiler incelendiğinde; TR22 Güney Marmara Bölgesi'ndeki önemli su kaynakları; sırasıyla Simav Çayı (1.280 hm^3/yıl), Kocaçay (610 hm^3/yıl), Gönen Çayı (350 hm^3/yıl) ve Dursunbey Çayı (245 hm^3/yıl) olarak sayılabilir. TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde 5.535 milyar m^3 yerüstü ve 332 milyon m^3 emniyetli yeraltı suyu potansiyeli mevcuttur (OSİB, 2012). Hidroelektrik potansiyel olarak Bölgenin enerji üretim kapasitesi yaklaşık 114 MW kurulu güçle yılda 4,34 milyar kWh enerjidir. Elde edilen verilere göre halen bu gücün 67 milyon kWh/yıl'lık kısmı (%1,54) üretilmektedir (DSİ, 2013). Yapım sırasına göre halen işletmede olan santraller yıllık üretimlerine göre, 48 milyon kWh üretim ile Gönen HES ve 19 milyon kWh üretim ile Sındırgı Çaygören HES tesisleridir. Bu tesisler Yap İşlet Devret (YİD) modeline göre yapılmıştır. Enerji sektöründen halen programda olup inşaatları sürdürülen Manyas ve Bayramiç Hidroelektrik Santralleri'nde yılda 55,2 GWh enerji üretimi öngörülmüştür. Bunlardan Bayramiç HES tesisi YİD modeline göre yapılacaktır. Bunun yanında planlama ve kesin projesi tamamlanan Manyas II HES 5,4 GWh/yıl, Susurluk HES 88 GWh/yıl enerji getirisi sağlayacak şekilde planlanmıştır. Ayrıca ileriki yıllara yönelik planlamalarda toplam 218,4 GWh/yıl kapasiteli projelerin ele alınacağı ifade edilmektedir (OSİB,2012;DSİ,2013). TR22 Güney Marmara Bölgesi'ni oluşturan Balıkesir ve Çanakkale illerinin hidroelektrik santrallerdeki mevcut durumu Tablo 4.2 ve 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.2. Balıkesir İlindeki Hidroelektrik Santraller[23]

HİDROELEKTRİK ENERJİ	KURULU GÜÇ		ENERJİ	
	MW	%	GWh/yıl	%
Ön İnceleme Aşamasında	**10,3**	**10**	**61,3**	**18**
Planlama Aşamasında	**30,7**	**29**	**76,54**	**22**
Zeytinli Barajı HES Projesi	1,5		8,7	
Balıkesir Enerji Grubu HES Projesi	29,2		67,84	
Planlama ve Kesin Projesi Tamamlanan	**31,6**	**29**	**93,4**	**27**
Manyas II HES Projesi	81,6		5,4	
Susurluk HES Projesi	30		88	
İnşa Halinde Olan	**19,5**	**18**	**46,5**	**14**
Manyas HES Projesi	19,5		46,5	
İşletmede Olan	**15,2**	**14**	**66,7**	**19**
Gönen HES (YİD)	10,6		47,5	
Çaygören HES (YİD)	4,6		19,2	
İl Hidroelektrik Enerji Toplamı	**107**	**100**	**344,44**	**100**

[23] DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü – Balıkesir, http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi25/balikesir.htm, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2013.

Tablolardan elde edilen veriler incelendiğinde, TR22 Güney Marmara Bölgesi illerinden Balıkesir ilinin hidroelektrik enerji üretiminde Çanakkale iline göre daha yüksek kurulu güce ve yıllık enerji üretimine sahip olduğu görülmektedir. Verilere göre, Balıkesir ilinde işletmede olan hidroelektrik santral gücü 10,6 MW ile Gönen HES ve 4,6 MW ile Çaygören HES olmak üzere toplam 15,2 MW ve bunun enerji karşılığı ise 66,7 milyon kWh/yıl'dır.

Tablo 4.3. Çanakkale İlindeki Hidroelektrik Santraller[24]

HİDROELEKTRİK ENERJİ	KURULU GÜÇ		ENERJİ	
	MW	%	GWh/yıl	%
Ön İnceleme Aşamasında	**6,5**	**78**	**30,8**	**78**
Planlama Aşamasında	**1,8**	**22**	**8,7**	**22**
Bayramiç HES Projesi	1,8		8,7	
Planlama ve Kesin Projesi Tamamlanan	**0**	**0**	**0**	**0**
İnşa Halinde Olan	**0**	**0**	**0**	**0**
İşletmede Olan	**0**	**0**	**0**	**0**
İl Hidroelektrik Enerji Toplamı	**8,3**	**100**	**39,5**	**100**

4.4. Türkiye' de HES Mevzuatı

20.02.2001 tarihinde kabul edilmiş olan 4628 Sayılı Kanuna göre 26.06.2003 tarihinde çıkartılan Su Kullanım Hakkı Anlaşması Yönetmeliği ile özel sektörün de elektrik üretim faaliyetinde bulunmasına imkan tanınmıştır. 2003-2005 ve sonrası için, serbest (rekabetçi) piyasa dönemi, özel sektörün beklentileri ve ısrarları sonucunda 2003 yılında yürürlüğe giren Su Kullanım Yönetmeliği ve 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile birlikte su kullanım hakkı anlaşmasıyla beraber, özel sektörün yapacağı HES'lerden elektrik üretip satabilme serbestliği de getirilmiştir. Bu süreçte gerçekleşen gelişmeler ana hatları ile aşağıda tablolar halinde özetlenmiştir.

[24] DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü – Balıkesir, http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi25/canakkale.htm, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2013.

Tablo 4.4. 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde Özel Sektörce Gerçekleştirilecek Projeler* (Mart-2011 İtibariyle)

	Toplam HES Adedi	%	Top. Kur. Gücü (MW)	%
Başvurulan ve Başvurulacak DSİ/EİE HES Projeleri				
Kati Projesi Olan HES	8	0,41	253,72	0,79
Planlama Raporu Hazır Olan HES	68	3,48	3.619,95	11,21
Master Plan Raporu Hazır Olan HES	65	3,33	3.304,90	10,23
Ön İnceleme Raporu Hazır Olan HES	59	3,02	1.425,56	4,41
İlk Etüdü Hazır Olan HES	159	8,14	1.647,50	5,10
Toplam	**359**	**18,37**	**10.251,63**	**31,75**
Tüzel Kişiler Tarafından Geliştirilen HES Projeleri				
Toplam	**1.215**	**62,18**	**9.201,90**	**28,50**
İnşaatı Devam Etmekte Olan Başvurulan ve Vurulacak HES Projeleri				
Toplam	**8**	**0,41**	**369,18**	**1,14**
İkili Anlaşmalar Kapsamından Çıkarılan Başvurulan ve Vurulacak HES Projeleri				
Toplam	**13**	**0,67**	**2.216,28**	**6,86**
GENEL TOPLAM	**1.954**	**100,00**	**32.290,62**	**100,00**

* **DSİ, 2011**

Tablo 4.5. Üretim Lisanslı HES' lerin Bölgelere ve Kurulu Güçlerine Göre Dağılımları* (Ocak - 2011 İtibariyle)

	Toplam	< 10 MW	10 - 50 MW	> 50 MW
Marmara	26	16	7	3
Ege	37	25	7	5
Akdeniz	161	85	48	28
İç Anadolu	71	34	26	11
Karadeniz	271	122	115	34
Doğu Anadolu	130	57	54	19
Güneydoğu Anadolu	41	14	15	12
TOPLAM	**737**	**353**	**272**	**112**

* **EPDK, 2011**

Tablo 4.6. İşletmedeki HES'lerin Bölgelere ve Kurulu Güçlerine Göre Dağılımları (Ocak - 2011 İtibariyle)

	Toplam	< 10 MW	10 - 50 MW	> 50 MW
Marmara	11	11	0	0
Ege	14	8	4	2
Akdeniz	56	30	16	10
İç Anadolu	25	8	10	7
Karadeniz	52	21	16	15
Doğu Anadolu	34	22	10	2
Güneydoğu Anadolu	20	7	6	7
TOPLAM	**212**	**107**	**62**	**43**

*** EPDK, 2011**

Tablo 4.7. İnşaatları Devam Eden HES'lerin Bölgelere ve Kurulu Güçlerine Göre Dağılımları* (Ocak - 2011 İtibariyle)

	Toplam	< 10 MW	10 - 50 MW	> 50 MW
Marmara	15	5	7	3
Ege	23	17	3	3
Akdeniz	105	55	32	18
İç Anadolu	46	26	16	4
Karadeniz	219	101	99	19
Doğu Anadolu	96	34	45	17
Güneydoğu Anadolu	821	7	9	5
TOPLAM	**525**	**245**	**211**	**69**

*** EPDK, 2011**

Tablo 4.8. 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu (2005) Sonrası En Çok HES Üretim Lisansı Alınan İller* (Ocak - 2011 itibariyle)

SN	İl Adı	Lisans Adeti
1	Trabzon	49
2	Giresun	37
3	Antalya	29
4	Erzurum	28
5	Artvin	26
6	Rize	24
7	Adana	22
8	Kahramanmaraş	21
9	Ordu	16
10	Erzincan	14

*** EPDK, 2011**

Tablo 4.9. 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu (2005) Öncesi En Çok HES Üretim Lisansı Alınan İller* (Ocak - 2011 itibariyle)

SN	İl Adı	Lisans Adeti
1	**Kahramanmaraş**	14
2	Mersin	14
3	Artvin	10
4	Trabzon	9
5	Antalya	9
6	Adana	9
7	Sivas	8
8	Osmaniye	8
9	Adıyaman	7
10	Giresun	6

*** EPDK, 2011**

4.5. Öneriler

Türkiye'nin 2012 yılı toplam enerji üretiminin yaklaşık 239 milyar kWh civarında olduğu göz önüne alınırsa, Balıkesir ilinde üretilen hidroelektrik enerjisi ülkenin üretiminin %0,03'üne karşılık gelmektedir. Çanakkale ilinde ise halen aktif bir HES bulunmamakla birlikte 1,8 MW güce sahip Bayramiç HES projesi planlama ve 6,5 MW'lık bir proje ön inceleme aşamasındadır. Tablo 4.7 ve Tablo 4.8'de belirtilen HES'ler üretime başladığında; hidroelektrik enerji üretimi olarak, Balıkesir ilinin kurulu gücü 107 MW ve yıllık enerji üretimi 344,44 GWh olur iken Çanakkale ilinin kurulu gücü 8,3 MW ve yıllık enerji üretimi 39,5 GWh olacaktır. Bu durumda günümüz değerleri ile karşılaştırıldığında Balıkesir ilinin hidroelektrik enerji üretimi ülkenin enerji üretiminin ancak %0,14'ünü, Çanakkale ili ise % 0,017'sini karşılayabilecektir. Öte yandan gerek Çanakkale ilinin termik santralleri ile elektrik üretimi başta olmak üzere Balıkesir ve Çanakkale illerindeki rüzgar enerjisi kurulu güçleri, gerekse bu iki ilde de tarımın önemli yer tutması göz önüne alındığında; TR22 Güney Marmara Bölgesi su kaynaklarının tarımsal sulamaya yönelik değerlendirilmesi ağırlık kazanmakla birlikte, birincil enerji kaynaklarından enerji üretim ve nakil maliyetlerinin günden güne artması nedeniyle mevcut planlanan ve yapım aşamasında olan HES projelerinin tamamlanması ekonomik değer olacaktır.

5. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi kirliliğe sebebiyet vermeyen önemli yenilenebilir ve tükenmeyen enerji türlerinden birisidir. Ucuzdur ve ticari boyutu giderek genişlemektedir. Giderek artan küresel iklim değişikliği ve enerji güvenliği hakkındaki endişeler, rüzgar enerjisini yeni ekonominin merkezine oturtmuştur. Konvansiyonel enerji kaynaklarından farklı olarak rüzgar enerjisi sera gazı salımına neden olmamaktadır. Rüzgar enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi elde etmek için rüzgar türbinleri kullanılır. Rüzgar türbinleri, rüzgar enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Rüzgar türbinleri dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre yatay eksenli veya düşey eksenli olarak imal edilirler. Bu tiplerden en fazla kullanılanı yatay eksenli rüzgar türbinleridir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, dönme eksenleri rüzgar yönüne paralel ve kanatları ise rüzgar yönüne dik vaziyette çalışırlar. Bu tip rüzgar türbinleri bir, iki, üç veya çok kanatlı yapılmaktadır[25].

5.1. Dünyada Rüzgar Enerjisi

Dünya rüzgar kaynağı 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta olup, 2011 yılı itibari ile toplam rüzgar enerjisi kurulu gücü yaklaşık 239 GW civarındadır[26] (BP, 2012). 2010 yılının başlarından itibaren OECD ülkelerinde de rüzgar enerjisi üretimi giderek artmıştır. Bu süreçte, büyük ölçekli rüzgar türbinlerinin boyutları giderek büyürken küçük ölçekli türbin kullanımı da artmaya devam etmiştir. Bununla birlikte rüzgar enerjisi projelerine ilgi artmaya devam etmektedir (REN21, 2012). 2020 yılında 1.245 GW dünya rüzgar gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar Euro olacağı belirtilmektedir. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3,79 Eurocents/kWh'dan 2,45 Euro-cents/kWh'a düşmesi beklenmektedir. Yine bu çalışmalarda, rüzgar türbinlerinde küresel piyasa 2020 yılına kadar şimdiki 8 milyar Euro'dan 80 milyar Euro yıllık iş hacmine çıkacağı ifade edilmektedir[27].

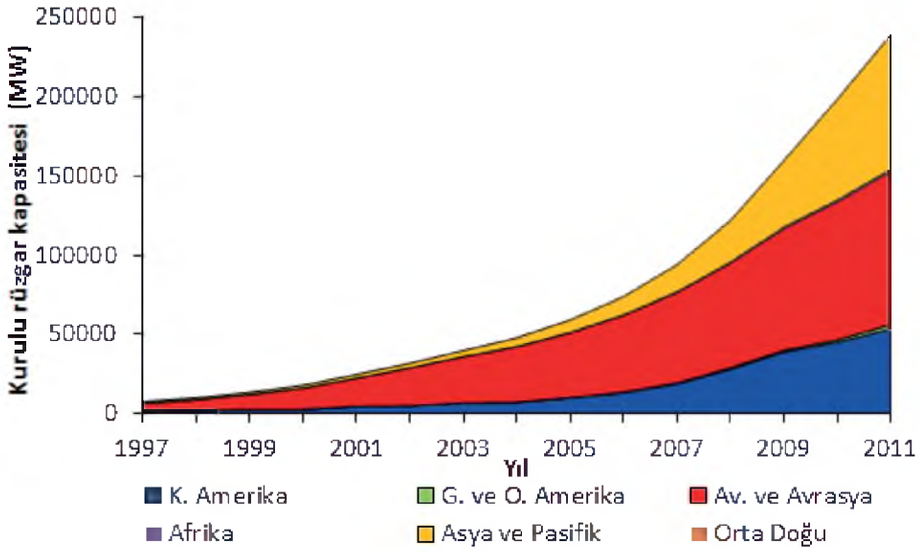
5.1.1. Kurulu Rüzgar Türbin Kapasitesi

Şekil 5.1'de anakaralardaki eklenik kurulu rüzgar türbin kapasitelerinin (MW) 1997-2011 dönemindeki değişimleri görülmektedir. Buna göre, dünya kurulu rüzgar türbin ya da RES kapasitesinde, bölgesel olarak en büyük katkının Avrupa ve Avrasya'dan geldiği, ikinci ve üçüncü sıralarda Kuzey Amerika ve Asya-Pasifik anakaralarının yer aldığı hızlı doğrusal artış eğilimleri egemendir. Son yıllardaki artış eğilimi, özellikle Asya ve Pasifik anakarasında daha hızlıdır. 2011 gerçekleşmiş verilerine göre, Dünya toplam kurulu rüzgar türbin kapasitesi 1990 yılında 7.644 MW iken, kapasite 2011 yılında 239.485,05 MW düzeyine tırmanmıştır. Öte yandan, ülkelerin 2011 yılı Rüzgar Enerjisi Kapasiteleri (MW) ve dünya toplamındaki payları karşılaştırıldığında, ilk beş sırayı, sırasıyla, Çin (%26,1), ABD (%19,7), Almanya (%12,1), İspanya (%9,1) ve Hindistan'ın (%6,7) aldığı, Türkiye'nin ise henüz %0,7 oranı ile 19. sırada yer aldığı görülmektedir (Tablo 5.1).

[25] T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Rüzgar Enerjisi, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.

[26] Wind Energy Barometer, http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro201.pdf , Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.

[27] Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.



Şekil 5.1. Anakaralardaki Eklenik Kurulu Rüzgar Türbin Kapasitelerinin (MW) 1997-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak veri: BP, 2012)

Tablo 5.1. 2001-2011 Döneminde Dünya Kurulu Rüzgar Enerji Kapasitesi (MW) Sıralamasındaki Değişimler ve Ülkelerin 2011 Yılında Dünya Toplamındaki Payları (%)*

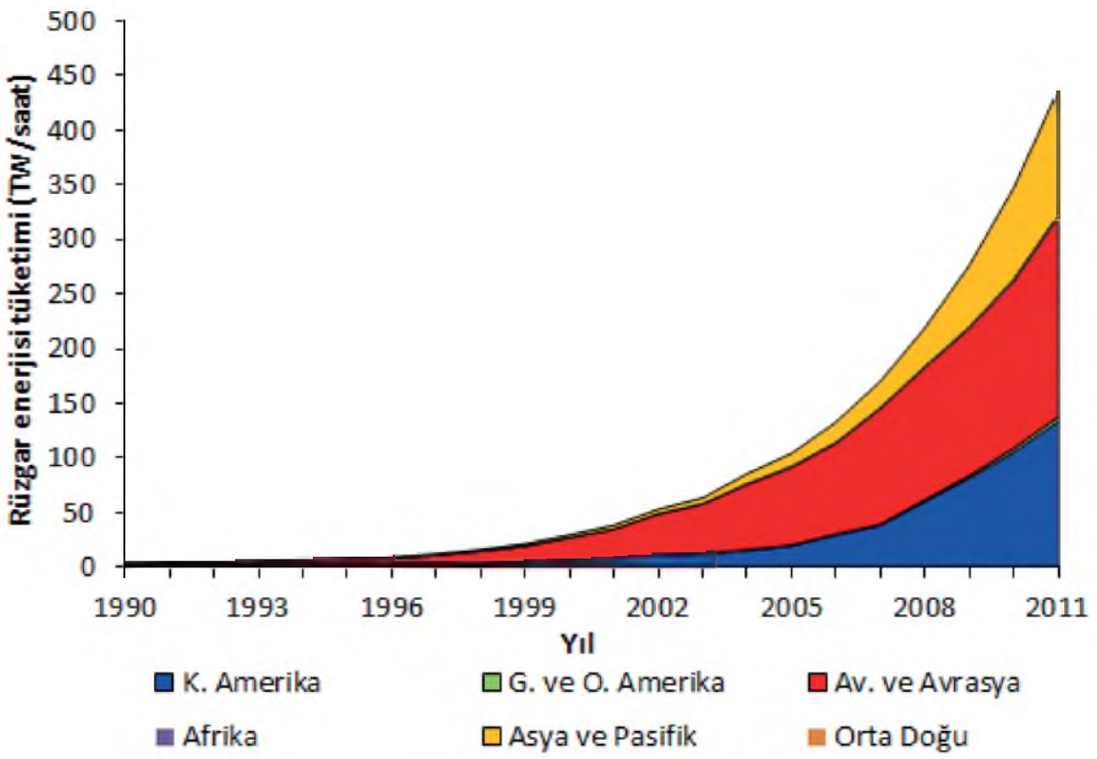
Ülke	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2011 payı (%)
Çin Halk Cumhuriyeti	406	571	1.264	5.875	25.853	62.412	26,1
ABD	4.245	6.361	9.181	16.879	35.159	47.084	19,7
Almanya	8.750	14.604	18.390	22.194	25.703	29.075	12,1
İspanya	3.522	6.185	10.013	15.155	19.160	21.726	9,1
Hindistan	1.456	2.125	4.430	7.845	10.926	16.078	6,7
Fransa	115	274	775	2.471	4.775	6.836	2,9
İtalya	700	922	1.713	2.721	4.845	6.743	2,8
İngiltere	525	759	1.336	2.477	4.424	6.470	2,7
Kanada	214	351	683	1.845	3.321	5.278	2,2
Portekiz	153	311	1.087	2.150	3.474	4.214	1,8
Danimarka	2.456	3.076	3.087	3.088	3.408	3.926	1,6
İsveç	318	428	554	789	1.537	2.904	1,2
Japonya	357	761	1.159	1.681	2.208	2.595	1,1
Hollanda	523	938	1.221	1.745	2.226	2.309	1,0
Avustralya	71	240	717	972	1.886	2.476	1,0
Yunanistan	276	408	603	850	1.155	1.627	0,7
İrlanda	129	230	498	807	1.187	1.688	0,7
Polonya	24	55	65	313	849	1.667	0,7
Türkiye	**19**	**20**	**20**	**147**	**801**	**1.729**	**0,7**
Brezilya	22	29	29	247	606	1.425	0,6
Meksika	3	3	3	86	453	1.123	0,5
Avusturya	94	415	820	983	997	1.086	0,5
Belçika	34	78	177	297	605	1.147	0,5
Kalan Avrupa ve Avrasya	43	92	160	324	565	1.085	0,5
Kalan G. - Orta Amerika	9	50	54	79	321	930	0,4
Romanya	-	-	0	15	129	990	0,4
Yeni Zelanda	35	56	167	321	467	603	0,3
Bulgaristan	-	-	0	18	131	582	0,2
Norveç	17	101	275	355	390	496	0,2
Mısır	69	123	180	310	552	552	0,2
Kore Cumhuriyeti	10	21	89	235	311	370	0,2
Tayvan	8	9	72	224	411	499	0,2
Kosta Rika	71	79	79	79	129	192	0,1
Finlandiya	40	53	85	113	117	178	0,1
Macaristan	1	3	17	65	229	357	0,1
Fas	54	54	64	124	254	292	0,1
Tunus	11	28	28	28	160	277	0,1
Kalan Afrika	3	6	6	7	49	125	0,1
Kalan Asya - Pasifik	6	7	34	40	74	123	0,1
Arjantin	27	30	31	31	33	112	0,0
Iran	9	12	21	74	92	91	0,0
Kalan Orta Doğu	9	9	9	9	9	13	0,0
Dünya Toplam	**24.836**	**3.993**	**59.269**	**94.231**	**159.981**	**239.485**	**100,0**

*** BP, 2012.**

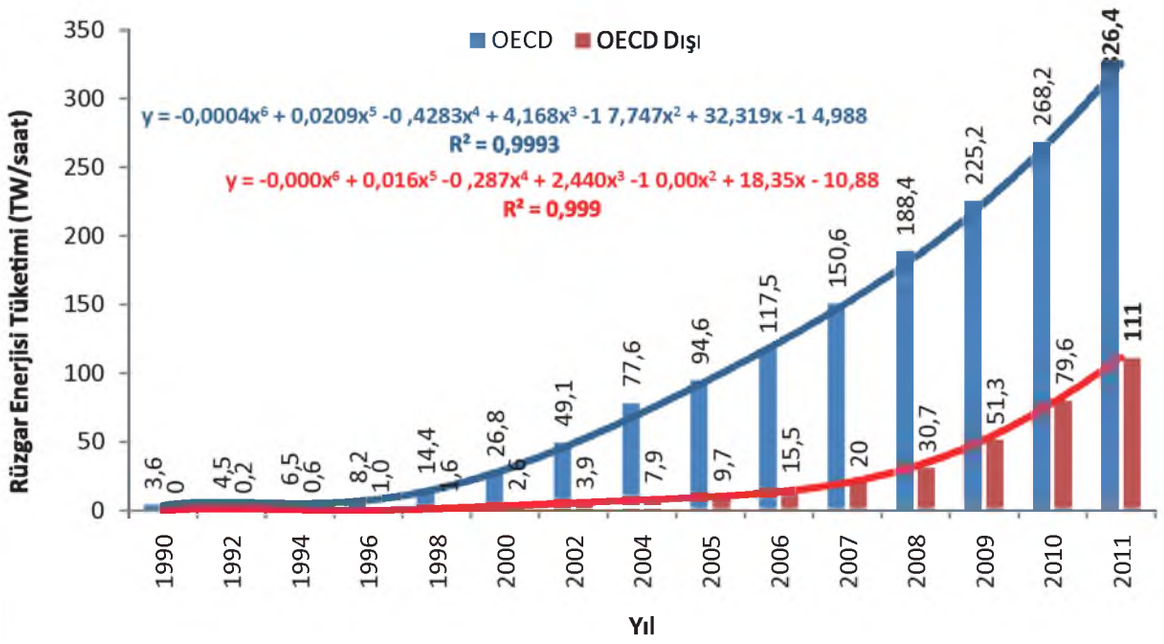
5.1.2. Rüzgar Enerjisi Tüketimi

Anakaralardaki rüzgar enerjisi tüketiminin (TW/saat) 1990-2011 dönemindeki değişimleri Şekil 5.2'de verilmiştir. 2011 gerçekleşmiş verilerine göre, Dünya toplam rüzgar enerjisi tüketimi 1990 yılında 3,64 TW/saat iken, kapasite 2000'li yıllarla birlikte kuvvetli bir artış eğilimi göstererek 2011 yılında 437,41 TW/saat düzeyine çıkmıştır.

1990 yılında 3,6 TW/saat olan OECD ülkeleri rüzgar enerjisi tüketimi, sürekli artış eğilimi göstererek 2002 yılında 49,1 TW/saat'e, sonrasında artış eğilimi daha da hızlanarak, tüketim düzeyi 2011 yılında 326 TW/saat'e çıkmıştır (Şekil 5.3). 2000'li yılların ortasına kadar önemli bir değişikliğin gözlenmediği OECD dışı rüzgar enerjisi tüketimiyse, artış eğiliminin hızlanması sonucunda, 2005 yılındaki 9,7 TW/saat'ten 2011 yılında OECD tüketiminin yaklaşık 1/3'üne eşit olan 111 TW/saat düzeyine yükselmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.2. Anakaralardaki Rüzgar Enerjisi Tüketiminin (TW/saat) 1990-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak veri: BP, 2012) 1 TW = 1012W



Şekil 5.3. OECD ve OECD Dışı Ülkelerde Rüzgar Enerjisi Tüketiminin 1990-2011 Dönemindeki Değişimleri (Kaynak veri: BP, 2012) 1 TW = 1012 W

5.2. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

5.2.1. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)

Enerji kaynaklarını çeşitlendirmek ve kaynak temini konusunda dışa bağımlılığı en aza indirmek açısından, yenilenebilir enerji üretim ve tüketiminin birincil enerji içerisindeki payının artırılması oldukça önemlidir. Günümüzde, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tümünün değerlendirilmesine yönelik bilgi ve güvenilir verilere dayalı çalışmaların hızlanması ve özellikle iklim ve çevre dostu temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin ülke ekonomisine kazandırılması, gerçekte bir zorunluluktur.

Bu amaç doğrultusunda öncelikli olarak, Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyelinin ve yatırım yapılabilecek rüzgar kaynak alanlarının bilinmesi gerekir. Bu kapsamda, aşağıdaki sorular ve onlara verilebilecek "en doğru, en güvenilir ve uygulanabilir" yanıtlar önem kazanmaktadır:

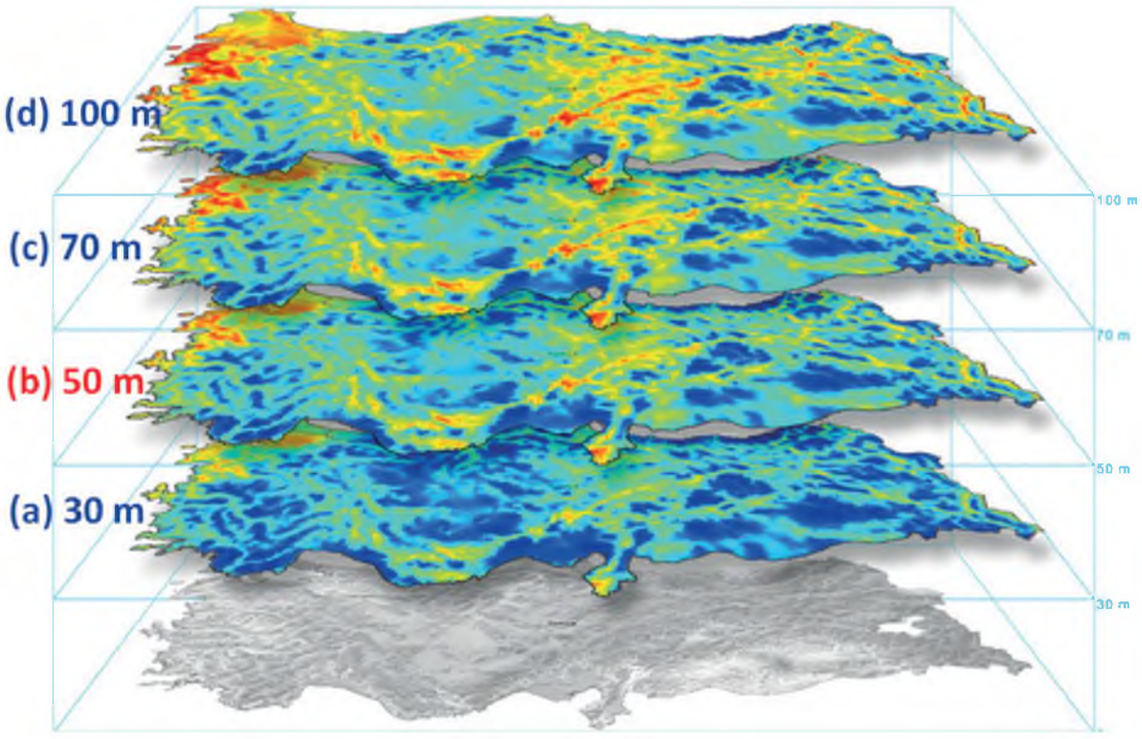
1. En iyi (hız, süreklilik, hız ve yönde ısrar, vb.) rüzgar hangi noktalarda ve alanlarda oluşmaktadır?
2. Rüzgar enerji türbini kurulması düşünülen alandan ne kadar enerji elde edilebilir (rüzgar güç potansiyeli) ?
3. Rüzgar türbin performansı, türbülans ya da diğer rüzgar kaynak değişkenlerinden etkilenir mi?
4. Ekonomik rüzgar geliştirme olanağı ne kadardır?
5. En belirgin engeller ve özendirici koşullar nelerdir?
6. Söz konusu olası yerde ve belirli bir teknoloji kullanılarak kurulacak olan rüzgar enerjisi santralinden (RES) elde edilecek olan elektriğin, üretim maliyeti nedir?

Türkiye'de genel rüzgar klimatolojisi ve rüzgar enerjisi çalışmalarının geçmişi, eski Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü (bugünkü adıyla Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü) ve Meteor-

oloji Genel Müdürlüğü'nce (MGM) ayrı ayrı ve birlikte gerçekleştirilmiş olan etkinlik ve araştırmalar ile yine bu kurumların Avrupa Rüzgar Atlası kapsamında ortaklaşa ürettikleri Türkiye Rüzgar Atlası'na dayanır. Bu araştırma ve uygulama çalışmalarının en son aşaması olan Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgileriyle hazırlanmıştır.

REPA yardımıyla, Türkiye ölçeğinde ve 200 m x 200 m çözünürlüğünde, aşağıdaki bilgi, veri ve öngörüler elde edilebilir:

1. 30 m, 50 m, 70 m ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük ortalama rüzgar hızları (m/s) (Şekil 5.4),
2. 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgar güç yoğunlukları (W/m2),
3. 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü (%),
4. 50 m yükseklikteki yıllık rüzgar sınıfları (1-7 arasında),
5. 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık hava sıcaklığı (^{o}C) değerleri,
6. Deniz seviyesinde ve 50 m yükseklikteki aylık hava basıncı (hPa) değerleri, vb.



Şekil 5.4. 30 m, 50 m, 70 m ve 100 m Yükseklikler İçin Hesaplanmış Olan Türkiye REPA Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) Dağılış Katmanları (REPA'ya Göre Çalışkan 2011'dan)

5.2.2. Rüzgar Kaynak Bilgileri ve Tematik Haritalarla Birlikte Gösterimi

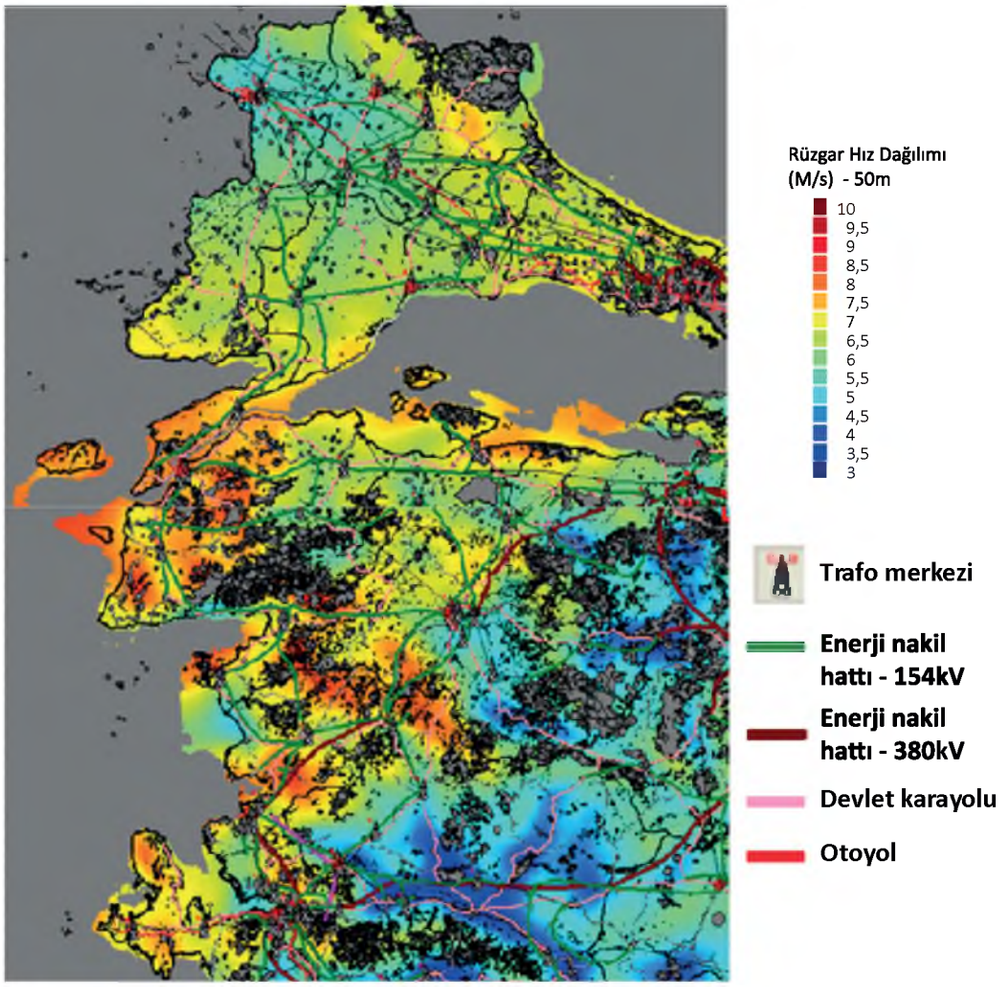
REPA sistemi kullanılarak, rüzgar kaynak bilgileri, çeşitli tematik haritalarla desteklenerek Türkiye geneli, grid, coğrafi bölge, il ve seçilecek herhangi bir alan ya da nokta bazında sorgulanabilir. Böylece RES kurulabilecek alanlar kolaylıkla belirlenmekte, fizibilite çalışmaları yapılabilmekte, rüzgar kaynağı arama amacıyla yapılan çalışmalardan tasarruf sağlanmaktadır.

REPA sistemi rüzgar kaynak bilgileri şunları içerir:

1. Arazi pürüzlülüğü,
2. Kara ve deniz topografyası, yükseklik değerleri,
3. Arazi eğimi,
4. Yerleşim birimleri,
5. Yerleşim alanları,
6. Göller,
7. Nehirler,
8. Sulak alanlar,
9. Kara, demir ve hava yolları,
10. Limanlar,
11. Trafo merkezleri,
12. Enerji nakil hatları,
13. Enerji santralleri,
14. Deprem üretebilecek faylar,
15. Arazi kullanım şekli,
16. RES başvurularının yerleri,
17. Ormanlar,
18. Çevre koruma alanları ve kuş göç yolları.

Bölge ve il haritalarında siyah ve gri olarak renklendirilmiş alanlar (Şekil 5.5), rüzgar potansiyeli yüksek olmasına karşın, aşağıdaki kabullere göre rüzgar enerjisi uygulamaları açısından elverişli olmayan alanları gösterir:

1. Yükseltisi 1.500 m ve eğimi %20'den fazla olan alanlar,
2. Mücavir alanlar ve köyler,
3. Kara ve demir yolları ile hava alanları ve limanlar,
4. Akarsular, göller ve orman alanlarının bir bölümü ile çevre koruma alanları,
5. Enerji santralleri,
6. Emniyet kuşakları,
7. Derinliği 50 m'den fazla olan deniz alanları.



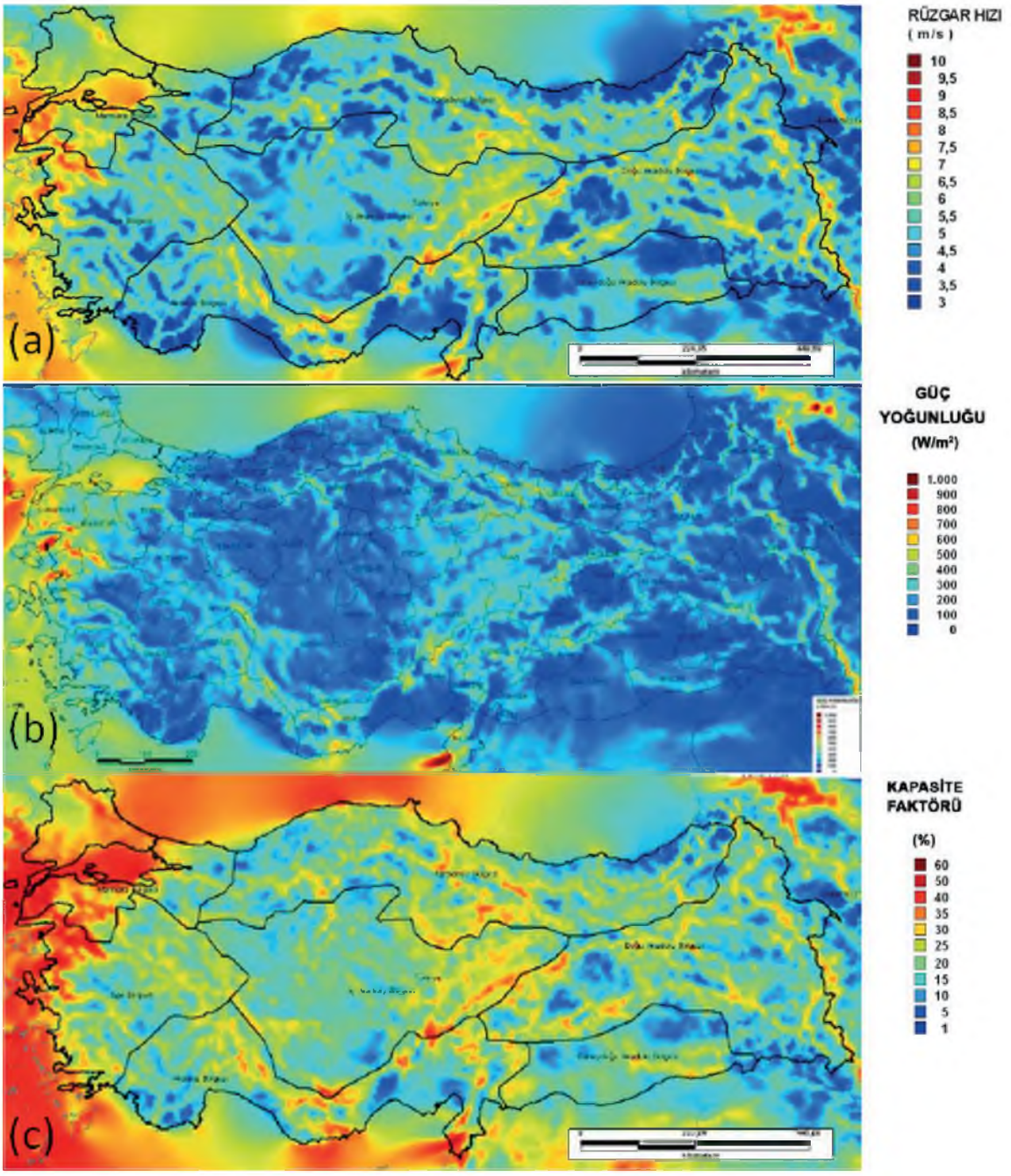
Şekil 5.5. Marmara Bölgesi ve Kuzey Ege'de Rüzgar Enerjisi Santrallerinin (RES) Kurulması İçin Uygun Olmayan Ya Da Kurulamayacağı Kabul Edilen Alanlar (REPA'ya Göre Çalışkan 2011'den)

5.2.3. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Coğrafi olarak, Türkiye'nin tüm seviyelerde ortalama rüzgar hızı, güç yoğunluğu ve kapasite faktörü en yüksek olan alanı, doğusu hariç kıyı ve kıyı açığı kuşaklarıyla birlikte Marmara Bölgesi ve Kuzey Ege Bölümü'dür (Şekil 5.4 ve Şekil 5.6). Bu bölgelerde rüzgar koşullarının rüzgar enerjisi açısından uygun olmasının başlıca klimatolojik ve meteorolojik nedeniyse, bu bölgelerin genel olarak sonbahar sonu, kışın ve ilkbahar başında (Kasım-Nisan dönemi) sinoptik ölçekli orta enlem ve Akdeniz siklonlarının neden olduğu cephesel fırtınalar, ilkbahar sonu, yazın ve sonbahar başında (Mayıs-Ekim dönemi) ise genel olarak kuzeyli dolaşımla bağlantılı (çoğunlukla poyraz) sürekli ve kuvvetli rüzgarların varlığıdır (Türkeş, 2010; Türkeş ve ark., 2003; Türkeş ve Erlat, 2005, 2006; Şahin ve Türkeş, 2013; vb). Kıyı ve kıyı ötesi kuşaklar dikkate alındığında, genel olarak Batı Karadeniz, Ege ve Doğu Akdeniz bölümleri de RES'ler için uygun kabul edilebilir.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli hesaplanırken, birçok değişken kullanılmıştır. Fakat bu hesaplamada elektriksel altyapı dikkate alınmamıştır. Bu tutardaki bir rüzgar enerjisi potansiyeli elektrik

enerjisine dönüştürülürse olasılıkla yıllık 147 milyar kWh enerji üretilebilir. Hesaplamalarda 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, % 35'lik kapasite faktörü, yıllık ortalama rüzgar hızının 7 m/s ve üzerindeki kullanılabilir alanlar, 1 MW gücündeki rüzgar türbini ve km^2 başına 5 MW'lık bir güç kurulabileceği gibi güvenli yaklaşımlar kabul edilerek yapılmıştır (Şekil 5.6). Rüzgar enerjisi uygulaması amacıyla kullanılamayacak tüm alanlar bu hesaplamadan çıkarılmış ve dikkate alınmamıştır.



Şekil 5.6. Türkiye'nin 50 m Yükseklik İçin Hesaplanmış REPA ürünü (a) Rüzgar Hızı (m/s), (b) Rüzgar Güç Yoğunluğu (W/m2) ve (c) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Coğrafi Dağılış Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2011'dan)

Yukarıda genel enerji ve genel yenilenebilir enerji açısından yapılan değerlendirmede de açıklandığı gibi, Türkiye Rüzgar Potansiyel Atlası (REPA) çalışmalarında, iyi – sıra dışı rüzgar sınıfına giren rüzgar gücünden olabilecek elektrik enerjisi üretimi 47.849,44 (yaklaşık 48.000) MW olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.2). Başka bir deyişle, Türkiye iyi – sıra dışı rüzgar sınıfına giren aralıkta rüzgarlı alanların güç potansiyeli, yaklaşık 48.000 MW'lık rüzgar kurulu gücünü destekleyebilecek düzeydedir (EİE, 2010; YEGM. 2012b). Türkiye toplam kara alanları rüzgar potansiyeli, Türkiye genel potansiyelinden, deniz potansiyelinin (Tablo 5.3) çıkarılması yoluyla hesaplanır. Buna göre; iyi – sıra dışı arası rüzgar sınıfına ait rüzgarlı arazilerin 37.386,16 MW, orta – sıra dışı arasındaki rüzgarlı arazilerinse, 114.363,20 MW rüzgar potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir.

Tablo 5.2. Türkiye İyi-Sıra Dışı Rüzgar Sınıfları İçin 50 m Toplam Rüzgar Potansiyelleri*

Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü ($W \cdot m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m \cdot s^{-1}$)	Toplam Potansiyel (MW)
İyi	4	400 – 500	7,0 – 7,5	29.259,36
Çok iyi	5	500 – 600	7,5 – 8,0	12.994,32
Mükemmel	6	600 – 800	8,0 - 9,0	5.399,92
Sıra dışı	7	> 800 >	9,0	195,84
			Toplam	**47.849,44**

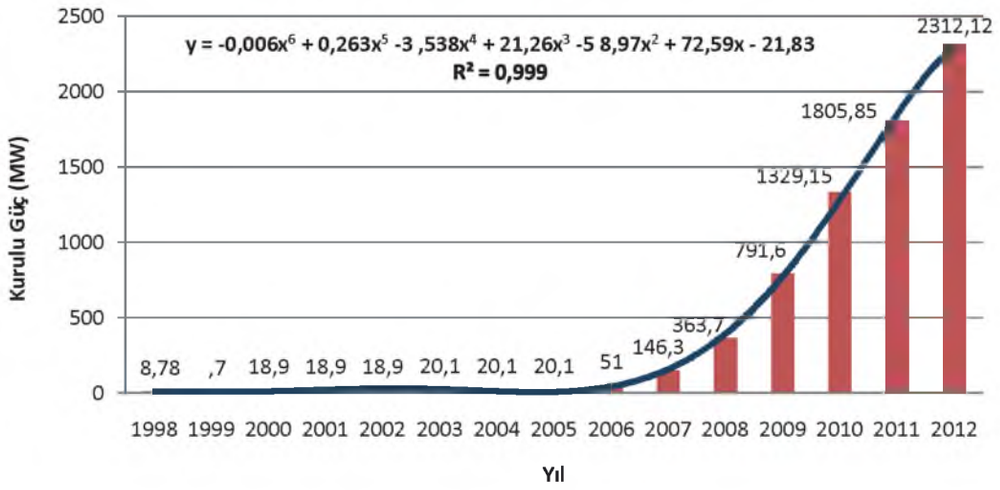
***REPA'ya göre Malkoç 2007 ve Çalışkan 2011**

Tablo 5.3. Türkiye İyi-Sıra Dışı Rüzgar Sınıfları 50 m Deniz Alanları Toplam Rüzgar Potansiyelleri*

Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü ($W \cdot m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m \cdot s^{-1}$)	Toplam Potansiyel (MW)
İyi	4	400 – 500	7,0 – 7,5	5.133,20
Çok iyi	5	500 – 600	7,5 – 8,0	3.444,80
Mükemmel	6	600 – 800	8,0 - 9,0	1.742,56
Sıra dışı	7	> 800 >	9,0	142,72
			Toplam	**10.463,28**

***:REPA'ya göre Malkoç 2007 ve Çalışkan 2011**

Türkiye rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi, 3/3/2001 tarih ve 24335 sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu", 04 /08/2002 tarihli ve 24836 sayılı "Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği" ve esas olarak 10/05/2005 tarih ve 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun"un kabul edilmesiyle birlikte, 2005 yılından sonra hızla artmıştır. 1998-2012 dönemi gerçekleşmiş verilere göre, 2006 yılında 51 MW olan kurulu güç kapasitesi çok hızlı bir artış eğilimiyle 2012 yılında 2,312.12 MW düzeyine çıkmıştır (Şekil 5.7.).



Şekil 5.7. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesinin 1998-2012 Yılları Arası Değişimi (MW) (Kaynak Veri: TÜREB, 2013)

Türkiye'de işletmedeki rüzgar santralleri de Tablo 5.4'de verilmektedir. Tabloda Balıkesir ve Çanakkale illerinde bulunan santraller koyu olarak gösterilmiştir. İşletmedeki rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yatırımcılara göre dağılımı da Şekil 5.8'de verilmektedir. Demirer Enerji 291,15 MW kurulu güç ile ilk sırada yer alırken, bunu 245 MW ile Bilgin Enerji ve 233,95 MW ile Polat Enerji izlemekte ve sırasıyla diğer yatırımcı firmalar gelmektedir.

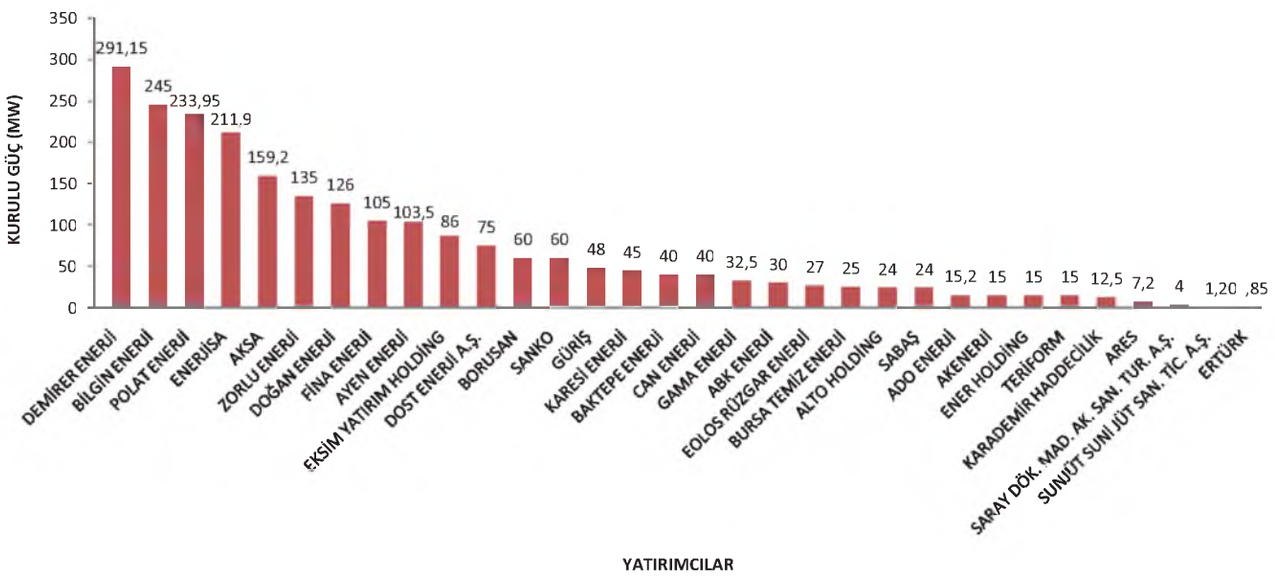
Tablo 5.4. Türkiye'de İşletmedeki Rüzgar Santralleri (TÜREB, 2013)

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
1	Baktopo En. AŞ.	Amasya RES	40	Amasya	2008
2	Ayen En. A.Ş.	Akbük RES	31,5	Aydın	2009
3	ABK En. Ür. ve San. Tic. A.Ş.	Söke-Çatalbük RES	30	Aydın	2010
4	Sabaş El. Ür. A.Ş.	Turguttepe RES	24	Aydın	2010
5	**Bares El. Ür. A.Ş.**	**Balıkesir RES**	**143**	**Balıkesir**	**2012**
6	**Borasco En. ve Kim. San. Tic. A.Ş.**	**Bandırma RES**	**60**	**Balıkesir**	**2009/2010**
7	**Yapısan El.Ür. A.Ş.**	**Bandırma RES**	**35**	**Balıkesir**	**2006/2012**
8	**As Makinsan En. El. San.ve Tic. A.Ş.**	**Bandırma-3 RES**	**25**	**Balıkesir**	**2008**
9	**Alize En. El. Ür. A.Ş.**	**Koltepe RES**	**20,7**	**Balıkesir**	**2009**
10	**Alentek En A.Ş.**	**Susurluk RES**	**45**	**Balıkesir**	**2012**
11	**Galatawind En. Ltd Şti.**	**Şalı RES**	**93**	**Balıkesir**	**2011**

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
12	**Baki El. Ür. Ltd. Şti.**	**Şamlı RES**	**113,4**	**Balıkesir**	**2008/2010**
13	**Ak En. El. Ür. A.Ş.**	**Ayyıldız RES**	**15**	**Balıkesir**	**2009**
14	**Alize En. El. Ür. A.Ş.**	**Çataltepe RES**	**16**	**Balıkesir**	**2010**
15	**Poyraz En. El. Ür. A.Ş.**	**Poyraz RES**	**50**	**Balıkesir**	**2012/2013**
16	Can Enerji Elt. Ür. A.Ş.	Metristepe RES	40	Bilecik	2011
17	**Ayres Ayvacık El.Ür. San.Ltd.Şti.**	**Ay RES**	**5**	**Çanakkale**	**2011**
18	**Doğal En. El. Ür. A.Ş.**	**Burgaz RES**	**14,9**	**Çanakkale**	**2010**
19	**Alize En. El. Ür. A.Ş.**	**Çamseki RES**	**20,8**	**Çanakkale**	**2011**
20	**Enerjisa En. Ür. A.Ş.**	**Çanakkale RES**	**29,9**	**Çanakkale**	**2012**
21	**Anemon En. El. Ür. A.Ş.**	**İntepe RES**	**30,4**	**Çanakkale**	**2009**
22	**Borez Bozcaada Rüz. En. San. Tic. A.Ş.**	**Bozcaada RES**	**10,2**	**Çanakkale**	**2009**
23	**Garet En. Ür. Ve Tic. A.Ş.**	**SaRES**	**22,5**	**Çanakkale**	**2010/2011**
24	Boreas En.Ür. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Boreas Enes RES	15	Edirne	2008
25	Balen El. Ür. A.Ş.	Belen RES	48	Hatay	2009/2010/ 2012
26	Deniz El. Ür. Ltd. Şti.	Sebenoba RES	30	Hatay	2008
27	Lodos Rüz. En.Ür. A.Ş.	Senköy RES	27	Hatay	2012
28	Bakras En. El. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Şenbük RES	15	Hatay	2010
29	Ziyaret Res El. Ür. San. ve Tic. A.Ş.	Ziyaret RES	57,5	Hatay	2010/2011
30	Lodos El. Ür. A.Ş.	Kemerburgaz RES	24	İstanbul	1998
31	Teperes El. Ür. A.S.	Tepe RES	0,85	İstanbul	2006

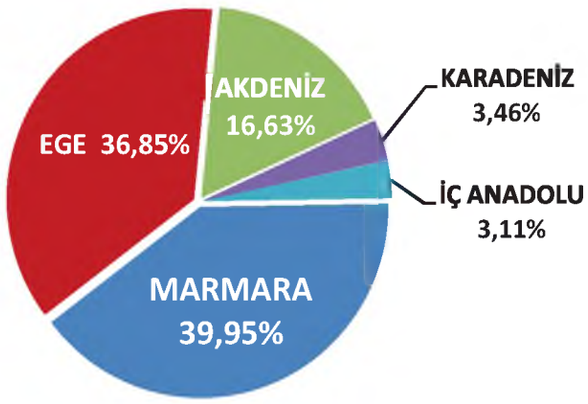
SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
32	Sanko Rüz. En. San. ve Tic. A.ş.	Çatalça RES	60	İstanbul	2008
33	Saray Dök. Mad. San. Tur. A.Ş.	Saray RES	4	İstanbul	2009
34	Sunjüt Suni Jüt San. Tic. A.Ş.	Sunjüt RES	1,2	İstanbul	2008
35	Ares Alaçatı Rüz. En. San. Tic. AŞ.	ARES	7,2	İzmir	1998
36	Kaddemir Haddecilik San. Tic. Ltd. Şti.	Bozyaka RES	12,5	İzmir	2012
37	Manres El. Ür. A.Ş.	Günaydın RES	12,5	İzmir	2012
38	Garet En. Ür. ve Tic. A.Ş.	Karadağ RES	10	İzmir	2012
39	Kores Kocadağ Rüz.En.Ür.San.ve Tic.A.Ş.	Kores Kocadağ-2 RES	17,5	İzmir	2012
40	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Kozbeyli RES	20	İzmir	2012/2013
41	Mane Manastır Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	Mare-Manastır RES	39,2	İzmir	2010
42	Mazı-3 Rüz. En. Sant. El. Ür. A.Ş.	Mazı-3 RES	30	İzmir	2011
43	Bergama RES En. Ür. AŞ.	Aliağa RES	90	İzmir	2007
44	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Çeşme RES	1,5	İzmir	2012
45	Ütopya En. Ür. San. ve Tic. A.ş.	Düzova RES	35	İzmir	2009/2010/ 2012
46	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Samurlu RES	28	İzmir	2012/2013
47	Doruk En. Ur. San. Tic. A.Ş.	Seyitali RES	30	İzmir	2007
48	Innores El. Ür. A.Ş.	Yuntdağ RES	57,5	İzmir	2011
49	Aksu Temiz En. El. San. ve Tic. A.Ş.	Aksu RES	72	Kayseri	2012
50	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Kuyucak RES	25,6	Manisa	2011

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii	İşletmeye Giriş Tarihi
51	Akhisar Rüz. En. El. San. Ltd. Şti.	Akres	45	Manisa	2000
52	Deniz El. Ür. Ltd. Şti.	Karakurt RES	10,8	Manisa	2007
53	Doğal En. El. Ür. A.Ş.	Sayalar RES	34,2	Manisa	2009
54	Bilgin Rüz. Sant. El. Ür. A.Ş.	Soma RES	90	Manisa	2007
55	Soma En. El. Ür. A.Ş.	Soma RES	140,4	Manisa	2011
56	Enerjisa En. Ür. A.Ş.	Dağpazarı RES	39	Mersin	2008
57	Akdeniz El. Ür. A.Ş.	Mersin Mut RES	33	Mersin	2010
58	Dares Datça Rüz. En. Sant. San. Tic. A.Ş.	Dares Datça RES	29,6	Muğla	1998
59	Rotor B. En. Ür. A.Ş.	Gökçedağ RES	135	Osmaniye	2009/2010
60	Alize En. El. Ür. A.Ş.	Sarıkaya RES	28,8	Tekirdağ	2010
61	Pem En. A.Ş.	Killik RES	40	Tokat	2010/2011
TOPLAM			**2.312,15**		

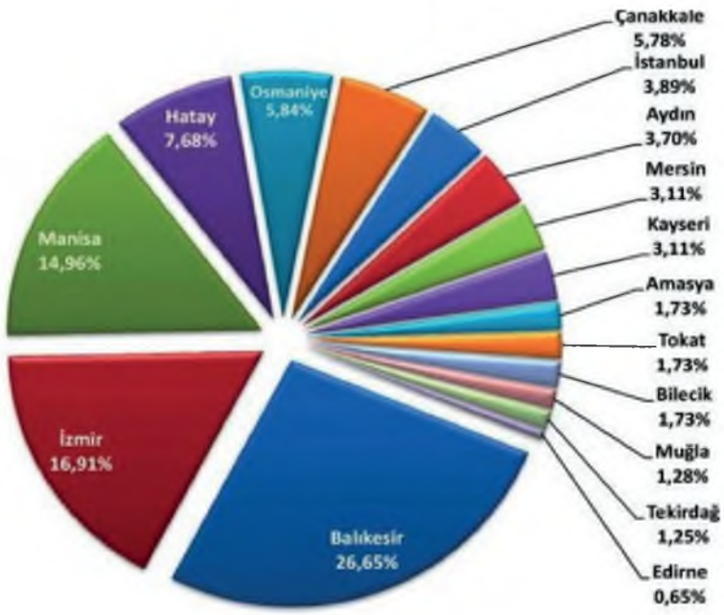


Şekil 5.8. İşletmedeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yatırımcılara Göre Dağılımı (TÜREB, 2013)

İşletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından bölgelere göre yüzdesel dağılımı Şekil 5.9 (a).'da ve illere göre yüzdesel dağılımı ise Şekil 5.9 (b).'de verilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi Marmara Bölgesi %39,95'lik bir oranla ilk sırada yer alırken, Ege Bölgesi %36,85'lik bir oranla takip etmekte ve sırasıyla Akdeniz Bölgesi %16,63, Karadeniz Bölgesi %3,46 ve İç Anadolu Bölgesi %3,11 olarak gelmektedir. İllere göre yüzdesel dağılıma bakıldığında ise Balıkesir ili %26,65 ve Çanakkale ili %5,78'lik bir orana sahiptir.



(a)



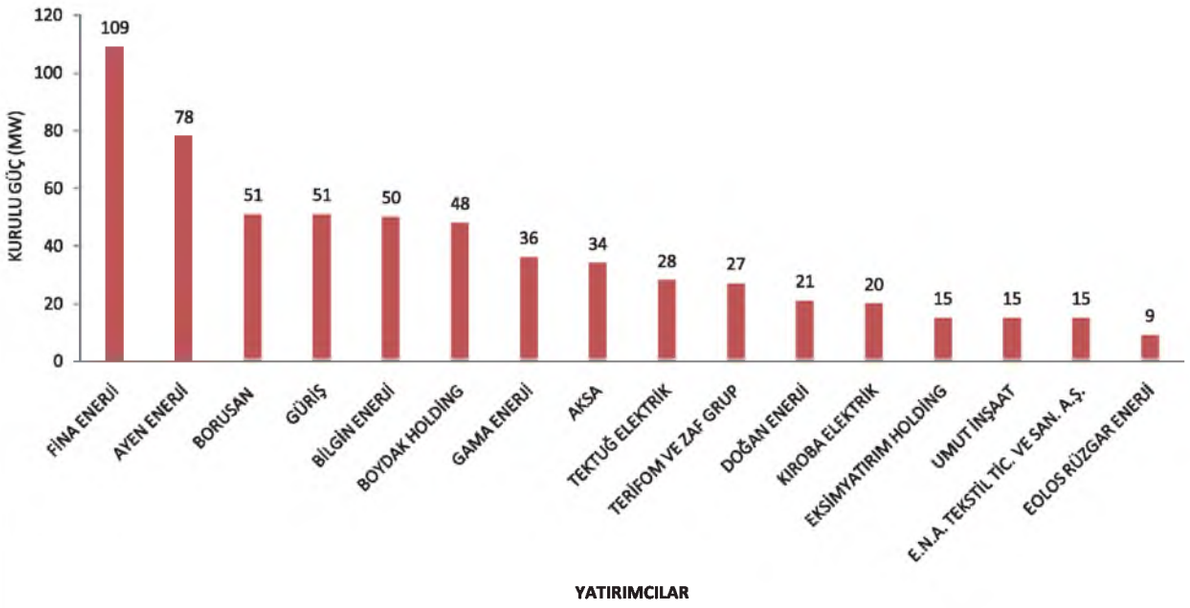
(b)

Şekil 5.9. İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre (a) ve İllere Göre (b) Yüzdesel Dağılımı (TÜREB, 2013)

Tablo 5.5 Türkiye'de inşa halindeki rüzgar santrallerini vermektedir. İnşa halindeki rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yatırımcılara göre dağılımı ise Şekil 5.10'de verilmiştir. 109 MW kurulu güç ile Fina Enerji ilk sırada yer alırken, bunu 77,70 MW Ayen Enerji takip etmektedir.

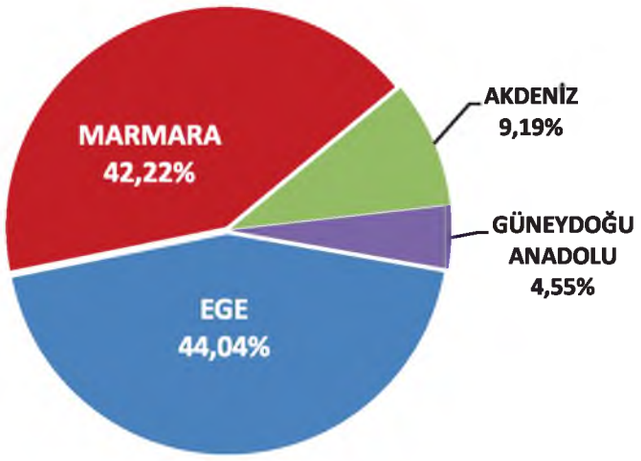
Tablo 5.5. Türkiye'de İnşa Halindeki Rüzgar Santralleri (TÜREB, 2013)

SN	Firma Adı	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	Mevkii
1	Tektuğ El. Ür. A.Ş.	Şincik RES	27,5	Adıyaman
2	Olgu En. Ür. Tic. AŞ.	Dinar RES	50,6	Afyon
3	Kıroba El. Ür. A.Ş.	Madranbaba RES	19,5	Aydın
4	**Edincik Enerji Elektrik Üretim A.Ş.**	**Edincik**	**30**	**Balıkesir**
5	**Kapıdağ Rüz. En. Sant. El. Ür. San. ve Tic. A.Ş.**	**Kapıdağ RES**	**34**	**Balıkesir**
6	**Alentek En. A.Ş.**	**Susurluk Extension**	**15**	**Balıkesir**
7	**Galata Wind En. Ltd. Şti.**	**ŞahRES Extension**	**9**	**Balıkesir**
8	**Çanres El. Ür. A.S.**	**Şadıllı RES**	**38,5**	**Çanakkale**
9	Yeni Beten Enerji Elektrik Üretim	Şenbük	27	Hatay
10	Ziyaret RES El. Ür. San.Tic. A.Ş	Ziyaret RES	7,5	Hatay
11	Eolos Rüz. En. Ür. A.Ş.	Şenköy RES	9	Hatay
12	BORA Rüz. El. Ür. San, ve Tic. A.Ş.	Çanta RES	47,5	İstanbul
13	Ütopya En. Ür. San. Tic. A.Ş.	Düzova RES	5	İzmir
14	Ayen En. A.Ş.	Korkmaz RES	25,2	İzmir
15	Ayen En. A.Ş.	Mordoğan RES	31,5	İzmir
16	Ores El. Ür. A.Ş.	Salman RES	27,5	İzmir
17	Zeytineli RES El. A.Ş	Zeytineli RES	50	İzmir
18	Aysu En. San. ve Tic. A.S.	Karadere RES	16	Kırklareli
19	Garet En. Ür. ve Tic. A.Ş.	GökRES	35,75	Manisa
20	Akdeniz El. Ür. A.Ş.	Mersin Mut Extension	12	Mersin
21	Ayen En. A.Ş.	Akbük II	21	Muğla
22	Borusan EnBW	Balabanlı RES	50,6	Tekirdağ
23	Osres El. Ür. A.S.	Kızıkaterzi RES	14,5	Tekirdağ
TOPLAM			**604,15**	

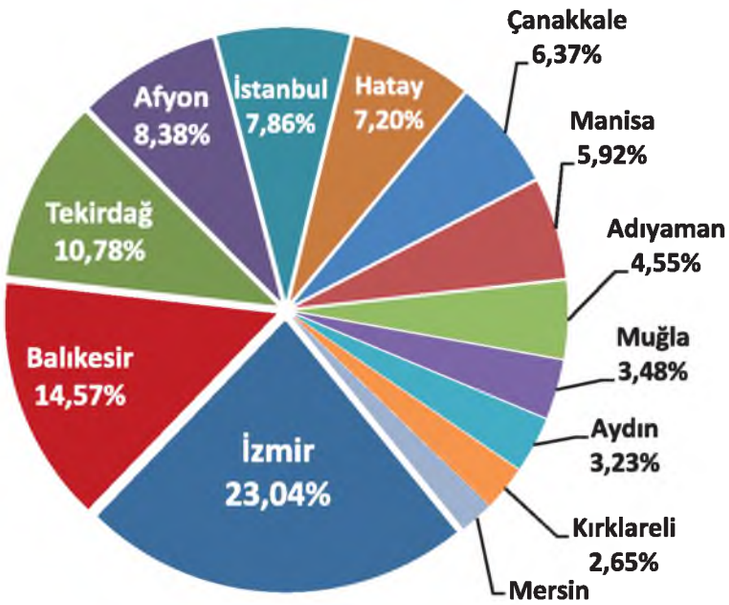


Şekil 5.10. İnşa Halindeki Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Yatırımcılara Göre Dağılımı (TÜREB, 2013)

İnşa halinde olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu güç bakımından bölgelere göre yüzdesel dağılımı Şekil 5.11 (a).'da ve illere göre yüzdesel dağılımı ise Şekil 5.11 (b)'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Ege Bölgesi %44,04'lük bir oranla ilk sırada yer alırken, bunu Marmara Bölgesi %42,22'lik oranla takip etmekte, % 9,19'luk bir oranla Akdeniz ve %4,55'lik bir oranla Güneydoğu Anadolu Bölgeleri gelmektedir. İllere göre yüzdesel dağılıma bakıldığında ise Balıkesir ili %14,57 ve Çanakkale ili %6,37'lik bir orana sahiptir.



(a)



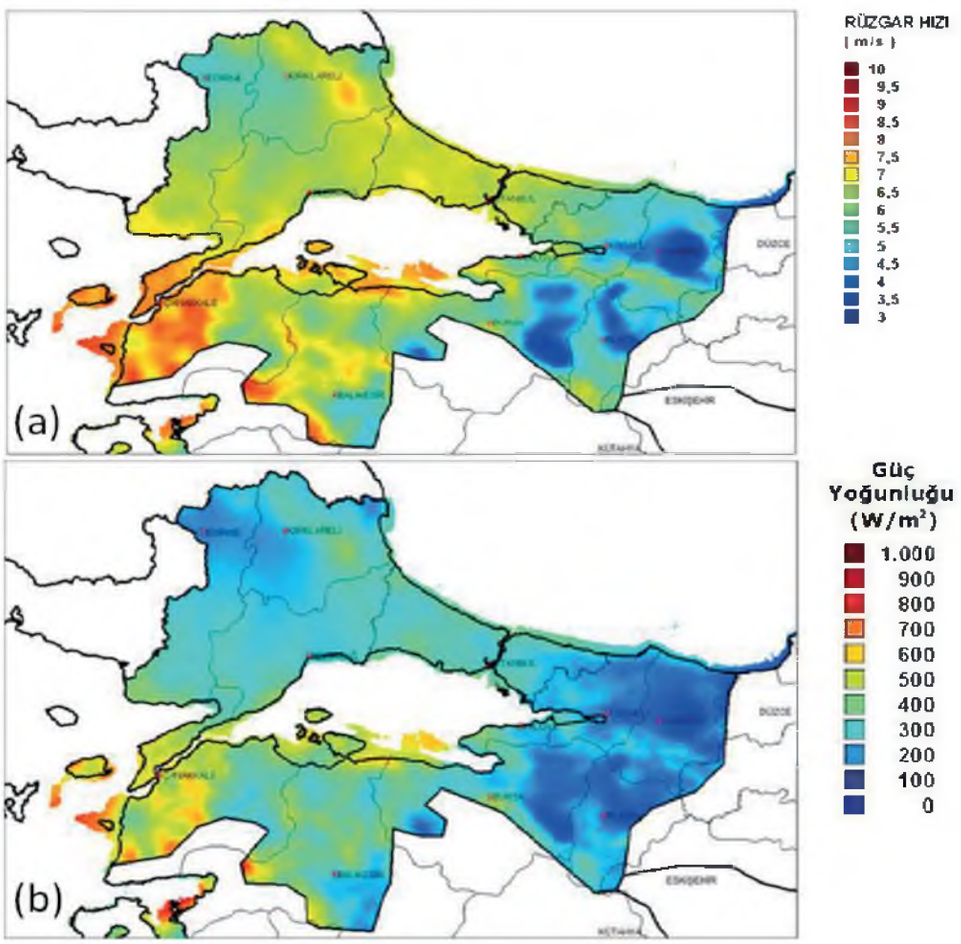
(b)

Şekil 5.11. İnşa Halinde Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre (a) ve İllere Göre (b) Yüzdesel Dağılımı (TÜREB, 2013)

5.3. TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Rüzgar Enerjisi

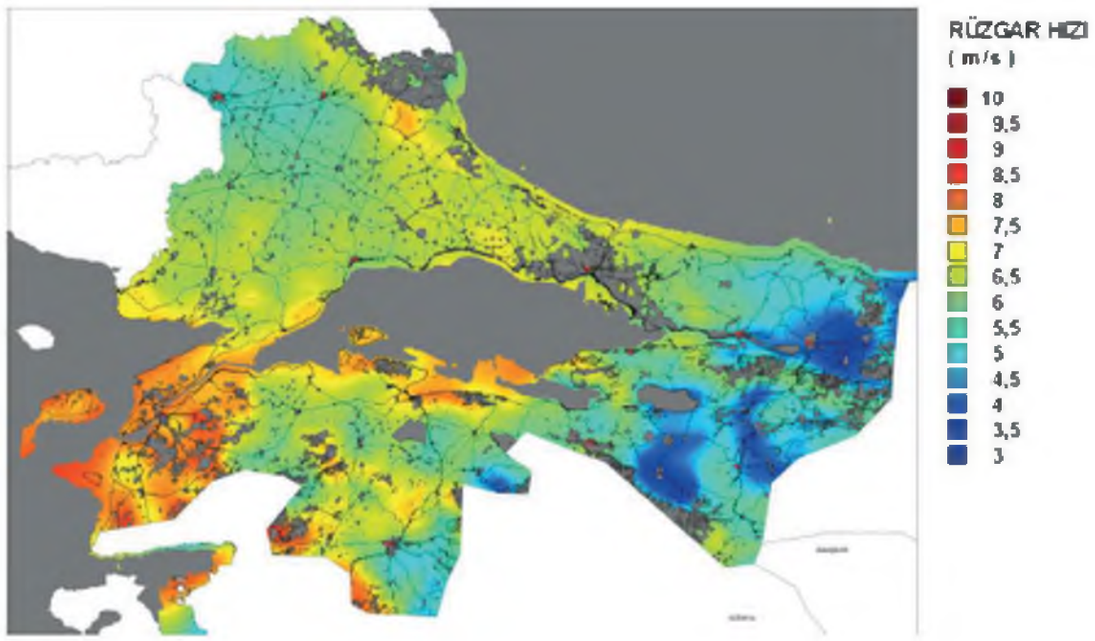
5.3.1. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)

Türkiye için yapılan yorumdan da hatırlanabileceği gibi, Balıkesir ilinin tamamını içermemekle birlikte burada Marmara Bölgesi terimini Edremit Körfezi ve Balıkesir ilini kapsayacak biçimde kullanıldığında, sahip olduğu coğrafi konum ve fiziki coğrafya etmenleri (bakı, topografya, yükselti, orografya, klimatolojik ve meteorolojik özellikler, vb.) nedeniyle, Marmara Bölgesi'nin genel olarak Biga Yarımadası ve Çanakkale Yöresini (Gelibolu Yarımadası, Bozcada ve Gökçeada'yı içerir) içeren Güney Marmara Bölümü, Türkiye'nin ortalama rüzgar hızı, güç yoğunluğu ve kapasite faktörü en yüksek olan alanına karşılık gelir (Şekil 5.12 ve 5.13).



Şekil 5.12. Marmara Bölgesi REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Güç Yoğunluklarının (W/m2) Alansal Dağılış Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s ya da üzerinde rüzgar hızı ve %35 ya da üzerinde kapasite faktörü gerekir.



Şekil 5.13. Marmara Bölgesi REPA Ürünü 50 m'deki Yıllık Ortalama Rüzgar Hızları (m/s) İle Birlikte RES Kurulmasına Uygun Olmayan Ya Da Kurulamayacağı Kabul Edilen Alanların Dağılış Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

REPA'ya göre, Marmara Bölgesi'ne kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin 50 m güç potansiyelleri, orta – sıra dışı rüzgar sınıfı için 40.864,96 MW, iyi - sıra dışı rüzgar sınıfı içinse 12.703,12 (MW) olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.6).

Tablo 5.6. Marmara Bölgesi'ne Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri)*

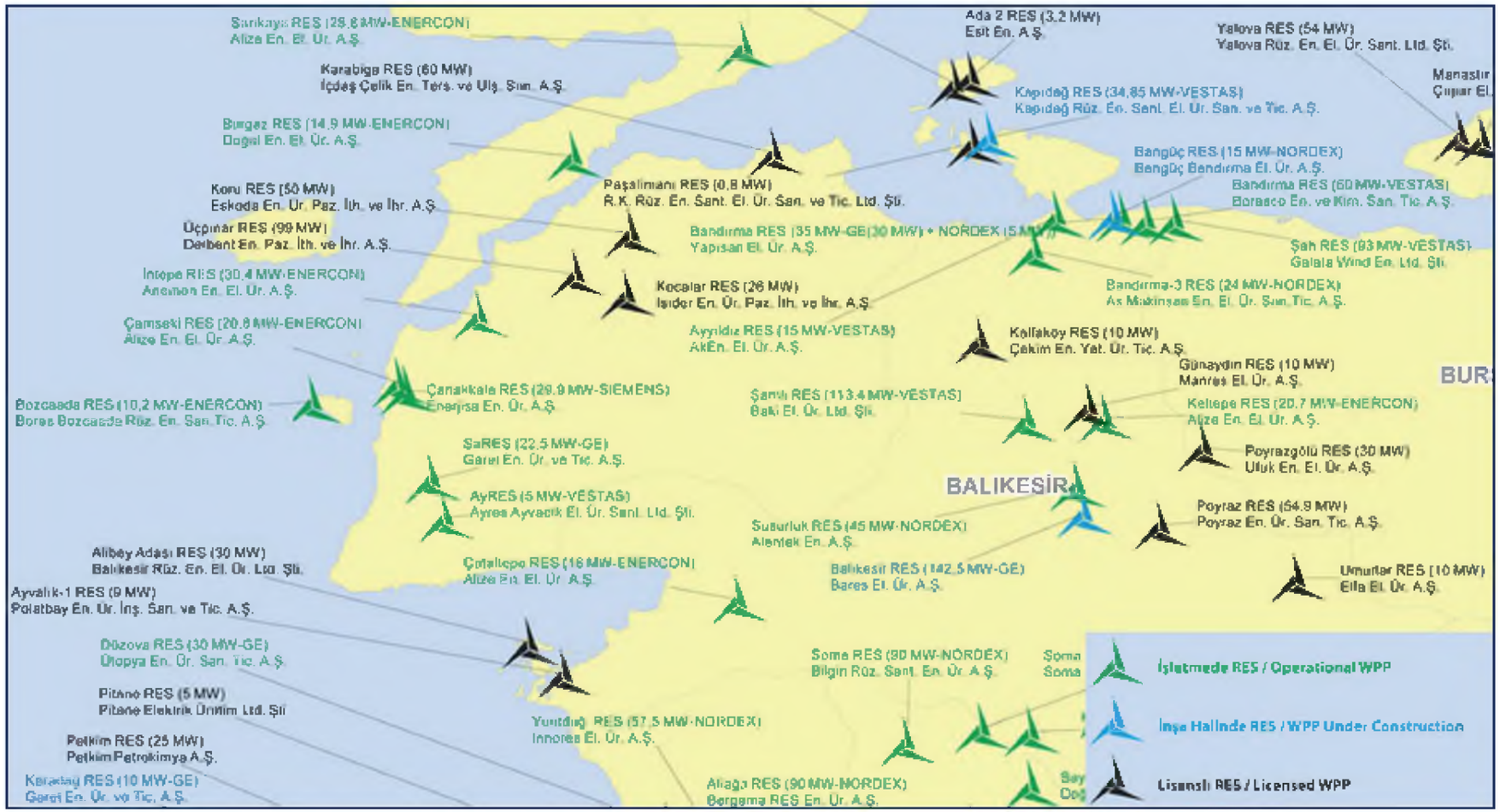
Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Gücü ($W\ m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m\ s^{-1}$)	Toplam Alan (km^2)	Rüzgarlı Arazi (%)	Kurulabilecek Potansiyel (MW)
Orta	300 – 400	6,8 – 7,5	5.632,37	9,92	28.161,84
İyi	400 – 500	7,5 – 8,1	1.559,76	2,75	7.798,80
Çok iyi	500 – 600	8,1 – 8,6	803,31	1,42	4.016,56
Mükemmel	600 – 800	8 ,6 - 9,5	175,81	0,31	879,04
Sıra dışı >	800 >	9,5	1,74	0,00	8,72
		Toplam	**8.172,99**	**14,40**	**40.864,96**

* **Çalışkan, 2010.**

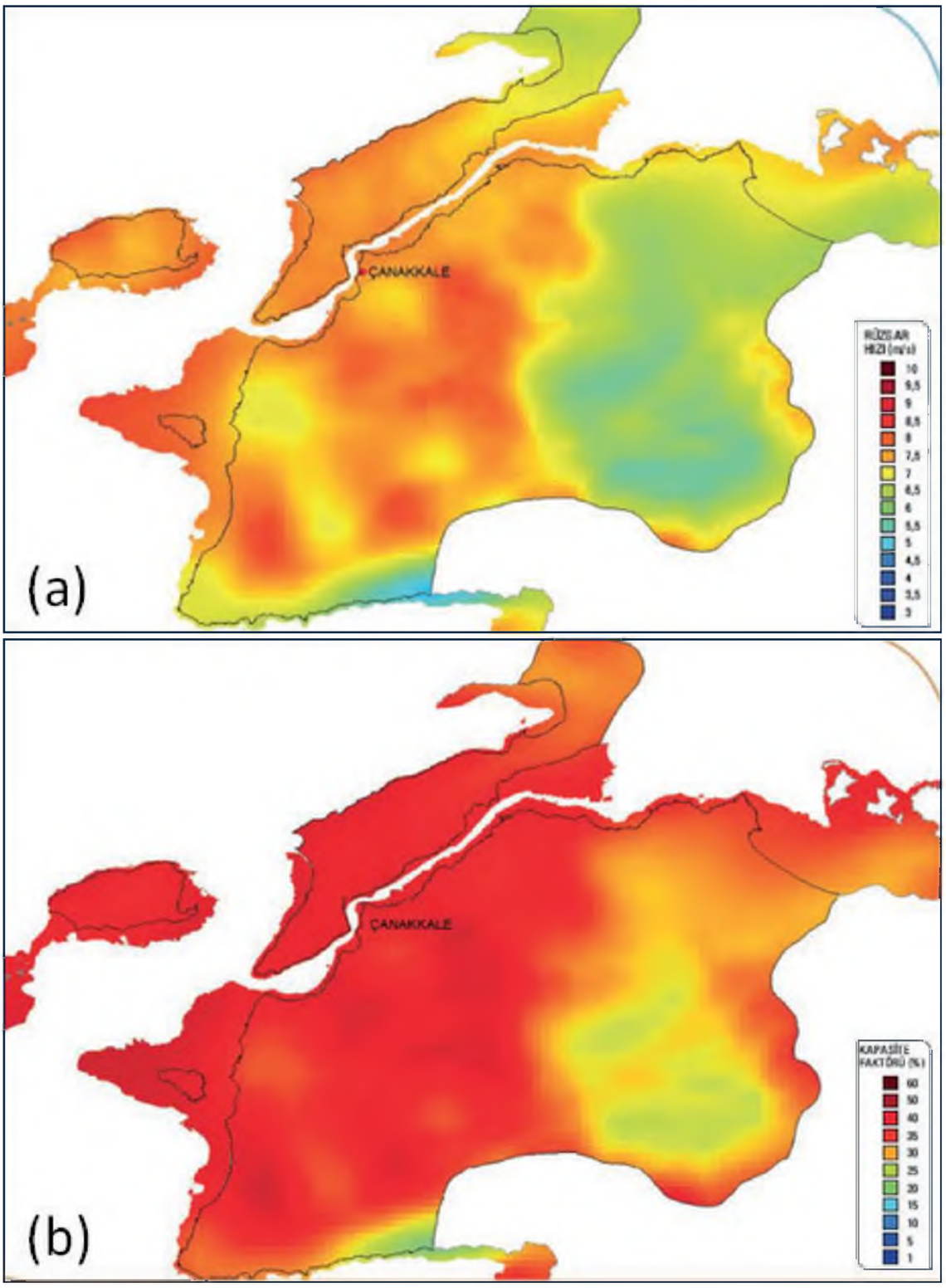
Şekil 5.14, TR22 Güney Marmara Bölgesi, Çanakkale ve Balıkesir illeri rüzgar enerjisi santralleri atlasını (TÜRSAT, 2012) göstermektedir. Atlasa göre, Güney Marmara Bölgesi Çanakkale ve Balıkesir illerindeki rüzgar santralleri, temel olarak, Biga Yarımadası'nın batısında kıyıya yakın sırtlarda ve tepelik arazilerde, Bandırma çevresinde ve kuzeyinde Kapıdağ Yarımadası ve adalarda ve Balıkesir çevresinde yoğunlaşan bir dağılış sergilemektedir (Şekil 5.14). Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'e bakıldığında, Bölge'de işletmedeki rüzgar santralleri sayının 18 adet olduğu ve toplam 749,80 MW kurulu güç ile Türkiye'deki işletmedeki toplam kurulu gücün %32'sini oluşturduğu görülürken, inşa halinde olan santral sayısının 5 adet olduğu ve toplam 126,50 MW ile Türkiye'deki inşa halindeki toplam kurulu gücün %21'ini oluşturduğu görülmektedir.

5.3.2. Çanakkale İlinin RES Potansiyeli

Çanakkale ili için REPA ürünü 50 m'deki yıllık ortalama rüzgar hızlarının (m/s) ve rüzgar kapasite faktörlerinin (%) alansal dağılışını gösteren haritalara göre (Şekil 5.15), Çanakkale ilinin doğusunda kalan alanlar dışındaki büyük bölümünde, ekonomik RES yatırımı için gerekli görülen 7 m/s ya da üzerinde rüzgar hızları ve %35 ya da üzerinde kapasite faktörü egemen durumdadır. Çanakkale ilinin batısında, Gelibolu Yarımadasında, Bozcaada ve Gökçeada yörelerinde, 8-8,5m/s ve üzeri rüzgar hızlarına sahip yüksek kapasitede rüzgar enerjisi potansiyelinin olduğu görülmektedir (Şekil 5.15a,b).



Şekil 5.14. Güney Marmara Bölümü, Çanakkale ve Balıkesir İlleri Rüzgar Enerjisi Santralleri Atlası (TÜRSAT, 2012'den Yararlanarak Proje Alanı İçin Düzenlenmiştir)



Şekil 5.15. Çanakkale İli İçin REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Alansal Dağılış Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

REPA'ya göre, Çanakkale ilinde kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin 50 m güç potansiyelleri, orta – sıra dışı rüzgar sınıfı için 13.012,56 MW ve iyi - sıra dışı rüzgar sınıfı içinse 8.694,08 (MW) olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.7).

Tablo 5.7. Çanakkale İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri)*

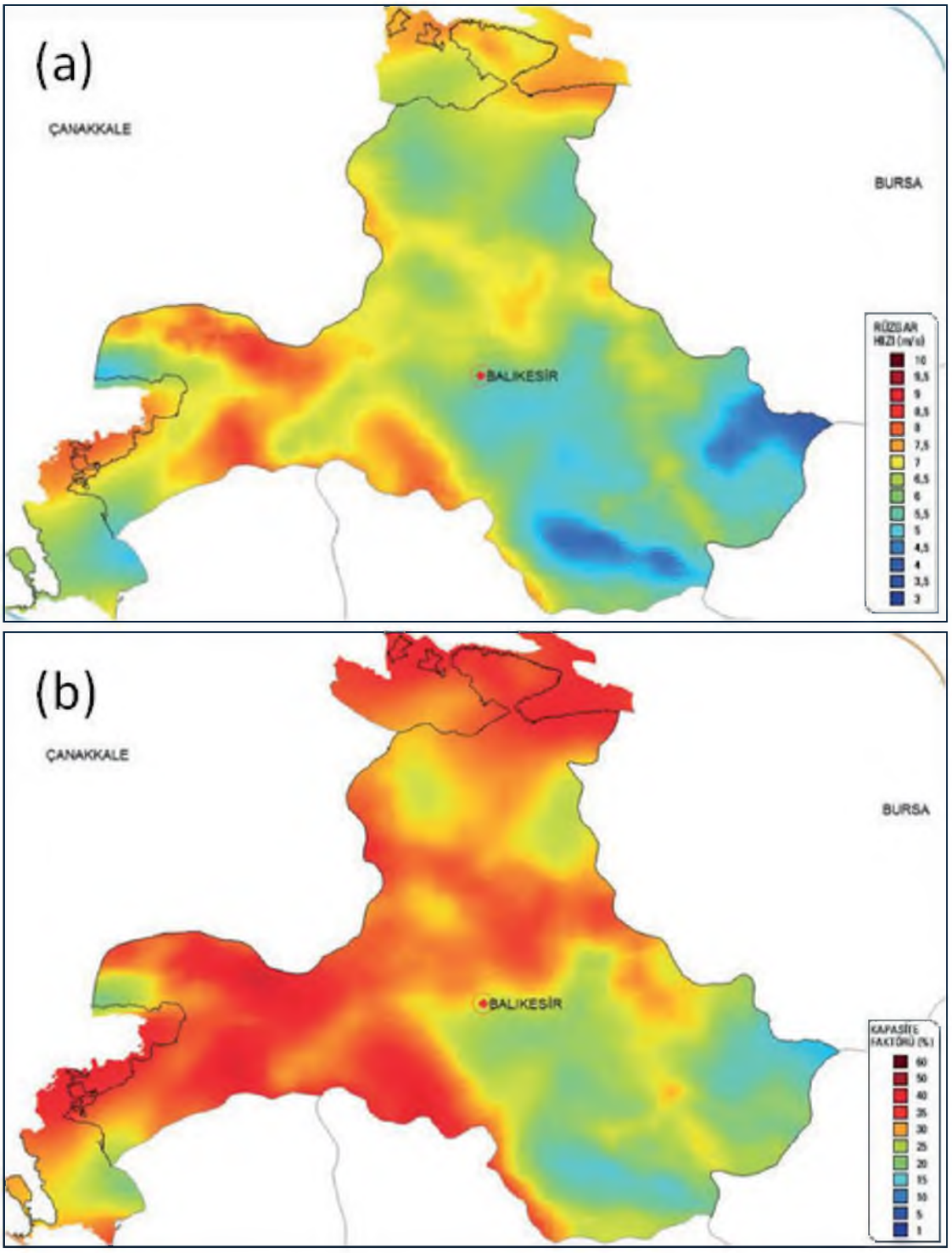
Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü ($W\ m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m\ s^{-1}$)	Toplam Alan (km^2)	Kurulabilecek Potansiyel (MW)
Orta	3	300 – 400	6 ,8 – 7,5	863,70	4.318,48
İyi	4	400 – 500	7 ,5 – 8,1	802,99	4.014,96
Çok iyi	5	500 – 600	8 ,1 – 8,6	761,09	3.805,44
Mükemmel	6	600 – 800	8 ,6 - 9,5	174,74	873,68
Sıra dışı	7	> 800	> 9,5	0,00	0,00
			Toplam	**2 .602,52**	**13.012,56**

*** Çalışkan, 2010.**

5.3.3. Balıkesir İlinin RES Potansiyeli

Balıkesir ili için REPA ürünü 50 m'deki yıllık ortalama rüzgar hızlarının (m/s) ve rüzgar kapasite faktörlerinin (%) alansal dağılışını gösteren haritalara göre (Şekil 5.16), genel olarak Balıkesir ilinin doğusu ve güneydoğusu dışında kalan alanların büyük bölümünde, ekonomik RES yatırımı için gerekli görülen 7 m/s ya da üzerinde rüzgar hızları ve %35 ya da üzerinde kapasite faktörü egemen durumdadır.

Şekil 5.16a'daki renk dağılımından anlaşılacağı gibi, Bandırma ve Erdek ilçelerinin bulunduğu Balıkesir'in kuzey bölümünden 7-8 m/s rüzgar hızlarının mevcut olduğu bir potansiyelin olduğu, Edremit, Havran, Burhaniye ilçelerinin bulunduğu batı bölümlerinde ise 8-8,5 m/s rüzgar hızlarının mevcut olduğu görülmektedir. Dursunbey, Bigadiç ve Kepsut ilçelerinin bulunduğu doğu bölümünde ise 6,5-7 m/s hızlarında bir rüzgar koridoru vardır. Rüzgar hızlarının yüksek olduğu bölgelerde çok daha yüksek kapasitede bir potansiyel mevcut iken, diğer bölgelerde ekonomik kullanılabilecek düzeyde fakat bu bölgelere göre daha az bir enerji potansiyeli olduğu görülür (Şekil 5.16b).



Şekil 5.16. Balıkesir İli İçin REPA Ürünü 50 m'deki (a) Yıllık Ortalama Rüzgar Hızlarının (m/s) ve (b) Rüzgar Kapasite Faktörlerinin (%) Alansal Dağılış Desenleri (REPA'ya Göre Çalışkan 2010'dan)

REPA'ya göre, Balıkesir ilinde kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin 50 m güç potansiyelleri, orta – sıra dışı rüzgar sınıfı için 13.827,36 MW ve iyi - sıra dışı rüzgar sınıfı içinse 6.270,24 (MW)'tır (Tablo 5.8).

Şekil 5.8. Balıkesir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin 50 m Güç Kapasiteleri (Potansiyelleri)*

Rüzgar Düzeyi	Rüzgar Sınıfı	Rüzgar Gücü ($W\ m^{-2}$)	Rüzgar Hızı ($m\ s^{-1}$)	Toplam Alan (km^2)	Kurulabilecek Potansiyel (MW)
Orta	3	300 – 400	6,8 – 7,5	1.511,42	7.557,12
İyi	4	400 – 500	7,5 – 8,1	8.50,96	4.254,80
Çok iyi	5	500 – 600	8,1 – 8,6	2.84,51	1.422,56
Mükemmel	6	600 – 800	8,6 - 9,5	1.15,23	576,16
Sıra dışı	7	> 800	> 9,5	3,34	16,72
			Toplam	**2.765,47**	**13.827,36**

*** Çalışkan, 2010.**

5.4. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisinde 2023 Hedefi

Türkiye rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi, "Elektrik Piyasası Kanunu", "Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği" ve esas olarak "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun"un kabul edilmesiyle birlikte, 2005 yılından sonra hızla artmıştır. Gerçekleşmiş verilere göre, Türkiye'nin işletmede kurulu rüzgar güç kapasitesi 2012 yılında 2.312,12 MW düzeyine ulaşmıştır (Şekil 5.7 ve Tablo 5.9).

Türkiye Cumhuriyeti'nin 2023 hedefi ise, 2009 tarihli "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi"nde 20.000 MW olarak açıklanmıştır.

Tablo 5.9. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kaynak Potansiyeli, Kurulu Gücü ve 2023 Hedefi*

Potansiyel (MW)	48.000,00
İşletmede (MW) (2012)	2.312,12
Üretim (2012) GWh	5.581,50
2023 Hedefi (MW) 2	20.000,0

*** Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü (YEKGM, 2012a, TÜREB, 2013).**

5.5. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi ile İlgili Mevzuat

Türkiye'de rüzgar enerjisi ile ilgili mevzuatlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Rüzgar Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik
2. Rüzgar Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
3. Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği
4. Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği
5. Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği-Ekler
6. Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulmasının Haberleşme, Seyrüsefer ve Radar Sistemlerine Olan Etkileşimi Konusunda İzin Süreçlerinin Oluşturulmasına İlişkin Protokol
7. Rüzgar Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesislerinde Santral Sahası Belirleme Yöntemi
8. 10/07/2012 tarih ve 28349 sayılı "Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ (Tebliğ No: 2012/01)"
9. 27/03/2013 tarih ve 28600 sayılı "Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ (Tebliğ No: 2012/01)'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ"

5.6. Öneriler

Yaklaşık 10 yıl kadar önce yok denecek kadar az rüzgar santrali olan TR22 Bölgesi'nde, bugün rüzgar enerjisi yatırımları, ülkemizde işletmede olan toplam kurulu gücün %32'sini oluşturarak önemli bir seviyeye gelmiştir. Bu gelişme, gelecekte de Bölge'nin enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanması ve ülkemizin enerji güvenliğin sağlanmasına katkıda bulunabilecektir. Bunun için, Türkiye'deki rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olan en yüksek düzeyde yararlanmayı sağlamak gerekmektedir. Bu alanda yapılacak yatırımlar ve destekler istihdamı da artıracaktır. Bu anlamda yenilenebilir enerji konusunda eğitim çalışmalarına önem verilerek bilincin artırılması ve halkın yenilenebilir enerji kullanımına teşvik edilmesi, rüzgar türbinlerinin ve bileşenlerinin yerli imalatı konusundaki çalışmaların arttırılması, girişimci ve yatırımcılara devlet desteklerinin verilmesi, mevzuat eksikliklerinin giderilmesi, yatırımcıların bürokratik işlemlerinin azaltılması gerekmektedir. Ayrıca yatırımcılara yol gösterecek yol haritalarının oluşturulması ve uzman kişilerin istihdam edilmesi bölgemiz ve ülkemizin geleceği açısından oldukça önem kazanmaktadır.

6. JEOTERMAL ENERJİ

Yerkabuğunda depolanmış ısıl enerji, jeotermal enerji olarak tanımlanır. Jeotermal sözcüğü, Yunanca "geo" (yer) ve "termal" (ısı) kelimelerinden gelmektedir. Dolaşımdaki veya depolanmış yeraltı sıcak suyun yanı sıra yüzeyden yeraltına su veya havanın gönderilerek ısıtılması da bir jeotermal enerjidir. Bu bağlamda jeotermal sistemler 4 grupta değerlendirilir.

Bunlar;

Taşınımın (konveksiyon) hakim olduğu hidrotermal sistemler,
İletimin (kondüksiyon) hakim olduğu kuru sıcak kayalar (destekli -enhanced)jeotermal sistemler,
Üst tabaka basınçlı (overpressured) jeotermal sistemler,
Magmadır.

Soğumasını tamamlamamış magma kütleleri veya genç volkanik kayaçlar en önemli jeotermalkaynaklardır. Kırık ve çatlaklardan yerin derinliklerine süzülen meteorik sular (yağmur suları) ısı kaynağına ulaşır. Bu taşınımda faylar en önemli yollardır. Yeraltı dolaşımı sırasında ısınan su yeryüzüne çıkar veya sığ derinliklerinde (100 – 3.000 m), geçirimsiz tabakaların altında gözenekli ve geçirimli kayaçlarda veya boşluklarda toplanır. Su, özellikle sıcak su, hareketi boyunca kayaçları çözer ve mineralce zenginleşir. Sıcak suyun yüzeye taşınmasında yoğunluk değişimi ve farklılıkları ile basınç etkilidir. Jeotermal kaynaklar düşük (15 – 70°C), orta (70 – 150°C) ve yüksek (> 150°C) entalpili olmak üzere üç grupta sınıflandırılır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği Sıcak ve Mineralli Sular Komisyonu, sıcaklığı 20°C'den fazla olan suları, jeotermal olarak tanımlamaktadır. Ancak, bugün teknolojik gelişmeler, jeotermal kaynakların kullanım alanlarının artması ve enerji maliyetlerinin artması nedeniyle uygulamada sınır sıcaklığı 20°C'den 15°C'ye düşmüştür. Diğer taraftan, 6094 sayılı kanunla değişik 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'a göre, jeotermal kaynak; yerkabuğundaki doğal ısı nedeniyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, erimiş madde ve gaz içerebilen doğal su, buhar ve gazlar ile kızgın kuru kayalardan elde edilen su, buhar ve gazlardır.

Jeotermal su kaynakları doğal çıkışlıdır veya sondaj kuyuları ile üretilir. Jeotermal sular meteorik, magmatik, jüvenil (hiç yeryüzüne çıkmamış ve yeryüzü ile hiçbir etkileşim içerisinde olmamış, manto kökenli magmatik su), konne (connate; kayaçların gözeneklerine, kırık ve çatlaklarına hapsolmuş su) veya bu gruplardan iki veya daha fazlasının birlikte etkin olduğu kaynaklar olabilir. Mevsimsel ve yıllık yağış değişimlerinin jeotermal kaynaklar üzerinde belirgin etkileri yoktur. Tüketim, yeraltı beslenmesinin üzerinde olmadıkça veya deprem etkisi gibi yeraltı dolaşım yollarında bir değişim olmadıkça jeotermal kaynakların tükenmesi söz konusu değildir. En önemli konu, tüketim ve beslenme veya beslemearasındaki dengenin korunmasıdır. Bu bağlamda, sondaj kuyularından alınan sıcak suyun reenjeksiyon ile rezervuara geri gönderilmesi son derece önemlidir. Bir jeotermal alandan en verimli bir şeklide faydalanabilmek için rezervuarın hidrojeolojik özelliklerinin bilinmesi ve reenjeksiyon yapılması gerekir.

Sondaj ile alınan jeotermal kaynaklarda, reenjeksiyon, öncelikle kaynağın devamlılığı için önemlidir. Aksi halde, jeotermal kaynak yenilenebilir ve tükenmez olmaktan çıkar. İkinci önemli konu, özellikle JES'ler için gerekli olan basınç ve sıcaklık değerleri azalır. Çevrenin ve özellikle yeraltı sularının korunmasında dolaylı bir etkiye sahip olan reenjeksiyonla yeraltı su dengesinin sürdürülmesinin

gerekliliği bu alanda en önemli konulardan biri olarak sayılabilir. Jeotermal kaynağın yeraltında boşalttığı yerlerin, reenjeksiyonla tekrar kaynaktan alınan ve kullanılmış suyla doldurulması gerekir. Aksi halde, yeraltı su basınç dengesine bağlı olarak soğuk su, özellikle denize yakın bölgelerde deniz suyu jeotermal kaynağın bıraktığı boşlukları doldurma eğilimindedir. Bu durum, jeotermal kaynakların sıcaklık ve basınç düşüşlerinin yanında kirlemesine neden olur. Diğer taraftan reenjeksiyon, teorinin ötesinde uygulamada oldukça zor ve pahalı bir yöntemdir. Reenjekte edilecek kaynak rezervuarını bulma ve mevcut basıncı yenerek rezervuara ulaşma çoğu zaman mümkün olmayabilir. Ancak, aksi de düşünülmemeli ve uygulanmamalıdır. Reenjekte edilen suyun sıcaklığı, gradyan etkisiyle artacaktır. Burada en önemli konu, jeotermal kaynaklarda bor ve arsenik başta olmak üzere ekoloji için önemli olan ve çevre için tehdit unsuru olabilecek standart değerler üzerinde iyonlar ve elementlerin bulunmasıdır. Benzer olarak, kaynaktan çıkan gazlar da önemlidir. Reenjeksiyon yapılmaması ve bu kaynakların açığa; toprağa veya bir su akıntısına bırakılması, kaynak israfının ötesinde çevre kirliliğine neden olabilir. Reenjeksiyonla hesaplandığı gibi veya teoriye paralel bir başarı elde edilemese bile olası bir hava, toprak veya yüzey suyu kirliliğinin önüne geçilebilir. Bazen, reenjekte edilen su, yeraltı süreksizliklerinden (çatlak, kırık, fay v1e boşluk) soğuk su kaynaklarına ulaşıp onların kirlenmesine de neden olabilir. Bu durumda, jeotermal kaynaklar yenilenebilir olmanın yanında temiz enerji olmaktan çıkabilir. Bu yüzden, reenjeksiyondaki başarının temelinde kuyu üretim ve enjeksiyon yöntemleri ve planlaması ile hidrojeolojik bilimsel veriler son derece önemlidir.

6.1. Dünyada Jeotermal Enerji

Dünyada, genç tektonizma ve volkanizmaya bağlı birçok jeotermal kuşak bulunmaktadır. Kıtalararası levha hareketleri volkanik olaylara ve yer hareketlerine neden olmaktadır. En önemli jeotermal sistem, And Kuşağı olarak tanımlanan bölgede Güney Amerika'nın batı sahilleri olarak bilinmektedir. Venezüella, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin en önemli jeotermal kaynaklara sahip ülkelerdendir. Buralarda bulunan çok sayıdaki aktif volkanizma, yüksek sıcaklığa sahip jeotermal kaynakların oluşmasına neden olmuştur. Türkiye'nin de içinde bulunduğu Alp – Himalaya kuşağı, en büyük jeotermal kuşaklardan biridir. Hindistan Platosu ile Avrasya Platosunun çarpışması sonucu oluşan Alp–Himalaya kuşağı jeotermal kaynakları, İtalya'dan Çin'e kadar 150 km genişliğinde ve 3.000 km
uzunluğunda geniş bir alana yayılmıştır.

Diğer bir önemli jeotermal kaynak bölgesi, Doğu Afrika'dır. Aktif kıta yarığı kaynaklı bu bölgedeki jeotermal kaynaklar Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya gibi ülkelerde bulunmaktadır. Bir başka jeotermal kaynak bölgesi, Karayip Adaları'dır. Orta Amerika Volkanik Kuşağı'nda yer alan El Salvador, Nikaragua ve Panama gibi ülkelerde de çok sayıda jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bu kuşak ve ülkelerin dışında Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda ve İzlanda da önemli jeotermal kaynaklara sahip ülkelerdendir. Jeotermal kaynakların kullanımı, teknik olarak bir ısı madenciliği faaliyetidir. Sıcak suyun çıkarılması ve yeryüzünden yeraltına hava, su gönderilerek ısıtılmasının yanı sıra jeotermal

suların bünyesinde eriyik halinde bulunan elementlerin ve bileşiklerin kazanılması da bir madencilik faaliyetidir. Günümüzde, jeotermal elektrik santralleri ve bölgesel ısıtmalar sonuç itibari ile olmasa da temelinde birer ısı madenciliği faaliyetleridir. İlk çağlardan beri sağlık amaçlı yararlanılan jeotermal su kaynaklarından ilk defa 1827 yılında, İtalya'da borik asit

üretimi yapılmıştır. 1904 yılında, Larderello (İtalya)'da ilk jeotermal buhardan elektrik santrali üretime başlamıştır. 13. yüzyılda Fransa'da başlayan jeotermal ile ısıtma, 1891 yılında, Boise (Idaho / ABD)'da ilk kez bölgesel ısıtmada kullanılmıştır. 1930'larda, jeotermal enerji Reykjavik (İzlanda)'de büyük çaplı bölgesel ısıtmada kullanılmaya başlanmıştır. 1954 yılında, Yeni Zelanda'da 200 MWe kapasiteli bir jeotermal elektrik santrali üretime başlamıştır. 1960'lı yıllarda, Amerika Kıtası ve Japonya'da jeotermale dayalı santrallerin sayısı hızla artmıştır. 1966 yılında Japonya'da, 1970 yılında Çin'de ve 1979 yılında Endonezya'da ilk jeotermal elektrik santralleri üretime başlamıştır. 1999 yılı verilerine göre dünyada, jeotermale dayalı elektrik kurulu güç kapasitesi 8.274 MWe, 2000 yılı verilerine göre doğrudan kullanım 11.300 MWt'dir (Akkuş, 2002). 2005 yılı, dünya jeotermale bağlı kurulu elektrik üretim gücü 8.912 MW, üretim 72,6 milyar kWh/yıl'dır. Aynı yıla ait jeotermalin elektrik dışı kullanımı 27.824 MWt olup bu değer 4,9 milyon konutun ısıtılmasına eşdeğerdir. Bugün, 24 ülkede bulunan jeotermal enerji santrallerinin kurulu gücü 10.000 MW üzerine çıkmıştır. Geçmiş yıllara göre 2005 yılından sonra jeotermal elektrik santrallerinin sayısında ve kurulu güçlerinde yıllık artış hızı iki katına çıkmıştır. Bu artış oranında, 2005 yılındaki enerji fiyatlarındaki artış etkili olmuştur. 2015 yılı dünya jeotermal elektrik santrallerinin kurulu güç beklentisi, 18.500 MW'dır. Jeotermal santral yatırımlarında enerji fiyatlarının yanı sıra santral verimliliği; kapasite kullanım faktörü de etkilidir. Bir jeotermal elektrik santralinin kapasite faktörü %90 ve üzerine çıkabilir. Kapasite kullanım oranları sırasıyla hidrolik enerjisi için %20–70, biyokütle enerjisi için %25–80, rüzgâr enerjisi için %20–30, dalga enerjisi için %20–30'dur (İZKA, 2012). Diğer enerji kaynakları ve santrallerine göre JES kapasite kullanım oranının yüksekliği önemli bir avantajdır.

2000'den 2005 yılına kadar jeotermal elektrik üretiminde %12, jeotermalin elektrik dışı uygulamalarında ise %62'lik bir artış olmuştur (Lund ve diğ., 2005). Filipinler'in toplam elektrik üretiminin %27'si, Kaliforniya Eyaleti'nin (ABD) %7'si, İzlanda'nın toplam ısı enerjisi (şehir ısıtması) ihtiyacının %86'sı jeotermalden karşılanmaktadır. Dünya'da jeotermal elektrik üretiminde ilk 5, sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Filipinler, Meksika, Endonezya ve İtalya'dır. Dünya jeotermal doğrudan kullanımda (ısıtma ve kaplıca) ilk 5 ülke ise Çin, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, İzlanda ve Türkiye'dir. Bu ülkeler, dünya jeotermal enerji kullanımın %63,5'ine sahiptir (Lund ve Freeston, 2001).

Jeotermal Elektrik Santralleri (JES)

Jeotermal kaynaklar buhar hakim ve su hakim sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Jeotermal kaynaktan alınan akışkan, ilk önce su ve buhar olarak ayrıştırılır. Elde edilen buhar türbinlere gönderilir ve elektrik üretilir. Saha ve kaynak özelliklerine göre jeotermal elektrik santrali (JES) teknolojisi belirlenir. Günümüzde, üç tip jeotermal elektrik santrali (JES) teknolojisi bulunmaktadır. Jeotermal akışkanın durumuna (buhar, sıcak su) ve ısısına bağlı olarak bu teknolojilerden biri kullanılır. Bunlar; kuru buhar güç santralleri, flash buhar güç sistemleri ve ikincil (binary) çevrim güç sistemleridir. Kuru buhar güç santrallerinde, jeotermal buhar doğrudan türbinlere gönderilir. Bu teknoloji, ilk jeotermal güç teknolojisidir. Bilinen en verimli ve büyük kuru buhar JES, Geysers (Kuzey

Kaliforniya, ABD)'de bulunmaktadır. Günümüzde ise en yaygın JES teknolojisi, flash (buharlaşmalı) sistemdir. Genellikle, bu teknoloji 180 ºC'den daha yüksek sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde kullanılır. Bu sistem, jeotermal suyun yeryüzünde buhar haline getirilmesi ve bu buharın türbini çalıştırması esasına dayanır. Bu sırada buhar, su ve gaz ayrıştırılır.

Flash sistemi, tek buharlaşmalı ve çift buharlaşmalı çevrim olmak üzere iki farklı teknolojiye sahiptir. Tek buharlaşmalı sistem 200°C, çift buharlaşmalı sistem 175°C'den daha yüksek sıcaklığa sahip kaynaklarda kullanılabilir. Tek buharlaşmalı sisteme sahip JES'lerde, buhar ayrıştırıldıktan sonra doğrudan türbine verilir. Çift buharlaşmalı sistemde, ilk kademede ayrıştırılan su ikinci bir seperatöre gönderilir. İki ayrı seperatörden elde edilen buhar türbine gönderilir. İlk olarak 1977 yılında kullanılmaya başlanan çift buharlaşmalı santrallerin verimi, tek buharlaştırmalı sisteme göre daha yüksektir. Binary sistem, 100 – 175°C seviyelerindeki jeotermal akışkan seperatörlerde su ve buhar olarak ayrılır. Buhar, düşük kaynama noktasına sahip bir kimyasalın bulunduğu kapalı sistem ortama verilir. Günümüzde, kapalı ortamda yaygınca pentan kullanılmaktadır. Buhar halindeki pentan türbini çalıştırır. Bu sistemin diğer sistemlerden en önemli farkı, jeotermal akışkanın doğrudan türbinlerde kullanılmamasıdır. Jeotermal akışkan, türbini çalıştıracak başka bir akışkanı genleştirdikten sonra reenjeksiyona gönderilir.

Gelecekte, görece daha düşük akışkan ısısına ihtiyaç duyması nedeniyle yaygınlaşması beklenen JES teknolojisi, Binary sistemdir. Bu sitemin enerji verimliliği %97 olmasına rağmen elektrik üretim kapasitesi (faydalı güç oranı) %7 – 10'dur. Diğer iki JES teknolojisine göre faydalı güç oranı düşüktür. Yaklaşık %90 ısı ve ısı ile birlikte gazlar atmosfere bırakılmaktadır. Buna karşın, binary sistem ile 90°C'ye kadar olan jeotermal kaynaklardan elektrik üretilebilmektedir. Binary sistem için Amerika Birleşik Devletleri'nde ticari jeotermal kaynak sıcaklığı 104°C'dir. Bu sistemde verimlilik 85°C'de %2, 60°C'de sıfırdır. Diğer taraftan, ikincil çevrim sistemi diğer iki JES teknolojisine göre birim üretim maliyetleribakımından en yüksek olanıdır. Verim, maliyet ve çevre etkileri birlikte değerlendirildiğinde ikincil çevrim JES'lerde kojenerasyon kaçınılmazdır. Bu bağlamda, tüm JES'ler ve teknolojileri değerlendirilirken kojenerasyon ve türbin sonrası buharın farklı sektörlerde kullanılabilirliği araştırılmalı ve planlanmalıdır.

6.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji

Alp – Himalaya Tektonik Kuşağı üzerinde bulunan Türkiye, jeolojik özellikleri ve meteorolojik koşulları etkisiyle jeotermal enerji yönünden oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye, jeotermal enerji potansiyelinde dünya'da 7., Avrupa'da ilk sıradadır (Eroğlu, 2008).Türkiye'deki jeotermal kaynaklar hidrotermal ve destekli jeotermal sistemler olmak üzere iki gruba ayrılır. Ülkemizdeki mevcut tüm jeotermal çalışmalar ve yatırım projeleri hidrotermal üzerinedir. Türkiye, 28 üyeli Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency – IEA)'na üyedir.TÜBİTAK, 2013 yılı başında 11 ülkeden 25 kurum tarafından oluşan Avrupa Enerji Araştırması Birliği (European Energy Research Alliance – EERA) Jeotermal Programı (Joint Programme on Geothermal)'na 12. ülkeden 26. kurum olarak kabul edilmiştir. EERA Jeotermal Programı ve diğer enerji programlarına, Türkiye'den ve Güney Marmara Bölgesi'nden üniversitelerimiz ve uygun kurumlarımız da dahil olmalıdır. Jeotermal kaynaklar konusundaki ilk çalışmalar, 1940'lı yıllarda yapılmış ve bilinen ilk kayıtlar 1948 yılına ait MTA raporlarıdır (Çağlar, 1948). 1962 yılında MTA jeotermal sondajlara başlamıştır. 1968 yılında, yüksek sıcaklıkta ilk kaynak olarak Kızıldere Sahası tespit edilmiştir. Balçova ve Seferihisar Sahaları 1960 ve 70'lerde, Germencik, Salavatlı ve Simav sahaları ise 1980'lerde belirlenmiştir.

Yaklaşık 70 yıldır süren jeotermal çalışmalarda, henüz günümüz yatırımlarına cevap olabilecek kapsamlı bir jeotermal envanter çalışmasının olmayışı büyük bir eksikliktir. Türkiye için görece kapsamlı ilk jeotermal kaynak envanteri, 1978 yılında Amerikan Enerji Kurumu EPRI (Enerji Üretimi ve Araştırma Enstitüsü) tarafından ortaya konmuştur. Bununlabirlikte, ülkemizde 1.000'e yakın sıcak su kaynağının yer aldığı yaklaşık 200 jeotermal alan bulunmaktadır (Şekil 6.1). Türkiye'deki mevcut jeotermal kaynakların ve kullanım alanlarının dörtte üçü Batı Anadolu'da bulunmaktadır. Bu kaynakların çoğu düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal sahalarıdır. Maksimum rezervuar sıcaklığı Doğu Anadolu'da 136°C, Orta Anadolu'da 125 °C, Kuzey Anadolu'da 110°C, Ege Bölgesi'nde 251°C'dir (Mutlu ve Güleç, 1998). Türkiye, tahmini 31.500 MWt jeotermal ısı potansiyeline ve yaklaşık 2.000 MWe (16 Milyar kWh/yıl) jeotermal elektrik üretim kapasitesine sahiptir. Jeotermal kaynakların kullanım alanları Şekil 6.2'de verilmiştir.

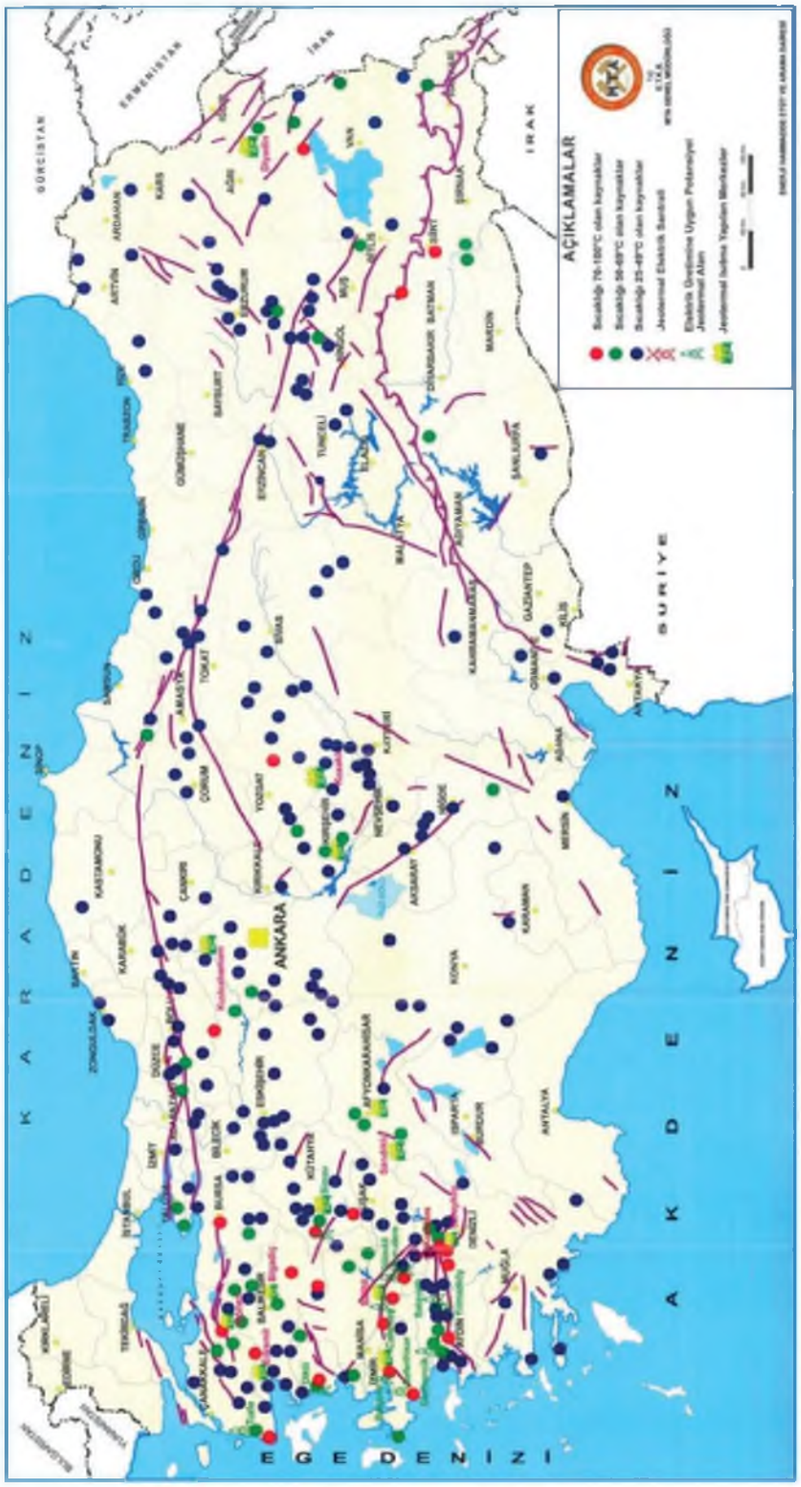
Türkiye'de jeotermal kaynaklar, küçük ve bölgesel ısıtmada, seracılıkta ve yaygın olarak kaplıcalarda kullanılmaktadır. Son yıllarda, sağlık turizmi içerisinde kaplıcaların yanı sıra spalar da yaygınlaşmaktadır. Bugün, 300'e yakın balneolojik uygulama; kaplıca ve spa bulunmaktadır. Gönen, Edremit, Kestanbol, Yenice, Sındırgı, Bigadiç, Simav, Gediz, Kütahya, Eskişehir, Afyon, Sandıklı, Gazlıgöl, Banaz, Balçova, Çeşme, Dikili, Pamukkale, Sarayköy, Yalova, Haymana, Havza, Bolu, Bursa, Terziköy, Germencik, Reşadiye, Haruniye, Süleymanlı, Çermik, Kula, Salihli, Urganlı, Kaman ve Golan yaygınca bilinen kaplıca ve spa merkezlerindendir. Buralardan her yıl 5 milyona yakın yerli ve 10.000'den fazla yabancı turist faydalanmaktadır.

Türkiye'deki jeotermal sahaların %42'si, konut ısıtmasına uygun sıcaklıktadır. Türkiye'deki ilk jeotermal ısıtma uygulaması, 1964 yılında Gönen (Balıkesir)'de bir otelin ısıtılması ile başlamıştır. 1987 yılından beri Gönen'de 16,3 MWt kapasiteli bölgesel ısıtma (konut) yapılmaktadır. İlçede, konutların yanı sıra otel, sera ve tabakhanelerin sıcak su ihtiyaçları da karşılanmaktadır. Gönen dışında Balçova ve Narlıdere (İzmir / 125 – 145°C / 24.000 konut), Salihli (Manisa / 94°C / 4.100 konut), Sarayköy (Denizli / 140°C / 1.500 konut), Simav (Kütahya / 137°C / 5.000 konut) Edremit (Balıkesir / 60°C / 2.000 konut), Bigadiç (Balıkesir / 96°C / 1.500), Kırşehir (50°C / 1.900 konut), Kızılcahamam (Ankara / 80°C / 2.500 konut), Sandıklı (Afyon / 70°C / 3.600 konut), Afyon / 95°C / 4.500 konut), Diyadin (Ağrı / 70°C / 150 konut), Sarıkaya (Yozgat / 50°C / 180 konut), Yerköy (Yozgat / 62°C / 500 konut) şeklindedir. Küçük ve bölgesel ısıtmaların yanı sıra Balçova, Seferihisar, Dikili, Simav,

Gediz, Sıcakçermik, Edremit, Sandıklı, Sındırgı, Denizli ve Şanlıurfa'da yaklaşık 900 ha serada jeotermal enerji ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bazı seracılık uygulamaları ile ilgili bilgiler Tablo 6.1'de verilmiştir. Ülkemizde, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi dışındajeotermal enerji henüz soğutmada kullanılmamaktadır (İZKA, 2012). Ayrıca, Kızıldere ve Salavatlı jeotermal elektrik santrallerine entegre olarak, çıkan karbondioksitten yılda 120.000 ton kuru buz üretimi yapılmaktadır. Ek olarak, bu sahalarda ısı madenciliği ile sıvı karbondioksit üretimi yapan üç adet tesis bulunmaktadır. Tuzla sahasında başlangıçta sofra tuzu elde edilmiş, daha sonra bakır sülfat ($CuSO_4$) üretimine geçilmiştir. Günümüzde, maliyetler nedeniyle Tuzla'da elektrik üretimi dışında başka bir üretim bulunmamaktadır. Bu bağlamda, jeotermal kaynaklara yapılacak yatırımlarda tek bir üretim yerine entegre üretimler ve/veya seracılık gibi entegre kullanım alanları planlanmalı, kojenerasyon uygulanmaları araştırılmalıdır.

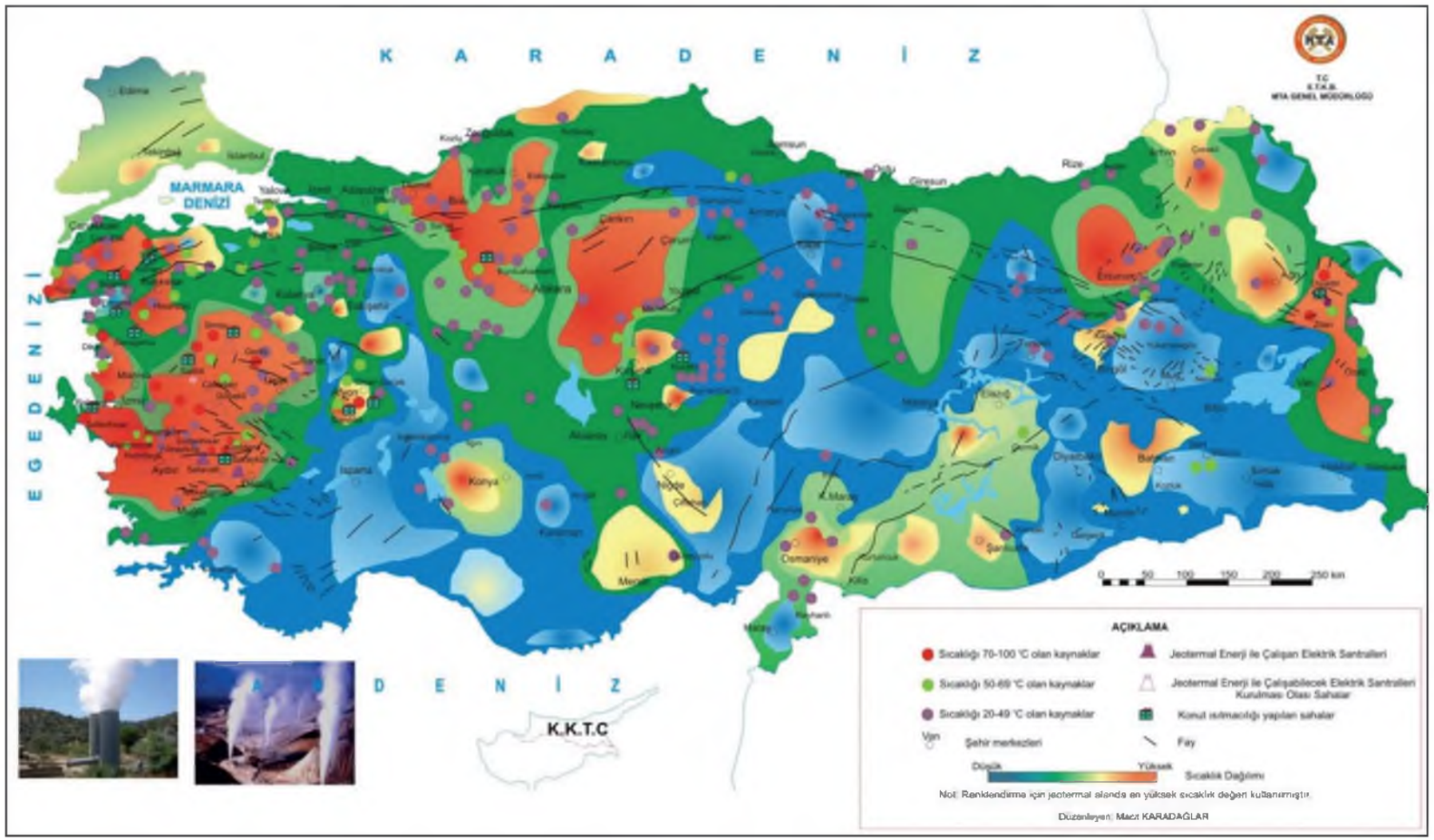
Türkiye'de ilk JES uygulamasına yönelik çalışmalar 1968 yılında Kızıldere (Denizli) sahasında başlamış ve 1974 yılında 0,5 MWe kapasiteli pilot ölçekte bir santral MTA Genel Müdürlüğü tarafından

kurulmuştur. 1984 yılında, Kızıldere'de 20,4 MWe kapasiteli JES üretime başlamıştır. 2012 yılı verilerine göre, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK)'dan 15 firma lisans almış bulunmaktadır. Mevcut jeotermal elektrik santrallerinin toplam kurulu gücü 114,2 MWe'dir (Tablo 6.2). Yapım halinde olan santrallerin kurulu gücü 314,77 MWe'dir. Türkiye'nin tahmini jeotermal elektrik santrali kurulu güç kaynağı kapasitesi 2.084 MW'dir. Mevcut durumda, JES'ler için yaklaşık 1:20 kapasite kullanılmaktadır.



Şekil 6.1Türkiye Jeotermal Kaynaklarının Dağılımı[28]

[28] MTA, Haritalar, http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.php?id=haritalar, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 6.2. Jeotermal Kaynakları ve Kullanım Alanları[29]

[29] MTA, Haritalar,http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.php?id=haritalar, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Tablo 6.1. Jeotermal Enerjinin Seracılıkta Kullanıldığı Bazı Yerler (İZKA, 2012)

Yer	Sera alan (ha)	Tahmini güç (MWt)
Dikili	240	42
Urganlı	20	3,5
Simav	180	31,5
Gediz	9	1,5
Kuşadası	80	14
Edremit	50	9
Tuzla	50	9
Afyon	20	3,5
Alaşehir	20	3,5
Urfa	60	10,5
Balçova	80	14

Tablo 6.2. Jeotermal Elektrik Santralleri (İZKA, 2012)

	Yer	Lisanslı güç (MWe)	İnşaat aşamasında olanlar (MWe)	Mevcut üretim kapasitesi (MWe)
Denizli	Kızıldere 1	75	60	15
	Kızıldere 2	6,85		6,85
	Sarayköy	60	60	
	Seyitler	2,52	2,52	
Aydın	Salavatlı 1	9,5		9,5
	Salavatlı 2	7,95		7,95
	Salavatlı 3	34	34	
	Germencik	47,4		47,4
	Hıdırbeyli	44	24	20
	Umurlu	4,85	4,85	
	Atça	9,5	9,5	
	Gümüşköy	15	15	
	Pamukören	30	30	
	Sultanhisar	9,9	9,9	
	Gedik	20	20	
Manisa	Caferbeyli	15	15	
	Erenköy	30	30	
Çanakkale	Gülpınar	7,5		7,5

6.3. TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Jeotermal Enerji

TR22 Güney Marmara Bölgesi, Balıkesir ve Çanakkale illeri ülkemizdebulunan beş farklı jeotermal bölgeden üçü içerisinde yer almaktadır. Güre, Ayvalık, Edremit, Ayvacık, Tuzla ve Kestanbol Ege kıyı jeotermal kuşağında yer almaktadır. Sındırgı ve Bigadiç Menderes Masifijeotermal alanındadır. Biga, Çan, Yenice, Bayramiç ve Gönen Kuzey Anadolu Fayı ve uzantılı jeotermal sahalardır. Biga Yarımadası'nın en önemli yükseltisi olan Kaz Dağı (1.771 m) jeotermal kaynaklar için en önemli beslenim merkezidir. Biga Yarımadası jeotermal ana akiferi Kaz Dağı Masifi'nin mermerleridir. Kayaçlardaki ve ana kütledeki kırık ve çatlaklar, karstik boşluklar suların yeraltına akışına imkan verir. Derine inildikçe geçirimlilik azalır. Kaz Dağı'nın bünyesinde derinlik arttıkça, fay akışına imkan

verir. Derine inildikçe geçirimlilik azalır. Kaz Dağı'nın bünyesinde derinlik arttıkça, fay hatları boyunca hareket eden sular jeotermal gradyana bağlı olarak ısınır. Diğer taraftan, Kaz Dağı ortalama 1.250 mm ile yörede en çok yağış alan yerdir. Yağış ve tektonikyapısı ile Kaz Dağı, suların derin dolaşımı ve ısınan suların yüzeye çıkması için uygun bir yapıya sahiptir. Jeotermal kaynaklar Kaz Dağı'na yaklaştıkça daha genç, uzaklaştıkça daha yaşlı sulardır (Yalçin, 2007).

Magmatik, tortul ve metamorfik kayaç türlerinin bulunduğu Biga Yarımadası, Kuzey Anadolu Fay Zonu aktif tektonik hatları ile yakından ilişkilidir. Biga Yarımadası'nda bulunan fayların, açılma çatlaklarının ve diğer kırıkların gelişiminde Kuzey Anadolu Fayı önemli bir yere sahiptir (Sarp ve diğ., 1998). Bu faylar ve kırıklar, Biga Yarımadası (Çanakkale, Balıkesir) jeotermal kaynaklarının çoğunun oluşumunda ve çıkışında belirleyici olmuştur.

Güney Marmara Kalkınma Ajansı'nın desteklediği TR22/12/DFD0011 nolu ve "Çanakkale İli (Biga Yarımadası) Jeotermal Kaynakları ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Biga Yarımadası Jeotermal Bilgi Sistemi" başlıklı proje kapsamında, çalışma bölgesindeki jeotermal kaynaklarınfiziksel, kimyasal ve köken bilgileri ayrıntılı olarak araştırılmıştır. TR22/12/DFD0011 nolu projede, jeotermal kaynaklar ve özellikleri coğrafi veri olarak ele alınmış, incelenmiş ve tüm bilgiler Biga Yarımadası Jeotermal Bilgi Sitemi (Biga Yarımadası JBS) oluşturulmasında kullanılmıştır. Semantik bilgilerden, analiz (element ve iyon analizleri; toplam 70 parametre)

sonuçları ve kaynak başında ölçülen su parametreleri (fiziksel özellikler; sıcaklık, pH, EC, Eh, tuzluluk) baz alınarak ArcGIS 9.3 yazılımında veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanına girilen semantik bilgiler jeotermal kaynaklara ait geometrik bilgiler ile ilişkilendirilmiş ve Biga Yarımadası JBS geliştirilmiştir

6.3.1. Balıkesir İli Jeotermal Kaynakları

Balıkesir ili jeotermal kaynaklar yönünden oldukça zengindir. Türkiye'de jeotermal enerji potansiyeli en yüksek il sıralamasında Balıkesir 4. sıradadır[30]. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı'nın önceki yıllarda yaptığı çalışmalarla Balıkesir'de 7 adet 30°C ve daha yüksek sıcaklıkta jeotermal alan belirlenmiştir (MTA, 2011).Balıkesir-Pamukçu, Balya-Dağ Ilıcası, Bigadiç-Hisarköy, Sındırgı-Hisaralan, Edremit-Derman, Güre, Manyas-Serpin, Kepekler, Gönen ve Susurluk-Yıldız Köy yörelerinde jeotermal enerji açısından çok önemli sıcak su kaynakları bulunmaktadır (Şekil 6.3).

[30]MTA, Bölgemizde Jeotermal Enerji,http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/balikesir/index.php?id=jeotermalenerji, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 6.3. Balıkesir İli Sıcak Su Kaynakları[31]

[31] MTA, Bölgemizde Jeotermal Enerji, http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/balikesir/index.php?id=jeotermal-enerji, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

6.3.1.1. Merkez-Pamukçu Jeotermal Alanı

Balıkesir yerleşim merkezinin 15 km güneyinde, Pamukçu yerleşim merkezinin ise 2 km kadar doğusunda yer almaktadır. Pamukçu kaynakları 2 grupta toplanmıştır (Tablo 6.3). Alanda yapılan jeolojik ve jeofizik etütleri sonucu belirlenen lokasyonlarda yapılan sondaj çalışmaları Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.3. Pamukçu Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (MTA, 2005)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)
1. Grup Kaynaklar	45 - 58	2,18*
2. Grup Kaynaklar	26 - 37	

*** Her iki kaynak grubunun toplam debisi.**

Tablo 6.4. Pamukçu Jeotermal Alanında Açılan Kuyular

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)	
P-1	1989	193,40	53	7	İ19-c3	78819	73860	110	İl Özel İd.
P-2	1989	50,00	58	18	İ19-c3	78760	73760	110	İl Özel İd.
P-3	2001	500	58,5	10	İ19-c3	78964	73573	110	Pamukçu B.
ÖK-1	1998	30	59	6	İ19-c3	78764	73841	110	Pamukçu B.
ÖK-2	1999	30	-	-	İ19-c3	78762	73846	110	Pamukçu B.
ÖK-3	1999	70	56	6	İ19-c3	78760	73822	110	Pamukçu B.

Pompaj ile kaptajdan alınan sıcak sular depolanarak kaplıca amaçlı olarak kullanılmaktadır. Sahada 28 adet lojman ve iç ve dış turizme hitap eden beş yıldızlı otel Nisan 2005 yılında hizmete girmiştir.

6.3.1.2. Balya-Ilıca (Şamlı) Jeotermal Alanı

Dağ ılıcası olarak da anılan Şamlı kaynaklarına ait debi ve sıcaklık değerleri Tablo 6.5'de verilmiştir.

Tablo 6.5. Balya-Ilıca (Şamlı) Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (Dilemre ve diğ., 2006)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)
Havuz	60	1,5	İ19-b1	66003	14454	125
Kum banyoları	58	5	İ19-b1	66069	14472	125
Çamaşırhane kaynakları	58	2	İ19-b1	65959	14382	125
Çamaşır yıkama yeri	61	0,2	İ19-b1	65968	14360	125

Sahada 2002 yılında başlatılan jeotermal proje kapsamında yürütülen jeolojik, jeotermal, jeofizik çalışmalardan sonra 2005 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından bir kuyu açılmıştır (Tablo 6.6).

Tablo 6.6. Balya-Ilıca (Şamlı) Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X (yuk.)	Y(sağa)	Z(m)	
B-1	2005	675	50	27	I19-b1	66229	14132	168	MTA Projesi

Sıcak sulardan kaplıca ve tesis ısıtmacılığında yararlanılmaktadır. Sahada 72 odalı motel bulunmaktadır. Çevre köylerin çamaşır yıkama ihtiyacı da karşılanmaktadır.

6.3.1.3. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanı

Alanda 16 adet kaynak bulunmaktadır. Kaynaklar sızıntı halinde alüvyondan çıkmaktadır (Tablo 6.7). Bölgede yapılan jeolojik etüt sonucu belirlenen lokasyonlarda 2000-2001 yılları arasında sondajlı çalışmalar yapılmıştır (Tablo 6.8).

Tablo 6.7. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (MTA, 2005)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)
Hisarköy*	25-94	10**	J20-b1	-	-	-

*** 16 adet kaynak kurumuştur.**
**** 16 adet kaynağın toplam debisi.**

Tablo 6.8. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanında 2000-2001 Yılları Arasında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)	
BH-1	2000	264	38	0,2	J20-b1	10672	65377	345	Bigadiç Bel.
HK-2	2000	429	98	60	J20-b1	10658	65421	347	Bigadiç Bel.
HK-3	2001	350	98	40	J20-b1	10644	65318	342	Bigadiç Bel.
HK-4	2001	750	57	3	J20-b1	10636	65623	366	Bigadiç Bel.

2002-2007 yılları arasında yapılan sondaj çalışmaları ile 4 kuyu daha açılmıştır (Tablo 6.9).

Tablo 6.9. Bigadiç-Hisarköy Jeotermal Alanında 2002-2007 Yılları Arasında Açılan Kuyular

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)	
HK-5*	2002	590	52	2	-	-	-	-	Bigadiç Bel.
HK-6*	2006	624	70	20	-	-	-	-	Bigadiç Bel.
HK-7*	2007	397	-	-	-	-	-	-	Bigadiç Bel.
HK-8*	2007	630	93	32	-	-	-	-	Bigadiç Bel.

*** Kuyu bilgileri ilgililerden alınmıştır.**

Bununla birlikte 2008 yılında MTA tarafından Bigadiç-İlyaslar Köyü yakınlarında 1 adet ve 2010 yılında Hisarköy'e 4 km uzaklıkta bulunan Adalı Köyü civarında 1 adet olmak üzere 2 jeotermal sondaj yapılmıştır. Sondaj sonucu açılan kuyulara ait özellikler Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.10. Bigadiç-Adalı ve Bigadiç-İlyaslar Köyü Sondaj Sonuçları

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Açıklama
BGD-1*	2008	1574	50	10	J20-b1	İlyaslar K.
BGD-2*	2010	650	70	7	J20-b1	Adalı K.

*** Kuyu bilgileri MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.**

2004 yılında faaliyete geçen 3.000 konutluk Bigadiç Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi (JBIS) ile Hisarköy Jeotermal Alanında üretilen enerjiden konut ısıtmada yararlanılmaktadır. Jeotermal sulardan ayrıca kaplıca amaçlı olarak ve termal tesis ısıtmasında yararlanılmaktadır. Hisarköy'de Bigadiç Belediyesi Hisarköy Termal Tesisleri bulunmakta olup ayrıca Bigadiç ilçe merkezinde birbirine simetrik 232'şer daireden oluşan ve 2 ayrı tesis olarak planlanmış olan termal devre mülklerin 1. Etabı 2007 yılında hizmete girmiştir.

6.3.1.4. Sındırgı-Hisaralan Jeotermal Alanı

Yörede çok sayıda sıcak su kaynağı bulunmakta olup, bu kaynakların sıcaklık ve debi değerleri oldukça büyüktür (Tablo 6.11). Sahada TPAO tarafından 1989 yılında bir kuyu açılmıştır (Tablo 6.12).

Tablo 6.11. Sındırgı-Hisaralan Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (MTA, 2005)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)
Hisaralan	46-98,5	176*	J20-b4	13821	34781	430
Kepez	68-86	-	J20-b4	14811	47575	435
M. Esenöz Değirmeni	56	-	J20-b4	13381	47183	280
Çatak	27	0,6	-	-	-	-

*** 130 adet sıcak su kaynağının toplam debisi.**

Tablo 6.12. Sındırgı-Hisaralan Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X(yuk.)	Y(sağa)	Z (m)	
TPAO	989	881	107	32,5 J	20-b4	13893	48013	445	TPAO

Bölgede küçük çaplı seracılık yapılmakta olup sıcak su kaynakları çevresindeki tesisler sonderece yetersizdir. Bununla birlikte Haziran 2012'de, 50.000 m2 açık alan 12.500 m2 kapalı alanda 58 adet standart oda 24 adet villa süit oda, 8 adet süit oda ve 2 adet engelli odası olmak üzere toplam 92 oda ve 250 yatak kapasiteli bir termal otel bölgede faaliyete geçmiştir. Ayrıca Hisaralan mevkiinde bulunan kuyu ile sahadaki doğal boşalımın kullanılarak 16 km uzaklıkta bulunan Sındırgı ilçesi için 3.000 konutluk ısıtma gerçekleştirilmesi planlanan Sındırgı Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi (JBIS) projelendirilmiş olup, isale hattının yapımına başlanmıştır.

6.3.1.5. Havran-Derman Jeotermal Alanı

Kaplıca bölgesi Edremit-Burhaniye, Edremit-Balıkesir yol kavşağındadır. Derman jeotermal alanında çıkan kaynaklara ait veriler Tablo 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.13. Havran-Derman Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (MTA, 2005)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X(yuk.)	Y(sağa)	Z (m)	
TPAO	989	881	107	32,5 J	20-b4	13893	48013	445	TPAO

Tablo 6.14. Havran-Derman Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)	
A 10-1	1965	220	50	18,4	-	-	-	-	MTA Pr.
A 10-2	1965	114	50	24,5	-	-	-	-	MTA Pr.
D-1	1978	86	65	21	-	-	-	-	Ücretli
ED-1	2000	189,5	60	75	I18-d4	03642	80395	25	Ücretli
ED-2	2001	496,5	47	2	I18-d4	04014	80293	27	Edremit B.
ED-3	2001	495	59	18	I18-d4	03710	80335	24	Edremit B.
İB-1	2005	-	-	-	I18-d4	03641	80255	22	Edremit B.
İB-2	2005	-	-	-	I18-d4	03470	80137	20	Edremit B.
İB-3	2005	-	-	-	I18-d4	03978	80399	27	Edremit B.
IB-3	2005	-	-	-	I18-d4	04060	80275	29	Edremit B.
KAP. k.	-	70	56,7	5	I18-d4	03739	80209	25	Havran-Ç.
AT-1	-	64	42	-	I18-d4	03133	79639	18	Altın tohum
AT-2	-	64	44	-	I18-d4	03149	79636	19	Altın tohum
AT-3	-	64	43	-	I18-d4	03089	79625	15	Altın tohum
AT-4	-	64	42	-	I18-d4	03002	79654	15	Altın tohum
AT-5	-	64	44	-	I18-d4	03067	79721	16	Altın tohum
HK-1	-	-	46	0,3	I18-d4	03916	80092	25	Hanife K.
AP-1	-	-	30,1	-	I18-d4	03519	80844	22	Adsan Pet.
MO-1	-	18	50,7	-	I18-d4	03917	80389	21	Mustafa O.
AR-1	-	21	37,6	-	I18-d4	03538	80634	25	Akkaş Ren.
TB	-	-	36,7	-	I18-d4	03713	80600	26	Akkaş Ren.
MÖ	-	52	47,8	-	I18-d4	03609	80405	24	Mehmet Ö.
PK	-	33	31	-	I18-d4	03694	80469	25	Pakpen
AD	-	-	37,5	5	I18-d4	02873	79142	20	Adramis O.
ET-1	-	-	55	5	I18-d4	03755	80174	23	Entur Ter.
ET-2	-	-	57	5	I18-d4	03752	80178	23	Entur. Ter.
ET-3	-	-	56	5	I18-d4	03736	80173	23	Entur Ter.
Total	-	-	36,7	-	I18-d4	03713	80600	26	Özel şahıs
Total yanı	-	-	-	-		03694	80576	24	Özel şahıs

Sahada MTA ve birçok özel şahıs tarafından açılmış ve sağlıklı bilgilere ulaşılamayan kuyular bulunmaktadır (Tablo 6.14). Sahada 2007-2010 yılları arasında açılan kuyulara ilişkin özellikler Edremit Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi yetkililerinden alınmış ve Tablo 6.15'de verilmiştir. Bölgede 2003 yılında Edremit ilçe merkezinin ısıtılması amacıyla Edremit JBIS faaliyete geçmiş olup, proje 3 kademe olarak ve toplam 7.500 konut kapasiteye cevap verecek şekilde dizayn edilmiştir.

Tablo 6.15. Havran-Derman Jeotermal Alanında 2005-2010 Yılları Arasında Açılan Kuyular*

Kuyu Adı	Açıldığı Yıl	Derinlik (m)	Debi (l/s)	Sıcaklık (°C)	Açan Kurum
EDJ – 2	2007 2	90 7	2	55	İller Bankası
EDJ – 3	2005 2	66 7	2	59	İller Bankası
EDJ – 4	2005 2	96 8	6	49	İller Bankası
EDJ – 5	2006 2	16 4	5	59	İller Bankası
EDJ – 6	2009 4	05 3	0	60 Ö	zel
EDJ – 7	2006 2	46 3	0	59	İller Bankası
EDJ – 8	2007 2	50 5	5	59	İller Bankası
EDJ – 9	2010 4	85 3	3	5	Özel
EDJ – 10 2	010	335	72 5	7	Özel

*** Kuyu bilgileri ilgililerden alınmıştır.**

6.3.1.6. Edremit-Güre Jeotermal Alanı

Çanakkale-Edremit yolu ile Güre yol kavşağındadır. Sahada 2 adet kaynak belirlenmiştir (Tablo 6.16).

Tablo 6.16. Güre Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (MTA, 2005)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)
Güre-1*	58,2	1,35**
Güre-2*	48,2	0,1

*** Kaynaklar kurumuştur.**
**** Kaptajdan pompa ile alınan su ve serbest akan suyun debisi.**

Sahada MTA Genel Müdürlüğü tarafından dört adet kuyu açılmıştır. Ayrıca özel sektörün açtığı birçok kuyu da bulunmaktadır (Tablo 6.17).

Tablo 6.17. Edremit-Güre Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)	
Demet-1*	1985	400	40	1,5	I17-c3	90224	82003	3	Vecdi Eröge
G-1	1994	196,2	55	6,5	I17-c3	90125	82300	10	Güre Bel.
G-2*	1994	153,7	33	7	I17-c3	90300	82850	15	Güre Bel.
G-3**	-	354	41	8	I17-c3	90053	82187	7	Güre Bel.
V-1**	-	62	60	5-6	I17-c3	90149	82290	7	Güre Bel.
V-2**	-	60	55	5-6	I17-c3	90199	82333	7	Güre Bel.
V-3**	-	60	53	3-4	I17-c3	90079	82237	7	Güre Bel.
V-4**	2004	82	53	2-3	I17-c3	90082	82275	7	Güre Bel.
GAT-1	-	426	37	-	I17-c3	82006	90027	4	Körfez tatil k.
GAT-2	-	680	***	-	I17-c3	82004	90059	4	Körfez tatil k.
TES-İŞ-1	-	-	-	-	I17-c3	81948	90395	4	Tes-iş sen.
TES-İŞ-2	-	-	-	-	I17-c3	81944	90431	4	Tes-iş sen.

*** Kullanılmamaktadır.**
**** Kuyu bilgileri ilgililerden alınmıştır.**
*** Ölçülemedi.

Sahada 2004-2011 yılları arasında yapılan sondaj çalışmaları ile 7 kuyu daha açılmıştır (Tablo 6.18.)

Tablo 6.18. Edremit-Güre Jeotermal Alanında 2004-2011 Yılları Arasında Açılan Kuyular*

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
						X(yuk.)	Y(sağa)	Z(m)
Güre-2	2004	63	63	10	-	-	-	-
Güre-3	2004	73	54	12	-	-	-	-
Güre-4	2004	55	39	-	-	-	-	-
İGJ-1	2011	167	64,2	32	-	-	-	-
İGJ-2	2011	250	56,2	41	-	-	-	-
İGJ-3	2011	208	67	50	-	-	-	-
İGJ-4	2011	250	68	50	-	-	-	-

*** Kuyu bilgileri ilgililerden alınmıştır.**

Sahadaki sıcak sulardan kaplıca amaçlı ve konut ısıtmada yararlanılmaktadır. Bölgede 2004 yılında Güre Belde Merkezinin ısıtılması amacıyla Güre JBIS faaliyete geçmiştir. Bölgede 651 yatak kapasiteli ve toplam 12.000 m² kapalı alana sahip 144 adet termal apart villa, 1.500 m² kapalı alana sahip termal tatil beldesi ile toplam 392 yatak kapasiteli 2 termal otel bulunmaktadır.

6.3.1.7. Susurluk-Kepekler Jeotermal Alanı

Ilıcaboğazı olarak anılan yerden çıkan çok sayıda kaynak bulunmaktadır (Tablo 6.19). Sahada 1985 yılında bir adet kuyu açılmıştır. Ayrıca özel sektöre ait bir kuyu bulunmaktadır (Tablo 6.20).

Sıcak sulardan kaplıca amaçlı yararlanılmaktadır.

Tablo 6.19. Susurluk-Kepekler Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (Dilemre ve diğ., 2006)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)
Kubbeli hamam	58	3	H20-d3	96628	38978	15
Çamur banyosu kaynağı	62	3	H20-d3	96626	38980	16
Ilıca kaynak	48	1	H20-d3	96634	38987	16
Kubbeli hamam yanı	58,5	3	H20-d3	96754	39066	15
Bataklık içi	31	-	H20-d3	-	-	-
Çamur banyosu yanı	60	1	H20-d3	96496	38832	16

Tablo 6.20. Susurluk-Kepekler Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)	
BK-1*	1985	390	64	15	H20-d3	96614	38964	16	İl özel idare
ÖK-1	-	-	-	15	H20-d3	96948	39231	14	Özel şahıs

*** Kullanılmamaktadır.**

6.3.1.8. Gönen Jeotermal Alanı

Gönen'deki sıcak sular keson kuyulardan alınmaktadır (Tablo 6.21). Sahada yapılan jeolojik ve jeofizik etütler sonucu belirlenen lokasyonlarda Gönen Belediyesi adına sondajlı çalışmalar yapılmıştır (Tablo 6.22).

Tablo 6.21. Gönen Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (Dilemre ve diğ., 2006)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)
Gönen	76 - 78	15*	H19-d3	-	-	-
Ekşidere (Batı)	38 - 42	6,75	H19-d3	-	-	-
Ekşidere (Doğu)	34 - 36	1,27	H19-d3	-	-	-

*** Pompa debisidir.**

Bölgede 1987 yılında Gönen JBIS faaliyete geçmiş olup, elde edilen jeotermal enerji, konutlarda ısıtma ve sıcak su, termal tesislerde kaplıca ve ısıtma, tabakhane işletmelerinde ürün işleme ve ısıtma amaçlı olmak üzere 3 farklı alanda kullanılmaktadır.

Tablo 6.22. Gönen Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			İşletme Durumu (Aralık 2009)
						X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)	
G-1	1976	133	82	-	H19-d3	55556	40914	46	Reenjeksiyon
G-2	1976	534	78	14,7	H19-d3	55668	40950	30	**Servis dışı**
G-3	1985	308,25	78	15	H19-d3	55448	40818	34	**Servis dışı**
G-4	1990	316	Terk	12,3	H19-d3	55791	41042	31	**Servis dışı**
G-5	1991	332	-	-	H19-d3	55367	40735	35	**Servis dışı**
G-6	1997	385	60	5	H19-d3	55567	41320	32	**Servis dışı**
G-7	1997	380	53	20	H19-d3	55401	40956	29	Üretim
G-8	1998	280	59	15	H19-d3	55460	41027	27	Üretim
G-9	1999	560	94	15	H19-d3	55510	41153	27	Üretim
G-10	1999	265	67	-	H19-d3	55548	40988	29	Üretim
G-11	2002	800	-	-	H19-d3	55705	40961	30	Üretim
G-12	2002	250	-	-	H19-d3	-	-	-	**Servis dışı**
G-13	2002	350	68	20	H19-d3	55260	40518	32	Üretim
G-14	2002	250	-	-	H19-d3	55069	40683	33	**Servis dışı**
G-15	2003	188	-	-	H19-d3	55555	40904	46	**Servis dışı**
G-16	2003	216,3	77	25	H19-d3	55551	40964	30	Üretim
G-17	2003	230	62	20	H19-d3	55187	40434	32	Üretim

6.3.1.9. Susurluk-Yıldız Jeotermal Alanı

Bölgede toplam 6 adet sıcak su kaynağı ve kaynak grubu bulunmaktadır (Tablo 6.23). Sıcak sudan kaplıca, tesis ve az miktarda sera ısıtmada yararlanılmaktadır.

Tablo 6.23. Susurluk-Yıldız Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (Dilemre ve diğ., 2006)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X (yuk.)	Y (sağa)	Z(m)
Yıldız (Yellice)	74,4	25*	I20-a3	02234	10157	89

*** Toplam debi.**

6.3.1.10. Merkez-Kirazköy Jeotermal Alanı

Kiraz köyünün 300 m. kadar güneyinde Acısu Dere kuzey yamacındadır. Kaynak suyunun sıcaklığı 42°C, debisi ise 4 - 5 l/s'dir. MTA tarafından 2011 yılında yapılan sondaj çalışması neticesinde açılan kuyuya ait özellikler Tablo 6.24'de verilmiştir.

Tablo 6.24. 2011 Yılı Merkez-Kirazköy Jeotermal Alanı Sondaj Sonuçları

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)
BMK-2010/21*	2011	750	33,5	55	J19-b1

*** Kuyu bilgileri MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.**

6.3.1.11. Burhaniye-Pelitköy Jeotermal Alanı

Pelitköy yerleşim merkezinde sıcaklığı 25,9°C, debisi 1 l/s olan bir kaynak belirlenmiştir. Bölgede, Burhaniye Belediyesi adına Burhaniye yakınlarında MTA tarafından 1 adet sondaj yapılmıştır (Tablo 6.25).

Tablo 6.25. 2008 Yılı Burhaniye-Pelitköy Jeotermal Alanı Sondaj Sonuçları*

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)
B-B1	2008	750	35	5

*** Kuyu bilgileri MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.**

6.3.1.12. Burhaniye-Karaağaç-Uyuz Jeotermal Alanı

Uyuz ılıca kaynağına ait değerler Tablo 6.26'da verilmiştir.

Tablo 6.26. Uyuz Jeotermal Alanındaki Kaynaklar (Dilemre ve diğ., 2006)

Kaynak Adı	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar		
				X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)
Uyuz Ilıca Kaynağı	30	0,5	J17-b2	89225	63629	48

Alanda 2011 yılında MTA tarafından 1 adet sondaj yapılmıştır (Tablo 6.27).

Tablo 6.27. 2011 Yılı Uyuz Jeotermal Alanı Sondaj Sonuçları*

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)
BGK-2011/9	2011	750	33,3	30

*** Kuyu bilgileri MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.**

6.3.1.13. Manyas-Kızıkköy Jeotermal Alanı

Bölgede özel sektör tarafından açılan 4 adet kuyu bulunmaktadır (Tablo 6.28) Sıcak sudan kaplıca, tesis ve konut ısıtmada yararlanılmaktadır.

Tablo 6.28. Kızık Jeotermal Alanında Açılan Kuyular (Dilemre ve diğ., 2006)

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Pafta No (1/25000)	Koordinatlar			Açıklama
						X (yuk.)	Y (sağa)	Z (m)	
K-1	-	-	51,7	24	H19-c3	77680	35581	25	Serpin ter.
K-2*	-	-	-	-	H19-c3	77707	35591	26	Serpin ter.
K-3*	-	-	-	-	H19-c3	77632	35552	29	Serpin ter.
K-4*	-	-	-	-	H19-c3	77580	35523	24	Serpin ter.

*** Kullanılmamaktadır.**

6.3.1.14. Balıkesir İli Jeotermal Yatırımları

Balıkesir'de bulunan jeotermal kaynaklar direkt kullanıma uygun olup bu enerjinin büyük bir bölümünden mahal ısıtma alanında yararlanılmaktadır. Bu kapsamda Balıkesir'de Gönen, Edremit, Bigadiç ve Güre olmak üzere 4 adet jeotermal bölgesel ısıtma sistemi kurulmuştur. Sındırgı ilçesinde mahal ısıtma yapılmasına yönelik olarak kurulması planlanan 3.000 konutluk ısıtma sistemi projelendirilmiş olup yapım aşamasına geçilmiştir. Bununla birlikte daha küçük çaplı olmak üzere Balıkesir'de jeotermal enerjinin merkezi ve bireysel konut ısıtma alanlarında kullanıldığı uygulamalar da bulunmaktadır. Mevcut kaynaklar ile birçok termal tesiste kaplıca ve termal tedavi amacıyla yararlanılmakta, ayrıca bölgede küçük çapta seracılık yapılmakta ve endüstriyel proses ısısı (Gönen'deki tabakhane işletmeleri için) üretilmektedir.

Haziran 2008'de başlatılan ve toplam üç buçuk yıl süren 108M149 Nolu "Balıkesir İli Kullanılabilir Jeotermal Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi ve Gönen Bölgesel Isıtma Sisteminin Kullanım Verimliliğinin Artırılması Uygulama Örneği" başlıklı TÜBİTAK projesi ile Balıkesir jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu doğrultuda Balıkesir'in en zengin dört jeotermal sahasında bulunan jeotermal kaynakların güncel üretim değerleri ölçümlere dayalı olarak ortaya çıkarılmış, bu kaynaklar tarafından beslenen bölgesel ısıtma sistemlerinin enerji analizleri yapılmıştır (Tablo 6.29).

6.3.1.14.1. Gönen JBIS

Türkiye'de ilk jeotermal bölge ısıtma sistemi 1987 yılında 600 konut kapasite ile Gönen'de devreye alınmıştır. Daha sonra 1995 yılında sisteme ilave edilen 1.600 konut ile ısıtılan konut sayısı 2.200'e ulaşmıştır. Aralık 2009 itibariyle sisteme dahil abone sayısı 2.636'ya ulaşmış ve 2993 konut eşdeğerlik ısıtma gerçekleştirilmiştir.

Isıtma sisteminden yararlanan kullanıcılar, 1. Etap (eski hat), 2. Etap (yeni hat), oteller ve tabakhaneler olmak üzere dört grupta toplanmaktadır. Gönen Kaplıcaları İşletmesi A.Ş. bünyesinde bulunan 795 yatak kapasiteli, 7 termal havuzlu ve 75 hasta kapasiteli fizik tedavi ünitesine sahip 4 otelden oluşan termal kompleksin ısıtma ve sıcak su (termal su) ihtiyacı jeotermal enerji ile karşılanmaktadır. İlçede jeotermal enerjinin endüstriyel amaçlı kullanımı, Karşıyaka Mahallesinde bulunan 40 adet tabakhane tesisinin sıcak su ihtiyacının karşılanması şeklinde gerçekleşmektedir (Aslan, 2010).

Gönen jeotermal bölgesel ısıtma sistemi, derinlikleri 133 ve 800 m arasında değişen toplam 17 adet kuyuya sahiptir. Sistemdeki 8 kuyu üretim amaçlı, 1 kuyu reenjeksiyon amaçlı olarak kullanılmakta olup, geri kalanlar ise atıl pozisyondadır. Kuyuların, üretim sıcaklıkları 50 ile 94°C, debi değerleri ise yaklaşık 7 ile 26 l/s arasında değişmektedir.

Tablo 6.29. Balıkesir İlinde Bulunan Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Genel Özellikleri (TÜBİTAK, 2011)

Özellik	Gönen JBIS	Bigadiç JBIS	Edremit JBIS	Güre JBIS
Kuruluş tarihi	1987	2004	2003	2004
Kuyu sayısı	17	8	12	10
Aktif üretim kuyusu sayısı	8	2	8	2
Verilerin alındığı tarih	Aralık 2009	Aralık 2011	Aralık 2011	Aralık 2011
Kuyulardan elde edilen güç, kW	16.351	7.065	22.459	3.873
Mevcut kapasite, KE (Konut Eşd.)	2.993	1.344	5.021	589
1 KE enerji ihtiyacı, kW	---	8.3	7.4	7,4
Toplam enerji ihtiyacı, kW	27.827	11.155	37.155	4.358
Enerji açığı, kW	11.476	4.090 (Kazanla takviye ediliyor)	14.696	Açılan yeni kuyuların devreye girmesi ile enerji açığı kapanabilir
Ek ısıtma sistemi	Yok	Fuel oil yakıtlı 3 adet kazan (6.975 kW)	Yok	Yok
Reenjeksiyon sistemi	Var	Yok	Yok	Var
Isı merkezi eşanjör sistemi	7 eşanjör	3 eşanjör	eşanjör yok	3 eşanjör
Bina altı eşanjör sistemi	Yok	Var	Var	Yok
Otomatik kontrol sistemi	Yok	Yok	Yok	Yok
Korozyon önleyici	Yok	İnhibitör sistemi mevcut	Yok	Yok
Alternatif kullanım	Kaplıca kullanımı, tabakhane proses suyu	Termal tesis	Termal tesis	Termal tesis, küçük çaplı sera ısıtması.

6.3.1.14.2. Edremit JBIS

Edremit JBIS 3 kademe olarak ve toplam 7.500 konut kapasiteye cevap verecek şekilde dizayn edilmiştir. Isıtma sistemi 2003 yılında faaliyete geçmiş ve 2006 yılında ilk kademe olarak 1.648 konut eşdeğerlik ısıtma gerçekleştirilmiştir. İkinci kademe için ve üçüncü kademe için ise 7.500 konut eşdeğerlik ısıtma planlanmış olup Aralık 2011 yılı itibariyle 5.021 konut eşdeğerlik ısıtma gerçekleştirilmiştir.

Edremit JBIS üretim ve tüketim hatları olmak üzere iki devreden oluşmaktadır. Türkiye'deki birçok jeotermal bölge ısıtma sistemi çalışma prensibinin aksine, sistemde ayrı bir ısı merkezi bulunmayıp termal su konutlara kadar gitmektedir. Sistemindeki pompa, ısı değiştirici gibi sistem elemanlarının her biri bina altlarında bulunmaktadır.

Edremit JBIS, derinlikleri 189 - 520 m arasında değişen 12 adet kuyuya sahiptir. Bunlardan 8'i üretim amaçlı kullanılmakta olup diğerleri yetersiz debiden dolayı çalıştırılmamaktadır. Kuyuların üretim sıcaklığı ortalama 55°C olup kuyuların debileri ise 20 - 72 l/s arasında değişmektedir. Jeotermal kaynak ile Edremit merkezi arasında 3 – 4 km'lik bir mesafe bulunmaktadır.

6.3.1.14.3. Bigadiç JBIS

Bigadiç JBIS, 3.000 konut kapasiteye cevap verebilecek şekilde planlanmış ve tüm sistem toplam 3 zondan oluşmaktadır. Isıtma sistemi 2004 yılında faaliyete geçmiş ve 2005 yılının son dönemlerinde Zon 2 ve Zon 3 tamamlanarak sisteme bağlı konutların ısıtma ve sıcak su ihtiyacı kış sezonunda karşılanmıştır. Bunun için Bigadiç - Hisarköy bölge ısıtma sisteminde 2 üretim kuyusu (HK2 ve HK3) kullanılmıştır. 2006 yılının ortasında sistemin geri kalan kısmı tamamlanmış (Zon1) ve sistemdeki konutların ısıtma ve sıcak su ihtiyacının karşılanması için diğer bir kuyu (HK6) sisteme eklenmiştir. 2008 yılında 1.840 konut eşdeğer ısıtma gerçekleştirilmişken bu değer Aralık 2011 itibariyle 1.344'tür.

Bigadiç (JBIS) üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm; enerji üretim hattı olup, üretim kuyuları, gaz ve çamur seperatörleri ile kuyu pompa ve ekipmanlarından oluşmaktadır. İkinci bölüm, ısı aktarımını sağlayan ısı değiştiricilerini (eşanjörler), sirkülasyon pompalarını; üçüncü bölüm ise bina ısıtma sistemlerini içermektedir. Bigadiç JBIS, Hisarköy jeotermal alanında bulunan ve derinlikleri 307 ve 750 m arasında değişen toplam 8 adet kuyuya sahiptir. Kuyulardan elde edilen jeotermal sular 18 km'lik isale hattı aracılığı ile Bigadiç ilçe merkezinde bulunan ısımerkezine ulaşmaktadır. Kuyu başı sıcaklıkları 52 - 98°C arasında, kuyu debileri ise 14 - 60 l/s arasında değişmektedir. Aralık 2010 itibariyle sistemdeki kuyulardan sadece 2'si (HK-2 ve HK- 8) üretim amaçlı olarak kullanılmaktadır. Sistemde bulunan diğer kuyuların çeşitli sebeplerden dolayı enerji kapasiteleri düşmüş ve bu nedenle kuyular kullanılamaz hale gelmişlerdir.Jeotermal enerjinin konut ısıtmada yetersiz kalması durumunda kullanılmak üzere bir peak-power tesisi Bigadiç JBIS'ye sonradan ilave edilmiştir.

Bu tesis her biri 2325 kW kapasiteli 3 adet kazandan oluşmaktadır. Çeşitli ısıtma dönemlerinde farklı yakıtların (LPG, LNG, fuel oil kullanıldığı kazanlar 2011 - 2012 kış sezonu itibariyle devreden çıkarılmış, yerine toplam gücü 7 milyon kcal/h olan 2 adet kömür kazanı faaliyete geçirilmiştir.

6.3.1.14.4. Güre JBIS

Güre JBIS 2004 yılında faaliyete geçmiş olup sistemde Aralık 2011 itibariyle 589 konut eşdeğerlik ısıtma gerçekleştirilmiştir.

Güre JBIS, derinlikleri 63 - 350 m arasında değişen 10 adet kuyuya sahiptir. Kuyulardan 4'ü 2011 yılında açılmış olup sistem bu kuyulardan ikisi tarafından beslenmektedir. Mevcut durumda 1 adet reenjeksiyon kuyusu kullanılmakta olup sisteme 2 reenjeksiyon kuyusu daha ilave edilmesi planlanmaktadır. 2011 yılı itibariyle kuyu üretim sıcaklığı ortalama 56°C ve yeni açılan kuyu debi ve sıcaklıkları sırasıyla 35 - 50 kg/s ve 56 - 72°C arasında değişmektedir.

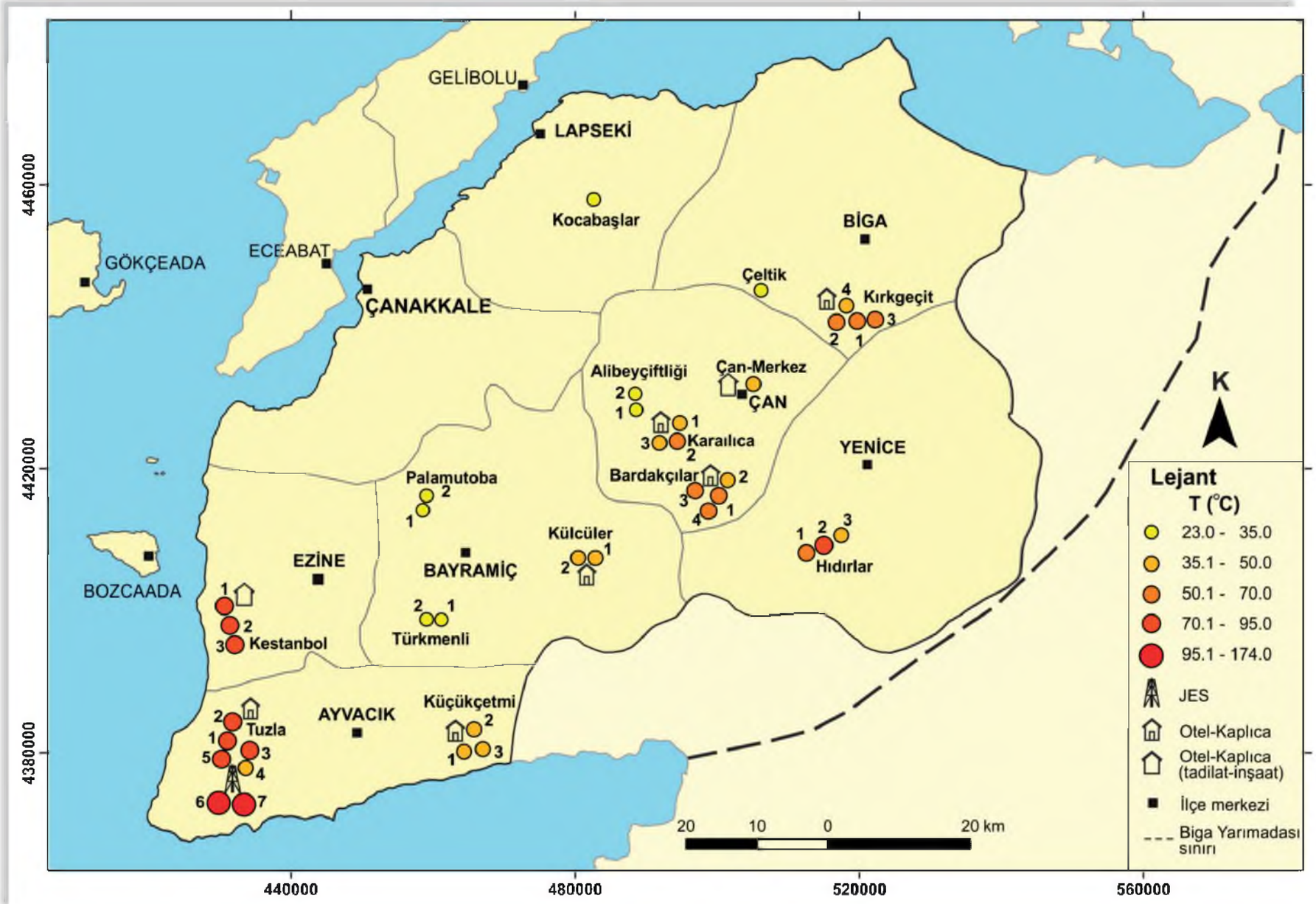
6.3.2. Çanakkale İli Jeotermal Kaynakları

Biga Yarımadası'nın Çanakkale İli sınırları içerisinde 14 ayrı bölgede 41 adet jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bunlardan Kum Ilıcası (Yenice) Gönen Göleti altında kalmıştır. Kum Ilıcası jeotermal kaynağının en son kaydedilmiş bilinen yüzey sıcaklığı 67°C'dir. Akçakeçili (Ezine) jeotermal kaynağı bir dere yatağındadır. Bu kaynak da yağışlı dönemlerde belirsiz hale gelmektedir. Gönen Göleti altında kalan Kum Ilıcası (Yenice) ve dere yatağında bulunan Akçakeçili (Ezine) jeotermal kaynaklarının kaybolmaları engellenmelidir. Balıkçılık gibi doğrudan suyla ilgili yatırımların veya başka yatırımların Gönen Göleti'nde ve Akçakeçili kaynağına yakın yerlerde yapılabilirliği araştırılmalıdır.

Gönen Göleti altında kalan Kum Ilıcası (Yenice), dere yatağında bulunan ve yağışlar nedeniyle izlenemeyen Akçakeçili (Ezine) ve inşaat çalışmaları devam eden Çan Belediyesi sondaj kuyusu hariç, Çanakkale'de bilinen 38 jeotermal kaynağın bulunduğu yer ve bazı özellikleri Şekil 6.4 ve Tablo 6.30'da verilmiştir.

Çanakkale İli jeotermal enerji kaynaklarının yüzey sıcaklık değerleri 23 – 96.2°C arasında değişmektedir. Beş tane kaynak 20–29°C, dokuz tane kaynak 30–39°C, on iki tane kaynak 40 – 59°C, beş tane kaynak 60 – 79°C, üç tane kaynak 80 – 89°C, diğerleri 90 – 100 ºC arasındadır. Tuzla Bölgesi jeotermal kaynakları 96,2°C yüzey ve 174°C kuyu dibi sıcaklığı ile Çanakkale İli sınırları içerisinde en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklardır. Tuzla jeotermal sahası, Türkiye'de 6. sıradadır ve buradaki kaynaklar ülkemizin en önemli jeotermal kaynaklarındandır.

Çanakkale'de, Tuzla sahası yüksek sıcaklığa sahip, Kestanbol ve Hıdırlar orta sıcaklığa sahip jeotermal alanlar olup bu yörelerin dışındaki sahalar (Alibeyçiftliği, Bardakçılar, Çan, Çeltik, Karaılıca, Kırkgeçit, Kocabaşlar, Küçükçetmi, Külcüler, Palamutoba, Türkmenli) düşük sıcaklığa sahip jeotermal alanlardır. Tuzla ve Alibeyçiftliği sahaları değişken, Bardakçılar kaynağı soğumakta olan ve Kocabaşlar, Palamutoba, Külcüler ve Küçükçetmi sahaları kararlı kaynaklardır. Uzun dönemde, Tuzla kaynağı da soğumakta olan bir kaynaktır (Şener ve Gevrek, 2000). Yatırımlarda ve sektör özelliklerinin belirlenmesinde, mevcut yatırımların sürdürülebilirliği ve rezervuarların korunması için jeotermal kaynakların sıcaklık değişimleri sürekli izlenmelidir.



Şekil 6.4.Çanakkale İli Jeotermal Kaynaklarının Sıcaklıkları ve Tesis Bilgileri (TR22/12/DFD0011)

Biga Yarımadası (Çanakkale) jeotermal suları düşük asidik özellikten baziğe kadar farklı pH değerlerine sahiptir. Suda çözünmüş toplam iyon miktarı ile elektriksel iletkenlik (EC) arasında, genellikle doğrusal bir ilişki vardır. En yüksek EC değeri Tuzla'da 81.500 µS/cm, en düşük EC değeri 490 µS/cm ile Tuzla'da olup ikinci en düşük EC değeri, 602 µS/cm ile Kırkgeçit'te ölçülmüştür. Artan asidite ile birlikte sudaki metallerin taşınımı incelenirken pH ile birlikte değerlendirilir. Biga Yarımadası (Çanakkale) jeotermal kaynaklarının Eh değerleri –135 ile 86 mV arasında belirlenmiştir. Suda, farklı tuzlar (sodyumlu, potasyumlu vb.) bulunabilir. Suyun bünyesindeki tuzlar, suyun elektriksel iletkenliğinde önemlidir. Suyun tuz miktarı arttıkça elektriksel iletkenliği de artar. Tuzluluk değerleri %0 ile 59,8 aralığında belirlenmiştir. Kaynak başı debi değerleri 1 – 5 l/sn arasında ölçülmüştür. 2011 yılında MTA tarafından Bardakçılar Kaplıcası'nın güneyinde yapılan sondajda 95 l/sn, Kırkgeçit Kaplıcası'nın güney doğusundaki sondajda 110 l/sn debi miktarına kompresör üretim ile ulaşılmıştır (MTA, 2011). Doğal sular, hiçbir zaman saf halde bulunmazlar ve az ya da çok erimiş veya askıda katı madde içerirler. Bu maddelerin türü ve miktarları suyun kalitesini belirler. Suların bileşimlerinin bilinmesi, kullanabilirlikleri ve değerlendirilebilirlikleri açısından son derece önemlidir. Bu durum, suyun kullanımı sonrası olası çevresel ve özellikle ekolojik etkilerin tahmin ve takip edilmesinde de çok önemlidir. Ayrıca, suların içinde bulunan çözünmüş ve askıda maddeler, kimyasal bileşikler ve bakteriler, suların dolaşım süreci ve izledikleri yollar, hareket ve akım yönleri ve bölgenin genel jeolojisi, çevre nitelikleri hakkında bilgi verir. Doğal suların toplam iyon içeriğinin %90'dan daha fazlasını Na+, Ca+2, Mg+2, K+, Cl-, HCO3 - ve SO4 -2 iyonları oluşturur ve bunlar majör iyonlar olarak adlandırılır.

Günümüzde, denize yakın bölgelerde yeraltı su tüketimine bağlı olarak tuzlu su girişleri; deniz suyu ile soğuk ve/veya sıcak yeraltı sularının karışması önemli bir tehlikedir. Ülkemizde, tarım alanları ve bazı sanayi tesisleri için gerekli olan su tüketimi, deniz suyunun yeraltı sularını kirletmesine ve toprakta tuzluluğa neden olmaktadır. Çanakkale'de, yüksek tuzluluğa sahip Kestanbol ve Tuzla jeotermal kaynaklarına olası deniz suyu girişi araştırılmıştır. Literatürdeki deniz suyu izotop değerleri ile Kestanbol ve Tuzla jeotermal kaynaklarının izotop değerleri karşılaştırılmış, bugün için deniz suyu girişiminin olmadığı tespit edilmiştir. Tuzluluğu yüksek

jeotermal sular toprağa bırakılmamalıdır. Bu bağlamda, sondajla çıkartılmış sıcak su akiferlerinin korunması ve bu kaynakların sürdürülebilirliği için mutlaka reenjeksiyon yapılmalıdır.

Tablo 6.30. Çanakkale İli Jeotermal Kaynaklarının Konum Bazlı Karakteristik Özellikleri (TR22/12/DFD0011)

SN	Adı	İlçe	Konum		Kaynak türü	Su tipi	Sıcaklık (°C)
			X	Y			
1	**Kocabaşlar**	Lapseki	482656	4457907	**doğal**	$Na–SO_4$	33
2	Çeltik	Biga	506197	4444560	**doğal**	$Na–SO_4$	28,1
3	Türkmenli – 1	Bayramiç	459846	4399202	**doğal**	$Ca–HCO_3$	23
4	Türkmenli – 2	Bayramiç	459823	4399205	**doğal**	$Ca–HCO_3$	23,9
5	Külcüler – 1	Bayramiç	481062	4405642	**doğal**	$Na–SO_4$	34,8
6	Külcüler – 2	Bayramiç	481093	4405644	**doğal**	$Na–SO_4$	34,5
7	Palamutoba – 1	Bayramiç	459118	4415698	**doğal**	$Na–SO_4$	32,7
8	Palamutoba – 2	Bayramiç	459118	4415698	**doğal**	$Na–SO_4$	30,5
9	**Alibeyçiftliği** – 1	Çan	490357	4427192	**doğal**	$Na–SO_4$	29,6
10	**Alibeyçiftliği** – 2	Çan	490377	4427196	**doğal**	$Na–SO_4$	29,7
11	Karaılıca – 1	Çan	493946	4424760	**doğal**	$Na–SO_4$	47,9
12	Karaılıca – 2	Çan	493897	4424648	sondaj	$Na–SO_4$	60
13	Karaılıca – 3	Çan	493711	4424446	sondaj	$Na–SO_4$	42,8
14	Hıdırlar – 1	Yenice	512906	4410559	**doğal**	$Na–SO_4$	54,7
15	Hıdırlar – 2	Yenice	513408	4410681	**doğal**	$Na–SO_4$	81
16	Hıdırlar – 3	Yenice	514493	4411248	**doğal**	$Na–Ca–HCO_3$	36,2
17	Küçükçetmi – 1	Ayvacık	465573	4380155	**doğal**	$Na–Ca–HCO_3$	41,1
18	Küçükçetmi – 2	Ayvacık	465778	4383267	**doğal**	$Na–Ca–HCO_3$	38,9
19	Küçükçetmi – 3	Ayvacık	466098	4380251	sondaj	$Na–Ca–HCO_3$	39,7
20	Kestanbol – 1	Ezine	430786	4399933	sondaj	Na–Cl	75,3
21	Kestanbol – 2	Ezine	430586	4399721	**doğal**	Na–Cl	70,4
22	Kestanbol – 3	Ezine	430440	4399534	**doğal**	Na–Cl	69,2
23	Tuzla – 1	Ayvacık	428656	4381353	**doğal**	Na–Cl	91,2
24	Tuzla – 2	Ayvacık	428697	4381326	**doğal**	Na–Cl	89
25	Tuzla – 3	Ayvacık	429521	4380273	**doğal**	Na–Cl	96,2
26	Tuzla – 4	Ayvacık	429422	4380077	**doğal**	Na–Cl	35,9

SN	Adı	İlçe	Konum		Kaynak türü	Su tipi	Sıcaklık (°C)
			X	Y			
27	Tuzla – 5	Ayvacık	429039	4380461	**doğal**	Na–Cl	80,1
28	Tuzla – 6	Ayvacık	428990	4380131	sondaj	Na–Cl	- - -
29	Tuzla – 7	Ayvacık	429267	4379988	sondaj	Na–Cl	- - -
30	Bardakçılar – 1	Çan	497785	4418637	sondaj	Na–SO4	67
31	Bardakçılar – 2	Çan	497820	4418698	**doğal**	Na–SO4	46,9
32	Bardakçılar – 3	Çan	497850	4418730	**doğal**	$Na–SO_4$	58,5
33	Bardakçılar – 4	Çan	497527	4418709	**doğal**	$Na–SO_4$	50,5
34	Bardakçılar – 5	Çan	504365	4430952	sondaj	$Na–SO_4$	43
35	Kırkgeçit – 1	Biga	520568	4438239	**doğal**	$Na–SO_4$	52,6
36	Kırkgeçit – 2	Biga	520396	4438253	**doğal**	$Na–SO_4$	51,8
37	Kırkgeçit – 3	Biga	520601	4438230	**doğal**	$Na–SO_4$	52,1
38	Kırkgeçit – 3	Biga	520495	443834	sondaj	$Na–SO_4$	42

Karaılıca ve Alibeyçiftliği jeotermal kaynaklarının arsenik (As) değerleri, TS 266 Türk İçme Suyu Standartları'na göre sınır değer olan 50 ppb'nin üzerindedir. Alibeyçiftliği'ndeki As değeri standart değerin 5 kat üzerindedir. Bor (B), ülkemizdeki jeotermal kaynakların bir bölümünde yüksek miktarda rastlanan elementlerdendir. B elementi, yüzey ve yeraltı sularında, yönetmeliklerde belirtilen kritik değerler üzerine çıktığında toprakta kirliliğe sebebiyet vererek çevresel bir tehdite dönüşebilir.

Bor, bitkilerin kurumasına ve toprağın verimsizleşmesine neden olmaktadır. Kestanbol, Tuzla, Çeltik, Palamutoba, Alibeyçiftliği ve Çan'da bor değerleri TS 266 Türk İçme Suyu Standartları'na göre sınır değer olan 1.000 ppb'nin üzerindedir. Tuzla jeotermal sularında B değerleri standart değerin 30 kat üzerindedir. Jeotermal kaynak sularının içme veya sulama amaçlı ya da uzun süre farklı amaçlarla kullanımı tehlikeli olabilir. Özellikle, seracılık ve balıkçılık gibi suyu doğrudan kullanan yatırımlar yapılmadan önce jeotermal kaynağın kimyasal özellikleri araştırılmalıdır. Bu bağlamda, jeotermal kaynakların kimyasal bileşimleri ve kullanıldıktan sonra nereye bırakıldıkları çok önemlidir. Jeotermal kaynakların su tipleri, majör iyon konsantrasyonlarının Piper (1944) Diyagramı'na yerleştirilmesi ile sınıflandırılır. Buna göre, Çanakkale jeotermal suları üç tiptedir (Tablo 6.30). 1. grup, sülfat baskın sular (Na-SO4'lı su tipi) olup en yaygın olanıdır. Kocabaşlar, Çeltik, Külcüler, Palamutoba, Alibeyçiftliği, Karaılıca, Hıdırlar, Bardakçılar, Çan-Merkez ve Kırkgeçit jeotermal kaynakları Na-SO4'lı sulardır. 2. grup, klor baskın sular (Na-Cl'lü su tipi) olup Kestanbol ve Tuzla kaynaklarıdır. 3. grup, bikarbonat baskın sular (Na ve Ca-HCO3'lu su tipi) olup Türkmenli ve Küçükçetmi kaynaklarıdır.

Oksijen-18 ve döteryum izotopları, jeotermal arama, geliştirme ve izleme çalışmalarında akışkan kökenlerinin araştırılması ve hidrojeolojik koşulların belirlenmesinde en çok kullanılan duyarlı izotoplardır. Meteorik (yağış) sular ile hidrojen ve oksijen izotopları arasında buharlaşma ve yoğunlaşma gibi atmosferik süreçlerle izlenebilen, kontrol edilebilen doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu izotopların konsantrasyonları arasında doğrusal bir korelasyon vardır (Dansgaard, 1964). Bu ilişkiye meteorik su çizgisi denir.

Tuzla ve Kestanbol hariç, Biga Yarımadası (Çanakkale) jeotermal kaynaklarının oksijen-18 ve döteryum içeriğine göre Dünya ve Akdeniz meteorik su doğruları arasında kaldığı belirlenmiştir. Buna göre, Biga Yarımadası (Çanakkale) jeotermal akiferlerinin güncel meteorik sularla beslendiği anlaşılmaktadır. Kestanbol ve Tuzla'daki sıcak su kaynaklarındaki Oksijen-18 içeriğinin diğer kaynaklara nazaran yüksek olması, kayaç-akışkan etkileşiminin daha fazla olması ile ilişkilendirilebilir.

6.3.2.1. Çanakkale İli Jeotermal Yatırımları

Çanakkale İli'nde bulunan jeotermal tesisler, tesis inşaatları ve restorasyonu devam eden jeotermal yatırımları Tablo 6.31'de verilmiştir.

Tablo 6.31. Çanakkale İli Jeotermal Tesis Yatırımları

Yer	İlçe	T (°C)	Tesis tipi ve durumu	Tesis kapasitesi (MWe)
Tuzla	Ayvacık		JES	7,5
Külcüler	Bayramiç	34,8	var	56
Küçükçetmi	Ayvacık	41,1	var	10
Merkez	Çan	43	inşaat aşamasında	-
Kırkgeçit	Biga	52,6	var	100
Karaılıca	Çan	47,9	var	104
Bardakçılar	Çan	58,5	var	138
Kestanbol	Ezine	75,3	restorasyon aşamasında	100
Hıdırlar	Yenice	81	var	20
Tuzla	Ayvacık	96,2	var	30

6.3.2.1.1. Tuzla Jeotermal Enerji A.Ş.

Tuzla jeotermal elektrik santralı (JES), İzmir merkezli ve %100 yerli sermayeye sahip bir şirkete aittir. Şirketin sermayesi (%100 ödenmiş) 8.500.000 TL'dir. Tuzla JES (Şekil 6.5)'in tahmini güncel yatırım bedeli, uluslararası ortalamalarda olup 2.500 – 3.000 USD/kWh'dir. Santralın lisansı 11.05.2004 tarihinden itibaren 40 yıldır.

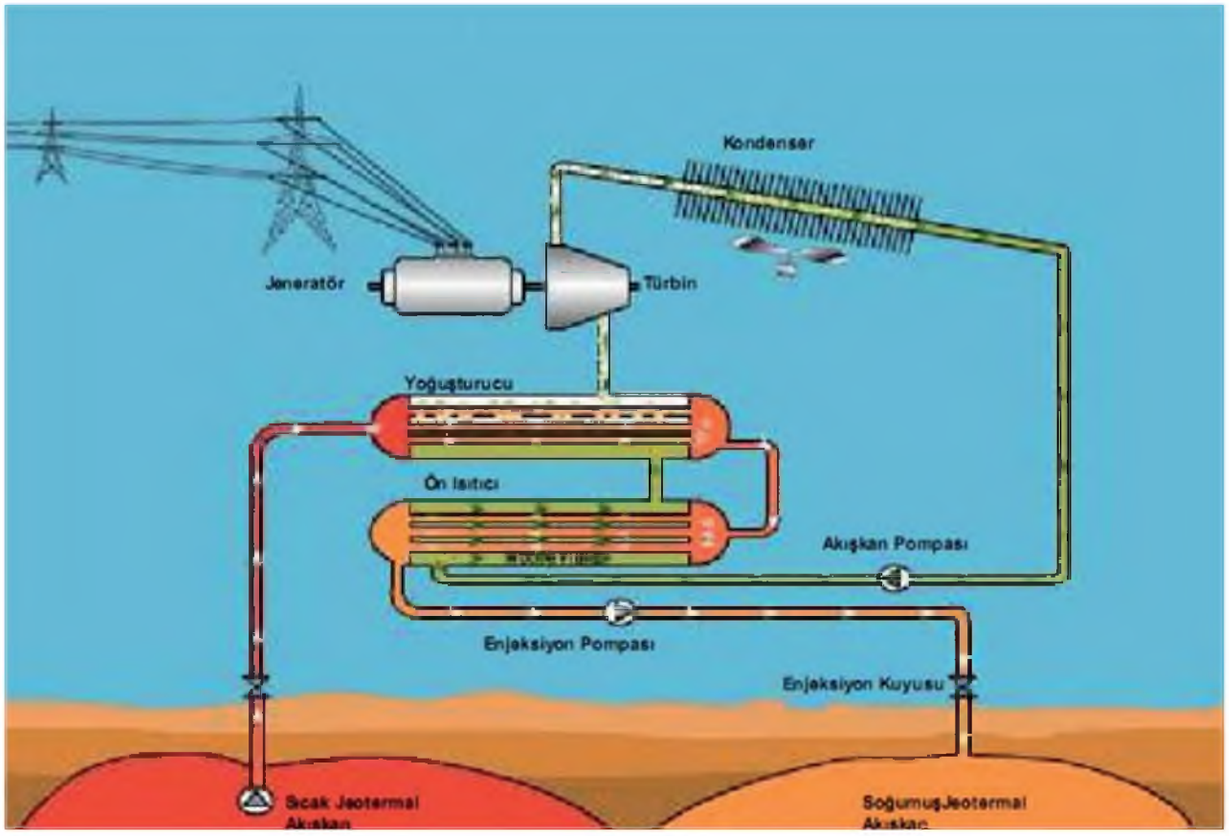
Tuzla JES, Ocak, 2010 tarihinde ticari işletmeye geçmiştir. Santralin kurulu kapasitesi 7,5 MWe (51 GWh/yıl)'dır. Ulaşılan en son ortalama elektrik üretimi ise 45 GWh/yıl'dır. Aradaki fark, suyun kimyasal yapısının kuyularda neden olduğu metal silikat kabuklaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu yönüyle Tuzla jeotermal sahası, Türkiye'de ve dünyada az görülen bir sahadır. Arıza, onarım ve bakım durumlarında santralin elektrik üretimi durmaktadır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonrasında Tuzla JES elektrik üretimi 8.000 saat/yıl üzerine çıkmıştır. Tuzla JES sahasında arama ve işletme dönemlerinde açılmış sekiz (8) adet kuyu bulunmaktadır. Bunlardan iki tanesi üretim ve iki tanesi de reenjeksiyon kuyularıdır. Kuyu sıcaklıkları 127 – 175ºC arasındadır. Kuyu derinlikleri 550 – 1.100 m arasında değişmektedir. Günümüz koşullarında, kuyuların ortalama maliyeti 1.000 – 1.200 $/m'dir.



Şekil 6.5. Tuzla Jeotermal Elektrik Santrali

Tuzla sahasında, basınç azalmasıyla birlikte kuyu başından 70 metre aşağıda kaynama başlamaktadır. Kuyu başında buhar ve sıvı olmak üzere çift fazlı akışkan elde edilmektedir. Tuzla'da, kuyu karakteristikleri de dikkate alınarak Binary Sistem (iki devreli sistem) Organik Rankine Çevrim santral teknolojisi ile elektrik üretilmektedir. Bu sistemde, kuyulardan gelen çift fazlı akışkan, kuyu başında bulunan seperatörde doymuş buhar ve doymuş sıvı olarak ikiye ayrılmakta ve akışkanlar santrale iki ayrı boru hattı ile iletilmektedir. Santralde, buharlaştırıcı (vaporizer) ve ön ısıtıcıdan (preheater) geçen jeotermal sıvı ve buhar enerjisi, iki ayrı eşanjörde pentan gazına aktarılmaktadır. Eşanjörlerden çıkan soğumuş jeotermal sıvı, pompalar ile reenjeksiyon kuyularına basılarak tekrar yer altına basılmaktadır. Bu çevrim, birinci çevrimdir.

İkinci çevrim, sistem içinde pentanın dolaştığı çevrimdir. Ön ısıtıcıda ısıtılan pentan buharlaştırıcıda gaz fazına geçer ve türbini çevirir. Türbinden elektrik enerjisi üretilir. Pentan gazı, türbin çıkışında hava soğutmalı kondenserde yoğuşturulur ve çevrim pompaları ile tekrar ön ısıtıcıya basılır ve çevrim tamamlanır. Jeotermal akışkanlar ve pentan kapalı sistem içerisinde çevrilir.



Şekil 6.6. Binary Sistem (İki Devreli Sistem) Çalışma Şeması

Tuzla JES'de kapasite artırımına yönelik yatırım düşünülmektedir. Bununla birlikte, Tuzla JES İşletmesi bazı sorunlar yaşamaktadır. Bu sorunların başında yetişmiş personel eksikliği ve yeterli altyapıya sahip sondaj şirketlerinin olmayışı gelmektedir. Türkiye'deki JES'lerden Tuzla JES'i ayrı kılan en önemli konu ve sorun, kuyulardaki metal silika kabuklaşmasıdır. Jeotermal kuyularda, basınç düşüşü ile birlikte suyun içerisindeki eriyikler çökelir ve kabuklaşmaya neden olur. Ülkemizdeki jeotermal kuyularda görülen kabuklaşma, karbonatlı kabuklaşmadır. Dünyada nadiren karşılaşılan metal silikanın Tuzla JES sahası kuyularındaki kontrolü diğer sahalara göre zor olmaktadır.

Jeotermal kaynaklarda ve santrallerde karşılaşılan önemli sorunlardan bir tanesi de Jeotermal Kaynaklar Kanunu'ndaki eksikliklerdir. Resmi kurumlar arasındaki bilgi ve iletişim eksikliği, tamamlayıcılıktan uzak kurumların kendilerine ait kanun ve yönetmeliklerinden kaynaklanan eksiklikler izin ve işletmeye geçiş süresini uzatmakta, maliyetleri arttırmaktadır. Bir başka sorun, MTA'nın hem iş yapan ve hem de denetleyen kurum olmasıdır. MTA'nın tamamlayıcı, fakat karşıt iki rolü üstlenmesi de haksız rekabete ve uygulamada karışıklıklara neden olmaktadır

6.3.2.1.2. Yerka Tuzla Sondajları

İstanbul merkezli bir firma 2012 yılı başından beri yatırım amaçlı sondajlı araştırma yapmaktadır. 1.782 m derinliğe sahip ilk kuyuda, kuyu geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Kuyu ağzı sıcaklık 106°C'dir. Yapılan toplam yatırım tutarı yaklaşık 2,5 milyon ABD dolarıdır. Yatırım amacı, jeotermal elektrik santrali ve seracılıktır. Araştırmaların olumlu sonuçlanması ve yatırımların tam gerçekleşmesi halinde, bölgede ilk defa kombine bir jeotermal yatırımı gerçekleştirilmiş olacaktır.



Şekil 6.7. Yerka Tuzla Sondajı

6.3.2.1.3. Tuzla Kaplıcası

Tuzla Kaplıcası, 1950'li yıllardan beri hizmet vermektedir. Muhtarlık tarafından kiraya verilen tesis, bir aile şirketi tarafından işletilmektedir. Kaplıca, yaklaşık 750 m mesafede bulunan ve birbirine yakın iki sıcak su kaynağından beslenmektedir. Tesis, 30 yatak kapasitelidir.



Şekil 6.8. Tuzla Kaplıcası



Şekil 6.9. Tuzla Kaplıcası Havuzu

6.3.2.1.4. Kestanbol Kaplıcası

Kestanbol Kaplıcası, antik dönemlerden beri bilinen tarihi ve mitolojide yeri olan bir kaplıcadır. Halen, restorasyonu devam etmekte olan kaplıcanın 2017 yılına kadar 120 yatak kapasitesine ulaşması hedeflenmiştir. 2013 yılı sonuna kadar 5 tane tek kişilik, 19 tane iki kişilik olmak üzere toplam 43 yatak kapasitesine ulaşılacaktır. İkinci etapta, 70 yatak kapasitesi planlanmıştır. Ezine İlçe sınırları içerisinde bulunan Kestanbol Kaplıcası, Ezine Belediyesi tarafından 5 yıl işletildikten sonra 2012 yılında bir şirket ile ortaklık yapılarak yeni bir işletme yapısına geçilmiştir. Mevcut ortaklık, 2028 yılına kadar devam edecektir.



Şekil 6.10. Kestanbol Kaplıcası

Çanakkale Savaşı ve tarihi dönemlerde hastane ve benzeri tedavi amaçlı kullanılan Kestanbol Kaplıcası'nda 3 (üç) adet jeotermal kaynak bulunmaktadır. Günümüzde, kaplıcaya sıcak su 350 m mesafede ve 600 m derinliğe sahip sondaj kuyusundan sağlanmaktadır. Kaplıcada, sondaj kuyusu dışında bir tanesi tarihi olmak üzere iki jeotermal kaynak daha bulunmaktadır. Doğal çıkışa sahip bu iki kaynaktan henüz faydalanılmamaktadır.



Şekil 6.11. Kestanbol Kaplıcası'ndan Görünüş



Şekil 6.12. Kestanbol Kaplıcası Soğutma Havuzları



Şekil 6.13. Kestanbol Kaplıca İşletmesi ile Yapılan Görüşme



Şekil 6.14. Kestanbol Kaplıcası Toplantı ve Çok Amaçlı Salonu

6.4. Türkiye'nin Jeotermal Enerjide 2023 Hedefi

Jeotermal enerji, bilinmeyen parametreleri nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrılır. Jeotermal kaynaklar yeraltındadır ve bu kaynakların oluşumunda, devamlılığında yer hareketleri, rezervuar tüketimi ve beslenmesi son derece önemlidir. Bilinen jeotermal kaynaklardan 2023 yılı için Türkiye'nin jeotermal santrallerden elektrik üretimi hedefi 600 MW'dır[32]. Şimdiden bu rakamın yarısına ulaşılmıştır. Bu değerlendirmede, başta Aydın ve Denizli olmak üzere Çanakkale ve Kütahya illerinde mevcut jeotermal kaynaklar esas alınmıştır. Ancak, jeotermal kaynaklar için son derece önemli olan parametreler ve olası kaynaklar için yeterli etütler henüz yapılmamıştır. Diğer taraftan, sağlık turizmi, seracılık ve bölgesel ısıtma jeotermali diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayıran diğer önemli parametrelerdir. Bunlara meyve-sebze kurutma, altın üretimi gibi konular da eklenebilir. Özellikle, TR22 Güney Marmara Bölgesi için daha ayrıntılı çalışmalar; sondajlar ve yoğun etütler gerekmektedir. Balıkesir ve Çanakkale illerinde önümüzdeki 5-10 yıl içerisinde daha ayrıntılı jeotermal araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Mevcut durumda, jeotermal enerjide TR22 Güney Marmara Bölgesi için sağlıklı bir 2023 projeksiyonu yapılamamıştır.

6.5. Türkiye'de Jeotermal Enerji ile İlgili Mevzuat

6094 sayılı kanunla değişik 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'a göre, jeotermal yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Jeotermal kaynaklar ile ilgili faaliyetler, Osmanlı İmparatorluğu'nda padişah fermanları, Cumhuriyetin ilk yıllarında ise Atatürk'ün verdiği imtiyazlar ile düzenlenmiştir. Jeotermal kaynaklara yönelik ilk yasal düzenleme, 1926 yılında 927 Sayılı "Sıcak Ve Soğuk Maden Suları İstismarı ile Kaplıcalar Tesisatı Hakkındaki Kanun"dur. 05.06.2004 tarih ve 5177 Sayılı Kanunla değişik 3213 Sayılı Maden Kanunu'na kadar tek yetkili kurum İl Özel İdareleri olmuştur. Maden Kanunu'ndan sonra da ruhsatlandırmalar özel idareler tarafından yapılmıştır. 927 Sayılı Kanun, 13.06.2007 tarihinde yürürlüğe giren 5686 Sayılı "Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu"na kadar geçerli olmuştur. Bu kanunun, 11.12.2007 tarihinde yürürlüğe giren Uygulama Yönetmeliği sonrasında 1 yıllık bir zaman içerisinde intibaklar yapılmış ve 13 Haziran 2008 tarihinde, jeotermal kaynaklar konusunda bugünkü mevzuat tam olarak işler hale gelmiştir. 5686 Sayılı Kanun, jeotermal ve doğal mineralli su kaynakları ile jeotermal kökenli gazları kapsamaktadır.

Jeotermal kaynak ve sahaları ile ilgili mevzuat, Maden İşleri genel Müdürlüğü ve İl Özel İdareleri'nce ortak yürütülmektedir.

Jeotermal elektrik santralleri (JES), 20 Şubat 2001 tarih ve 4628 Sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu" ve 31 Ocak 2013 tarihli (ilk, 04.08.2002 tarih ve 24836 Sayılı Resmi Gazete) "Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği"ne tabidir. JES üretimleri ve dolaylı olarak yatırımları 6094 sayılı kanun (29.12.2010) ile değişik 5346 sayılı (10 Mayıs 2005) "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" hükümlerine göre desteklenmektedir. Buna göre, JES üretimine 10,5 cent/kWh alım fiyatı uygulanmaktadır. Bu alım fiyatı, kanunun yürürlüğe girdiği 18.05.2005 tarihinden 31.12.2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek JES'lere on yıl boyunca uygulanacaktır. Ayrıca, yerli üretim olması halinde ilave olarak ve sırasıyla buhar veya gaz türbini için 1,3 cent/kWh,

[32] Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü, http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Dunyada_ve_Turkiyede_Enerji_Gorunumu.pdf, Erişim Tarihi: 22 Eylül 2013.

jeneratör ve güç elektroniği için 0,7 cent/kWh ve buhar enjektörü veya vakum kompresörü için 0,7 cent/kWh ücret ödenmektedir. Tamamen yerli imalat bir JES'ten elde edilen elektriğe devlet 13,2 cent/kWh bedel ödemektedir. JES'lerin yerli üretim desteği, 31.12.2015 tarihine kadar santralin devreye girdiği tarihten itibaren 5 yıl boyunca olacaktır. Böylelikle, JES'lerde yerli imalat da teşvik edilmektedir. Avrupa ülkelerinde, jeotermal kaynaklarla ilgili düzenlemeler genellikle maden yasaları içerisindedir. Bununla birlikte, çoğu Avrupa ülkesinde yeraltı jeotermal akışkanlar, ilgili ülkelerin su havzalarını koruma düzenlemelerine tabidir. Avrupa Birliği, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak jeotermal kullanımını desteklemektedir ve bu konuda son 4 – 5 yıldır çalışmalar yapmaktadır.

Polonya, Macaristan, İrlanda ve Kuzey İrlanda jeotermal mevzuatı konusunda Fransa, Hollanda ve Almanya'yı örnek alarak "Jeotermal Düzenlemeler-Isı (GTR-H)" projesini yürütmektedir.

5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'na göre, sıcaklığı 20°C ve üzerindeki gaz ve buhar içeren tüm sular, mineral miktarı 1.000 mg/l olan kaynaklar ve gaz fazında veya bileşen haldeki doğal karbondioksit çıkışları jeotermal kaynaktır. Avrupa Birliği uyum çalışmalarına bağlı olarak mineral miktarı 500 mg/l'den daha düşük sıcak ve soğuk kaynaklar da jeotermal kabul edilmektedir. Diğer taraftan uygulamada, jeotermal kaynak için alt sıcaklık değeri 15°C'dir. Bu konular, ruhsatların değerlendirilmesinde yasal sorunlara neden olabilmektedir. Mevzuatta gerekli değişikliklerin yapılmaması durumda, yaşanan sorunlar artacaktır.

Jeotermal ruhsat başvuruları, 1/25.000 ölçekli haritalar üzerinde 20 noktayı ve 5.000 hektarı geçmeyecek şekilde İl Özel İdaresi'ne yapılır. Arama ruhsat süresi üç yıldır. Bu süre, bir yıl uzatılabilir. Talep edilmesi ve gerekli koşulların sağlanması halinde, süresi sonrasında arama ruhsatlı sahaya işletme ruhsatı verilir. İşletme ruhsatı süresi otuz yıldır. Otuz yıl sonra işletme ruhsatı onar yıllık dönemler halinde uzatılabilir. İl Özel İdareleri, her türlü ruhsatlandırma işlemlerini Maden İşleri Genel Müdürlüğü'ne bildirir. Ayrıca, faaliyet raporlarının bir örneği her yıl MTA'ya gönderilir. Arama ve işletme ruhsatları boyunca bir teknik sorumlu görev yapar ve bu kişi her türlü faaliyeti, öneri ve tespitlerini azami on beş günde bir noter onaylı teknik sorumlu defterine yazar. Eksiklik ve aksaklıkların, öneri ve önlemlerin rapor edilmesinden teknik sorumlu, bunların yerine getirilmesinden ruhsat sahibi sorumludur. Teknik sorumlu olmadan jeotermal sahalarda faaliyet yapılamaz.

Jeotermal sahalar devredilebilir. Devir işlemi, İl Özel İdaresi Genel Sekreteri'nin onayından sonra tamamlanır. Bir jeotermal ruhsatı intikal edebilir. İntikal işlemi, ölüm tarihinden itibaren altı ay içerisinde yapılmalıdır. Konunun mahkemeye intikal etmesi halinde, mahkemenin sonlandığı tarihten itibaren iki ay içerisinde intikal işlemleri tamamlanmış olmalıdır. Söz konusu bu zaman sınırlarına uyulmaması halinde jeotermal ruhsat iptal edilir.

5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun uygulamasında, toplam mineral içeriği sınırının yanı sıra zaman zaman İl Özel İdareleri, Maden İşleri Genel Müdürlüğü ve MTA arasında yetki ve bilgilendirme sorunları yaşanabilmektedir. Kolay ruhsat edinebilme jeotermal kaynakların korunmasını ve verimli kullanımını tehdit etmektedir. Bu durum, adli sorunlara ve sermaye kayıplarına da neden olabilmektedir. Ruhsat alanlarında kurulacak tesisler, kaynaklar arası etkileşim nedeniyle zarara uğrayabilir. Yasaya göre, düşük sıcaklıktaki bir kaynak ile elektrik üretilen kaynak aynı hükümlerle değerlendirilmektedir. Başka bir konu, MTA'nın ihale ettiği ruhsatlar için EPDK'dan lisans alma koşuludur. Yeterli ön çalışma yapılmadan JES'ler için lisanslama yapılması gerçekçi olmamaktadır.

Başta ABD olmak üzere çoğu ülkede jeotermal enerjiye devlet desteği uygulanmaktadır. Almanya'da boş çıkan, düşük sıcaklığa sahip ya da verimsiz kuyuların giderleri %80 – %100 oranında karşılanmaktadır. Türkiye'de, jeotermal arama ve geliştirmeye devlet desteği yoktur. Sadece, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğe daha yüksek fiyattan alım garantisi vardır. Riskin yüksek olduğu jeotermal enerji yatırımlarında 4 – 10 yıl arasında ön çalışmaya gerek duyulmaktadır. Buna karşılık, kaynak izleme ve fizibilite için herhangi bir devlet desteğinin olmaması önemli bir eksikliktir. Sağlık turizmi, ısıtma ve sera gibi jeotermale yapılacak yatırımlar ve öncesindeki faaliyetler için devlet desteğine ihtiyaç bulunmaktadır.

6094 sayılı kanunla değişik 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'a göre, yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esastır. Ancak, ilgili kanunun bu hükümlerinin yeterince uygulandığı söylenemez. Jeotermal kaynaklara yapılacak yatırımlarda tek bir üretim yerine mineral üretimi ve/veya seracılık gibi entegre yatırımlara, kaynak paylaşımına teşvik getirilebilir veya farklı şekillerde devlet desteği olabilir.

6.6. Öneriler

TR22 Bölgesi, jeotermal enerji kaynakları bakımından ülkemizin zengin bölgelerinden biridir. Bölgede bulunan jeotermal kaynaklar genellikle düşük ve orta entalpili kaynaklar olup jeotermal enerjinin, ısıtma, seracılık, kaplıca ve termal tedavi, vs. gibi direkt kullanım alanları için uygundur. Bununla birlikte Çanakkale-Tuzla Bölgesi jeotermal kaynakları 96,2oC yüzey ve 174°C kuyu dibi sıcaklığı ile bölge içerisinde en yüksek sıcaklığa sahip önemli jeotermal kaynaklardır.

Balıkesir ili jeotermal kaynaklar yönünden oldukça zengindir. Türkiye'de Jeotermal enerji potansiyeli en yüksek il sıralamasında Balıkesir 4. sıradadır. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı'nın önceki yıllarda yaptığı çalışmalarla Balıkesir'de 7 adet 30ºC ve daha yüksek sıcaklıkta jeotermal alan belirlenmiştir. Balıkesir- Pamukçu, Balya-Dağ Ilıcası, Bigadiç-Hisarköy, Sındırgı-Hisaralan, Edremit-Derman, Güre, Manyas-Serpin, Kepekler, Gönen ve Susurluk-Yıldız Köy yörelerinde jeotermal enerji açısından çok önemli sıcak su kaynakları bulunmaktadır.

Balıkesir'de bulunan jeotermal kaynaklar düşük ve orta entalpili kaynaklar olup jeotermal enerjinin, ısıtma, seracılık, kaplıca ve termal tedavi, vs. gibi direkt kullanım alanları için uygundur. Balıkesir'deki jeotermal enerjinin büyük bir bölümünden mahal ısıtmada yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda, Gönen, Edremit, Bigadiç ve Güre olmak üzere 4 adet jeotermal bölgesel ısıtma sistemi kurulmuş ve bu sistemlerde 10.000 konut eşdeğer civarında ısıtma gerçekleştirilmektedir. Bu değer, Türkiye'de jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri aracılığı

ile ısıtılan toplam konut sayısının yaklaşık %15'inin Balıkesir' de gerçekleştirildiği anlamına gelmektedir. Ayrıca Sındırgı ilçesinde jeotermal bölgesel ısıtmaya yönelik olarak 3.000 konutluk ısıtma sistemi projelendirilmiş olup, yapım aşamasına geçilmiştir. Bununla birlikte daha küçük çaplı olmak üzere Balıkesir'de, jeotermal enerjiden bireysel konut ısıtmada yararlanan konutlar da bulunmaktadır (Merkez-Pamukçu, Susurluk-Yıldız, Balya-Ilıca). Mevcut kaynaklardan ayrıca birçok termal tesiste kaplıca ve termal tedavi amacıyla yararlanılmakta, bunun dışında bölgede küçük çapta seracılık yapılmakta ve endüstriyel proses ısısı (Gönen'deki tabakhane işletmeleri için) üretilmektedir.

Biga Yarımadası'nın Çanakkale İli sınırları içerisinde 14 ayrı bölgede 41 adet jeotermal kaynak bulunmaktadır. Çanakkale İli jeotermal enerji kaynaklarının yüzey sıcaklık değerleri 23 – 96.2oC arasında değişmektedir. Kaynaklardan beşinin sıcaklığı 20–29ºC, dokuzunun 30–39ºC, on ikisinin 40 – 59ºC, beşinin 60 – 79ºC, üçünün 80 – 89ºC ve diğerlerinin sıcaklıkları 90 – 100ºC arasındadır.

Tuzla Bölgesi jeotermal kaynakları 96,2oC yüzey ve 174oC kuyu dibi sıcaklığı ile Çanakkale İli sınırları içerisinde en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklardır. Tuzla JES, Ocak, 2010 tarihinde ticari işletmeye geçmiş olup TR22 Bölgesinin ilk ve tek jeotermal elektrik santralidir. Santralin kurulu kapasitesi 7,5 MWe (51 GWh/yıl)'dır. Ulaşılan en son ortalama elektrik üretimi ise 45 GWh/yıl'dır. Tuzla JES'de kapasite artırımına yönelik yatırım düşünülmektedir. Bununla birlikte, Tuzla JES İşletmesi bazı sorunlar yaşamaktadır. Bu sorunların başında yetişmiş personel eksikliği ve yeterli altyapıya sahip sondaj şirketlerinin olmayışı gelmektedir.

Çanakkale'de Tuzla JES'in dışında, elektrik üretim amacıyla Tuzla jeotermal alanında 2012 yılından beri özel bir firma tarafından sondajlı araştırmalar sürdürülmektedir. 1.782 m derinliğe sahip ilk kuyuda, kuyu geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Kuyu ağzı sıcaklık 106°C'dir. Yapılan toplam yatırım tutarı yaklaşık 2,5 milyon ABD dolarıdır. Yatırım amacı, jeotermal elektrik santrali ve seracılıktır. Araştırmaların olumlu sonuçlanması ve yatırımların tam gerçekleşmesi halinde, bölgede ilk defa kombine bir jeotermal yatırımı gerçekleştirilmiş olacaktır.

Bölgemizdeki jeotermal enerjiden daha etkin bir şekilde yararlanabilme konusunda aşağıda belirtilen hususlara özellikle dikkat edilmelidir:

- Ülkemizde ve özellikle TR22 Bölgesinde, yatırımlara ışık tutacak kapsamlı bir jeotermal envanter çalışması yapılmalıdır.
- Bölgedeki kaynaklardan en iyi nasıl yararlanılabileceği ve hangi yatırımların uygun olacağı kaynak bazında yapılacak olan sıcaklık, debi ölçümleri ile tespit edilmelidir.
- Bölgemizde jeotermal elektrik üretiminin gerçekleştirildiği Tuzla bölgesinde, kurulu güç gelişimi için sondaj yatırımlarına destek verilmelidir.
- Balıkesir ilinde bulunan jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinde kullanılan jeotermal enerjinin büyük bir bölümü reenjeksiyon yapılmadan deşarj edilmektedir. Deşarj edilen bu atık enerjiden yararlanma yöntemleri araştırılmalı ve özellikle seracılık, ısı pompası uygulamaları gibi alanlarda yararlanma yöntemleri üzerinde durulmalıdır.
- Bölgedeki jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin enerji verimleri artırılmalıdır.
- Bunun için:
- Hiçbir otomasyon sistemi bulunmayan bölgemiz jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin otomasyona geçmesi sağlanmalı ve ısıtma hatlarındaki dengesizlikler ortadan kaldırılmalıdır.
- Jeotermal enerji ile ısınan binalarda standartlara uygun yalıtım uygulaması yapılmalıdır. Bu sayede bölgede bol ve ucuz görülen jeotermal enerjiden daha fazla konut yararlanabilecektir.

- Bölgemizde, jeotermal enerjiden ısınma amacıyla yararlanan abonelerden genellikle konutlarının kullanım alanlarına göre ücret alınmaktadır. Bu da kullanıcıların enerji tasarrufu sağlayan tedbirler almasını engellemekte ve bu nedenle konutlarda olması gerekenden daha fazla enerji tüketilmesine sebep olmaktadır. Jeotermal enerji ücretleri tüketilen enerji miktarı kadar alınmalıdır. Bunun için ısıtma sistemleri mobil ısıtma şeklinde yapılmalı ve binalara ısı payölçerler monte edilmelidir. Bunların yapılması durumunda ısıtılan konut sayısında %35-40 artış olacağı tahmin edilmektedir.
- Jeotermal enerji konusunda ilgili idarelerin ve toplumun bilgilendirilmesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır.
- Kış aylarında pik soğutma günlerinde peak-power (ek ısıtma sistemleri) kullanılarak ısıtılan konut sayıları artırılmalıdır.
- Ek ısıtma sistemleri yetkili mühendisler tarafından ve ekonomik analizler yapılarak ve ihtiyaca uygun büyüklükte yapılmalıdır.
- Özellikle geçiş mevsimlerinde kullanılmayan ve çevreye atılan jeotermal enerjiden seracılıkta yararlanılmalıdır.
- İsale hattı ve dağıtım borularındaki ısı kayıplarını azaltmak için uygun yalıtım kalınlığında jeotermal borular kullanılmalıdır.
- Kabuklaşma ve korozyona karşı alınan önlemler mevcut tesislerde yetersiz görülmektedir. Jeotermal su özelliklerine uygun inhibitör ve inhibitör miktarı yeniden belirlenmelidir.

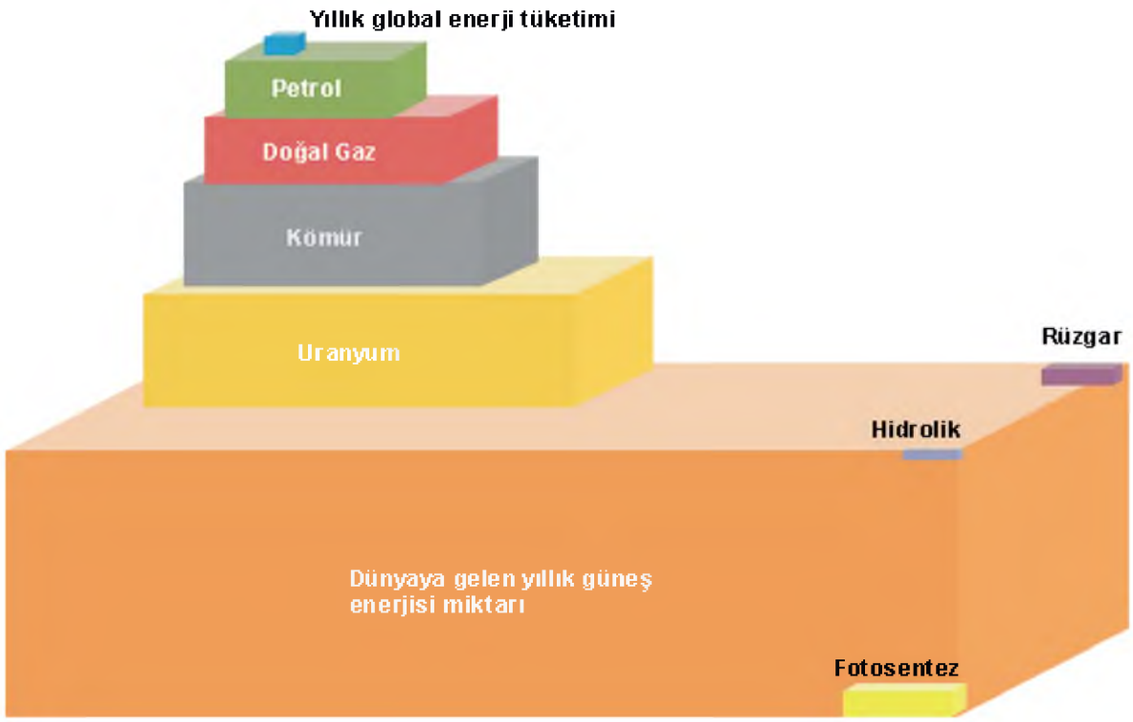
7. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneşin insanoğluna sağladığı birincil yarar ışıktır ve ışığın binalarda kullanımı geliştirilerek enerji tüketimi azaltılabilir. Güneş enerjisi gaz, sıvı ve katılar tarafından soğurularak kolaylıkla ısı enerjisine dönüştürülebilir. Elde edilen ısı, kullanım suyu ve havuz suyu ısıtması, kurutma, hacim ısıtması gibi yüksek enerji tüketilen alanlarda kullanılabilir. Ayrıca mekanik işe veya elektriğe dönüştürülerek bu ısıdan birçok alanda yararlanılabilir. Bununla birlikte, solar radyasyon aynı zamanda elektromanyetik parçacık veya foton akısı şeklinde de görülür. Güneşten yayılan fotonlar oldukça enerjetik olup, fotosentezde olduğu gibi fotoreaksiyonlar geliştirir ve yarıiletkenlerde elektronların iletilmesini sağlar. Aydınlatma dışında güneşten enerji elde etmede kullanılan iki yöntemin (ısı ve fotoreaksiyon), birkaç şekilde kombine edilebileceği göz önüne alındığında güneş enerjisinden yararlanırken dört ana uygulamadan bahsetmek mümkündür: Isıtma ve soğutma, solar termal elektrik, fotovoltaik elektrik ve solar yakıt üretimi.

Güneş Enerjisi (Isıl)

"Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biokütle enerjileri, güneş enerjisinin değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü yaratmaktadır. Fosil yakıtların da, biokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir" (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Güneş enerjisi dünyada sürekli olarak bulunan en bol enerji kaynağı olup direkt (solar radyasyon) ve endirekt (rüzgar, hidrolik, biokütle, dalga vs.) formlarda kullanımı mevcuttur. Dünya tarafından güneşten alınan yıllık enerji miktarı, uranyum dahil dünyada bulunan tüm fosil kaynakların rezervlerinden oldukça büyüktür. Bu değer aynı zamanda güneş enerjisinden türeyen hidrolik güç, rüzgar gücü ve fotosentez (biyokütle) gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yıllık toplamını gölgede bırakacak düzeydedir (Şekil 7.1.).



Şekil 7.1. Dünyadaki Enerji Kaynaklarının Potansiyellerinin Karşılaştırılması (IEA, 2011)

Güneş yaklaşık $3{,}8 \times 10^{23}$ kW gücünde bir enerji yaymaktadır. Bu miktarın sadece $1{,}8 \times 10^{14}$ kW kadar çok küçük bir bölümü 150 milyon km uzaklıktaki dünyaya ulaşır. Bu enerjinin ise yaklaşık %60'lık bir bölümü ($1{,}08 \times 10^{14}$ kW) atmosferi aşarak dünya yüzeyine varır. Geri kalan kısmı ise uzaya geri yansıtılır ve atmosfer tarafından yutulur. Eğer dünya yüzeyine ulaşan bu enerjinin sadece %0,1'i, %10 verimle elektrik enerjisine çevrilebilirse, global elektrik kapasitesi olan 3.000 GW'ın 4 katı kadar bir güç elde edilebilir. Başka bir açıdan bakıldığında, dünya yüzeyine düşen yıllık güneş radyasyonu miktarı, yıllık dünya primer enerji tüketiminin 7.500 katından fazladır.

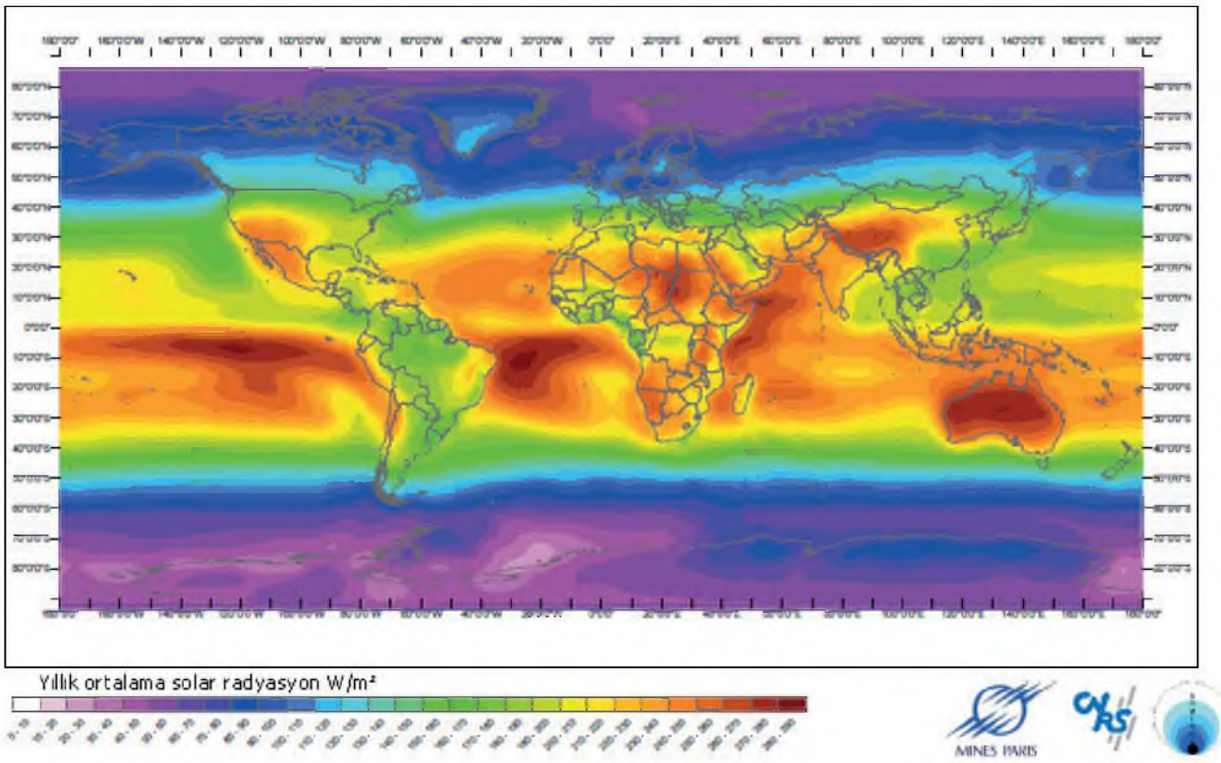
Dünyanın Güneş etrafında çizdiği yörünge eksantriktir ve aralarındaki uzaklık %1,7 kadar değişir. Güneşten neşredilen radyasyon, dünya ile bu geometrik ilişkisinden dolayı yeryüzü atmosferi öncesinde yaklaşık olarak sabittir. Buna güneş sabiti denir. Güneş sabiti, atmosfer öncesinde ışınım doğrultusuna dik birim alana birim zamanda güneşten gelen enerjidir ve ortalama güneş-dünya mesafesi için değeri 1.367 W/m^2'dir. Güneşten salınan bu enerji hem sürekli değildir hem de miktarı gün içerisinde ve mevsimlere göre değişiklik gösterir. Bu enerjinin yerküre yüzeyinde ortalaması alındığında değeri 4 kat kadar azalır. Bununla birlikte atmosferden geçerken meydana gelen kayıplar da ilave olarak dünyaya ulaşan enerjinin 2 kat kadar daha azalmasına sebep olur. Böylece dünya üzerinde yatay yüzeye gelen yıllık ortalama radyasyon akısı 170 W/m^2 seviyesine düşer.

Radyasyon akısı, dünya üzerinde konumdan konuma farklılık gösterir (Şekil 7.2.). Dünyanın bazı bölümleri, yıllık dünya ortalaması olan 170 W/m^2 seviyesinden çok daha fazla ısı akısına sahiptir. En yüksek yıllık ortalama radyasyon miktarı 300 W/m^2 ile Kızıl Deniz bölgesindedir. Bu değerin tipik örnekleri yaklaşık olarak, Avustralya'da 200, ABD'de 185 ve İngiltere'de 105 W/m2 seviyesindedir. Bu değerler, yıllık güneş kaynağının dünyanın tüm bölgeleri için hemen hemen üniform olduğunu ve ekonomik cazibeye sahip alanların en çok güneş alan bölgelerle sınırlı olmadığını göstermektedir. Kuzey Avrupa Ülkeleri bunun en güzel örneğidir (WEC, 2010).

Güneş enerjisinden ısı elde edilmesi, göreceli olarak daha kolay olup, bu alanda kullanılmak üzere oldukça fazla sayıda sistem bulunmaktadır. Sistem seçimi genellikle nihai kullanıcının ihtiyaç duyduğu sıcaklık değerine bağlıdır. Güneş ışınlarını ısı olarak yakalayan cihazlar esas olarak güneş ışınlarına alıcı bir yüzey sunarlar. Güneş ışını absorbsiyonu bu yüzeyleri ısıtır. Daha fazla ışın absorbe etmek için tercih edilen renk siyahtır. Saydam örtüsüz toplayıcı adıyla da bilinen en basit güneş toplayıcısı sistemi, genellikle yüzme havuzlarının sularının ısıtılması için kullanılan sadece siyah hortumlardan oluşan bir sistem olup Avustralya, Kanada ve ABD'de yaygın olarak kullanılmaktadır(IEA, 2011).

Daha yüksek sıcaklık uygulamaları için genel olarak saydam örtülü ve örtüsüz düzlemsel kolektörler ile vakum tüpleri kullanılır. Düzlemsel güneş kolektörleri en çok, evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır. Gelişmiş düzlemsel kolektörlerde çalışma sıcaklıları 100°C- 160°C arasında değişir. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka (soğurucu yüzey), arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur (Şekil 7.3.). Absorban plakanın yüzeyi genellikte koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kolektörler, yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşımlı ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su üretiminde kullanılır[33].

[33] Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, Erişim Tarihi: 10 Mart 2013.



Şekil 7.2. Dünya Solar Radyasyon Akısının Bölgesel Değişimi, 1990-2004 Ortalaması[34]

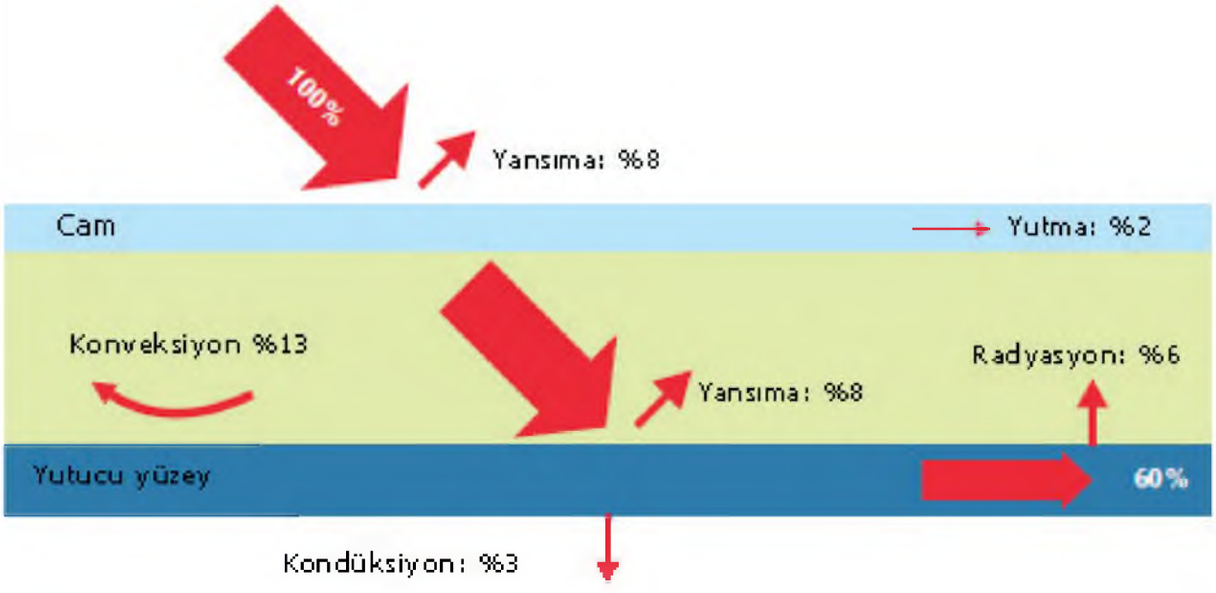


Şekil 7.3. Düzlemsel Güneş Kolektör Kesiti

[34] Dünyada Yıllık Ortalama Solar Radyasyon Akısı, http://www.soda-is.com/eng/map/maps_for_ free.html# monde, Erişim Tarihi: 25 Mart 2013.

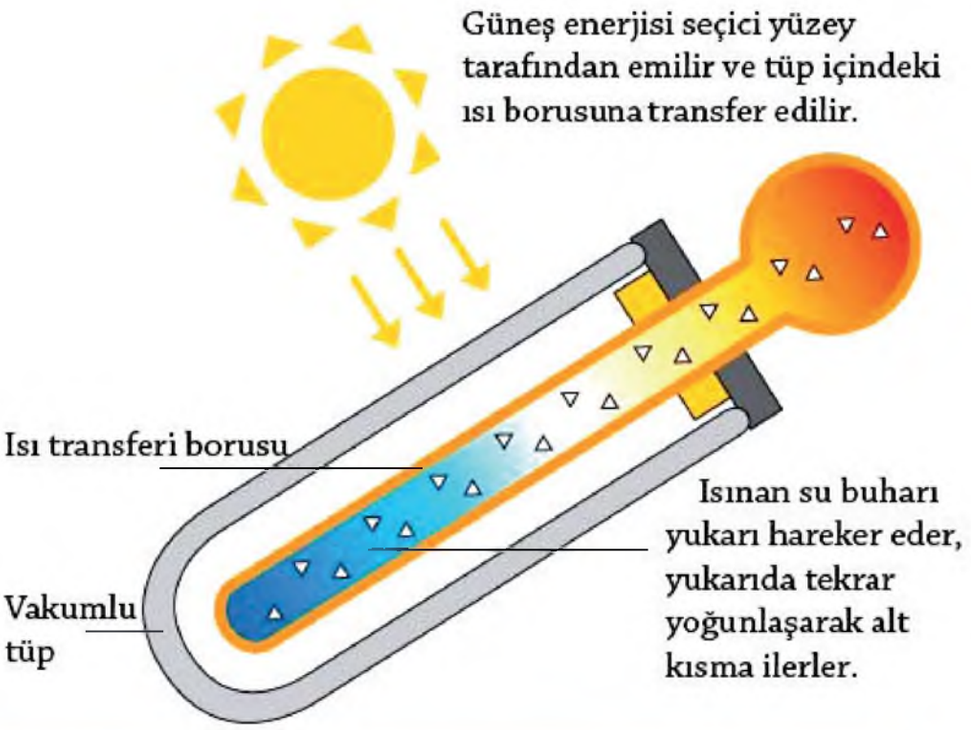
Düzlemsel güneş kolektörlerinin verimini arttıran en önemli parametre, güneş ışınlarını ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısıyı akışkana aktaran yutucu yüzeydir. Yutucu yüzeye yapılan seçici yüzeyli kaplama ile kolektör veriminde artış sağlanmaktadır. Seçici yüzeyli kaplamalarda temel amaç, kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakın kısmının yutulması buna karşılık uzun dalga boylu ışınım yayıcılığının en aza indirilmesidir. Böylece plaka sıcaklığı daha fazla artırılarak akışkana daha fazla ısı iletimi sağlanır. Seçici yüzeyler sıcaklık yükseldikçe daha az ışınım yayarlar, dolayısıyla kolektör verimi yükselir. Yüksek verimli kolektörlerin imalatında en önemli faktör kolektörün temelini oluşturan yutucu plakaların, güneşten gelen radyasyonu yutması buna karşılık ısınan yüzeyin geriye enerjiyi yaymamasıdır (Şekil 7.4.).

Orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında vakum tüplü kolektörler ile odaklayıcı kolektörlerden yararlanılır (Şekil 7.5.). Vakum tüplü güneş kolektörlerinin düzlemsel kolektörlere nazaran daha pahalı olmasına karşın, daha verimli oldukları ispatlanmıştır. İç içe geçmiş olan tüplerin arasındaki havanın emilmesi (vakumlanarak) ile yüksek sıcaklıkta ağız kısmı birleştirir. İç tüpün içerisinde bakır bir boru yer alır, boru içerisinde iletkenliği yüksek bir sıvı ile borulardan emilen enerji manifolda, oradan da depoya gönderilir. Vakum tüplü kolektörlerde akışkan çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100- 120°C), bu sistemler düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler. Vakum tüplü bir kolektörün kullanıldığı sıcak su sisteminin şematik resmi Şekil 7.6'da verilmiştir.



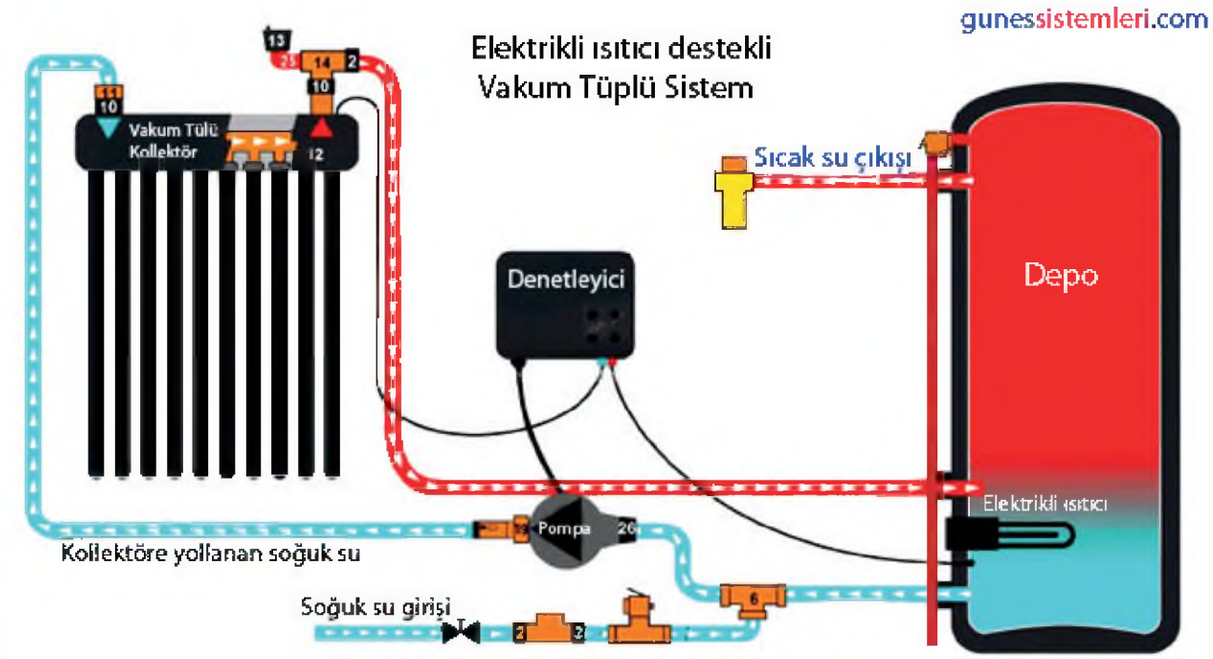
Şekil 7.4. Düzlemsel Kolektörlerde Optimum ve Termal Kayıplar (IEA, 2011)

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için odaklayıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Odaklayıcı kolektörlerde çalışma sıcaklıkları 2.500°C'ye kadar çıkmaktadır. Bu kolektörler çizgisel ve noktasal odaklayıcılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Her iki sistemde de genellikle buhar üretimi amaçlanır. Elde edilen buhar ya doğrudan proses ısısı olarak, ya da elektrik üretimi için kullanılır. Orta sıcaklık uygulamalarında çizgisel odaklayıcılardan, daha yüksek sıcaklık uygulamalarında ise noktasal odaklamadan yararlanılır (Şekil 7.7.). Yoğunlaştırılmış güneş güç santralleri (CSP), birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kolektörler bakımından farklılık gösterirler.

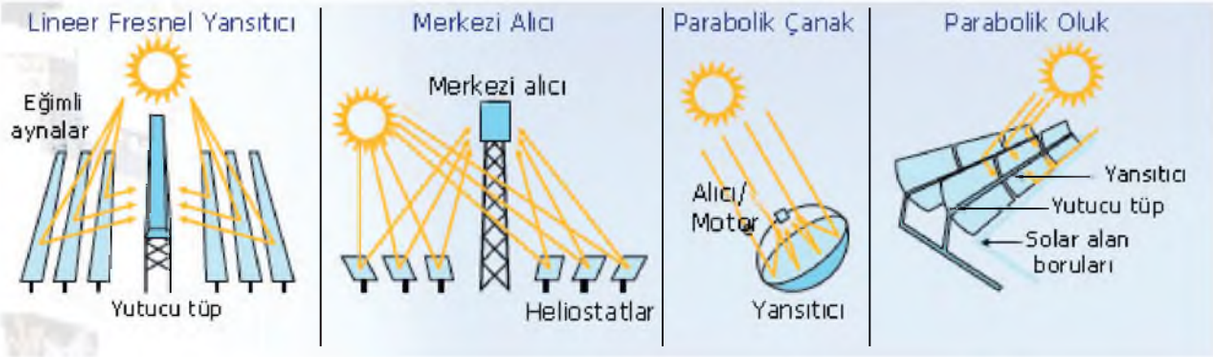




Şekil 7.5. Vakum Tüplü Güneş Kolektörü



Şekil 7.6. Vakum Tüplü Güneş Kolektörlü Bir Sıcak Su Isıtma Sistemi[35]



Şekil 7.7. Odaklayıcı Kolektörlerin Çalışma Prensipleri

Toplama elemanı olarak parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kolektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılır (Şekil 7.8). Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilir. Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir. Bu kolektör teknolojisi, güneşten termal elektrik üretiminde en gelişmiş teknoloji olup günümüz ticari santral uygulamalarında ekseriyetle bu teknolojiden yararlanır.

[35] Vakum Tüplü Güneş Enerji Sistemleri, www.gunessistemleri.com, Erişim Tarihi: 04 Mart 2013.



Şekil 7.8. Parabolik Oluk Güneş Kolektörleri

Doğrusal Fresnel Oluk Teknolojisinde, parabolik oluk teknolojisinde olduğu gibi doğrusal yoğunlaştırma yapılır (Şekil 7.9.). Parabolik oluktan farkı ise alıcı sabit bir yükseklikte olup yansıtma işlemi güneşi takip edebilen sıra sıra dizilmiş düz aynalarla gerçekleştirilir. Sistemde bulunan alıcı (receiver) yansıtıcı aynalardan yaklaşık 10 m yüksekte bulunur. Bu yükseklik, optik verimin parabolik oluk kolektörlere göre düşük olmasına neden olmaktadır. Çünkü yansıma kayıpları, ışınımın dağılması nedeniyle oldukça fazladır. Buna bağlı olarak termik verim de düşük olmaktadır.



Şekil 7.9. Doğrusal Fresnel Oluk Kolektörleri

İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan noktasal odaklayıcı sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba ayrılır. Parabolik çanak kolektörler iki eksende güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırırlar (Şekil 7.10.). Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemler arasında en verimli olanı bu sistemlerdir. Parabolik çanak sistemleri boyut bakımından sınırlı olup (genellikle onlarca kW veya daha küçük) her biri bağımsız bir şekilde elektrik üretir. Bu nedenle büyük ölçekli bir santral kurulması için kolektörlerden yüzlercesinin ya da binlercesinin birlikte konumlandırılması gerekmektedir. Merkezi alıcı ya da güneş kulesi adıyla bilinen sistemlerde ise, tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiş ve alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtır (Şekil 7.11.). Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanır.



Şekil 7.10. Parabolik Çanak Kolektörleri



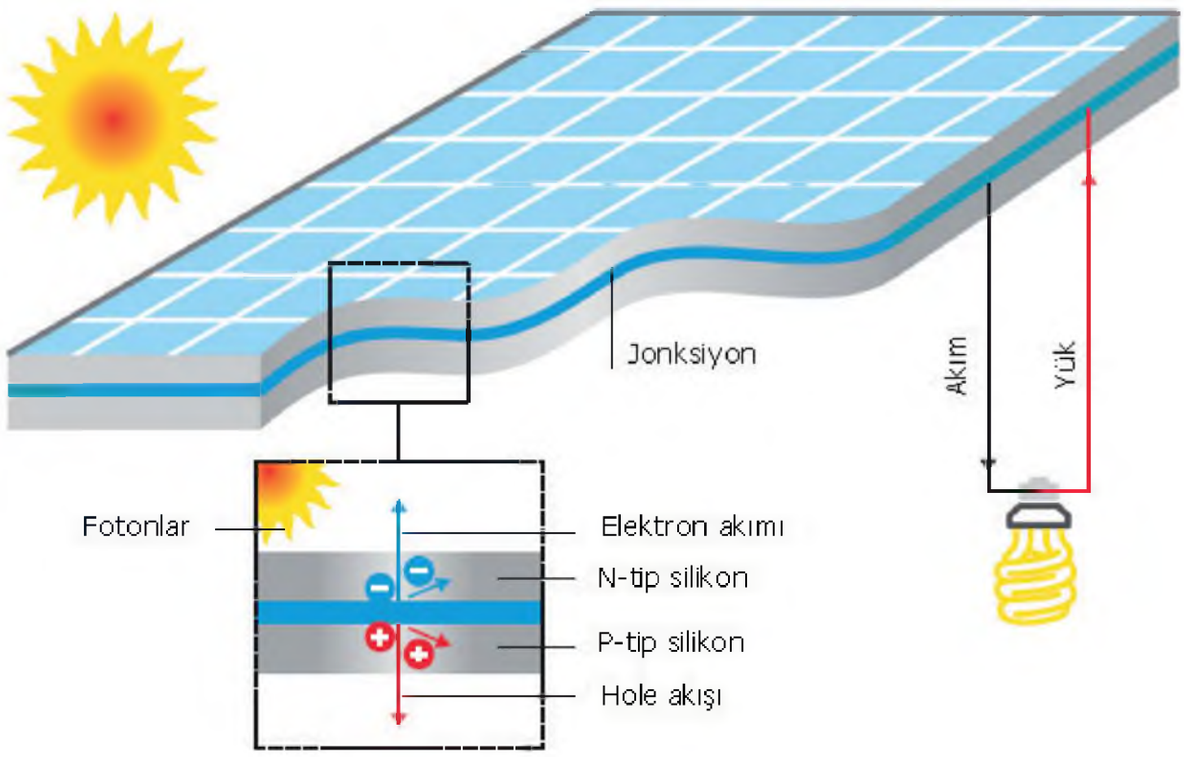
Şekil 7.11. 17 MW Gücündeki Gemasolar Güneş Kulesi Güç Santrali

Fotovoltaik (PV)

Elektrik üreten solar paneller (PV) güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür (Şekil 7.12). PV sistemler güneş radyasyonunu elektrik enerjisine dönüştürmede hücreler kullanır. Hücre bir veya iki tabakalı bir yarı-iletken materyalden oluşur. Güneşten yayılan fotonlar oldukça enerjetik olup, fotosentezde olduğu gibi fotoreaksiyonlar geliştirir ve yarıiletkenlerdeelektronların iletilmesini sağlar. Işık, hücre üzerine geldiğinde tabakalar boyunca elektrik akımı üreten bir elektrik alanı oluşur. Işık yoğunluğu ne kadar büyük ise o kadar büyük elektrik akımı meydana gelir (Şekil 7.13).



Şekil 7.12. Fotovoltaik Hakkında Genel Bilgiler



Şekil 7.13. Fotovoltaik Etki (IEA, 2011)

PV hücrelerinde kullanılan en yaygın yarı iletken materyal kumdan elde edilen silikondur. Ham madde olarak silikon dünyada bolca bulunmaktadır. PV sistemleri bulut durumunda dahi elektrik üretir. Az bulutlu günlerde bile güneş ışığının yansıması nedeni ile tam açık günlere göre daha fazla elektrik üretilebilir. Geleneksel yakıt seçenekleri ile karşılaştırıldığında elektrik üretiminde PV hala çok küçük bir paya sahiptir. Bununla beraber, artan sayıda kişiler, şirketler ve kurumlar çevresel, ekonomik gelişme, yedekleme, yakıt ve risk çeşitlemesi ve ekonomik nedenlerle PV teknolojisini seçmektedir. Konutlar veya işyerleri için PV ekonomikliği sadece güneş kaynağınadeğil, eş zamanlı olarak güneş kaynağına, elektrik fiyatına ve teşviklere bağlıdır [36].

PV sisteminin en önemli parçası olan hücreler birçok alternatif teknoloji ile üretilebilmektedir. Birbirlerine göre fiyat ve performans açısından avantajlara sahip bu teknolojiler, farklı oranlarda dünya piyasalarında kendilerine yer bulabilmektedir. Kristal tabanlı PV teknolojisi, günümüz PV pazarında en çok yer alan teknolojidir. İnce film PV modülleri daha düşük verimli olmalarına karşılık, düşük maliyet avantajına sahiptir.

Fotovoltaik teknoloji çeşitleri genel olarak 3 nesilde sınıflandırılmaktadır (DEK-TMK, 2012):

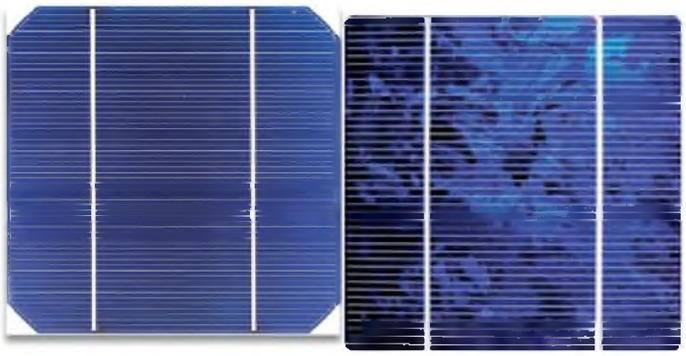
Birinci nesil (Dilim tabanlı)
- o Tek kristal dilim teknolojisi (c-Si, Czochralski)
- o Çoklu kristal dilim teknolojisi (mc-Si, döküm)

[35] T.Ç. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 12 Temmuz 2013.

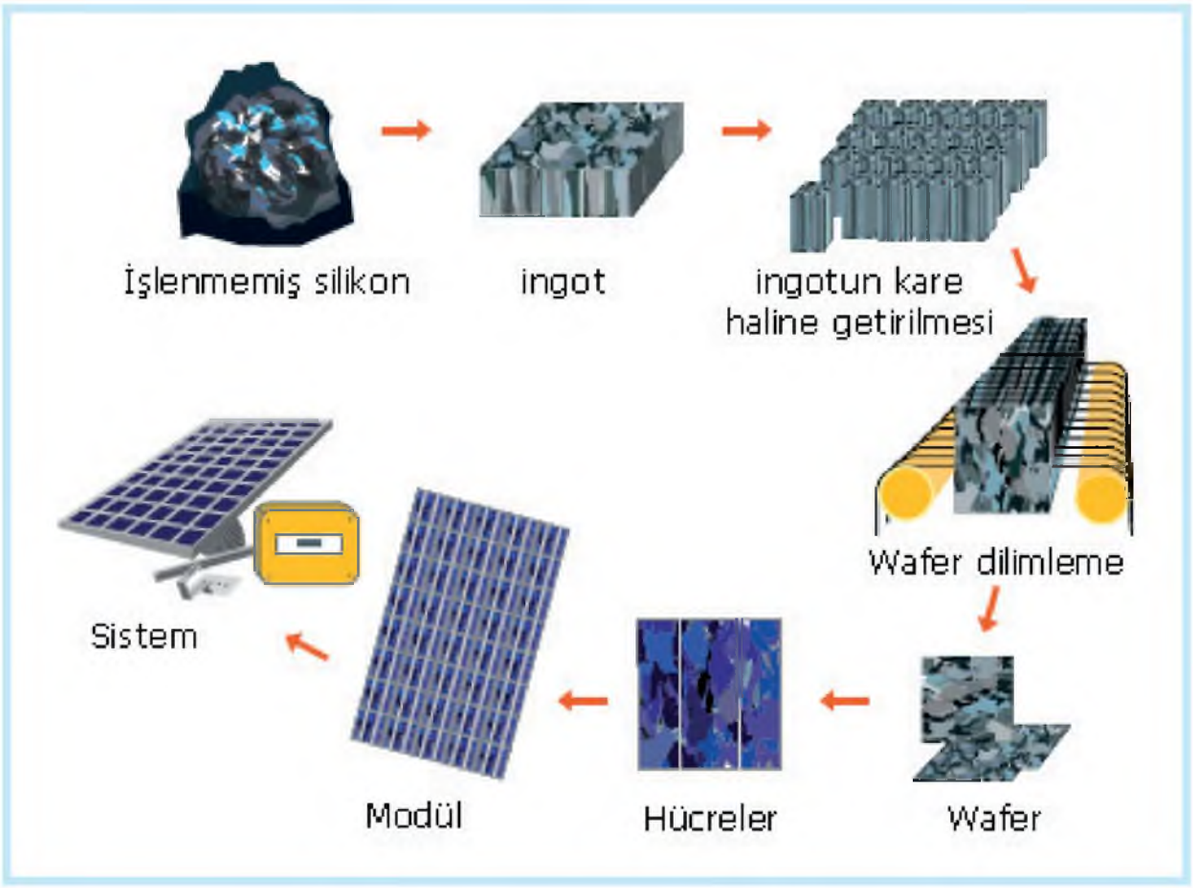
İkinci nesil (İnce film)
- o İnce film silisyum TFSi (a-Si:H, a-SiGe, μ-Si)
- o Kadmiyum Tellür (CdTe)
- o Bakır-İndiyum/Galyum diSelenid/disülfit I, III, IV bileşikleri (CIGSS)

Üçüncü nesil (Yeni ve gelişmekte olan teknolojiler)
- o Çok kristalli hücreler (pc-Si)
- o Nanokristal hücreler (nc-Si)
- o Termofotovoltaik (TPV)
- o Boya duyarlaştırıcılı hücreler (DSSC)
- o Farklı eklem hücreler (HIT)
- o Kuantum nokta/kuyu/boru hücreler

Kristal silikon teknoloji: Monocrystalline, Multicrystalline ve Ribbon-sheet olmak üzere üç ana tip kristal silikon teknoloji vardır (Şekil 7.14). Verimlilik %12 – 17 arasındadır. PV sektöründeki %90'lık pazar payı ile en yaygın teknoloji olan kristal silikon teknolojisi ile üretilen sistemlerin üretim aşamaları Şekil 7.15'te verilmiştir.



Şekil 7.14. Mono Kristal (Solda) ve Poli Kristal (Sağda) Silisyumdan Üretilmiş Hücreler



Şekil 7.15. Kristal Yapılı Fotovoltaik Sistemin Üretim Aşamaları[37]

Ticari PV teknolojilerinin performansları ve PV sistemler için anahtar veriler Tablo 7.1 ve 7.2'de özetlenmiştir.

[37] Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, Erişim Tarihi: 8 Şubat 2013.

Tablo 7.1. Ticari PV Teknolojilerinin Performansı (IEA, 2013)

	Hücre verimi (%)	**Modül verimi (%)**	**Maksimum ticari ve laboratuar verimi (%)**	**Alan/kW (m^2/kW)**	**Kullanım ömrü (yıl)**
Kristal Silikon (c-Si)					
Tekli kristal	16-22	13-19	22 (24,7)	7	25 (30)
Çoklu kristal	14-18	11-15	20,3	8	25 (30)
İnce film (TF)					
a-Si	4-8		7,1 (10,4)	15	25
a-Si/µc-Si	7-9		10 (13,2)	12	25
CdTe	10-11		11,2 (16,5)	10	25
CI(G)S	7-12		12,1 (20,3)	10	25
Boya esaslı organik	2-4		4 (6-12)	10 (15)	-
Optik yoğunlaştırıcılı (CPV)	-	20-25	> 40	-	-

Tablo 7.2. PV Sistemleri İçin Anahtar Veriler- Özet Tablo (IEA, 2013)

Teknik Performans	**Tipik uluslararası güncel değer ve aralıklar**					
Güncel PV teknolojileri	**Kristal silikon**		**İnce film**			**CPV**
	sc-Si	**mc-Si**	**a-Si/m-Si (m-SiGe)**	**CdTe**	**CI(G)S**	
Maksimum (rekor) hücre verimi, %	22 (24,7)	18 (20,3)	10 (13,2)	11,2 (16,5)	12,1 (20,3)	(> 40)
Maksimum modül verimi, %	19-20	15-16	9	-	-	-
Ticari hücre verimi, %	13-19	11-15	7-9	10-11	7-12	20-25
Alan kullanımı, m^2/kW	6-8	7-9	11-15	9-10	9-15	-
Ömür, yıl	25-30		25			-
Enerji geri ödeme süresi, yıl	1-2		1-1,5			-
Kullanılan malzeme, g/kW	5-7		-			-
Dilim kalınlığı, µm	<180-200		-			-
Pazar payı, %	~85		~15			-
Tipik boyutu (kapasitesi), kW	Binalar <10kWp Ticari <100kWp Endüstri 100kWp-1MWp Hizmet >1MWp					
Toplam kümülatif kapasite	1,4GW (2001) 23GW (2009) 40GW (2010) 70GW (2011)					
Yıllık kurulu güç	2,8GW (2007) 5,9GW (2008) 7,2GW (2009) 15GW (2010) 30GW (2011)					
Kapasite faktörü	**%9-16 (En uygun sahalarda) yıllık elektrik üretimine bağlı olarak**					
CO_2 emisyonu, gCO_2/kWh	Sadece üretim esnasında meydana gelir, emisyon **aralığı** 12-25 gCO_2/kWh					
Önlenen CO_2 emisyonu	~600 gCO_2/**kWh (Gelişmiş ülkelerde elektrik karışımına bağlı olarak)** 900 gCO_2/kWh'ye kadar (Kömüre dayalı elektrik üretimi yapılan ülkelerde)					

Tablo 7.2. Devamı

Teknolojisine göre maliyetler	**Tipik uluslararası güncel değer ve aralıklar (2012 USD, 1EUR=1,3USD)**				
	Kristal silikon	**İnce film**			**CPV**
	c-Si	**a-Si/μ-Si; (μ-SiGe)**	**CdTe**	**CI(G)S**	
Modül maliyeti, $/kW (2012)*	880-1140	650-750	770-1000 (1500)	770-1000 (1500)	3100-4400
Sistem balansı maliyeti, $/kW (2012)	820-**1660 (Dünya ortalaması için en uygun değer)**				
İşletme ve bakım maliyeti	Yatırım maliyetinin yıllık %1'i				
Tipik arıza maliyeti	PV Modül %50-**60 (İnce film, c-Si); İnvertör %10**-11; Sistem balansı ve kurulum %23-32				
Uygulama türü	Bina sistemleri		Ticari sistemler		Hizmet sektörü
Sistem maliyeti, $/kW	2200-4500		1900-2500		1700-2100
Elektrik maliyeti**, $/MWh	190-200***		130-160****		100-150*****
Maliyet projeksiyonları 2016	Bina sistemleri		Ticari sistemler		Hizmet sektörü
Modül maliyeti, $/kW	920 (c-Si) – **950 (İnce film)**				
Sistem balansı maliyeti, $/kW	1200-1600 (Dünya ortalaması)				
Elektrik maliyeti $/MWh	150		110-130		80-140
Pazar payı projeksiyonu	2030				2050
Global elektrik payı, %	%2-3,3 (IEA,2012); %4,9-5,7'den %7,8-9,1'e kadar (EPIA,2012)				%17-21 (EPIA,2012)

*** Kaynaklar: www. Sologico.com – 2012; Photon Consulting 2012.**

**** 25 yıllık çalışma ömrü, %10 faiz oranı, yatırım maliyetinin yıllık %1'i kadar bakım ve onarım maliyeti ön görüldüğünde.**

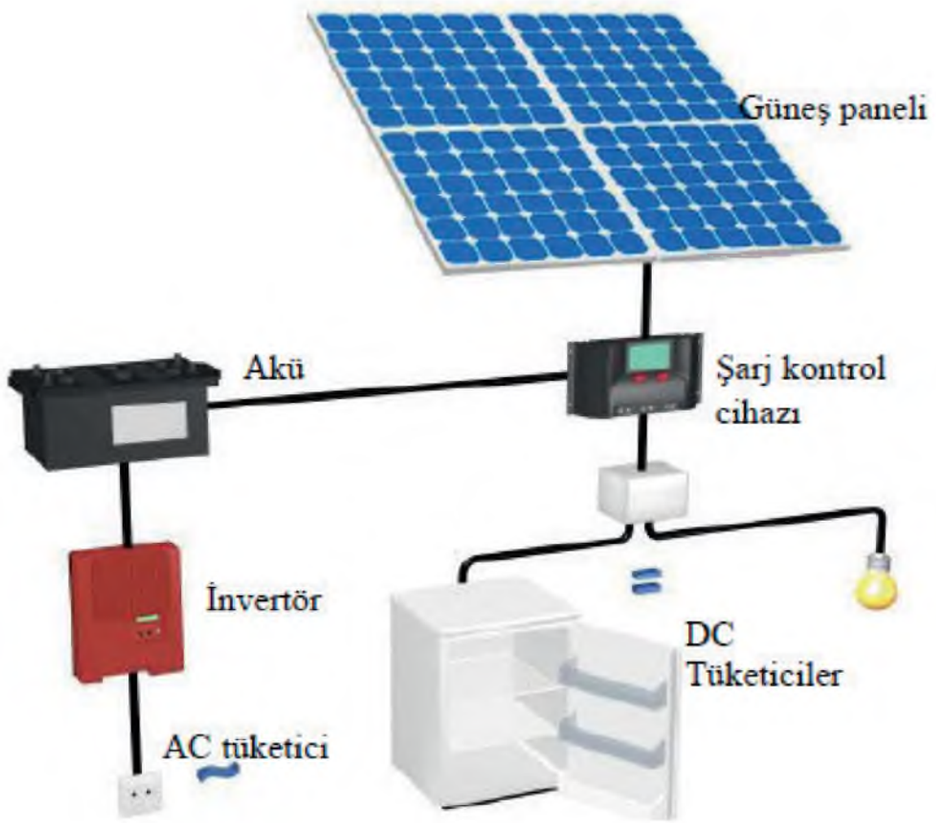
***** ABD ve Japonya Piyasalarına göre.**

****** İtalya ve Almanya Piyasalarına göre.**

******* Çin ve ABD Piyasalarına göre.**

PV Sistemleri

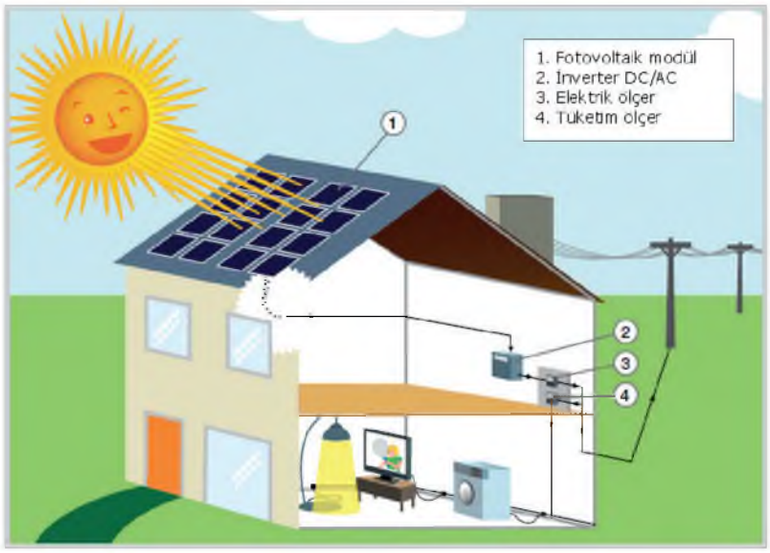
PV panelleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemlerde yeterli sayıda PV modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Basit bir PV sisteminin temel elemanları Şekil 7.16'da verilmiştir (Grozdev, 2010).



Şekil 7.16. PV Sisteminin Temel Elemanları (Grozdev, 2010)

Şebeke-bağlantılı konut sistemleri : Gelişmiş bölgelerde konutlar ve işyerleri için kullanılan en yaygın tiptir. Yerel şebekeye bağlantı üretilen fazla elektriğin yerel elektrik kurumuna satılmasını sağlar. Güneş yok iken elektrik üretilememesi durumunda şebekeden elektrik alınmasını mümkün kılar. Bir invertör ile DC akımı AC akıma çevrilir (Şekil 7.17).

Şebeke-bağlantılı güç sistemleri: Tek bir noktada büyük miktarda elektrik üreten şebeke bağlantılı sistemlerdir. Bu tür sistemlerin ölçekleri birkaç yüz kW ile birkaç MW arasındadır. Bu tür uygulamaların bazıları havaalanı terminali veya demiryolu istasyonu gibi endüstriyel binalarda yapılır. Günümüzde şebeke bağlantılı PV uygulamaları daha büyük bir pazar payına erişmiştir.



Şekil 7.17.Şebekeye Bağlı Bir Ev Fotovoltaik Sistem Uygulama Örneği

Kırsal kesimlerde şebeke-bağlantısız sistemler: Elektrik olmayan bu tür bölgelerde sistem bir kontrol birimi üzerinden bir aküye bağlanır. Bu sistemler tek bir evin ihtiyacı için küçük bir sistem veya birkaç ev için küçük bir şebeke üzerinden elektrik sağlayan daha büyük bir sistem olabilir.

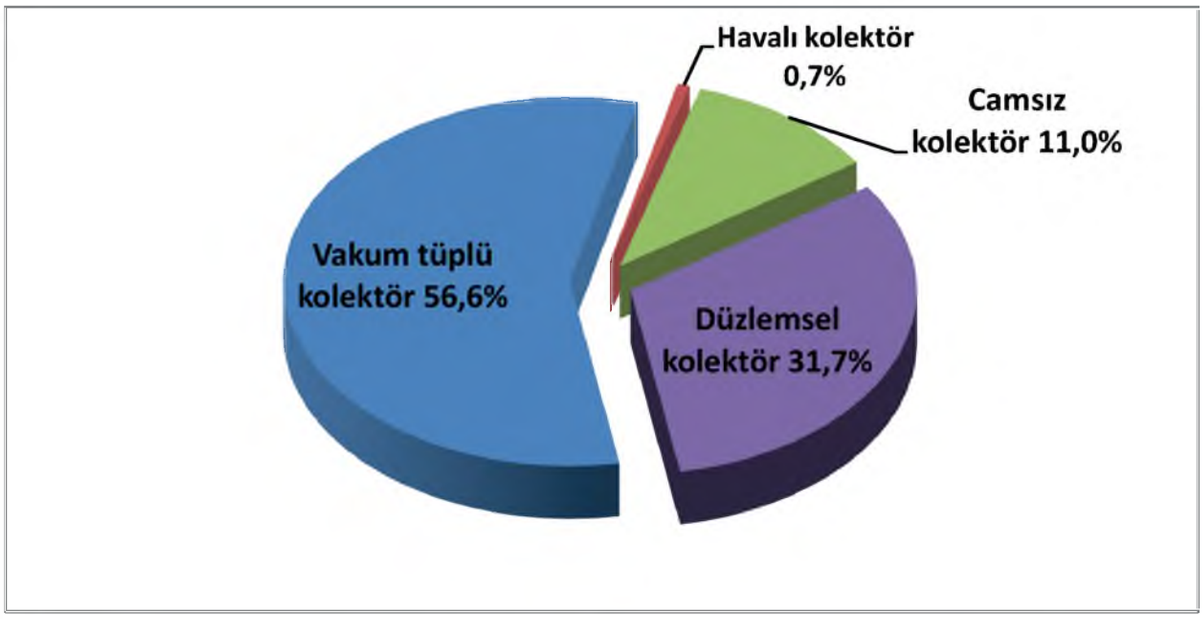
Hibrit sistemler: Bir güneş sistemi sürekli bir elektrik arzı sağlamak üzere bir biokütle jeneratör, bir rüzgar türbini veya dizel jeneratör gibi diğer bir güç kaynağı ile birlikte çalıştırılabilir. Bir hibrit sistem şebeke bağlantılı veya bağlantısız olabilir.

Diğer PV uygulamaları:PV sistemi saat, hesap makinesi, oyuncak, pil şarjı, araç tavanları gibi günlük elektrikli aletlerde kullanılır. PV sistemleri karayolu işaret levhaları, sulama fiskiyesi, telefon kutusu, ışıklandırma gibi diğer alanlarda da kullanılır.

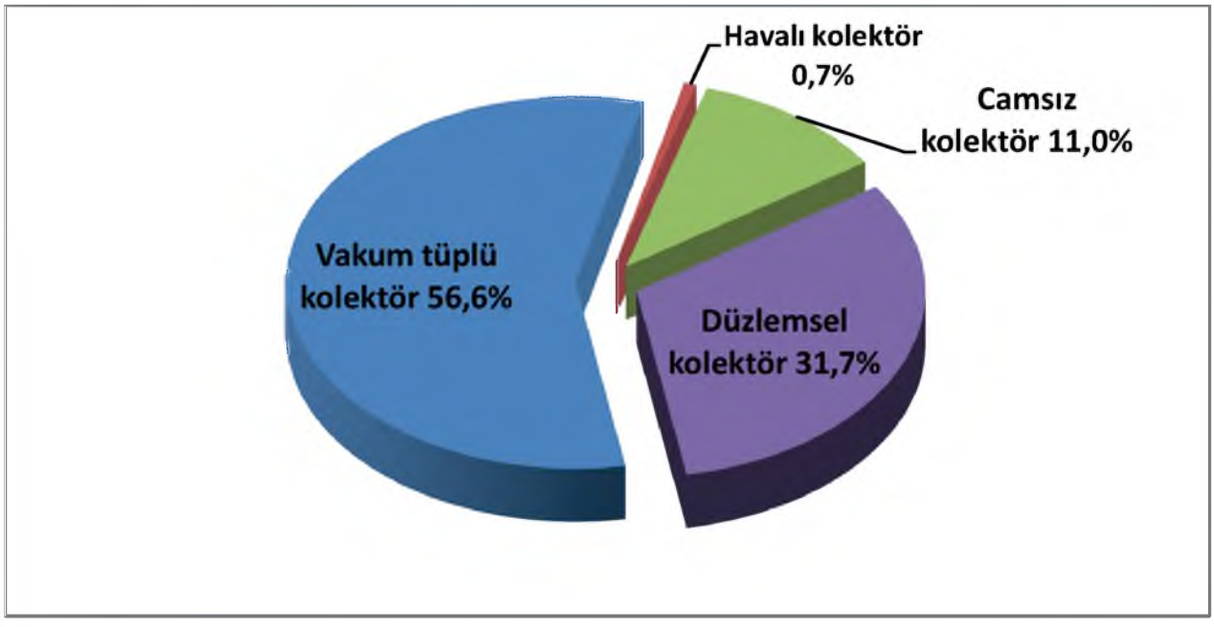
7.1. Dünyada Güneş Enerjisi

7.1.1. Güneş Enerjisi (Isıl)

Güneş ısıl uygulamaları arasında düşük sıcaklık uygulamalarının, dünya genelinde en çok tercih edilen uygulama olduğu bilinmektedir. Bunun temel nedenleri arasında, bu sistemlerin yapılarının basit olması, kurulum ve işletmesinin kolay olması, düşük ilk yatırım maliyeti nedeniyle geri ödeme süresinin kısalığı sayılabilir. Dünyada 2010 yıl sonu itibariyle kullanılan kolektör türlerinin oransal dağılımı Şekil 7.18'de verilmiştir. Buna göre vakum tüplü kolektörler %56,6 ile ilk sırada yer almaktadır. Bunu %31,7 ile düzlemsel kolektörler ve %11 ile saydam örtüsüz (camsız) kolektörler izlemektedir. Havalı kolektörlerin ise %0,7'lik kullanım oranıyla fazla tercih edilmediği görülmektedir. Dünyada 2010 yılında yeni kurulan kolektör türlerinin oransal dağılımı Şekil 7.19'da verilmiştir. Buna göre vakum tüplükolektörler %77,8 ile ilk sırada yer alırken, düşük sıcaklık uygulamalarında bu tür kolektörlere olan ilginin artmış olduğu söylenebilir. Bununla birlikte düzlemsel kolektörlere olan ilgi ise azalma eğiliminde olup 2010 yılında yeni kurulan kolektörlerin sadece %17,9'u bu türdendir.

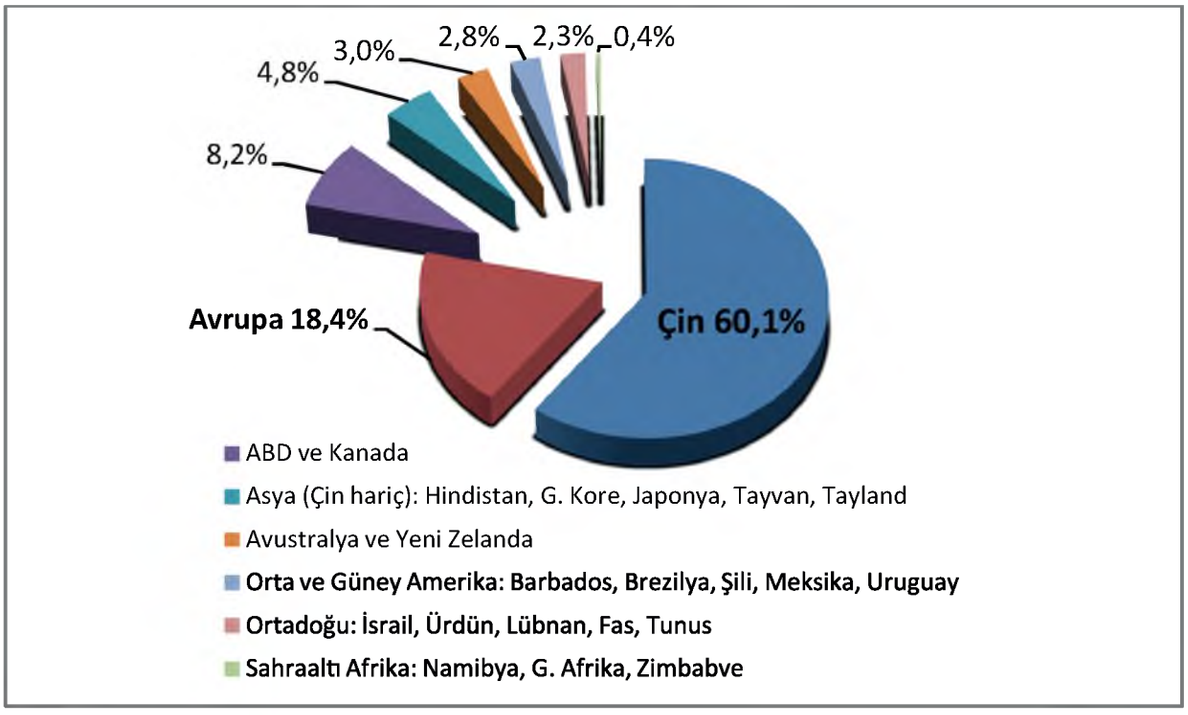


Şekil 7.18. 2010 Yılı İtibariyle Dünyada Kullanılan Toplam Kolektör Türlerinin Oransal Dağılımı (IEA-SHC, 2012)



Şekil 7.19. Dünyada 2010 Yılında Yeni Kurulan Kolektör Türlerinin Oransal Dağılımı (IEASHC, 2012)

Dünyada bulunan 55 ülkede işletmede olan kurulu güç 2010 yıl sonu itibariyle 195,8 GW_{th} ve buna karşılık gelen toplam kolektör alanı da 279,7 milyon m^2'dir. Bu 55 ülke 4,2 milyarlık toplam nüfusu ile dünya nüfusunun %61'ini, dünya genelinde kurulu olan güneş ısıl sistem kapasitesinin ise %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Bu 55 ülkede kurulu olan güneş ısıl sistem kapasitesinin büyük çoğunluğu Çin (117,6 GW_{th}) ve Avrupa'da (36,0 GW_{th}) bulunmakta olup her ikisi birlikte toplam kurulu gücün %78,5'ini oluşturmaktadır. Geri kalan kapasite ise ABD ve Kanada (16,0 GW_{th}), Çin dışındaki Asya ülkeleri (9,4 GW_{th}), Avustralya ve Yeni Zellanda (6 GW_{th}), Orta ve Güney Amerika (5,5 GW_{th}), ortadoğu ülkelerinden İsrail, Ürdün, Lübnan, Fas ve Tunus (4,4 GW_{th}) ve Sahraaltı Afrika ülkelerinden Namibya, Güney Afrika ve Zimbabve (0,8 GW_{th}) arasında paylaşılmaktadır (Şekil 7.20).



Şekil 7.20. Dünyada 2010 Yıl Sonu İtibariyle Kurulu Olan Havalı ve Sulu Toplayıcıların Yüzdesel Dağılımı (IEA-SHC, 2012)

Güneş kolektör kapasitesi bakımından dünya üzerinde ağırlığı bulunan 55 ülkedeki toplam kapasite 195,8 GW_{th} (279,7 milyon m^2)'dir (Tablo 7.3 ve 7.4). Bunun 62,1 GW_{th}'lık bölümünü düzlemsel (88,8 milyon m^2), 111 GW_{th}'lık bölümünü vakum tüplü (158,5 milyon m^2), 21,5 GW_{th}'lık bölümünü saydam örtüsüz (camsız) sulu (30,7 milyon m^2) ve 1,3 GW_{th}'lık (1,8milyon m^2) bölümünü de örtülü ve örtüsüz havalı kolektörler oluşturmaktadır. Toplam kolektör alanına göre ilk sırada yer alan ülke 168.000.000 m^2 ile Çin'dir. Bunu, 21.880.949 m^2 ile ABD, 13.753.764 m^2 ile Almanya ve 13.318.659 m^2 ile Türkiye izlemektedir. Çin, aynı zamda 154.502.409 m^2'lik vakum tüplü ve 13.497.591 m^2'lik sulu düzlemsel kolektör alanıyla her iki kolektör türünde de dünyada ilk sırada yer almaktadır. En yüksek saydam örtülü havalı kolektör kapasitesine sahip ülke Japonya (484.226 m^2),en yüksek saydam örtüsüz havalı kolektör kapasitesine sahip ülke İsviçre'dir (867.000 m^2). Saydam örtüsüz sulu kolektör kapasitesi en yüksek ülke ise 13.552,8 m^2'lik kolektör alanı ile ABD'dir (Tablo 7.4).

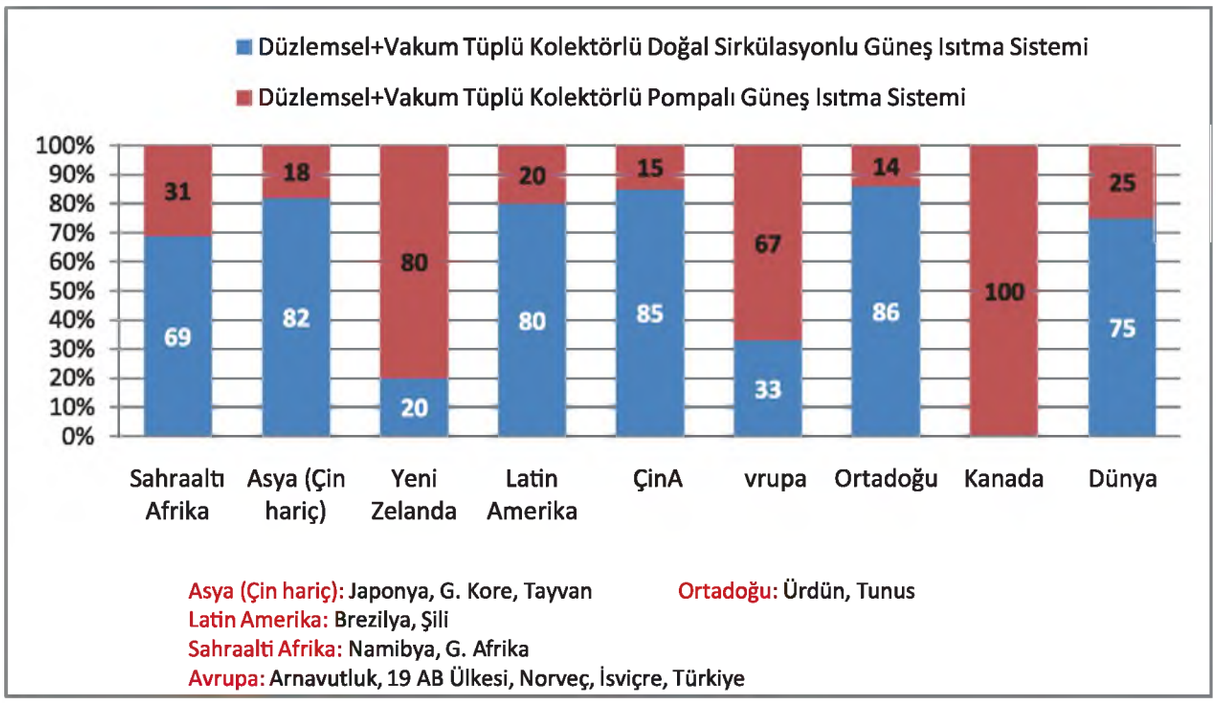
Tablo 7.3. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Kurulu Kolektör Kapasitesinin Ülkelere Göre Dağılımı (IEA-SHC, 2012)

Ülke	Sulu Kolektörler			Havalı Kolektörler*		TOPLAM (MW_{th})
	Camsız	Düzlemsel	Vakum tüplü	Camsız	Camlı	
Arnavutluk		54,0	0,4			54,4
Avustralya	3.780,0	1.964,1	76,8			5.820,9
Avusturya	419,6	2.724,6	46,5	0,5		3.191,3
Barbados		92,2				92,2
Belçika	32,8	198,7	22,9			254,5
Brezilya	894,0	3.384,0				4.278,0
Bulgaristan		32,3	0,5			32,7
Kanada	459,5	33,4	12,9	214,6	3,2	723,7
Şili		19,7				19,7
Çin		9.448,3	108.151,7			117.600,0
Kıbrıs	2,4	626,9	6,9			636,1
Çek Cumhuriyeti	105,0	174,8	40,8			320,6
Danimarka	14,4	365,3	5,7	2,3	12,6	400,2
Estonya		1,4	0,6			2,0
Finlandiya	8,2	21,1	3,0			32,4
Fransa	62,4	1.490,9	44,7			1.598,0
Almanya	445,9	8.233,2	925,0		23,5	9.627,6
Yunanistan		2.849,5	11,4			2.860,9
Macaristan	5,7	83,8	21,1	0,6	0,2	111.3
Hindistan		2.413,2	365,8		11,4	2.790,4
İrlanda	0,3	71,8	34,0			106,1
İsrail	20,9	2.896,5		0,3		2.917,8
İtalya	30,6	1.562,5	220,8			1.813,9
Japonya		3.645,5	65,2		339,0	4.049,6
Ürdün	4,2	538,3	153,0			695,5
Güney Kore		1.096,4				1.096,4
Letonya		4,9	0,2			5,1
Lübnan		243,8				243,8
Litvanya		3,0	0,2			3,2
Lüksemburg		19,6	2,0			21,6
Makedonya		17,5	0,5		0,003	18,0
Malta		22,5	7,9			30,4
Meksika	463,5	500,1	108,8		5,6	1.078,0
Fas		238,9				238,9
Namibya		14,5	0,9			15,4
Hollanda	277,5	283,4	7,0			567,9
Yeni Zellanda	4,9	100,1	6,8			111,8
Norveç	1,4	10,1	0,7		0,7	13,0
Polonya		356,9	102,2			459,1
Portekiz	1,7	512,2	13,8			527,7
Romanya		65,8	11,2			77,0
Slovakya		84,5	10,5			95,0
Slovenya		105,5	9,1			114,6
Güney Afrika	562,6	231,7	20,1			814,4
İspanya	85,4	1.540,4	96,3			1.722,0
İsveç	98,0	171,5	39,9			309,4
İsviçre	149,0	521,6	35,1	606,9		1.312,6
Tayvan	0,1	1.379,2	52,8			1.432,1
Tayland		64,0				64,0
Tunus		319,3	23,5			342,8
Türkiye		**9.323,1**				**9.323,1**
Birleşik Krallık		307,8	87,5			395,3
ABD	13.552,8	1.647,5	64,9		51,5	15.316,7
Uruguay		8.5				8,5
Zimbabve		12,6	0,2			12,7
TOPLAM	**21.482,7**	**62.132,6**	**110.911,7**	**825,2**	**447,8**	**195.800,0**

Tablo 7.4. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Kurulu Kolektör Alanlarının Ülkelere Göre Dağılımı (IEA-SHC, 2012)

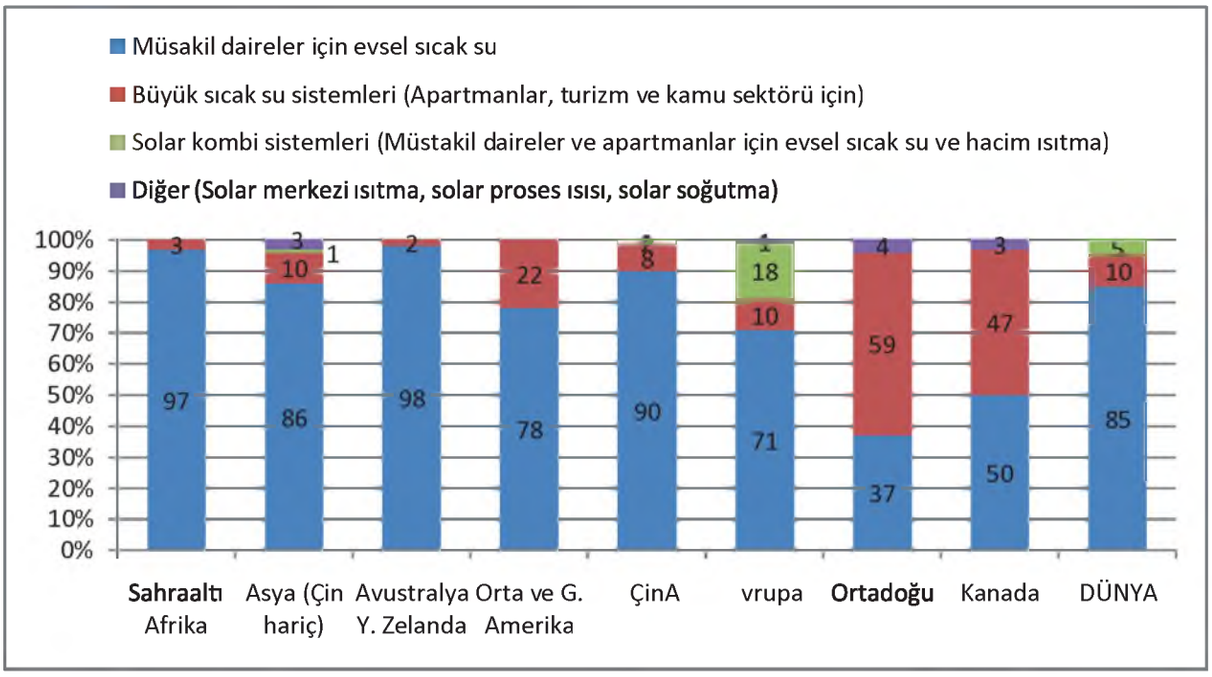
Ülke	Sulu Kolektörler*			Havalı Kolektörler*		TOPLAM (m^2)
	Camsız	Düzlemsel	Vakum tüplü	Camsız	Camlı	
Arnavutluk		77.185	548			77.733
Avustralya	5.400.000	2.805.920	109.643			8.315.563
Avusturya	599.491	3.892.305	66.482	728		4.559.006
Barbados		131.690				131.690
Belçika	46.875	283.926	32.708			363.509
Brezilya	1.277.128	4.834.349				6.111.477
Bulgaristan		46.086	650			46.736
Kanada	656.485	47.758	18.456	306.549	4.616	1.033.864
Şili		28.159				28.159
Çin		13.497.591	154.502.409			168.000.000
Kıbrıs	3.363	895.503	9.918			908.784
Çek Cumhuriyeti	150.000	249.664	58.275			457.939
Danimarka	20.515	521.810	8.084	3.264	18.000	571.673
Estonya		2.051	790			2.841
Finlandiya	11.779	30.118	4.342			46.240
Fransa	89.181	2.129.796	63.900			2.282.877
Almanya	637.010	11.761.731	1.321.423		33.600	13.753.764
Yunanistan		4.070.700	16.300			4.087.000
Macaristan	8.088	119.711	30.103	800	350	159.052
Hindistan		3.447.384	522.616		16.320	3.986.320
İrlanda	421	102.537	48.640			151.598
İsrail	29.900	4.137.895		450		4.168.245
İtalya	43.766	2.232.097	315.481			2.591.344
Japonya		5.207.908	93.075		484.226	5.785.209
Ürdün	5.940	768.992	218.570			993.502
Güney Kore		1.566.319				1.566.319
Letonya		7.004	240			7.244
Lübnan		348.312				348.312
Litvanya		4.218	300			4.518
Lüksemburg		27.982	2.818			30.800
Makedonya		25.020	724		4	25.748
Malta		32.167	11.302			43.469
Meksika	662.092	714.432	155.430		7.983	1.539.937
Fas		341.260				341.260
Namibya		20.699	1.307			22.006
Hollanda	396.410	404.821	10.000			811.231
Yeni Zellanda	7.025	142.975	9.644			159.645
Norveç	2.011	14.406	1.054		1.062	18.533
Polonya		509.800	146.000			655.800
Portekiz	2.435	731.693	19.665			753.793
Romanya		93.996	16.000			109.996
Slovakya		120.692	15.055			135.746
Slovenya		150.656	13.042			163.698
Güney Afrika	803.678	331.010	28.672			1.163.360
İspanya	122.000	2.200.500	137.500			2.460.000
İsveç	140.000	245.000	57.000			442.000
İsviçre	212.850	745.150	50.110	867.000		1.875.110
Tayvan	85	1.970.300	75.461			2.045.847
Tayland		91.392				91.392
Tunus		456.200	33.500			489.700
Türkiye		**13.318.659**				**13.318.659**
Birleşik Krallık		439.738	125.045			564.783
ABD	19.361.098	2.353.565	92.777		73.509	21.880.949
Uruguay		12.096				12.096
Zimbabve		17.959	237			18.196
2010 TOPLAMI	**30.689.627**	**88.760.887**	**158.445.297**	**1.178.791**	**639.671**	**279.714.273**

Dünya genelinde 2010 yıl sonu itibariyle işletmede olan toplam sulu kolektör kapasitesinin çalışma şekillerine göre dağılımı Şekil 7.21'de verilmiştir. Buna göre dünya genelinde, düzlemsel ve vakum tüplü kolektörlerin %75'i doğal sirkülasyonlu, %25'i ise pompalı güneş ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. 2010 yılsonu itibariyle işletmede olan toplam sulu kolektör kapasitesinin uygulama alanlarına göre dağılımı incelendiğinde, dünya genelinde bu kapasitenin %85'inin müstakil daireler için evsel su ısıtmada, %10'unun apartmanlar, turizm ve kamu sektörü gibi büyük sıcak su ihtiyacı olan alanlarda, %5'inin solar kombi sistemlerinde geri kalanının ise solar merkezi ısıtma, solar proses ısısı ve solar soğutma gibi diğer uygulama alanlarında kullanıldığı görülmektedir (Şekil 7.22).

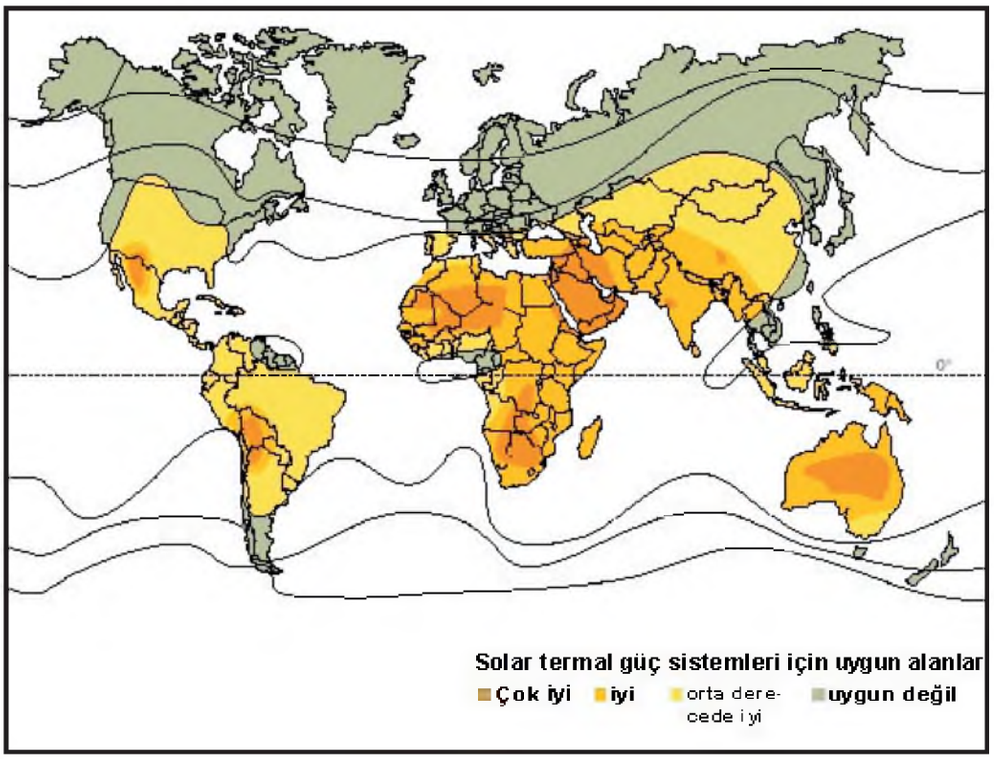


Şekil 7.21. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Toplam Sulu Kolektör Kapasitesinin Çalışma Şekline Göre Dağılımı (IEA-SHC, 2012)

Yoğunlaştırılmış termal güneş santralleri direkt güneş ışığı kullandıklarından, Şekil 7.23'de gösterilen yüksek direkt güneş radyasyonlu bölgelerde kurulmalıdırlar. Bu uygulamalar için en umut verici bölgeler arasında, ABD'nin güneybatı bölümü, orta ve güney ABD, Afrika, Ortadoğu, Avrupa'nın Akdeniz'e yakın bölgeleri, güney Asya, Çin ve Avustralya sıralanabilir (WEC, 2010)

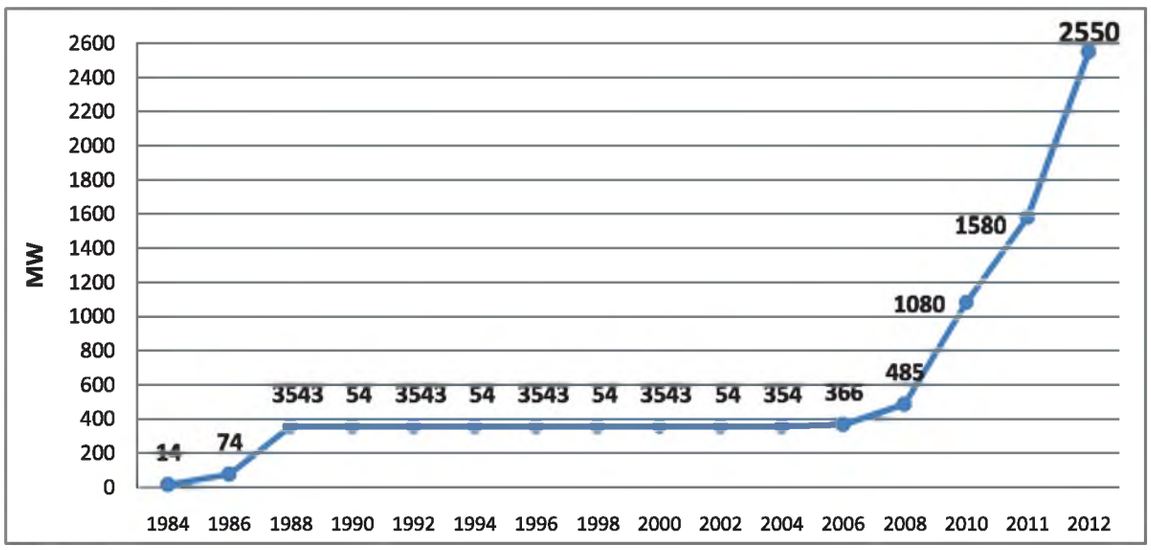


Şekil 7.22. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Toplam Sulu Kolektör Kapasitesinin Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı (IEA-SHC, 2012)

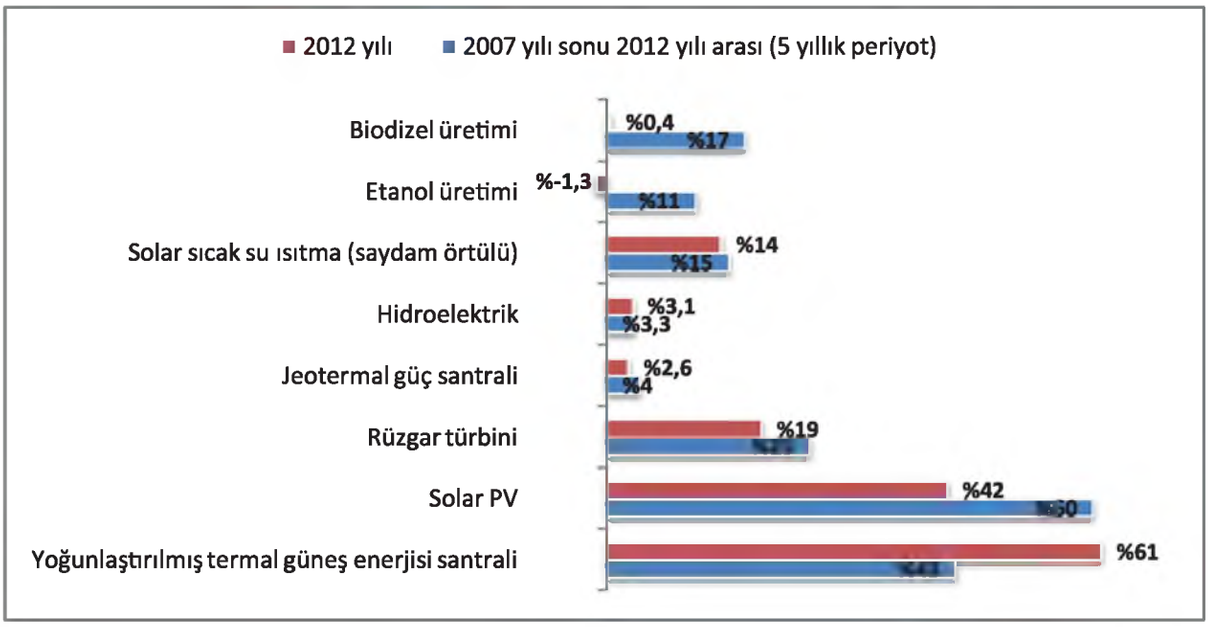


Şekil 7.23. Dünyada Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Santralleri İçin Uygun Alanlar (WEC, 2010)

Yoğunlaştırılmış termal güneş santrali (CSP) pazarı hızlı gelişimini 2012 yılında da sürdürmüştür. Yıl içerisinde tüm yenilenebilir enerji teknolojileri arasında en hızlı gelişim gösteren sektör halini alan termal güneş santralleri, 2012 yılındaki ilave 970 MW'lık güç ile global kapasitesini (%60'ın üzerinde bir büyüme sergileyerek) yaklaşık 2.550 MW'a ulaştırmıştır. (Şekil 7.24, 7.25). Yoğunlaştırılmış termal güneş santrallerinden elektrik üretimi, ortalama %43'lük işletme kapasitesi artışıyla 2007-2012 yılları arasında tüm yenilenebilir enerji teknolojileri arasında solar PV elektrik üretiminden sonra en hızlı gelişim gösteren ikinci sektör halini almıştır. Bu periyot içerisinde ortalama %25'lik büyüme gösteren rüzgar gücü ise en hızlı gelişim gösteren üçüncü yenilenebilir enerji sektörü konumundadır.



Şekil 7.24. Dünya Toplam Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Gücü Kapasitesi, 1984-2012 (REN21, 2013)



Şekil 7.25. Yenilenebilir Enerji Kapasitesi ve Biyoyakıt Üretiminin Yıllık Ortalama Büyüme Hızı, 2007-2012 (REN21, 2013)

Parabolik oluk santraller, CSP pazarının tamamına yakınına hakim durumda olup, 2011 yıl sonu itibariyle işletmede bulunan tüm sistemlerin yaklaşık %95'i bu tür santrallerden oluşmaktadır. Bununla birlikte, 2012 yılı ortası itibariyle dünyada kurulum aşamasında olan CSP santrallerinin %75'ini parabolik oluk, %18'ini giderek daha yaygın hale gelen merkezi alıcı ve %6'sını ise henüz gelişim aşamasında olan Fresnel ve parabolik çanak santralleri oluşturmaktadır.

İspanya, 2012 yılında 950 MW'lık ilave güç ile CSP gücünü %95 artırmış ve toplam kapasitesini 1.950 MW'a çıkarmıştır. Bu nedenle gerek CSP gelişim hızı gerekse toplam CSP kapasitesi bakımından dünyada lider durumdadır. Tüm dünyada olduğu gibi İspanya'da da parabolik oluk teknolojisi pazara hakim durumdadır. Bununla birlikte, dünyanın ilk ticari Fresnel santrali projesi 2012 yılında İspanya'da tamamlanmıştır (Tablo 7.5).

ABD, toplam CSP gücü bakımından pazarın ikinci büyük ülkesi olup 2012 yıl sonu itibariyle kapasitesini 507 MW'a çıkarmıştır. ABD'de 2012 yılında yeni CSP santrali kurulmamasına rağmen, yapım aşamasında olan 1.300 MW'ın üzerindeki CSP santral projelerinin önümüzdeki iki yıl içerisinde tamamlanması planlanmaktadır. 2012 yılında kapasite artırımı gerçekleştirmeyerek mevcut kapasitelerini değiştirmeyen diğer önde gelen ülkeler Cezayir (25 MW), Mısır (20 MW), Fas (20 MW) ve Tayland (5 MW)'dır.

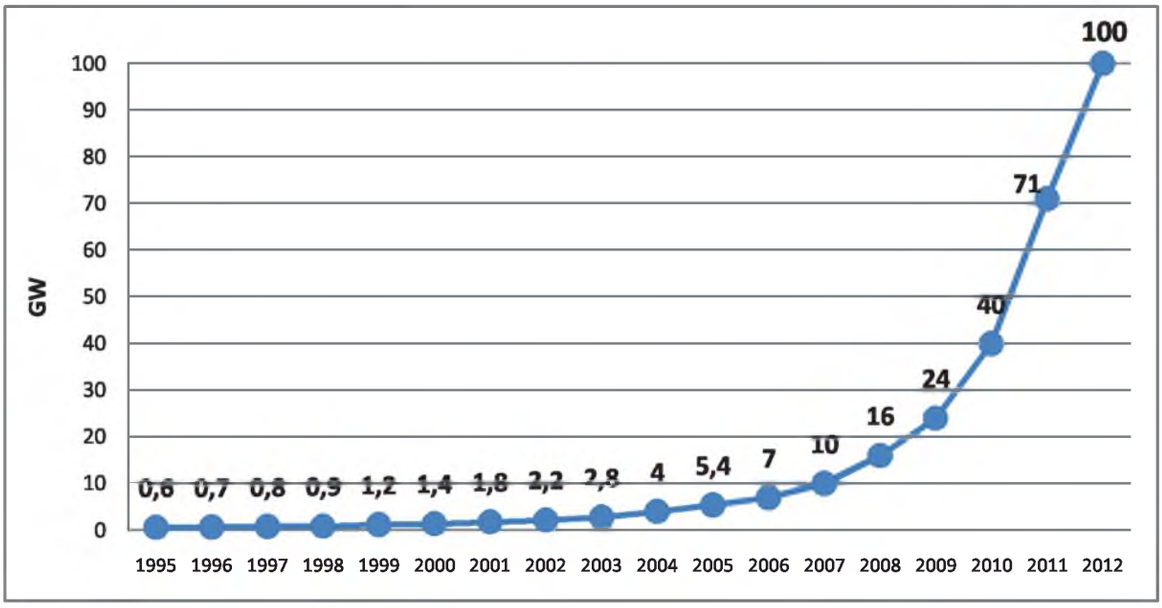
Bununla birlikte Çin, Fransa, Almanya, Hindistan, İsrail, İtalya ve G. Kore gibi bazı ülkelerde küçük çaplı pilot CSP santralleri işletmeye alınmıştır. BAE, orta doğunun ilk büyük ölçekli CSP santrali olan 100 MW'lık Shams-1 projesini Mart 2013'de işletmeye alarak, CSP bulunan ülkeler listesine güçlü bir giriş yapmıştır. Hindistan, 500 MW'lık CSP santralini 2013 yıl sonuna kadar tamamlamayı planlamış, bunun ancak üçte birlik bölümü zamanında tamamlanabilmiş ve projenin bazı kısımları iptal edilmiştir.

Tablo 7.5. Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Gücü (CSP) Kapasitesi, 2012 Yılı Artış Miktarı ve Toplam Değerleri (REN21, 2013)

	2011 yıl sonu toplamı (MW)	**2012 yılında eklenen (MW)**	**2012 yıl sonu toplamı (MW)**
İspanya	999	951	1.950
ABD	507	0	570
Cezayir	25	0	25
Mısır	20	0	20
Fas	20	0	20
Avustralya	3	9	12
Şili	0	10	10
Tayland	5	0	5
Toplam	**1.580**	**970**	**2.550**

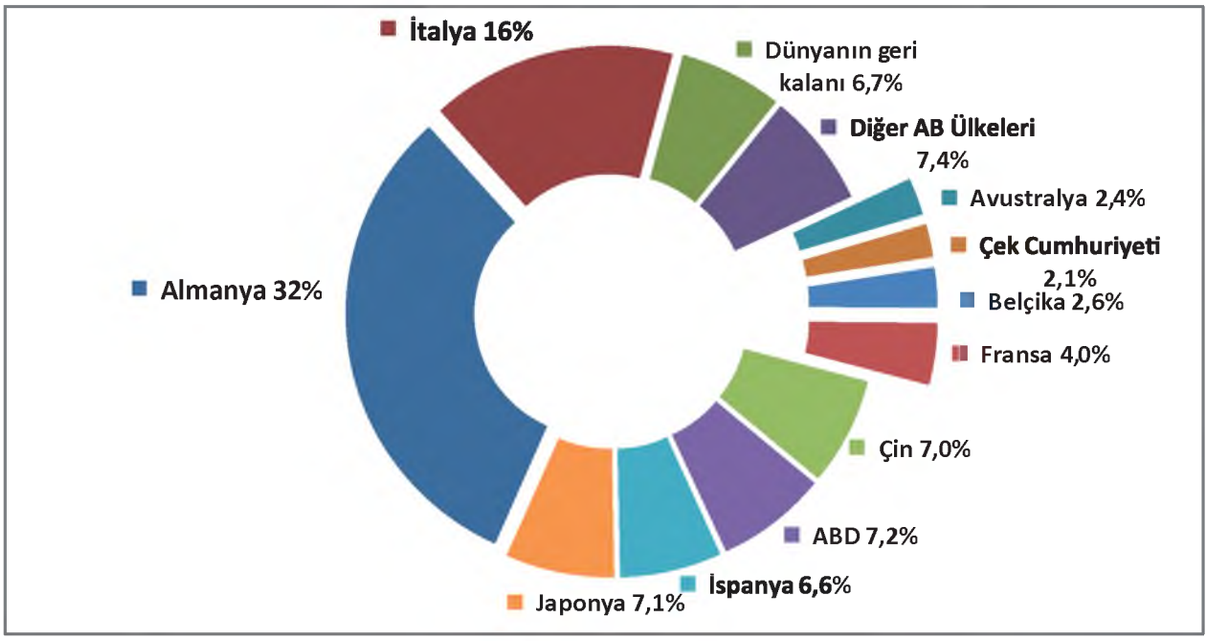
7.1.2. Fotovoltaik (PV)

Solar PV elektrik üretimi, ortalama %60'lık işletme kapasitesi artışıyla 2007-2012 yılları arasında tüm yenilenebilir enerji teknolojileri arasında en hızlı gelişim gösteren sektör halini almıştır (Şekil 7.25). Solar PV pazarı 2011 yılında olağanüstü bir gelişim göstermiş ve dünya genelinde hemen hemen 30 GW'lık bir solar PV gücü işletmeye alınarak dünya toplam solar PV gücü %74'lük bir artışla 70 GW'a ulaşmıştır. Solar PV pazarı 2012 yılında da güçlü bir şekilde gelişim göstermiş ve ilave yatırımlarla birlikte global PV kapasitesi 100 GW sınırına ulaşmıştır (Şekil 7.26).



Şekil 7.26. Dünyadaki Toplam Solar PV Kapasite, 1995-2012 (REN21, 2013)

2012 yılında dünya genelinde ilave edilen solar PV kapasitesinin %52'sini birlikte elinde bulunduran İtalya ve Almanya ile birlikte diğer Avrupa ülkeleri, dünya solar PV pazarına hakim durumdadır (Şekil 7.27). 2012 yıl sonu itibariyle toplam PV gücünü 32,4 GW'a çıkararak global PV kapasitesinin %32'sini elinde bulunduran Almanya sektörde lider durumdadır. Bu ülkeyi 12,8 GW ile İtalya. 4,9 GW ile Japonya ve 4,5 GW ile İspanya izlemektedir. ABD, Çin, Fransa, Belçika, Çek Cumhuriyeti ve Avustralya PV kapasitesi bakımından diğer önde gelen ülkeler arasındadır (Tablo 7.6).



Şekil 7.27. Solar PV İşletme Kapasitesi, İlk On Sıradaki Ülke (REN21, 2013)

Solar PV kurulu gücü bakımından önde gelen diğer ülkeler arasında, 16,4 GW'lık kapasite ile İtalya, 7,2 GW'lık kapasite ile ABD, 7 GW'lık kapasite ile Çin ve 6,6 GW'lık kapasite ile Japonya sıralanabilir. İspanya, Fransa, Belçika, Avustralya ve Çek Cumhuriyeti PV kapasitesi bakımından diğer önde gelen ülkeler arasındadır. 2012 yılında dünyada yeni kurulan PV kapasiteleri dikkate alındığında Almanya, 7,6 GW'lık ilave PV gücü ile bu alanda da lider durumdadır (Tablo 7.6).

Solar PV sektörünün gelişimini önümüzdeki yıllarda da hızlı bir şekilde sürdüreceği çeşitli kurum ve kuruluşların raporlarında ortaya koyulmaktadır. Yapılan projeksiyonlarda 2011 yıl sonu itibariyle 70 GW olan global PV kapasitesinin 2030 yılına kadar 7 ile 25 kat artarak 490-1.750 GW seviyelerine çıkacağı ön görülmektedir (Tablo 7.7).

Tablo 7.6. Solar PV Global Kapasite ve İlave Kapasite Miktarları, 2012, (REN21, 2013)

Ülke	2011 yıl sonu toplamı	2012 yılında eklenen	2012 yıl sonu toplamı
	GW		
Almanya	24,8	7,6	32,4
İtalya	12,8	3,6	16,4
ABD	3,9	3,3	7,2
Çin	3,5	3,5	7,0
Japonya	4,9	1,7	6,6
İspanya	4,9	0,2	5,1
Fransa	2,9	1,1	4,0
Belçika	2,1	0,6	2,7
Avustralya	1,4	1,0	2,4
Çek Cumhuriyeti	2,0	0,1	2,1
Diğer Avrupa Ülkeleri	3,3	4,1	7,4
Diğer Dünya Ülkeleri	4,1	2,6	6,7
Dünya Toplamı	**71**	**29**	**100**

Tablo 7.7. 2030 Yılı Global Yenilenebilir Güç Kapasitesine Ait Güncel Senaryolar (REN21, 2012)

	Hidrolik	Rüzgar	Solar PV	CSP	Biokütle	Jeotermal	Dalga
	GW						
2006 Yılı Fiili Kapasite	-	74	8	0,4	45	9,5	0,3
2011 Yılı Fiili Kapasite	970	238	70	1,8	72	11	0,5
IEA WEO (2012) "Yeni Politikalar"	1.580	920	490	40	210	40	10
IEA WEO (2012) "450"	1.740	1.340	720	110	260	50	10
IEA ETP (2012) "2DS"	1.640	1.400	700	140	340	50	20
BNEF GREMO (2011)	-	1.350	1.200		260	30	-
IEA RETD (2010) "ACES"	1.300	2.700	1.000	120	340	-	-
Greenpeace (2012)	1.350	2.900	1.750	700	60	170	180

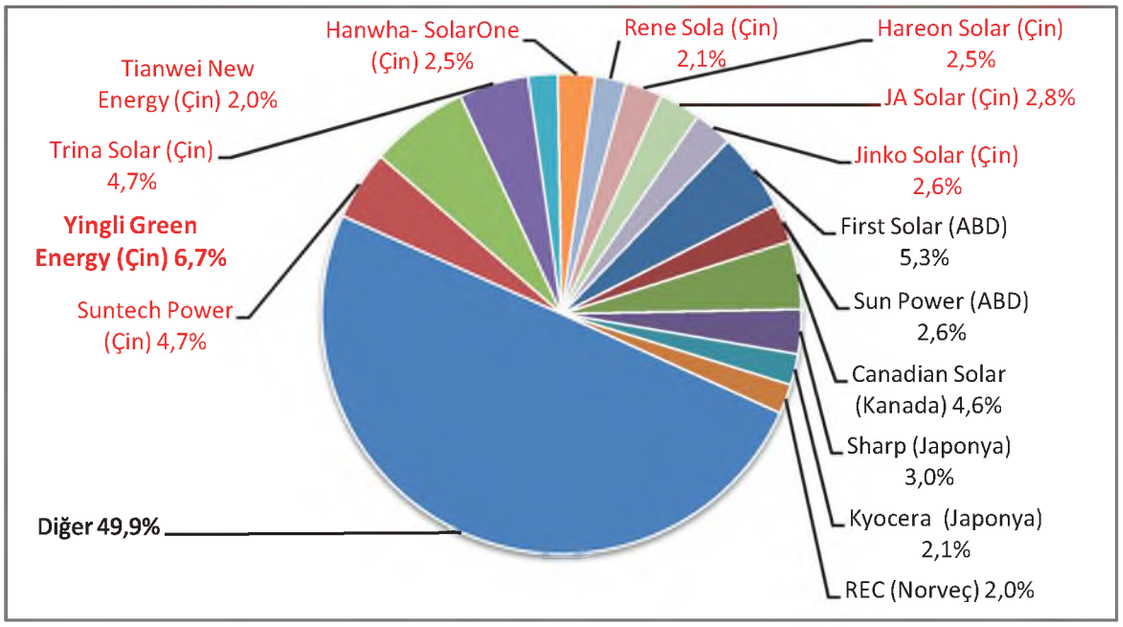
Yapılan son tahminlere göre dünya genelinde 5 milyon kişi doğrudan ya da dolaylı olarak yenilenebilir enerji sektöründe çalışmaktadır. Solar PV, CSP ve solar ısıtma ve soğutma uygulamalarında istihdam edilen kişi sayısı ise 1,76 milyon civarındadır (Tablo 7.8).

Tablo 7.8. Çeşitli Yenilenebilir Enerji Sektörlerine Göre Sağlanan Tahmini İstihdam* (REN21, 2012)

TEKNOLOJİ	Global	Çin	Hindistan	Brezilya	ABD	AB	Almanya	İspanya	Diğer
	1000 istihdam								
Biyokütke (güç ve ısı)	750	266	58		152	273	51	14	2
Biyoyakıt	1500			889	47-160	151	23	2	194
Biyogaz	230	90	85			53	51	1,4	
Jeotermal (güç ve ısı)	90				10	53	14	0,6	
Hidrolik güç (10 MW'a kadar)	40		12		8	16	7	1,6	1
Solar PV	820	300	112		82	268	111	28	60
CSP	40				9		2	24	
Solar ısıtma / soğutma	900	800	41		9	50	12	10	1
Rüzgar gücü	670	150	42	14	75	253	101	55	33
Toplam	**5000**	**1606**	**350**	**889**	**392-505**	**1117**	**372**	**137**	**291**

*** 2011 yılı verileridir.**

Dünya genelinde üretilen 35,5 GW'lık solar PV kapasitesinin yarısını üreten ilk on beş üreticive bu üreticilerin pazar payları Şekil 7.28'de verilmiştir. Bu üreticilerin 11'ini Asya kökenli firmalar oluşturmakta olup, Çin firmaları pazarın %30,6'sına hakim durumdadır. Yingli Green Energy (Çin), %6,7'lik pazar payı ile First Solar (ABD) ve Suntech Power (Çin) firmalarını geride bırakmış ve liderlik konumuna ulaşmıştır.

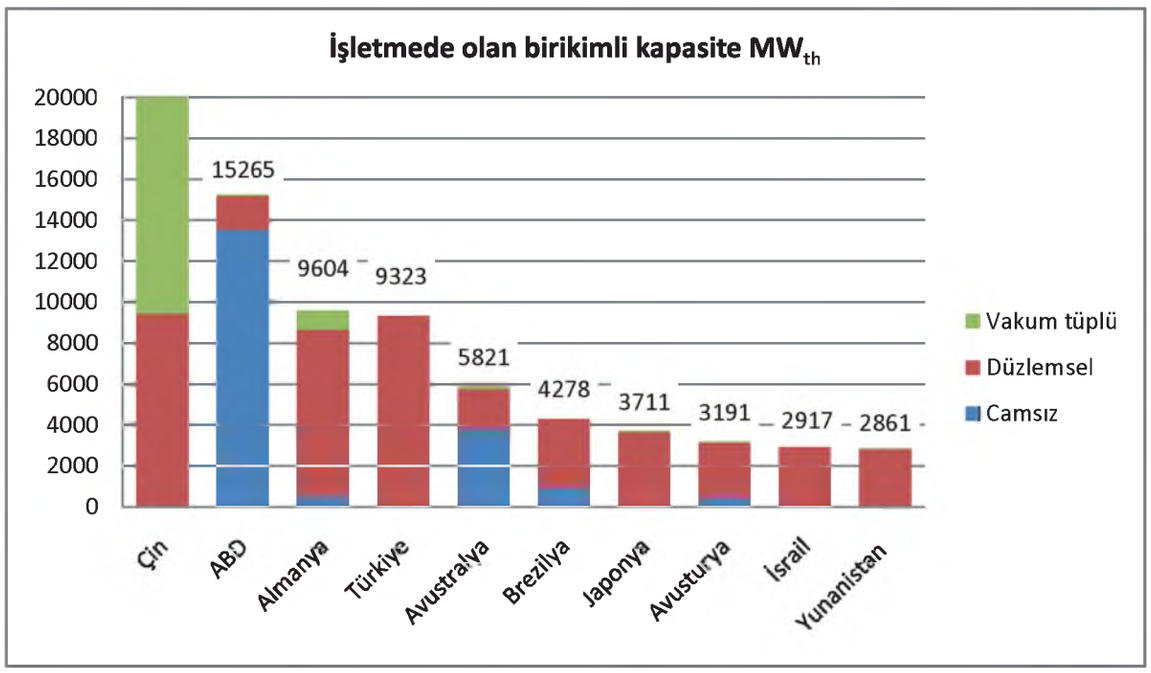


Şekil 7.28. PV Üreticilerinin Pazar Payları, İlk On beş Üretici (REN21, 2013)

7.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi

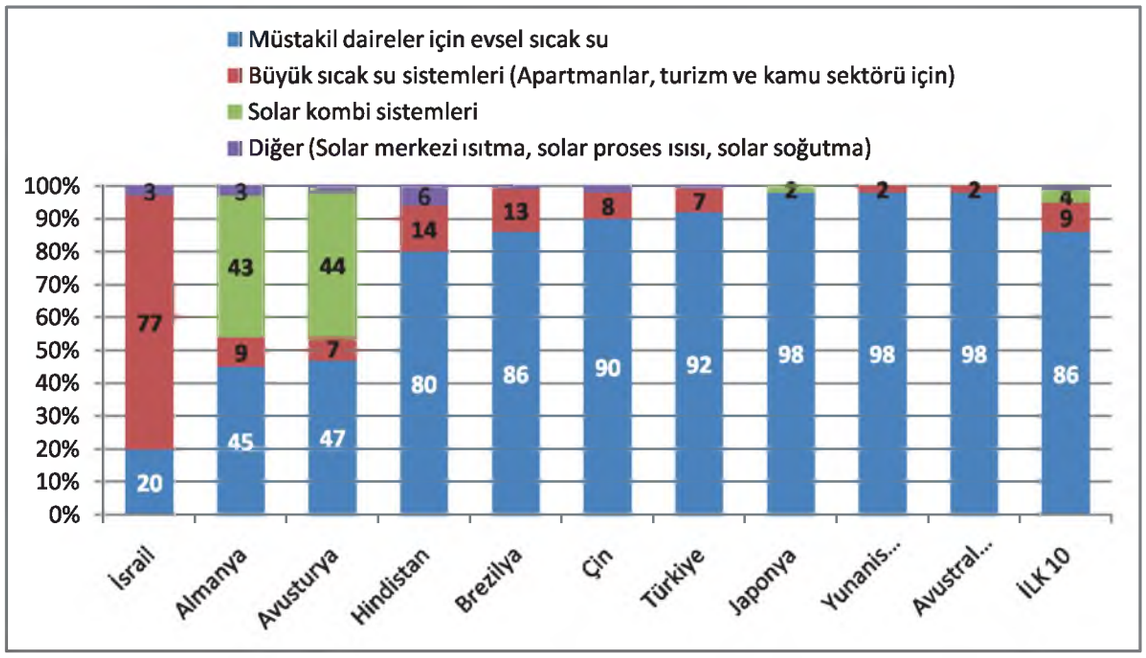
7.2.1. Güneş Enerjisi (Isıl)

Ülkemizde güneş enerjisinden büyük ölçüde ısıl uygulamalar için kurulan sistemler ile yararlanılır. Bu sistemlerin ise tamamına yakını düşük sıcaklık uygulamalarını kapsamaktadır. Sulu kolektör kapasitesi bakımından on lider ülkenin 2010 yılsonu itibariyle işletmede bulunan toplam kapasiteleri Şekil 7.29'da verilmiştir. Buna göre Çin, 117.600 MW_{th}'lik kapasite ile ilk sırada yer alırken ülkemiz 9.323 MW_{th}'lik kapasite ile dördüncü sıradadır. 2010 yılında yeni kurulan sulu kolektör kapasitesi bakımından dünyada lider durumunda olan ilk on ülkeye bakıldığında Çin, 34.300 MW_{th}'lik kapasite ile ilk sırada yer alırken ülkemiz 1.161 MW_{th}'lik kapasite ile ikinci sırada yer almaktadır (Tablo 7.9).



Şekil 7.29. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Bulunan Sulu Kolektör Kapasitesi Bakımından Lider Konumdaki On Ülke (IEA-SHC, 2012)

2010 yıl sonu itibariyle işletmede olan toplam sulu kolektör kapasitesi bakımından lider on ülkedeki solar sistemlerin uygulama alanlarına göre dağılımı incelendiğinde, ilk on ülke genelinde bu kapasitenin %86'sının müstakil daireler için evsel su ısıtmada, %9'unun apartmanlar, turizm ve kamu sektörü gibi büyük sıcak su ihtiyacı olan alanlarda, %4'ünün solar kombi uygulamalarında geri kalanının ise solar merkezi ısıtma, solar proses ısısı ve solar soğutma gibi diğer uygulama alanlarında kullanıldığı görülmektedir. 2010 yılsonu itibariyleİülkemizde bulunan toplam sulu kolektör kapasitesinin ise %92'si müstakil daireler için evselsu ısıtmada, %7'si büyük sıcak su ihtiyacı olan alanlarda ve kalanı da diğer uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Bununla birlikte Almanya ve Avusturya'da, sıralamada bulunan diğer ülkelerden farklı olarak, toplam sulu kolektör kapasitelerinin sırasıyla %43 ve %44'ü solar kombi sistemlerinde kullanılmaktadır (Şekil 7.30).



Şekil 7.30. 2010 Yıl Sonu İtibariyle İşletmede Olan Toplam Sulu Kolektör Kapasitesi Bakımından Lider On Ülke İçin Solar Sistemlerin Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı (IEASHC, 2012)

Kolektör türü ve ülkelere göre 2010 yılında yeni kurulan güneş kolektörlerine ait bilgiler, Tablo 7.9 ve 7.10'da verilmiştir. Buna göre, 2010 yılında yeni kurulan toplam kolektör kapasitesi 42.154 GW_{th} (60,2 milyon m^2)'dir. Bunun 7,5 GW_{th}'lık bölümünü düzlemsel, 32,7 GW_{th}'lık bölümünü vakum tüplü, 1,7 GW_{th}'lık bölümünü saydam örtüsüz (camsız) sulu ve 0,85 GW_{th}'lık bölümünü de örtülü ve örtüsüz havalı kolektörler oluşturmaktadır.2010 yılında yeni kurulan kolektör kapasitesi dikkate alındığında. Çin 34,30 GW_{th}'lık (49 milyon m^2) kapasite ile ilk sırada yer almaktadır. (Şekil 7.31). Bunu 1,16 GW_{th} (1.658 milyon m^2) ile Türkiye izlemekte olup, ülkemiz, 2010 yılında dünya genelinde yeni kurulan toplam kolektör kapasitesinin %2,9'una sahip bulunmaktadır (Şekil 7.32).

Tablo 7.9. 2010 Yılında Dünyada Yeni Kurulan Kolektör Kapasiteleri (MW_{th})*

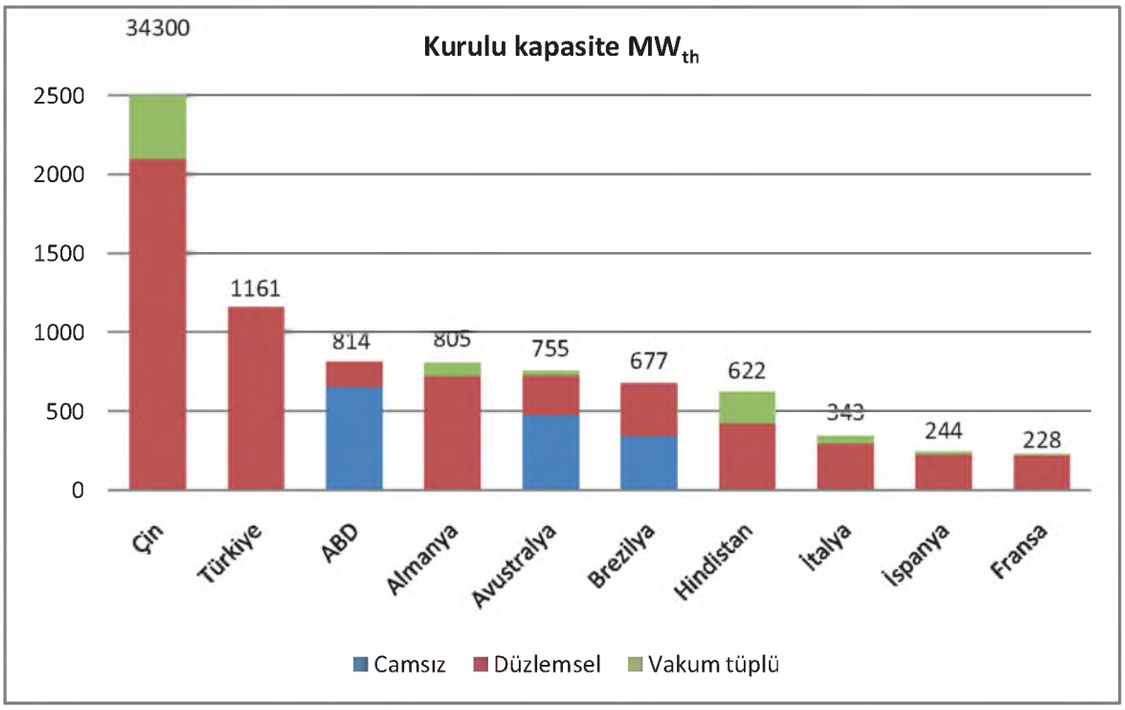
Ülke	Sulu Kolektörler			Havalı Kolektörler		TOPLAM (MW_{th})
	Camsız	Düzlemsel	Vakum tüplü	Camsız	Camlı	
Arnavutluk		5,2	0,1			5,3
Avustralya	476,0	253,6	25,1			754,7
Avusturya	3,9	187,7	8,3	0,2		200,1
Belçika		21,9	4,9			26,8
Brezilya	345,6	331,1				676,7
Bulgaristan		5,4	0,5			5,9
Kanada	59,3	8,0	8,0	62,7	1,6	139,6
Şili		5,6				5,6
Çin		2.100,0	32.200,0			34.300,0
Kıbrıs	0,1	23,1	1,2			24,4
Çek Cumhuriyeti	37,1	51,7	12,4			101,2
Danimarka		43,4	0,3			43,6
Estonya		0,1	0,3			0,4
Finlandiya		2,8	1,4			4,2
Fransa		221,9	6,3			228,2
Almanya		724,5	80,5			805,0
Yunanistan		148,8	1,1			149,8
Macaristan	1,7	10,3	4,4	0,2	0,1	16,7
Hindistan		425,9	196,3			622,2
İrlanda		12,2	9,2			21,4
İsrail		221,2				221,2
İtalya		299,3	43,8			343,0
Japonya		102,8	3,4		8,3	114,5
Ürdün	4,2	55,7	8,9			68,8
Güney Kore		48,9				48,9
Letonya		0,1	0,1			0,1
Litvanya		0,0	0,1			0,1
Lüksemburg		2,5	0,7			3,2
Malta		1,2	0,8			2,0
Meksika	63,0	66,5	59,5		1,8	190,8
Fas		48,5				48,5
Namibya		3,8	0,6			4,4
Hollanda	18,6	32,1	2,8			53,5
Norveç	0,1	1,5	0,6			2,2
Polonya		77,7	24,5			102,2
Portekiz	0,2	130,9	0,2			131,4
Romanya		6,0	4,9			10,9
Slovakya		9,0	1,5			10,5
Slovenya		10,5	2,8			13,3
Güney Afrika	35,0	29,6	5,4			70,0
İspanya	7,7	220,9	15,1			243,6
İsveç	12,0	9,5	5,0			26,5
İsviçre	8,4	90,3	11,0	5,6		115,3
Tayvan	0,0	81,2	8,3			89,4
Tunus		50,5	8,8			59,3
Türkiye		**1.160,6**				**1.160,6**
Birleşik Krallık		52,9	20,7			73,6
ABD	656,5	157,8				814,3
Zimbabve		0,3	0,1			0,4
TOPLAM	**1.729,3**	**7.554,7**	**32.789,4**	**68,7**	**11,8**	**42.154,0**

*** IEA SHC 2012**

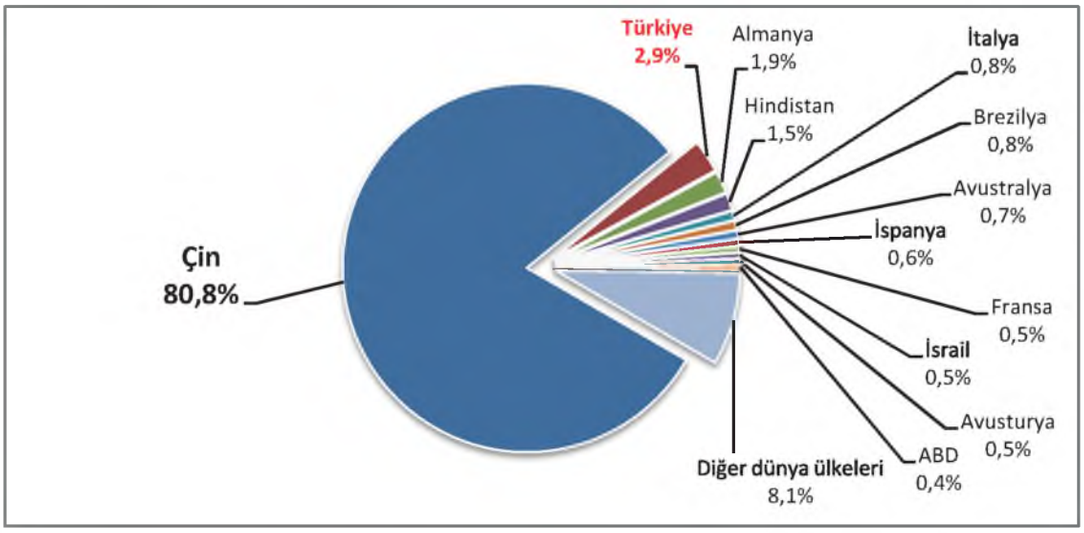
Tablo 7.10. 2010 Yılında Dünyada Yeni Kurulan Kolektör Alanları (m^2)

Ülke	Sulu Kolektörler			Havalı Kolektörler		TOPLAM (m^2)
	Camsız	Düzlemsel	Vakum tüplü	Camsız	Camlı	
Arnavutluk		7.480	82			7.562
Avustralya	680.000	362.351	35.837			1.078.188
Avusturya	5.539	268.093	11.805	350		285.787
Belçika		31.306	6.995			38.301
Brezilya	493.725	472.956				966.681
Bulgaristan		7.750	650			8.400
Kanada	84.690	11.481	11.493	89.560	2.267	199.491
Şili		7.937				7.937
Çin		3.000.000	46.000.000			49.000.000
Kıbrıs	109	32.931	1.782			34.822
Çek Cumhuriyeti	53.000	73.898	17.719			144.617
Danimarka		61.944	400			62.344
Estonya		100	400			500
Finlandiya		4.000	2.000			6.000
Fransa		317.000	9.000			326.000
Almanya		1.035.000	115.000			1.150.000
Yunanistan		212.500	1.500			214.000
Macaristan	2.400	14.700	6.300	300	150	23.850
Hindistan		608.436	280.369			888.805
İrlanda		17.472	13.109			30.581
İsrail		316.000				316.000
İtalya		427.500	62.500			490.000
Japonya		146.866	4.794		11.850	163.511
Ürdün	5.940	79.621	12.654			98.215
Güney Kore		69.805				69.805
Letonya		100	100			200
Litvanya		50	150			200
Lüksemburg		3.500	1.000			4.500
Malta		1.759	1.101			2.860
Meksika	90.000	95.000	85.000		2.580	272.580
Fas		69.260				69.260
Namibya		5.440	860			6.300
Hollanda	26.507	45.862	4.000			76.369
Norveç	170	2.123	813			3.106
Polonya		111.000	35.000			146.000
Portekiz	353	186.990	302			187.645
Romanya		8.500	7.000			15.500
Slovakya		12.800	2.200			15.000
Slovenya		15.000	4.000			19.000
Güney Afrika	50.000	42.300	7.700			100.000
İspanya	11.000	315.500	21.500			348.000
İsveç	17.191	13.567	7.132			37.890
İsviçre	11.944	129.026	15.746	8.000		164.716
Tayvan	2	115.938	11.811			127.751
Tunus		72.200	12.500			84.700
Türkiye		**1.658.000**				**1.658.000**
Birleşik Krallık		75.600	29.600			105.200
ABD	937.856	225.383				1.163.239
Zimbabve		450	75			525
TOPLAM	**2.470.426**	**10.792.474**	**46.841.980**	**98.210**	**16.847**	**60.219.937**

*** IEA-SHC, 2012.**

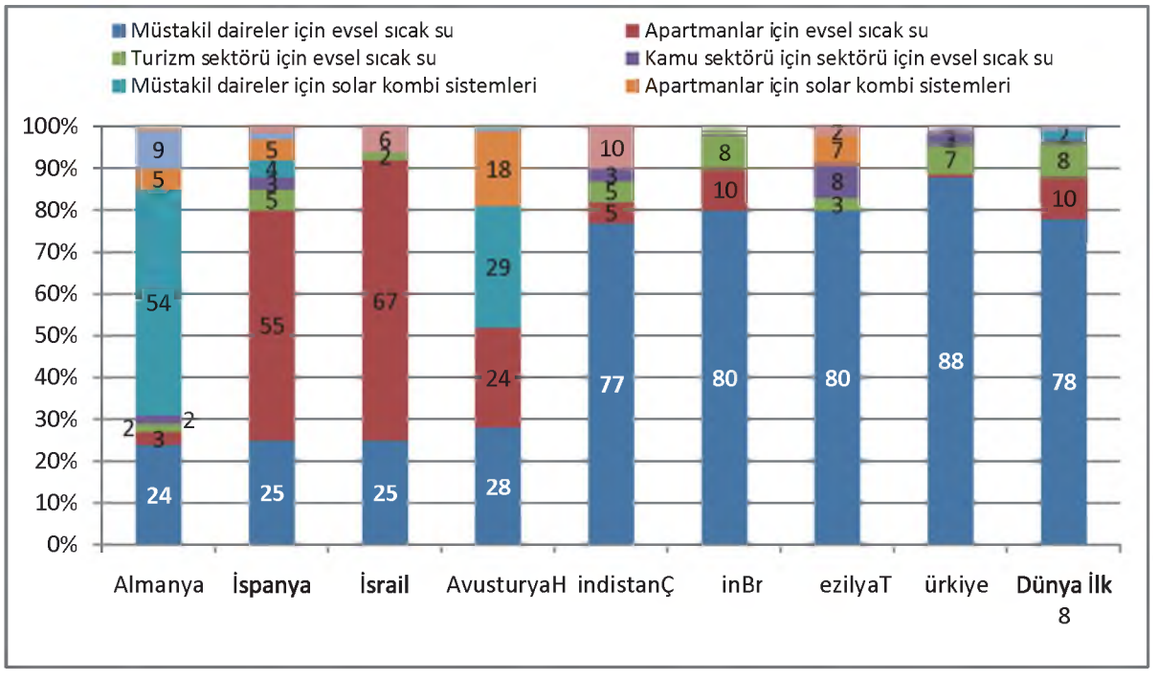


Şekil 7.31. 2010 Yılında Yeni Kurulan Sulu Kolektör Kapasitesi Bakımından Lider Olan On Ülke (IEA-SHC, 2012)



Şekil 7.32. 2010 Yılında Yeni Kurulan Kolektör Kapasitesinin Ülkelere Göre Dağılımı (REN21, 2012)

Dünya'nın sekiz lider ülkesi için 2010 yılında yeni kurulan sulu kolektör kapasitesinin farklı uygulama alanlarına göre dağılımı incelendiğinde, ilk sekiz ülke ortalaması olarak bu kapasitenin %78'inin müstakil daireler için, %10'unun apartmanlar için, %8'inin turizm sektörü için sıcak su temininde kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizde ise 2010 yılında yeni kurulan kapasitenin, %88'i müstakil daireler için evsel sıcak su üretimi, %7'si turizm sektörü için sıcak su üretimi, %3'ü kamu sektörü için sıcak su üretimi alanlarında, geri kalanı ise endüstriyel proses ısısı elde etmek üzere kurulan solar sistemlerde kullanılmaktadır (Şekil 7.33).



Şekil 7.33. Dünyanın Sekiz Lider Ülkesinde 2010 Yılında Yeni Kurulan Sulu Kolektörlerin Farklı Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı (IEA-SHC, 2012)

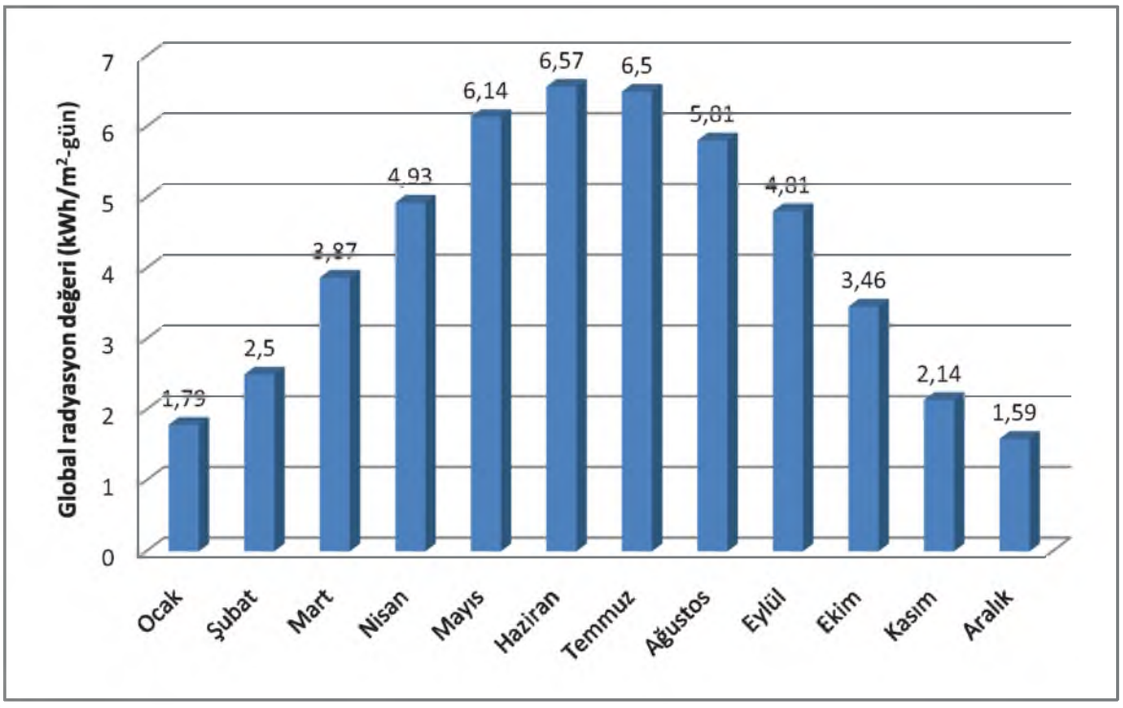
Ülkemizde güneş enerjisinden büyük ölçüde düşük sıcaklıklı ısıl uygulamalar yoluyla yararlanılmasına rağmen, daha yüksek sıcaklıklara ulaşılan yoğunlaştırıcılı kolektörlerin kullanıldığı solar termal elektrik üretimi için ilk adımlar atılmaya başlanmıştır. Mersin'de, AR-GE çalışmalarına 2005 yılında, kurulumuna ise Mart 2012'de başlanan Türkiye'nin ilk kule tipi yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santralinin kurulumu tamamlanmıştır. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) ve TÜBİTAK'ın desteğiyle merkez Toroslar ilçesinde 50 milyon dolarlık yatırım ile faaliyete giren santral 5 MW'lık güce sahiptir. Santralde, güneşi gün içerisinde uygun açılarla takip eden 510 yansıtıcıyla, güneş ışınları yaklaşık 50 metre yükseklikteki kule üzerinde bulunan ve özel olarak tasarlanmış alıcıya yansıtılarak, yüksek sıcaklık ve basınçlarda kızgın buhar elde edilmektedir. Elde edilen kızgın buhar, konvansiyonel türbinlerde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir[38,39].

[38] http://enerjienstitusu.com/2013/04/16/turkiyenin-ilk-kule-tipi-gunes-santrali-mersinde/, Erişim Tarihi: 10 Eylül 2013.

[39] http://www.energyworld.com.tr/root.vol?title=-quotkule-tipi-quot-gunes-santralikuruldu&exec=page&nid=527674, Erişim Tarihi: 10 Eylül 2013

7.2.2. Fotovoltaik (PV)

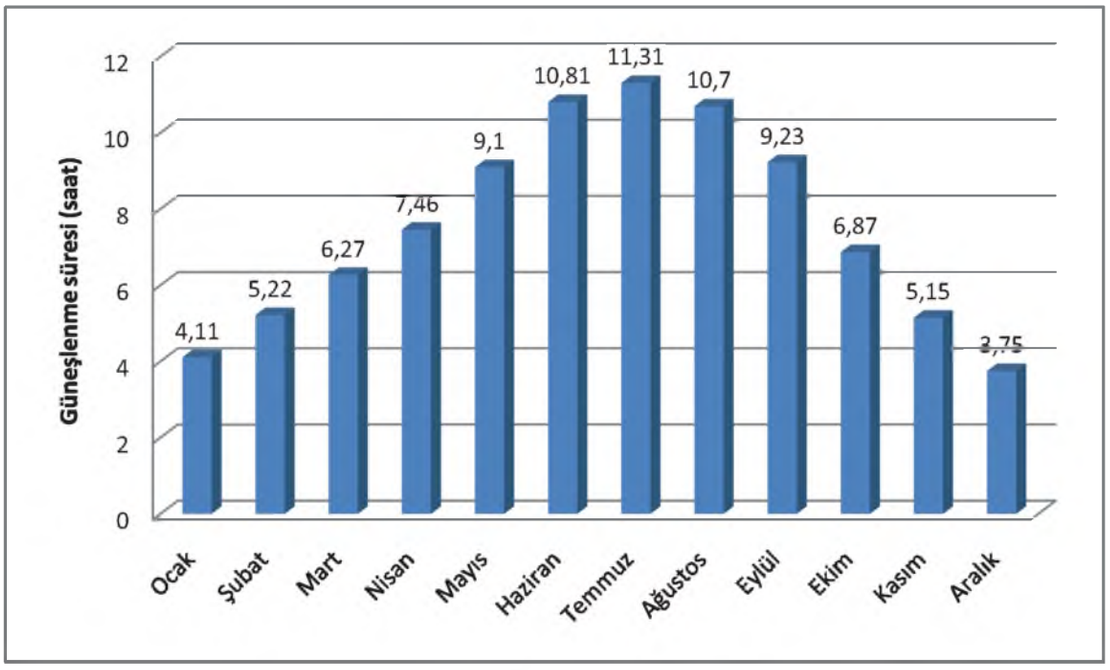
Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa'nın önde gelen ülkelerinden biri olup, yıllık 380 milyar kWh enerji potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı 1.527 kWh/m^2 yıl, ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2.741 saattir. Bu değerler günlük ortalama 4,18 kWh/m^2'lik global radyasyon değerine ve günlük ortalama 7,5 saat güneşlenme süresine denk gelmektedir[40]. Türkiye'nin ay içerisindeki bir günlük ortalama global radyasyon değeri ile güneşlenme süreleri Şekil 7.34 ve 7.35'de verilmiştir. Buna göre Türkiye ortalaması dikkate alındığında en büyük global radyasyon değerinin günlük ortalama 6,57 kWh/m^2 ile haziran ayı içerisinde, en uzun güneşlenme süresinin ise günlük ortalama 11,31 saat ile temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 7.34. Türkiye'nin Ay İçerisindeki Bir Günlük Global Radyasyon Değeri[41]

[40] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), http://eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 19 Temmuz 2013.

[41] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 12 Temmuz 2013.

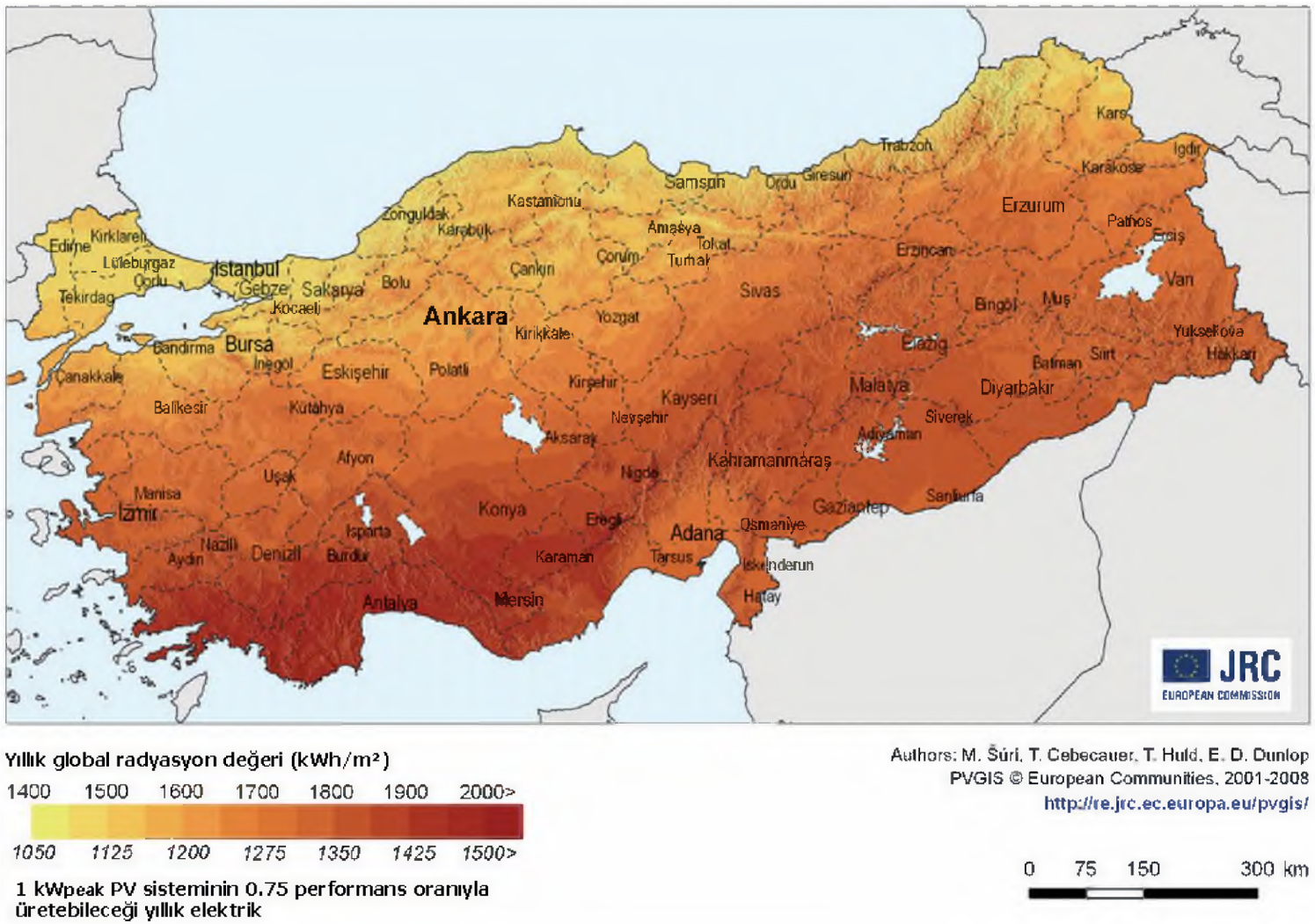


Şekil 7.35. Türkiye'nin Ay İçerisindeki Bir Günlük Güneşlenme Süresi[42]

PV sistemleri, ülkemizde çoğunlukla Orman Bakanlığı Orman Gözetleme Kuleleri, Türk Telekom, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ve bazı üniversitelerimizde küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye, yıllık ortalama 2.741 saatlik güneşlenme süresi ile birçok Avrupa ülkesinden daha fazla güneş potansiyeline sahip olmasına rağmen ülkemizde kurulu büyük ölçekli bir güneş enerjisi santrali henüz bulunmamaktadır. Bugüne kadar kurulmuş sistemlerin toplam kapasitesinin 6,5-7 MW civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu sistemlerin %90'ı şebeke bağımsız sistemlerdir (DEK-TMK, 2012).

Avrupa Komisyonu (EC) Ortak Araştırma Merkezi (JRC) Enerji ve Nakil Enstitüsü Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS)'nin 1998-2011 yılları arasındaki ortalama verilerine göre Türkiye'de PV modüllerinin optimum eğimde yerleştirilmesi durumunda, yıllık ortalama 1.385–2.001 kWh/m^2 toplam ışınım potansiyeline sahiptir. Aynı kaynağa göre Türkiye'de 0,75 performans oranına sahip 1 kW gücündeki bir PV sisteminden yılda 979 – 1.462 kWh arasında elektrik üretilebilmektedir (Şekil 7.36). Bununla birlikte optimum eğimde yerleştirilen bir PV modülüne, ülkemiz genelinde yıllık ortalama 1.682 kWh/m^2 global radyasyon düşerken, optimum eğimde yerleştirilmesi durumunda, 1 kWp gücündeki bir PV modülü ile ülkemizde ortalama 1.239 kWh/1kWp'lik elektrik üretilebilmektedir. Bu değerler 24,8 GW'lık kurulu PV güç kapasitesi ile dünya lideri konumunda olan Almanya için 1.147 kWh/m^2, 862 kWh/1kWp; İtalya için 1.611 kWh/m^2, 1.187 kWh/1kWp olup ülkemiz değerlerinin oldukça altındadır (Şekil 7.37 ve 7.38).

42 Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 12 Temmuz 2013.



Yıllık global radyasyon değeri (kWh/m²)

1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000>

1050 1125 1200 1275 1350 1425 1500>

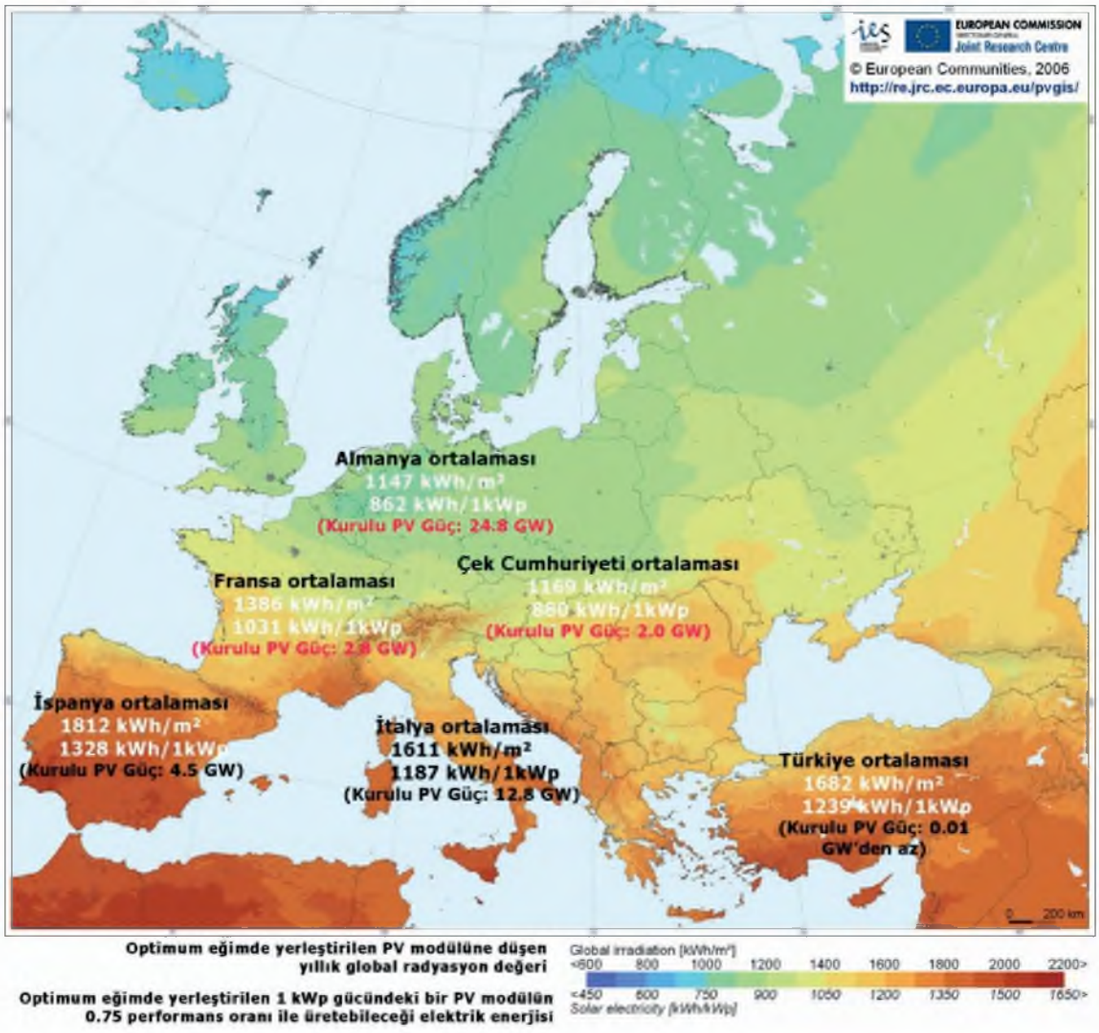
1 kWpeak PV sisteminin 0.75 performans oranıyla üretebileceği yıllık elektrik

Authors: M. Šúri, T. Cebecauer, T. Huld, E. D. Dunlop
PVGIS © European Communities, 2001-2008
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

0 75 150 300 km

Şekil 7.36. Türkiye Global Işınım ve Solar Elektrik Potansiyeli (PV Modülünün Optimum Eğimde Yerleştirilmesi Durumunda)[43]

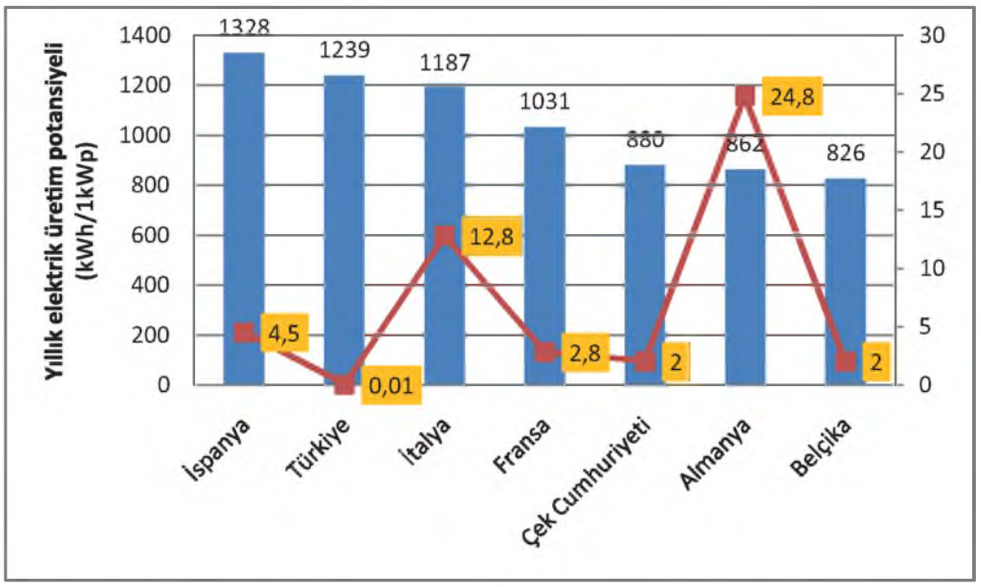
[43] Türkiye Global Işınım ve Solar Elektrik Potansiyeli, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_opt/pvgis_ solar_optimum_TR.png, Erişim Tarihi:10 Haziran 2013.



Şekil 7.37. Avrupa Yıllık Global Radyasyon ve PV Elektrik Üretim Potansiyeli Haritası[44]

Türkiye, lisanslı ve büyük ölçekli PV güç santrallerinin 2013 yılı sonuna kadar 600 MW kapasitesine ulaşabileceğini öngören yasal bir düzenlemeye gitmiştir. Ayrıca 8 Ocak 2011 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu'na göre, Güneş Enerjisi ile üretilen elektriğe 10 yıl süre ile alım garantisi verilmiştir. Birim enerji fiyatı olarak 13,3 $cent/kWh belirlenmiş olup bu sistemlerin yerli üretilmesini teşvik amacı ile sistemin yerlilik oranına göre ek ücretlendirmeler yapılmıştır (Tablo 7.11).

[44] Photovoltaic Solar Electricity Potential in EuropeanCountries, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_ cmsaf_opt/PVGIS_EU_201204_presentation.png, Er,şim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 7.38. Bazı Avrupa Ülkelerinin Solar PV Elektrik Üretim Potansiyeli ile Kurulu PV Güç Değerleri[45]

Tablo 7.11. Yerli Fotovoltaik Sistemlere Verilen Ek Alım Garantisi Fiyatları (DEK-TMK, 2012)

Yerli olan kısım	Ek ücret ($cent/kWh)
Fotovoltaik panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
Fotovoltaik modülleri	1,3
Fotovoltaik modülünü oluşturan hücreler	3,5
Evirici	0,6
Fotovoltaik modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzemeler	0,5

Fotovoltaik Sistemlerin Türkiye'de üretilmesi için gerekli yeteneklerin var olup olmadığı Ulusal Fotovoltaik Teknoloji Platformu (UFTP) tarafından araştırılmaktadır (Tablo 7.12). Türkiye'de PV sektörünün yakından takip ettiği "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi" 8 Ocak 2011 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (EÜ-GEE, 2012).

[45] PVGIS, PV in Regions, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Tablo 7.12. Türkiye'de PV Sektörü Değer Zincirindeki Yetenekler (DEK-TMK, 2012)

Değer zinciri	Laboratuvar ölçekli bilgi birikimi	Endüstriyel ölçekli bilgi birikimi	Laboratuvar ölçekli üretim becerisi
Poli-silikon üretimi	Yok	Yok	Yok
Külçe/dilim üretimi	Var	Yok	Yok
Hücre üretimi (c-Si veya ince film temelli	Var	Yok	Var
Modül üretimi	Var	Var	Var
PV makine üretimi	Var	Var	Var
Denge bileşenlerinin üretimi	Var	Var	Var
Sistem montajı	Var	Var	Var

7.3. TR22 Güney Marmara Bölgesinde Güneş Enerjisi

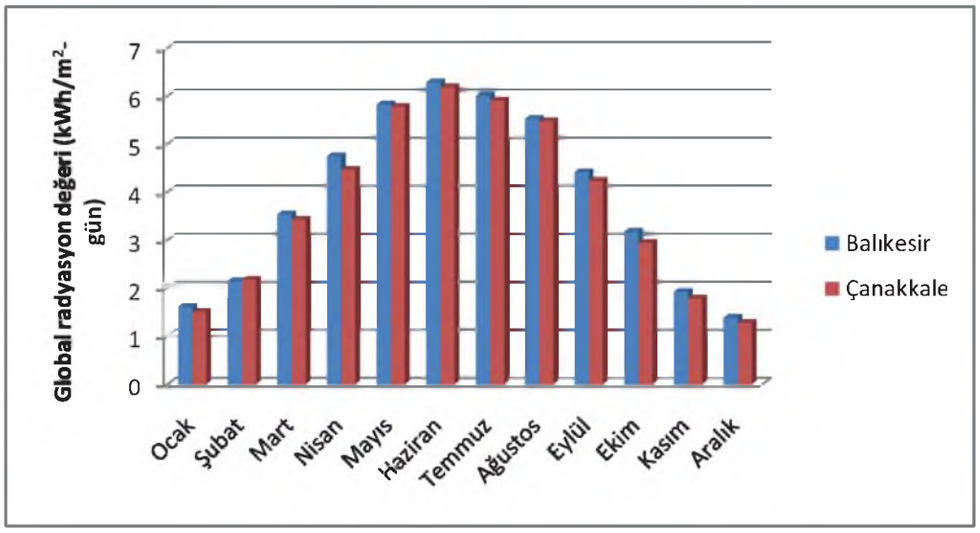
Ülkemizde, Enerji Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) verileri kullanılarak, TR22 Güney Marmara Bölgesi illerinde yatay düzleme düşen yıllık global radyasyon değeri Balıkesir için 1.422 kWh/m², Çanakkale için 1.378 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ortalaması alındığında, TR22 Bölgesi için yatay düzleme düşen yıllık global radyasyon değeri 1.400 kWh/m² olarak elde edilir (Tablo 7.13).

Tablo 7.13. TR22 Bölgesi Güneş Enerjisi Potansiyeli[46]

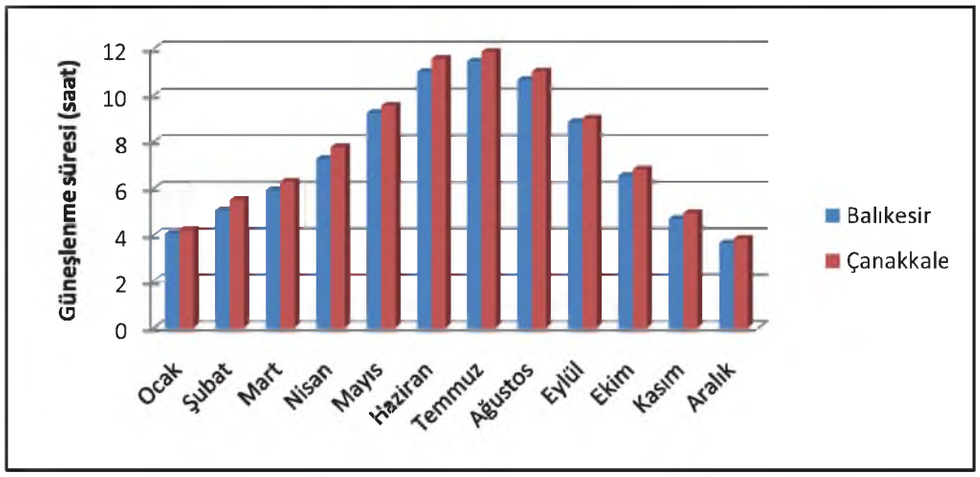
Bölge	Global radyasyon değeri (kWh/m²-yıl)	Global radyasyon değeri (kWh/m²-gün)	Güneşlenme süresi (saat/yıl)	Güneşlenme süresi (saat/gün)
TÜRKİYE	1527	4,18	2741	7,51
GMKA (TR22)	1400	3,84	2751	7,54
Balıkesir	1422	3,90	2690	7,37
Çanakkale	1378	3,78	2811	7,70

Yıl içerisindeki en yüksek global radyasyon değeri her iki il için de haziran ayında gerçekleşmekte olup, bu ay için elde edilen günlük ortalama değerler Balıkesir ve Çanakkale il geneli için sırasıyla 6,29 kWh/m²-gün ve 6,19 kWh/m²-gün'dür (Şekil 7.39). Aylara göre en yüksek güneşlenme süresi her iki il için de temmuz ayında gerçekleşmekte olup, bu ay için elde edilen günlük ortalama değerler Balıkesir ve Çanakkale il geneli için sırasıyla 11,44 saat ve 11,85 saattir (Şekil 7.40).

[46] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx,Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 7.39.TR22 Bölgesi İllerinin Ay İçerisindeki Bir Günlük Global Radyasyon Değerleri[47]



Şekil 7.40. TR22 Bölgesi İllerinin Ay İçerisindeki Bir Günlük Güneşlenme Süreleri[48]

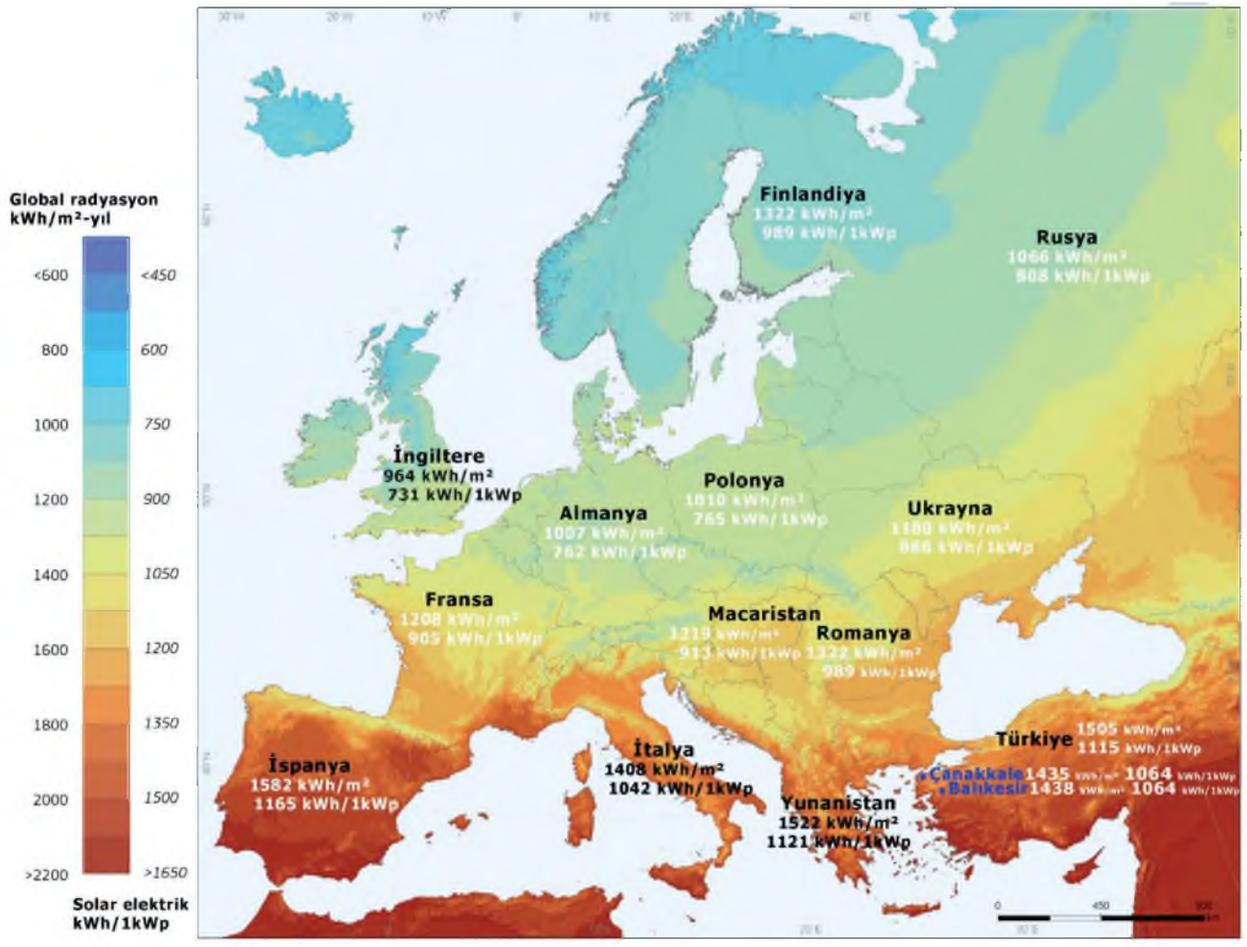
TR22 Güney Marmara Bölgesi yıllık global radyasyon değerleri, Türkiye ortalaması olan 1.527 kWh/m²'den küçük olmakla birlikte (Tablo 7.13) birçok Avrupa ülkesini geride bırakmaktadır. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi Enerji ve Nakil Enstitüsü Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi'nden (PVGIS) elde edilen verilere göre, 2011 yıl sonu itibariyle 24,8 GW'lık kurulu PV güç kapasitesi ile bu alanda lider durumda bulunan ve dünya PV kapasitesinin %35,6'sini elinde bulunduran Almanya için yatay düzleme düşen yıllık global radyasyon değeri ortalama 1.007 kWh/m²'dir[49]. Aynı kaynaktan elde edilen verilere göre bu değerler, TR22 Güney Marmara Bölge illerinden Balıkesir için 1.438kWh/m² ve Çanakkale için ise 1.435 kWh/m²'dir. Ayrıca 1 kW anma gücündeki bir PV sisteminden (sistem yatay yerleştirildiğinde) Almanya'da yılda ortalama 762 kWh elektrik üretilebilirken, Balıkesir ve Çanakkale illerinin her birinde 1.064 kWh'lik elektrik üretim potansiyeli bulunmaktadır (Şekil 7.41).

[49] PVGIS, PV in Regions, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe,Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[47] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx,Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[48] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx,Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Yatay düzleme düşen yıllık global radyasyon değerinin Balıkesir ortalaması, GEPA verilerine göre 1.422 kWh/m², EU-JRC-PVGIS'ten elde edilen verilere göre 1.438 kWh/m² olmakla birlikte, Balıkesir için düşey, yatay ve optimum eğimdeki düzlemlere düşen en büyük ve en küçük global radyasyon değerleri Tablo 7.14'de verilmiştir. Buna göre optimum eğimde yerleştirilen bir düzleme il genelinde yılda ortalama 1.606, Balıkesir'in en çok güneş alan bölgesine 1.710 ve en az güneş alan bölgesine 1.521 kWh/m²'lik enerji düşmektedir. Tablo 7.15 incelendiğinde, Balıkesir için farklı eğim açılarında yerleştirilen (Tablo 7.16) 1 kWp gücünde 0,75 işletme faktörüne sahip şebeke bağlantılı sabit bir PV modülünün, bölgelere göre yıllık maksimum, minimum ve ortalama elektrik üretim miktarları verilmiştir. Buna göre optimum eğimde yerleştirilen bir 1 kWp gücündeki PV modülünün, Balıkesir ortalaması için 1.186 kWh, Balıkesir'in en az ve en çok güneş alan bölgeleri için ise sırasıyla 1.125 kWh ve 1.258 kWh'lik elektrik üretebilme kapasitesi bulunmaktadır.



Şekil 7.41. Avrupa ve TR22 Bölgesi İlleri Güneş Enerjisi Potansiyelinin Karşılaştırılması[50]

[50] PVGIS, PV in Regions,http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe,ErişimTarihi: 18 Temmuz 2013.

Tablo 7.14. Balıkesir İlinde Farklı Açılardaki Düzlemlere Düşen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Global Radyasyon Değerleri[51]

Yıllık global radyasyon (kWh/m^2)			
	Yatay düzleme gelen	Düşey düzleme gelen	Optimum açıdaki düzleme gelen
Balıkesir minimum	1.370	958	1.521
Balıkesir ortalama	1.438	1.012	1.606
Balıkesir maksimum	1.521	1.076	1.710

Tablo 7.15. Balıkesir İlinde Farklı Eğimlerde Yerleştirilen 1 kW Anma Gücündeki PV Modülünden Elde Edilen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Elektrik Üretim Miktarı[52]

Yıllık PV gücü (kWh/1kWp)			
	PV modülü yatay yerleştirildiğinde	PV modülü düşey yerleştirildiğinde	PV modülü optimum eğimde yerleştirildiğinde
Balıkesir minimum	1.017	718	1.125
Balıkesir ortalama	1.064	758	1.186
Balıkesir maksimum	1.122	803	1.258

Tablo 7.16. Bölgelerine Göre Balıkesir İlinde PV Modüllerine Verilecek Minimum, Ortalama ve Maksimum Eğim Açıları[53]

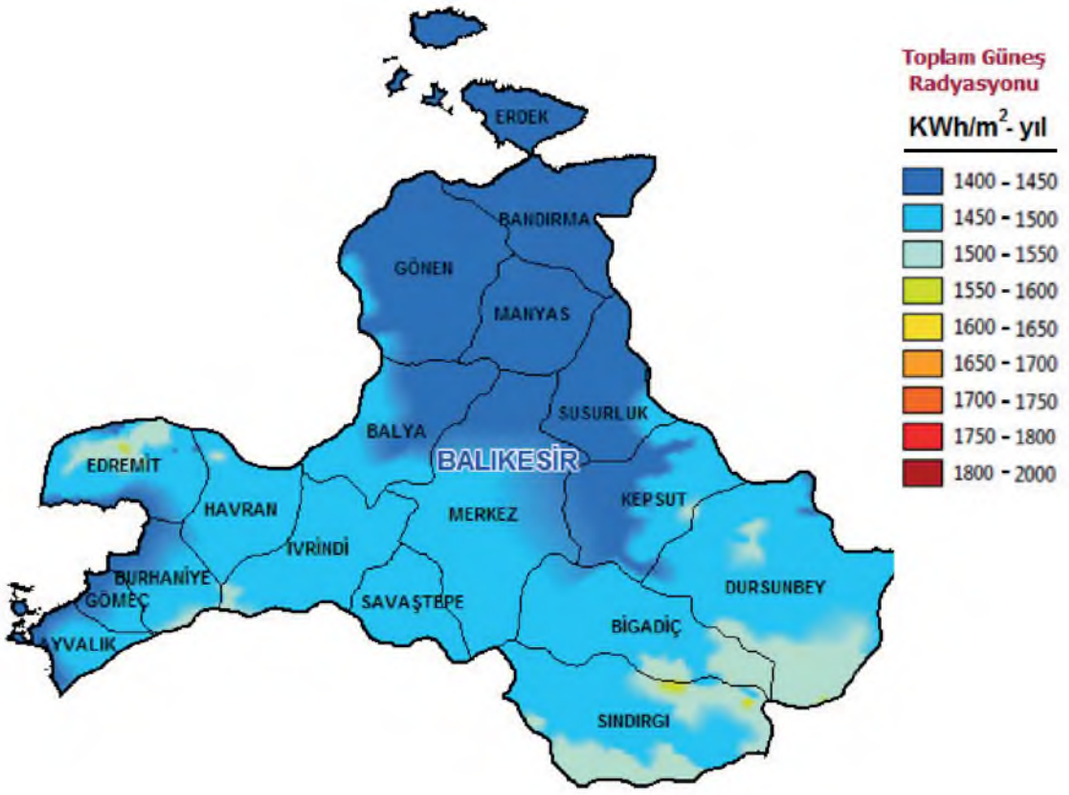
PV modülü optimum eğim açısı (derece)	
	Açı
Balıkesir minimum	31
Balıkesir ortalama	31
Balıkesir maksimum	32

Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin güneş enerjisi potansiyelini gösteren harita Şekil 7.42'de, bu haritadan elde edilen yıllık global radyasyon değerlerinin ilçelere göre değişimi ise Şekil 7.43'te Türkiye ortalaması ve Almanya'da tespit edilen maksimum değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

[51] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[52] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[53] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

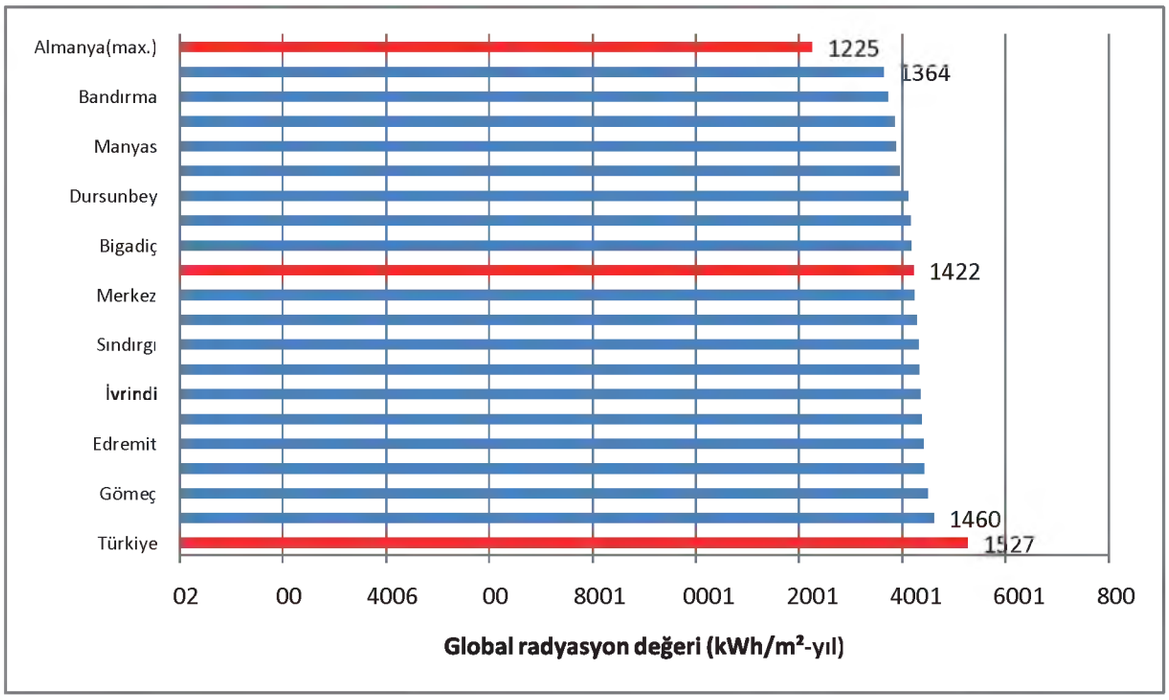


Şekil 7.42. Balıkesir Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası[54]

Buna göre Balıkesir'de yıllık global radyasyon değerinin en büyük olduğu ilçe 1.460 kWh/m² ile Ayvalık'tır. Bu değer ile Ayvalık, aynı zamanda, TR22 Güney Marmara Bölgesi ilçeleri arasında en yüksek yıllık global radyasyon değerine sahiptir. Bu ilçeyi 1.449 kWh/m² ile Gömeç ve 1.441 kWh/m² ile Burhaniye izlemektedir. Her iki ilçe değeri de Türkiye ortalamasının altında olup, Balıkesir'de bulunan tüm ilçelerin global radyasyon değerleri Almanya'da tespit edilen maksimum radyasyon değerinden büyüktür. Global radyasyondeğerinin en düşük olduğu üç ilçe ise sırasıyla Erdek (1.363 kWh/m²), Bandırma (1.372 kWh/m²) ve Susurluk (1.385 kWh/m²) 'tur.

Balıkesir il merkezi ve ilçelerinin yıllık toplam güneşlenme süreleri Şekil 7.44'de verilmiştir. Buna göre en yüksek güneşlenme süresi yılda 2.941 saat ile Savaştepe'de görülürken, bu ilçeyi sırasıyla Sındırgı, Merkez, Burhaniye, Balya ve İvrindi izlemektedir. Her beş ilçenin de yıllık güneşlenme süresi Türkiye ortalamasının üzerindedir. En düşük güneşlenme süresine sahip ilçe ise yılda 2.572 saat ile Erdek'tir.

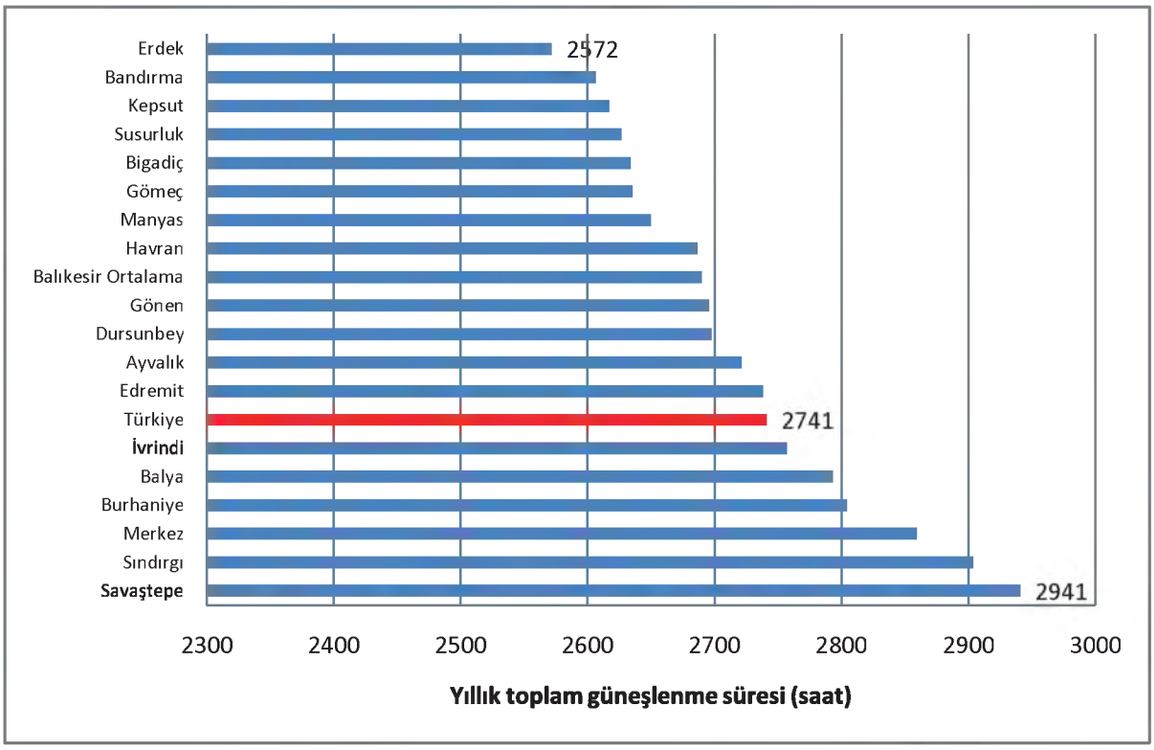
[54] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 7.43. Balıkesir İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Global Radyasyon Değerleri[55]

Yatay düzleme düşen yıllık global radyasyon değerinin Çanakkale ortalaması, GEPA verilerine göre 1.378 kWh/m², EU-JRC-PVGIS'ten elde edilen verilere göre 1.435 kWh/m²'dir. Bununla birlikte Çanakkale için düşey, yatay ve optimum eğimdeki düzlemlere düşen en büyük ve en küçük global radyasyon değerleri Tablo 7.17'de verilmiştir. Buna göre optimum eğimde yerleştirilen bir düzleme il genelinde yılda ortalama 1.603 kWh/m², Çanakkale'nin en çok güneş alan bölgesine 1.697 kWh/m² ve en az güneş alan bölgesine 1.528 kWh/m²'lik enerji düşmektedir. Tablo 7.18 incelendiğinde, Çanakkale için farklı eğim açılarında yerleştirilen (Tablo 7.19) 1 kW gücünde, 0,75 işletme faktörüne sahip şebeke bağlantılı sabit bir PV modülünün, bölgelere göre yıllık maksimum, minimum ve ortalama elektrik üretim miktarları verilmiştir. Buna göre optimum eğimde yerleştirilen bir PV modülünün, Çanakkale ortalaması için 1.184 kWh, Çanakkale'nin en az ve en çok güneş alan bölgeleri için ise sırasıyla 1.131 kWh ve 1.250 kWh'lik elektrik üretebilme kapasitesi bulunmaktadır.

[55] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 7.44. Balıkesir İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri[56]

Tablo 7.17. Çanakkale İlinde Farklı Açılardaki Düzlemlere Düşen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Global Radyasyon Değerleri[57]

Yıllık global radyasyon (kWh/m^2)			
	Yatay düzleme gelen	**Düşey düzleme gelen**	**Optimum açıdaki düzleme gelen**
Çanakkale minimum	1373	967	1528
Çanakkale ortalama	1435	1010	1603
Çanakkale maksimum	1514	1068	1697

[56] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[57] PVGIS, PV in Regions,http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Tablo 7.18. Çanakkale İlinde Farklı Eğimlerde Yerleştirilen 1 kW Anma Gücündeki PV Modülünden Elde Edilen Yıllık Minimum, Ortalama ve Maksimum Elektrik Üretim Miktarı[58]

Yıllık PV gücü (kWh/1kWp)			
	PV modülü yatay yerleştirildiğinde	**PV modülü düşey yerleştirildiğinde**	**PV modülü optimum eğimde yerleştirildiğinde**
Çanakkale minimum	1020	725	1131
Çanakkale ortalama	1064	757	1184
Çanakkale maksimum	1117	801	1250

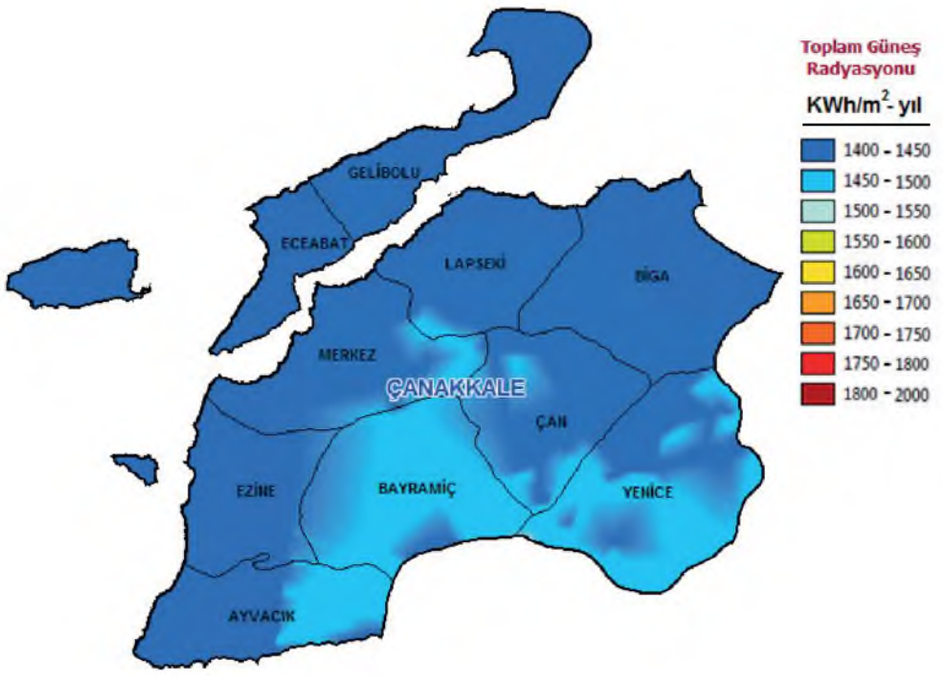
Tablo 7.19. Bölgelerine Göre Çanakkale İlinde PV Modüllerine Verilecek Minimum, Ortalama ve Maksimum Eğim Açıları[59]

PV modülü optimum eğim açısı (derece)	
	Açı
Çanakkale minimum	31
Çanakkale ortalama	31
Çanakkale maksimum	32

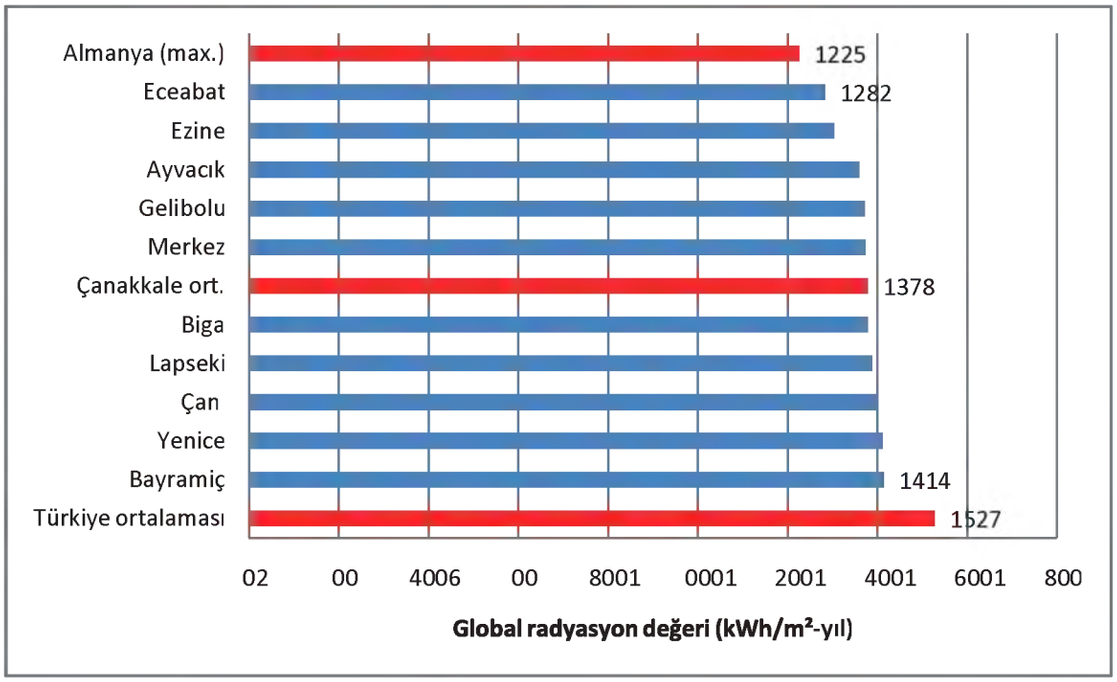
Çanakkale il merkezi ve ilçelerinin güneş enerjisi potansiyelini gösteren harita Şekil 7.45'de, bu haritadan elde edilen yıllık global radyasyon değerlerinin ilçelere göre değişimi ise Şekil 7.46'da Türkiye ortalaması ve Almanya'da tespit edilen maksimum değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Buna göre, Çanakkale'de yıllık global radyasyon değerinin en büyük olduğu ilçe 1.414 kWh/m² ile Bayramiç'tir. Bu ilçeyi 1.411 kWh/m² ile Yenice ve 1.400 kWh/m² ile Çan izlemektedir. Her iki ilçe değeri de Türkiye ortalamasının altında olup, Çanakkale'de bulunan tüm ilçelerin global radyasyon değerleri Almanya'da tespit edilen maksimum değerden büyüktür. Global radyasyon değerinin en düşük olduğu üç ilçe ise sırasıyla Eceabat (1.282 kWh/m²), Ezine (1.304 kWh/m²) ve Ayvacık (1.360 kWh/m²) 'tır.

[58] PVGIS, PV in Regions,http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[59] PVGIS, PV in Regions,http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 7.45. Çanakkale Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası[60]



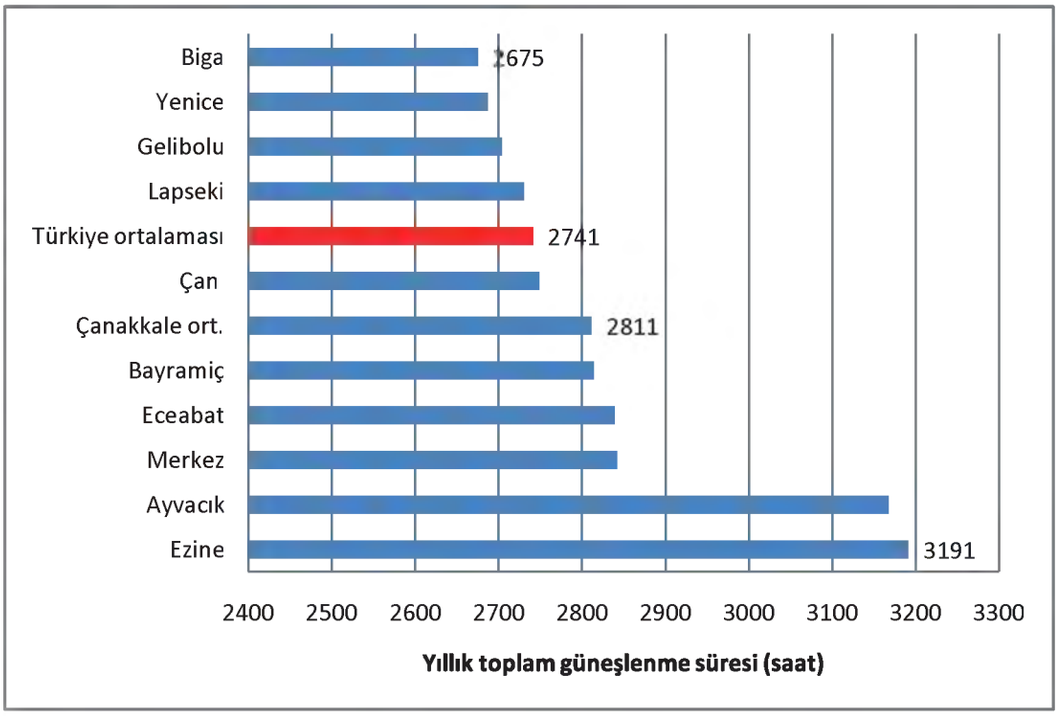
Şekil 7.46. Çanakkale İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Global Radyasyon Değerleri[61]

[60] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[61] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

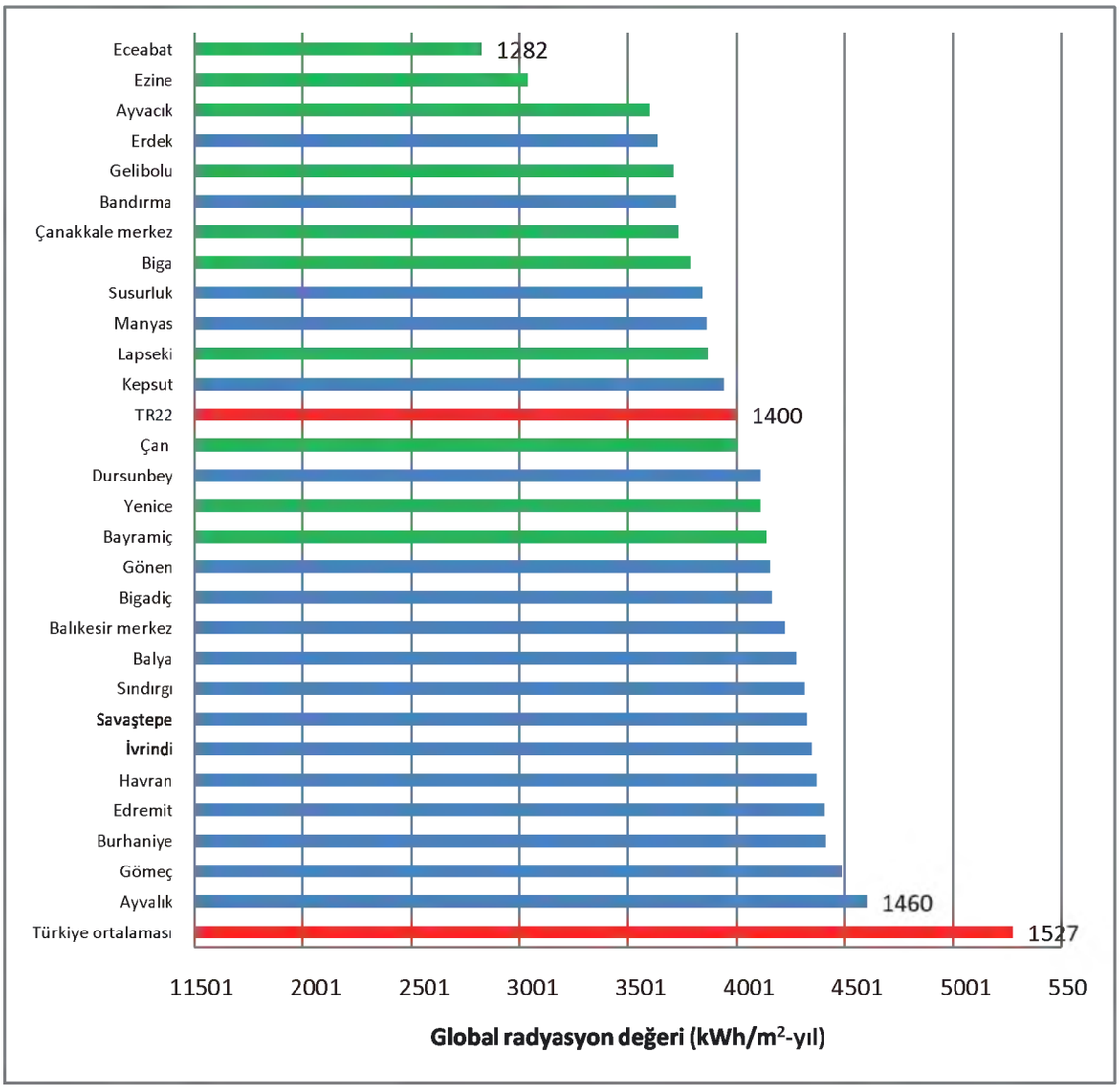
Çanakkale il merkezi ve ilçelerinin yıllık toplam güneşlenme süreleri Şekil 7.47'de verilmiştir. Buna göre en yüksek güneşlenme süresi yılda 3.191 saat ile Ezine'de görülürken, bu ilçeyi sırasıyla Ayvacık, Merkez, Eceabat, Bayramiç ve Çan izlemektedir. Her altı ilçenin de yıllık güneşlenme süresi Türkiye ortalamasının üzerindedir. En düşük güneşlenme süresine sahip ilçe ise yılda 2.675 saat ile Biga'dır.

TR22 Bölgesi ilçeleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde, bölgenin yıllık ortalama global radyasyon değeri 1.400 kWh/m²'dir. Tüm bölge ilçelerinin yıllık global radyasyon değerleri Türkiye ortalamasının altında olup, bölgenin en yüksek ve en düşük yıllık global radyasyon değerlerine sahip ilçeleri sırasıyla Eceabat (1.282 kWh/m²) ve Ayvalık (1.460 kWh/m²)'tır (Şekil 7.48). TR22 Güney Marmara Bölgesi toplam güneşlenme süresi ortalaması yıllık 2.751 saat olup bu değer 2.741 saat olan Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bölgenin en yüksek ve en düşük güneşlenme sürelerine sahip ilçeleri sırasıyla Ezine (3.191 saat) ve Erdek (2.572 saat)'tir (Şekil 7.49).



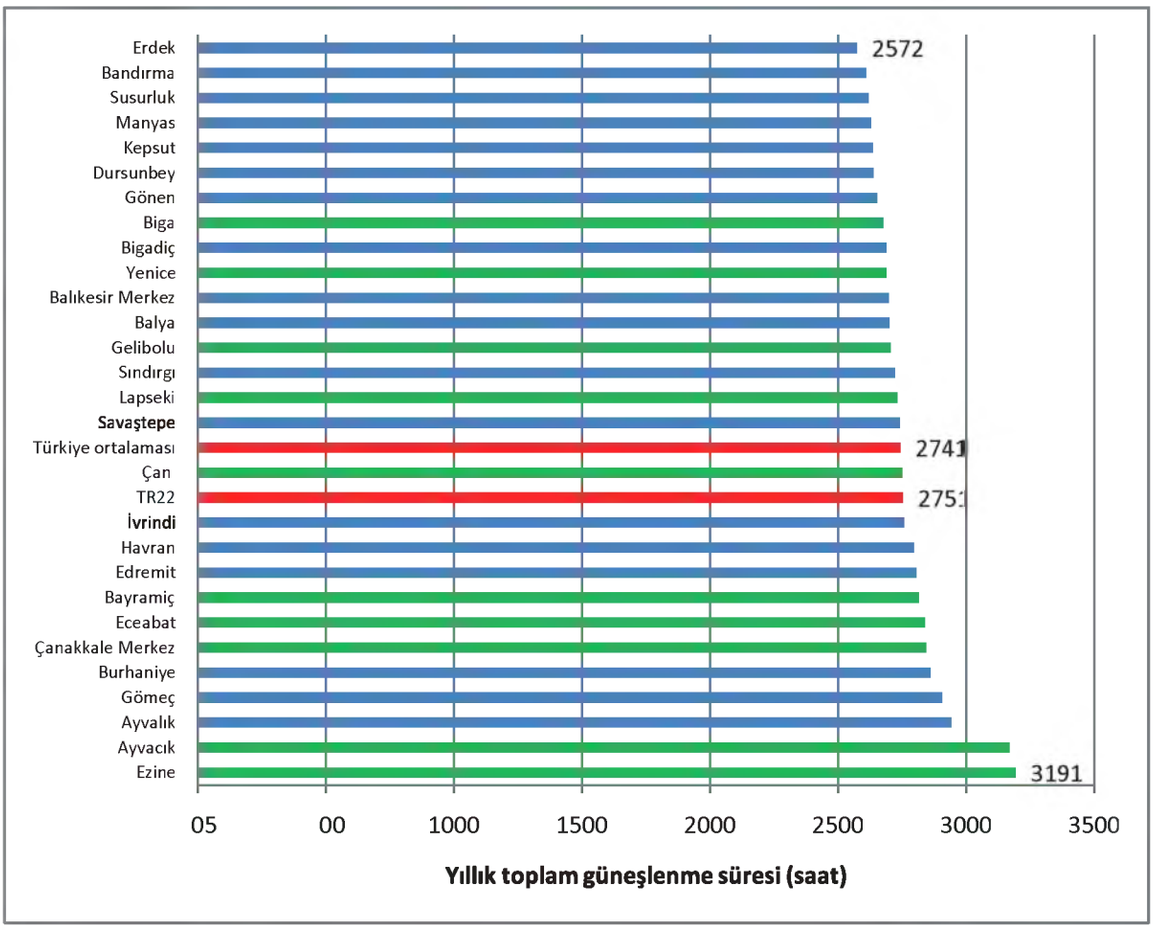
Şekil 7.47. Çanakkale İl Merkezi ve İlçelerinin Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri[62]

[62] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



Şekil 7.48. TR22 Bölgesi İlçelerinin Yıllık Global Radyasyon Değerleri[63]

[63] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.



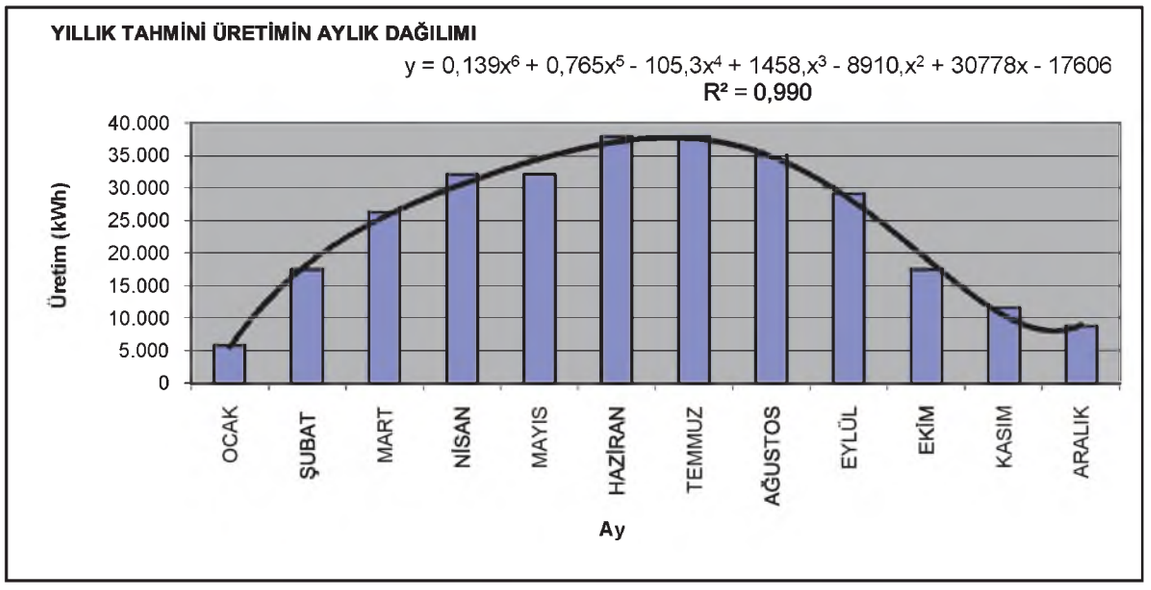
Şekil 7.49. TR22 Bölgesi İlçelerinin Yıllık Toplam Güneşlenme Süreleri[64]

TR 22 Güney Marmara Bölgesi'nde güneş enerjisi uygulamasına güzel bir örnek olarak, Çanakkale ili organize sanayi bölgesinde bulunan bir işletme tarafından, kırsal kalkınma destek projeleri çerçevesinde kurulan PV sistemi verilebilir. Her biri 240 Wp güce sahip 770 adet poli kristal panelden oluşan sistem, toplam 184,80 kWp güce sahip olup[65], 12 Mayıs 2013 tarihi itibarıyla ilk enerji üretimini gerçekleştirmiştir. İlk ölçümlerde 147,6 kW güçte üretim sağlandığı görülmüştür. Yerli bir kuruluş tarafından kurulan sistem, 9 adet invertör içermektedir[66]. Yıllık tahmini üretim miktarı ise 291.600 kWh olarak beklenmektedir (Şekil 7.50). Şekilden de görüleceği üzere, en yüksek üretim haziran (37.908 kW, %13) ve temmuz (37.908 kW, %13) aylarında gerçekleşmektedir. En düşük üretim ise ocak ayında (5.832 kW, %2) gerçekleşmektedir.

[64] Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

[65] Çanakkale Projemiz, http://www.solarturk.com.tr/gallery.php?id=325, Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2013.

[66] Solar Türk Enerji, http://www.solarturk.com.tr, Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2013.



Şekil 7.50. Yıllık Güneş Enerji Üretiminin Aylık Dağılımı



Şekil 7.51. Sistemin Kurulumu ve Kurulum Sonrası Görünümleri

7.4. Türkiye'nin Güneş Enerjisinde 2023 Hedefi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yayınlanan "ETKB 2010–2014 Stratejik Planı"nda, yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin temel hedef, bu kaynakların elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının 2023 yılında en az %30 düzeyinde olmasının sağlanmasıdır.

Türkiye, güneş elektriği sistemlerinin kurulumu ve işletilmesi konusunda, çok geç adım atmış olmakla birlikte, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2013 yılı sonuna kadar 600 MW solar elektrik sisteminin kurulmasına karar verilmiştir. Bu sistemlerin ne kapasitede ve nerelerde kurulacağı belirlenmiş ve Haziran 2013'de EPDK'ya başvurular kabul edilmiştir. Solar elektrik üretiminde 2023 hedefi ise ETKB tarafından 3 GW olarak ifade edilmektedir.

7.5. Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Mevzuat

Değişiklik sonrası YEK Kanunu, PV sektörü ile ilgili özetle aşağıdaki hususları öngörmüştür (EÜ-GEE, 2012):

Güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için on yıl süreyle 13,3 $cent/kWh alım garantisi verilmiştir. Yerli üretim durumunda ise üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle aşağıdaki ilave destekler öngörülmüştür:

- Fotovoltaik panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı: 0,8 $cent/kWh
- Fotovoltaik modülleri: 1,3 $cent/kWh
- Fotovoltaik modülünü oluşturan hücreler: 3,5 $cent/kWh
- Evirici: 0,6 $cent/kWh
- Fotovoltaik modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme: 0,5 $cent/kWh

- Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerindeki aksamın sağlaması gereken standartlar ve denetimlerde uygulanacak test yöntemleri ile birlikte, bu tesislerde ve melez üretim tesislerinde üretilen elektrik enerjisi içerisindeki güneş enerjisine dayalı üretim miktarlarının denetimine ilişkin usul ve esasların EPDK'nın görüşü alınarak Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle belirlenmesi öngörülmüştür.

- Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasitelerinin, EİE'nin ve TEİAŞ'ın teknik görüşleri alınarak Bakanlık tarafından belirlenmesi ve yayınlanması öngörülmüştür.

12 Ağustos 2011 tarihinde izin verilen bağlantı kapasiteleri yayınlanmıştır. Buna göre;

- Güneş enerjisine dayalı lisans başvurularında standardına uygun ölçüm bulundurulması zorunlu kılınmıştır.

- Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için yapılan lisans başvurularında, tesis sahasının malikinin lisans başvurusunda bulunması halinde aynı sahaya başka başvuru yapılamayacağı, aynı bölge ve/veya aynı trafo merkezi için birden fazla başvurunun bulunması halinde, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanı belirlemek için TEİAŞ tarafından bu Kanunda belirlenen süreler boyunca uygulanmak üzere, I Sayılı Cetvel' de öngörülen fiyatların eksiltilmesi usulüyle yarışma yapılacağı belirtilmiştir. Yarışma ile ilgili usul ve esasların Bakanlık, EPDK ve EİE görüşleri alınarak TEİAŞ tarafından çıkarılacak yönetmelikte düzenleneceği belirtilmiştir.

- 31/12/2013 tarihine kadar iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünün 600 MW'dan fazla olamayacağı, 31/12/2013 tarihinden sonra iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünü belirlemeye Bakanlar Kurulu'nun yetkili olacağı belirtilmiştir.

PV sektörü ile ilişkili önemli diğer mevzuat aşağıda belirtilmiştir (EÜ-GEE, 2012):

- Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği (Son değişiklik: 31 Mart 2012)

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (Son değişiklik: 10 Mart 2012)

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ (10 Mart 2012)

- Bölge ve Trafo Merkezi Bazında Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Bağlanabilir Kapasiteleri (12 Ağustos 2011)

- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (Son değişiklik: 11 Ağustos 2011)

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik (21 Temmuz 2011)

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik (19 Haziran 2011)

- Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik (19 Haziran 2011)

- Elektrik Piyasası Kanunu (No: 4628, Son değişiklik: 13 Şubat 2011) ve Enerji Verimliliği Kanunu (No: 5627)

7.6. Öneriler

TR22 Güney Marmara Bölgesi, 39,10 – 40,70 derece kuzey enlemleri arasında yer aldığı halde, güneşlenme süresi uzun olduğu için yıllık güneş enerjisi miktarı bakımından başta Almanya olmak üzere birçok Avrupa ülkesini geride bırakmaktadır. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi Enerji ve Nakil Enstitüsü Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi'nden(PVGIS) elde edilen verilere göre, yatay düzleme düşen güneş enerjisi miktarı TR22 Güney Marmara Bölgesi illerinden Balıkesir için 1.438 kWh/m² ve Çanakkale için ise 1.435 kWh/m²'dir. Bu değer Almanya'da ortalama 1.007 kWh/m²'dir. Ayrıca 1 kW anma gücündeki bir PV sisteminden (sistem yatay yerleştirildiğinde) Almanya'da yılda ortalama762 kWh elektrik üretilebilirken, Balıkesir ve Çanakkale illerinin her birinde 1.064 kWh'lik elektrik üretim potansiyeli bulunmaktadır (Şekil 7.41).

Bununla birlikte, 14 Haziran 2012 tarih ve 28323 numaralı Resmi Gazetede yayınlanan Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 24/05/2012 tarih ve 3842 sayılı kararının g bendi uyarınca, "Tebliğ kapsamında standardına uygun olarak yapılan ölçümler sonucunda, yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu alt sınır değerini (1620 kWh/m2-yıl) sağlamayan lisans başvurularının kabul edilmemesine" karar verilmiştir. Bu durum pratikte güneş enerjisi lisans başvurularının sadece güney bölgelerde yoğunlaşması sonucunu doğurmuştur. Dolayısıyla, yılda ortalama 2751 saat güneşlenme süresi ve güneş enerjisi üretiminde dünya lideri olan Almanya ortalamasının yaklaşık bir buçuk katı kadar fazla güneş enerjisi alan bölgemiz, uygulamada lisans alınabilecek bölgeler listesinin dışında kalmıştır.

Güneş enerjisinden daha fazla faydalanılabilmesi ve adil rekabet imkanının sağlanabilmesi için, güneş enerjisi lisans başvurularıyla ilgili bu kararın kaldırılarak yatırım yeri tercihin piyasa aktörlerine bırakılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan bölgenin tamamı güneş kolektörlerinin sıcak su temininde yaygın kullanımı için oldukça uygundur. Küçük tarım ve sanayi işletmelerinde ve konutlarda kullanılmak üzere küçük (1 kW-1 MW arasında) modüler güneş enerji sistemlerinin bölgede yaygınlaştırılması için öncelikle bu yönde uygulamalı eğitim çalışmalarının, ilgili üretici kuruluşlarla birlikte, planlanması gerekir. Bu konuda; Çanakkale Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan bir işletme tarafından kurulan ve 12 Mayıs 2013 tarihi itibarıyla elektrik üretimine başlayan güneş enerjisi sistemi örnek uygulama olarak gösterilebilir. Sistem 770 adet 240 Wp güneş panelinden oluşmakta olup 184,80 kWp gücüne sahiptir. Bölgeye ait bu konuda bir diğer örnek uygulama ise, Balıkesir ilindeki Pamukçu ve Aslıhantepecik ovalarının güneş enerjisi sistemiyle sulanması verilebilir.

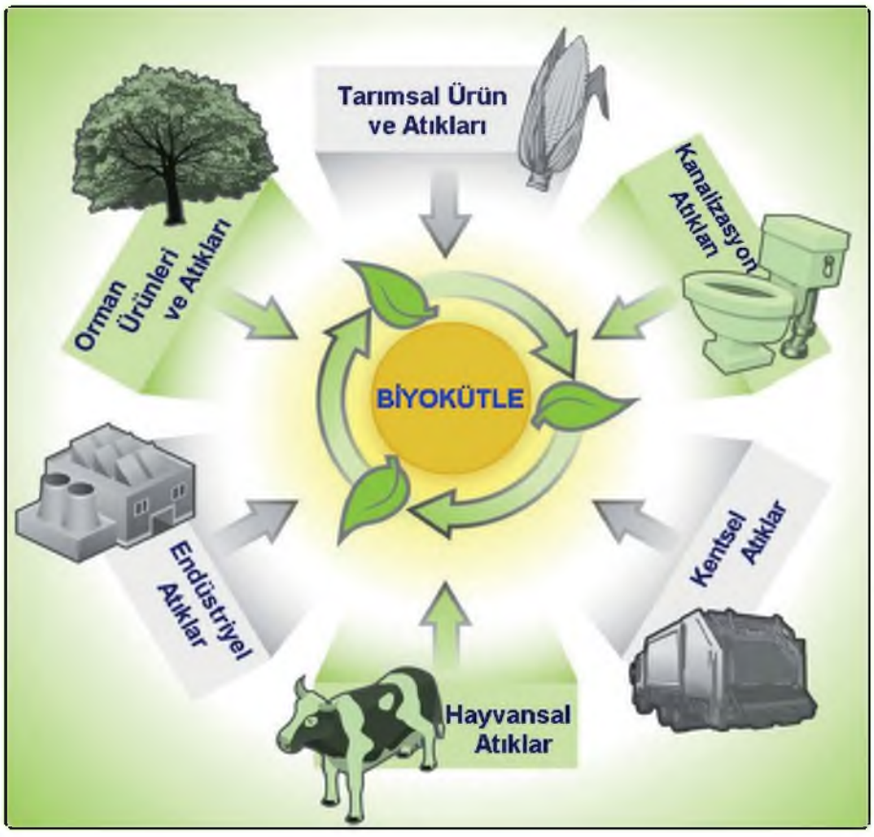
8. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle, dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini, çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek önemli enerji kaynaklarından birisidir. Karada ve suda yetişen bitkiler, hayvansal atıklar, gıda endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler biyokütle, bu kaynaklardan elde edilen enerji çeşitleri ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerin yetiştirilmesi, yeryüzünde toprak, su ve güneş enerjisinin var olduğu sürece devam edeceği düşünüldüğünde, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağı olarak tanımlanabilmektedir.

Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtlar, canlı varlıkların milyonlarca yıl yer altında kalması ile oluşan fosil biyokütle olarak anılabilirler. Bitkilerin toprak altında milyonlarca yıl kalmasıyla oluşan fosil yakıtlar, aslında yukarıda tanımlanan biyokütle ile aynı özellikleri taşımalarına karşın sıcaklık ve basınç altında değişime uğradıklarından, yakıldıklarında havaya çok sayıda zararlı madde yayarlar. Ayrıca, milyonlarca yılda oluşan bu birikimin kısa süre içinde yakılması hava da ki karbondioksit dengesinin bozulmasına yol açmış, bunun sonucu olarak da küresel ısınma başlamıştır. Fosil yakıtların diğer zararları arasında asit yağmurları ile ormanların yanı sıra canlı varlıkların ve hatta binaların dış yüzeylerinin bozulması sayılabilir. Dünyada fosil enerji kaynaklarının ömürlerinin kısıtlı olması ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle biyokütle, giderek önem kazanmakta ve özellikle gelişmiş ülkeler için stratejik bir enerji kaynağı durumuna gelmiştir (ÜGİAD, 2004; Anonim, 2007).

8.1. Biyokütle Kaynakları

Biyokütle kaynaklarını, karalardan denizlere kadar hemen her yerde bulmak olanaklıdır. Doğada var olan ormanlar, hayvan dışkıları ve bitki atıkları zaten uzun yıllardır, özellikle gelişmekte olan ülkeler tarafından kullanılan temel biyokütle kaynaklarıdır. Son yıllarda doğal olarak yetişen kaynakların yanı sıra enerji bitkileri, kısa dönemli enerji ormanları, atıklar ve denizlerdeki algler gibi enerji kaynağı olarak değerlendirilebilen ve geliştirilen kaynakları elde etmeye yönelik çalışmalar da yaygınlaşmaktadır. Genel bir yaklaşımla enerji üretiminde kullanılabilecek biyokütle kaynakları; bitkisel kaynaklar, hayvansal atıklar, kentsel ve endüstri atıkları şeklinde sınıflandırılabilir (Anonim, 2011e). Şekil 8.1'de genel biyokütle kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 8.1. Biyokütle Kaynakları (Bioenergy Consult, 2013)

Bitkisel Kaynaklar: Orman ürünleri, yetiştiricilik dönemi 5 - 10 yıl, verimlerinin ise 15 - 35 t/ha olan ağaç türlerini içeren enerji ormanları, enerji tarımı yetiştiriciliğine konu olan sorgum, şeker kamışı, mısır gibi C4 bitkileri, buğday, arpa, çavdar, şeker pancarı gibi C3 bitkileri, şeker ve nişasta ihtiva eden bitkileri (şeker pancarı, patates vb.), yağlı tohumlu bitkiler (kanola, aspir, ayçiçeği, soya vb.), bazı su otları ve algleri bitkisel biyokütle kaynakları olarak sayılabilir. Özetle, enerji tarımı amaçlı yetiştirilen tüm bitkiler, tarım ve orman artıkları enerji elde etmek amacıyla değerlendirilen bitkisel kaynaklardır. Orta seviyeli bileşikleri 4 karbon atomu içeren bitkiler C4, 3 karbon atomu içerenler ise C3 bitkileri olarak isimlendirilen enerji bitkileridir. C4 sistemi daha fazla ışık ve ısı kullanır. Ancak elverişli koşullarda fotosentez etkinliği C3 bitkilerine göre daha fazladır ve daha verimli su, azot kullanımı sağlarlar. C4 enerji bitkileri yetiştiriciliği, verimli tarım alanlarına bağımlı olmayan, büyüme

süresi çok kısa, bakım ihtiyacı çok az, hastalıklara, kuraklığa dayanaklığı daha fazla olan dolayısıyla düşük maliyetle yüksek verim alınabilen bitkilerdir. Bu sebeple, toprak kalitesi düşük 2. ve 3. sınıf tarım arazilerinde yetiştiricilik yapılabilir. Bu sayede kullanılmayan araziler tarıma kazandırılabilir. Bitkisel biyokütle kaynaklarının ısıl değeri 3.800 – 4.300 kcal/kg arasında değişmektedir.

Hayvansal Atıklar: Sığır, at, koyun, keçi, tavuk gibi hayvanların gübreleri mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar, enerji eldesi amacıyla kullanılabilmektedir. Hayvansal gübrenin geleneksel yöntemlerle değerlendirilmesine, samanla karıştırılıp kurutulması ile elde edilen tezeğin kırsal yerleşim alanlarında yakıt olarak kullanımı örnek verilebilir. Hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile biyogaz üretimi, dünyada kullanımı oldukça yaygın bir atık değerlendirme yöntemidir. Biyogazın ısıl değeri, karışımdaki metan yüzdesine bağlı olarak 1.900 ile 27.500 kJ/m3 arasında değişmektedir.

Kentsel ve Endüstriyel Atıklar: Genel olarak insan aktiviteleri sonucu oluşan, toplumunhuzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken her türlü organik ve inorganik katı maddeler, kentsel ve endüstriyel atıklar olarak tanımlanabilir. Organik kökenli her türlü kentsel ve endüstriyel çöpler, odun gibi yanıcı maddelerin külleri, su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları, kanalizasyon atıkları, enerji üretimi için kullanılabilecek biyokütle kaynaklarıdır (Anonim, 2007; Tolay, 2011).

8.1.1. Biyokütle Kaynaklarının Kullanımının Sınıflandırılması

Klasik Biyokütle Kullanımı: Geleneksel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarının (tezek) doğrudan yakılarak enerji elde edilmesidir. Biyokütlenin doğrudan yakılmasını sağlayan yakma araçları geliştirilerek modern teknolojilerde de kullanılmaktadır. Doğrudan yakma tekniği özellikle sanayileşmemiş kırsal toplumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Modern Biyokütle Kullanımı: Günümüzde biyokütle kaynaklarından daha verimli enerji elde edilebilmek amaçlanmaktadır. Bu nedenle biyokütleden enerji eldesinde modern biyokütle teknolojileri kullanılmaktadır. Modern biyokütle teknolojilerinde hammadde elde etmek amacıyla bitki yetiştiriciliği ön plana çıkmıştır. Daha önce sözü edilen enerji ormancılığı ve enerji tarımı ile modern biyokütle teknolojilerine bitkisel hammadde sağlanmaktadır. Enerji tarımında, fiziksel ve kimyasal yapıları itibariyle biyokütleden enerji eldesine uygun olan C3 ve C4 bitkilerinin yetiştiriciliği tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra tarım kesiminin bitkisel artıkları ve hayvansal atıkları, kentsel atıklar, tarımsal endüstri atıkları modern biyokütle kaynaklarındandır. Modern biyokütle kaynakları ve teknolojilerinin kullanılması; toprak ve su kirliliğinin azaltılması, sera gazlarının denetimine ve dengelenmesine yardımcı olması, erozyon ve orman yangını denetimi gibi çevresel üstünlükler sağlamaktadır (Karayılmazlar ve diğ., 2011).

8.2. Biyokütleden Enerji Üretim Teknolojileri

Biyokütlelere uygulanan çeşitli dönüşüm yöntemleri, fosil yakıtlara alternatif olabilecek çevre dostu ve yüksek ısıl değerli katı, sıvı ve gaz yakıtlar ile kimya endüstrisi için önemli ürünler elde edilebilmektedir. Biyokütleyi enerjiye dönüştürme amaçlı uygulanan teknolojiler; biyokimyasal, fizikokimyasal ve termokimyasal olmak üzere 3 grupta incelenmektedir. Bu dönüşüm teknolojilerinin uygulanması öncesinde özellikle katı biyokütle çeşitleri bazı fiziksel işlemlerden geçirilmektedir (Anonim, 2011f).

8.2.1. Fiziksel İşlemler

Kurutma: Kurutmanın en önemli amacı, biyokütlenin bozulmadan uzun sure depolanabilmesidir. Sıcak hava ile kurutma, güneşte kurutma, vakumla kurutma gibi kurutma işlemleri uygulanabilir. Mikrodalga, rotari kurutma gibi gelişmiş teknolojileri kullanarak yapılan kurutma işlemleri de vardır (Harris ve diğ., 2008; Xu ve Pang, 2008).

Öğütme: Kuru biyokütlenin parçacık büyüklüğünün, miller, bıçaklar, bilyeler gibi çeşitli öğütme teknikleri kullanılarak istenilen boyutlara getirilmesidir (Masuda ve diğ., 2006).

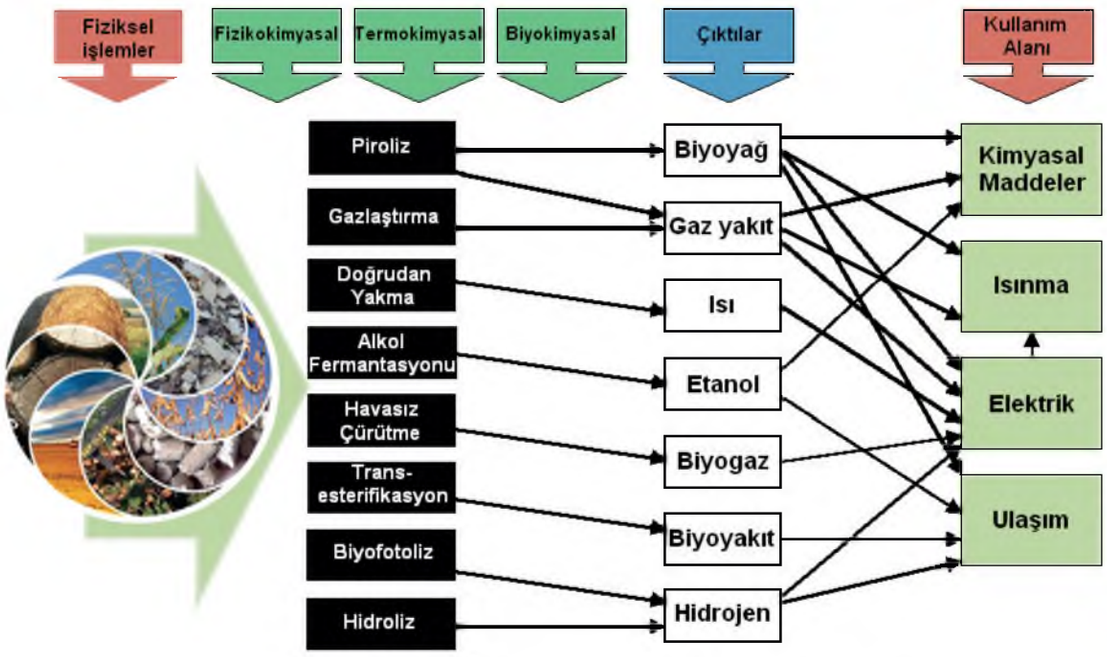
Peletleme ve Biriketleme: Pelet, orman ve tarım artıklarının kurutulup, öğütülerek talaş haline getirildikten sonra yüksek basınçla sıkıştırılmasıyla çapı 6 - 10 mm boyutlarında oluşturulan maddedir. Briket ise 5 - 20 cm arasında değişen boyutlarda üretilir. Özellikle tarım ve orman artıklarının homojen olmamaları ve çok fazla hacim kaplamaları nedeniyle direkt yakıt olarak kullanılmaları oldukça zordur. Bu problem, bu tür biyokütlenin kompakt ve düzenli bir şekilde yoğunluğunun arttırılmasıyla yani pelet veya biriket haline getirilmesiyle çözülebilir (Lehtikangas, 2000). Bunun için kullanılan teknolojiler, bir piston veya vida yardımıyla basınç uygulanarak biyokütlenin istenilen şekil ve büyüklüklerde kesilmesine dayanır (Ryu ve diğ., 2008). Odun peletleri genellikle kimyasal bağlayıcı maddeler eklenmeden yüksek basınçla oluşturulurlar. Biyokütlenin içerisindeki doğal moleküller bağlayıcı görevi de görmektedir (Kalivan ve Morev, 2010). Biyokütlenin fiziksel yöntemler kullanılarak kurutulması, öğütülmesi ve pelet veya biriket haline getirilmesinin yararları aşağıda sıralanmıştır:

- Odunsu artıkların ileri termo-kimyasal dönüşümler için kullanımının sağlanması
- Depolama alanının azaltılması
- İşleme biçiminin ve taşımanın kolaylaştırılması ve masrafların azaltılması
- Enerji yoğunluğu/hacim oranının artırılması
- Fermantasyon nedeniyle oluşan madde kaybının ortadan kaldırılması

Görüldüğü gibi fiziksel yöntemler ile biyokütleye kazandırılan boyut ve şekil değişiklikleri, biyokütlenin enerjiye dönüşüm yöntemleri için önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Biyokütle kaynaklarına uygulanan söz konusu yöntemler ve çıktıları şematik olarak Şekil 8.2'de özetlenmiştir.

8.2.2. Fizikokimyasal Yöntem

Transesterifikasyon olarak adlandırılan bu dönüşüm yönteminde bitkisel ve hayvansal yağlardan, alkol ve katalizör varlığında ana ürün olarak yağ asidi esterlerinin (biyodizel) ve gliserinin elde edilmesidir. Transesterifikasyon ile yağlar, mevcut araç motorları ve yakıt sistemleri için uygun yakıt durumuna getirilmektedir (Vijavaraghavan ve Hemanathan, 2009; Öztürk ve Bilen, 2009). Biyodizel üretiminde genel olarak bitkisel yağ kaynağı olarak kanola (kolza), aspir, soya, palm, ayçiçeği, hurma, fındık yağı ve kullanılmış kızartma yağlarının yanı sıra hayvansal yağlar, hatta yosunlar dahi kullanılmaktadır (Günal, 2006). Alkol olarak metanol, katalizör olarak alkali katalizörler (sodyum veya potasyum hidroksit) tercih edilmektedir. Biyodizel, kendi başına yakıt olarak kullanılabileceği gibi geleneksel olarak kullanılan dizel yakıtlarla beraber de kullanılarak enerji üretilebilir Öztürk, 2012).



Şekil 8.2. Biyokütle Kaynaklarının Enerji Çevrim Yöntemleri ve Çıktıları

8.2.3. Termokimyasal Yöntemler

Doğrudan Yakma: Biyokütlenin doğrudan yakılarak enerji üretilmesi, bilinen en eski yöntem olmasına karşın, ticari olarak geçerli ve kanıtlanmış bir teknoloji olarak kabul görmektedir. Yanma sonucunda ısı ve buhar üretilir. Buhar, bir buhar türbini ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Biyokütle yakma sistemlerinde ısıl güç bir kaç kW'dan MW seviyelerine kadar değişebilmektedir. Son yıllarda verimi yükseltmek için yeni yakma sistemleri geliştirilmektedir. Özellikle biyokütle ile çalışan termik santral yapımında akışkan yataklı sistemler geleneksel yakma sistemlerinin yerlerini almaktadır. Bu sistemlerde, nem içeriği düşük biyokütle kaynakları tercih edilmektedir. Hemen her türlü biyokütle kaynağını doğrudan yakmak olanaklıdır. Ancak, nem oranı yükseldikçe elde edilen ısıl değer azalmaktadır.

Gazlaştırma: Biyokütlenin 700 – 1.000 °C arasındaki yüksek sıcaklıklarda kısmi oksijenli ortamda bozunması ile yanabilir gaz elde etme işlemidir. Bu işlem sırasında denetimli bir şekilde yakıt

hücresine verilen hava ile biyokütle yakılır ve çıkan ürünler arasında hidrojen, metan gibi yanabilir gazların yanı sıra karbon monoksit, karbondioksit ve azot gibi gazlar da bulunur. Üretilen gaz çeşitli uygulamalarda doğal gaz gibi kullanılabilmektedir. Günümüzde bu yöntem ile elde edilen gaz kullanımıyla elektrik üretimi, diğer kaynaklara kıyasla daha yüksek maliyetler ile gerçekleşmektedir. Ancak, atık bertarafı imkanı ve enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltma etkisi dikkate alınarak, bu konudaki çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Bu gazın birim hacmindeki ısıl değer 4 ile 11 MJ/m^3 (1.000 – 2.600 Kcal/m^3) arasında değişmekte olup, doğal gaza göre daha az enerji verirler. Gazlaştırmada kullanılan biyokütle kaynakları oldukça çeşitlidir. Bazıları; mısır sapları, buğday, pirinç, ayçiçeği vb. bitkilerin samanları gibi tarım atıkları, ceviz kabuğu, erik, kayısı çekirdekleri vb. gıda işleme sonrası atıklar ve orman ürünleri ile atıklarıdır. Gazlaştırma işleminde kullanılan basit sistemlerde bile çevrim verimi %85 - 90 arasında değişir.

Piroliz: Biyokütleden gaz elde etmek için kullanılan en eski ve basit bir yöntem olup, oksijensiz ortamda organik katı maddenin (odun ve orman artıkları) 300 - 900 ^oC arasındaki sıcaklıklarda ısıtılması ile oluşan kimyasal ve fiziksel olaylar dizisi olarak tanımlanır. Piroliz sonucunda katı, sıvı ve gaz ürünler oluşur. Yavaş ve hızlı olmak üzere iki farklı piroliz gerçekleştirilebilmektedir. Yavaş piroliz ile 300 ^oC civarındaki sıcaklıklarda, uzun ısıtma zamanlarında odun ve benzer katı atıklardan odun kömürü elde edilmektedir. Hızlı piroliz ile biyokütle, daha yüksek sıcaklıkta hızla gazlaştırılır. Oluşan gaz, reaksiyon sisteminden hızla uzaklaştırılır ve soğutulur. Soğuyan gaz yoğuşarak katranımsı bir sıvı oluşturur (Günal, 2006). Elde edilen sıvı ürün iyileştirme işlemleri sonucunda kalorifik değeri yüksek, kolay depolanabilir ve taşınabilir özellikleri ile petrol türevi sıvı yakıtlar için bir alternatif oluşturmaktadır. Piroliz sonucu elde edilen CH_4, CO, CO_2 gaz karışımı, yakıt olarak kullanılabilmektedir.

8.2.4. Biyokimyasal Yöntemler

Havasız Çürütme: Milyonlarca yıldır doğal olarak oluşmuş mikroorganizmalar, oksijensiz veya sınırlı oksijenli ortamda kendi metabolik faaliyetleri için organik ve inorganik maddeler kullanarak metan, karbon dioksit ve eser miktarda hidrojen, azot ve hidrojen sülfür içeren bir gaz karışımı oluştururlar. Bu gaz, bataklık gazı, gübre gazı veya biyogaz gibi isimlerle anılmaktadır. Bu proses, insanoğlunun çok sonra dikkatini çekmiş ve biyogaz üretim teknolojileri gelişmiştir (Üçgül ve Akgül, 2010).

Anaerobik fermantasyon olarak da adlandırılan havasız çürütme, oksijensiz ortamda yaşayabilen mikroorganizmalar tarafından yapılan biyolojik bir işlem olup, biyokütlenin doğal gazın temel bileşenlerinden olan metan ve karbondioksite dönüştürülmesi olarak da ifade edilir. Bu işlem ideal olarak tümüyle oksijensiz bir ortam da gerçekleştirilmelidir. Böyle bir ortamda işlemi yürüten iki tip bakteriden mezofilik bakteriler 35 ^0C, termofilik olanlar ise 54 ^0C dolayında bir sıcaklıkta üretim yaparlar. Havasız çürütme ile gaz ve sıvı yakıt elde edilmesinde, genellikle hayvan gübresi, özel olarak yetiştirilen bazı bitkiler ve tarım atıkları kullanılmaktadır. Bu yöntemle biyokütleden üretilen gaz yakıtlar arasında en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan biyogaz olup, %55 - 75 metan gazı ile %25 - 45 karbondioksit içermektedirler. Biyogazın ısıl değeri m^3 başına yaklaşık 5.200 kilokaloridir. Hayvan dışkısı, gaz eldesinde kullanıldıktan sonra, değeri artmış gübre haline gelmektedir. Havasız çürütme yönteminde çevrim işleminin verimi; kullanılan biyokütle kaynağına, sistem büyüklüğüne, gübrenin pH değerine ve sıcaklığa bağlı olarak %60 ile %70 arasında değişmektedir.

Alkol Fermantasyonu: Organik maddede bulunan nişastanın ısı yardımı ile şekere dönüştürülmesi ve daha sonra bu şekerin şarap ve birada olduğu gibi mayalanması sonucu etil-alkol (etanol) elde edilmesidir. Kaynağı biyokütle olan bu enerji çeşidi, biyoetanol olarak adlandırılır. Selüloz ve glikoz içeren birçok organik ürün biyokütle kaynağıdır. Ancak son yıllarda yüksek oranda selüloz içeren orman ve tarım artıkları, düşük maliyetli olmaları nedeniyle biyoetanol üretiminde daha fazla kullanılmaya çalışılmaktadır. Biyoetanol, esas olarak şeker kamışı ya da tahıl nişastasından çıkarılan şekerlerden geleneksel fermantasyon/damıtma işlemi ile elde edilir. Artan çevre bilinci ve sera gazlarını azaltma taahhüdü, etanol üretiminin arttırılması ihtiyacını körüklemektedir. Mısır ya da tahıldan yapılmış etanolün yanmasından çıkan sera gazları, benzine kıyasla %30 ile %40 arasında az olurken, selülozik biyokütleden yapılan etanolde bu değer yaklaşık %60 - %80 daha az olmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilya'da yaygınca kullanılan bu yakıt çeşidinin en büyük dezavantajı, üretimi sırasında ısı kaynağı olarak fosil yakıtlara ihtiyaç duymasıdır.

Biyofotoliz: Bazı mikroskobik biyokütlelerden güneş enerjisi yardımıyla hidrojen ve oksijen elde edilme işlemidir. Hidrojen, en hafif kimyasal elementtir. Evrendeki en basit ve en çok bulunan element olup; renksiz, kokusuz, zehirsiz ve havadan 14,4 kez daha hafif bir gazdır. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle basına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen, 2,1 kg doğalgaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Petrol yakıtlarına göre ortalama 1,33 kat daha verimli bir yakıttır. Buna karşın, enerji olarak kullanılabilmesi için doğadaki bileşiklerden ayrıştırılması gerekir (Veziroğlu ve Barbir, 1998; Das ve Veziroğlu, 2001). Hidrojenin diğer yakıtlardan önemli bir farkı, güneş veya rüzgar enerjisinin yardımıyla sudan üretilebilmesi ve yakıldığında sadece su açığa çıkmasıdır.

Hidrojen; fosil yakıtlar, su ve biyokütle olmak üzere üç farklı kaynak ile üretilebilir (Das ve Veziroğlu, 2001). Biyohidrojen kavramı, yenilenebilir kaynaklardan (güneş, su, organik atıklar) hidrojenin biyolojik ya da fotobiyolojik yolla üretimi için kullanılmaktadır. Bu amaçla bazı bakteriler ve mikro alglerden yararlanılmakta, biyolojik yolla hidrojen eldesi küçük ölçeklerde son 25 yıldan beri daha yoğun olarak çalışılmaktadır. 1970'lerde ortaya çıkan petrol krizi ile birlikte, özellikle hidrojen üretimi prosesleri öne çıkmaya başlamıştır. Hidroje üretiminde biyolojik yöntemlerin kullanılması henüz ucuz olmamakla birlikte, çevre dostu temiz teknolojinin tercih edildiği durumlar ve özellikle 21. yüzyıl için iyi bir alternatif enerji kaynağı olması kaçınılmazdır (Üçgül ve Akgül, 2010).

Hidroliz: Bazı mikroskobik alglerden güneş enerjisi yardımıyla hidrojen ve oksijen elde edilme işlemidir. Deniz suyu içindeki bu algler bir tür güneş pili gibi çalışarak deniz suyunu fotosentetik olarak ayrıştırmaktadır. Biyolojik hidrojen üretimi sistemlerinde, algler, siyanobakteriler (mavi-yeşil algler), fotosentetik ve fermantatif bakteriler kullanılmaktadır. Önümüzdeki yirmi yıl içinde hidrojen enerjisi teknolojisini kullanmayı planlayan Japonya da bu konu üzerinde yoğun araştırma yapılmaktadır (Fırat, 2009).

8.3. Dünyada Biyokütle Enerjisi

Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak biyokütle hem yakıt, hem elektrik elde edilebilen, sürekli üretim yapılabilen ve kırsal kesimin ekonomisini geliştiren tek kaynaktır. Modern tekniklerle elde edilen biyokütle enerjisi yaygın olarak biyoyakıt adı ile anılmakta ve gaz, sıvı ve katı olarak sınıflandırılmaktadır. Dünyada en çok üretilen sıvı biyoyakıt biyoetanoldür. Biyodizel ise üretimi son yıllarda artış eğiliminde olan bir diğer önemli sıvı biyoyakıttır. Üretilen her 6 birim sıvı biyoyakıttan 5 birimi biyoetanoldür. 2010 yılında dünyada 101,4 milyar L biyoetanol, 21 milyar L biyodizel üretilmiştir. Biyodizel üretimi 2011 yılında 22,1 milyar L olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2012a). Tablo 8.1 ve Tablo 8.2'de Dünya toplam yakıt tüketimi dağılımı ile biyoyakıt üretimi dağılımı görülmektedir.

Tablo 8.1. Dünyadaki Yakıt Tüketimi Dağılımı* (Anonim, 2011d)

MTEP	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 Yılı Dünya payı
Kuzey Amerika	2.819,0	2.868,6	2.818,7	2.686,5	2.763,9	2.773,3	%22,6
Orta ve Güney Amerika	546,3	568,4	587,3	582,6	619,0	642,5	%5,2
Avrupa ve Avrasya	3.009,4	3.002,6	3.006,5	2.831,0	2.938,7	2.923,4	%23,8
Ortadoğu	587,4	611,6	652,3	671,5	716,5	747,5	%6,1
Afrika	331,2	349,8	368,0	365,7	382,2	384,5	%3,1
Asya Pasifik	3.755,2	3.946,7	4.059,9	4.254,1	4.557,6	4.803,3	%39,1
Dünya Toplamı	**11.048,4**	**11.347,6**	**11.492,8**	**11.391,3**	**11.977,8**	**12.274,6**	**%100,0**

*** Değerler; petrol ürünleri ile diğer enerji çeşitlerinin (nükleer, doğal gaz, kömür, yenilebilir) petrol eşdeğerlerini (MTEP) içermektedir.**

Tablo 8.2. Dünyadaki Biyoyakıt Üretimi Dağılımı* (Anonim, 2012d)

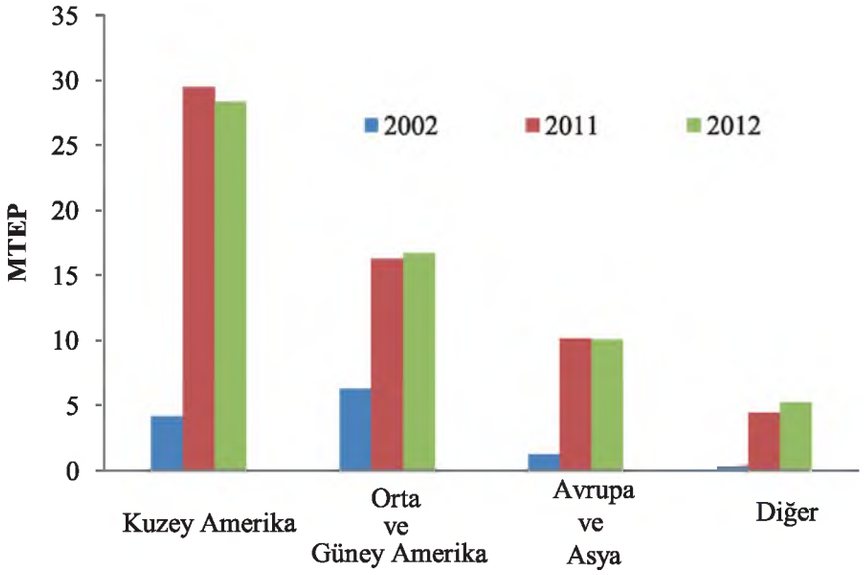
BTEP	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 Yılı Dünya payı
Kuzey Amerika	9.906	13.922	19.600	22.395	26.226	29.224	%49,6
Orta ve Güney Amerika	9.405	12.303	15.788	15.942	17.863	16.129	%27,4
Avrupa ve Avrasya	5.052	6.820	8.196	10.243	10.811	9.837	%16,7
Ortadoğu	-	-	-	-	-	-	-
Afrika	5,67	5,67	10,47	14,09	28,94	28,94	-
Asya Pasifik	1.280	1.563	2.468	3.207	3.528	3.649	%6,2
Dünya Toplamı	**25.648**	**34.613**	**46.063**	**51.802**	**58.457**	**58.868**	**%100,0**

*** Değerler; biyoetanol ve biyodizel yakıt üretim miktarlarının petrol eşdeğerlerini (BTEP) içmektedir.**

Dünya Enerji Konseyi 2012 raporuna göre en fazla etanol üreten ülke ABD, en fazla biyodizel üreten ülke AB ülkeleridir (Şekil 8.3). Almanya, İspanya, Fransa ve İtalya en büyük üretici ülkelerdir. Dünyada biyodizel pazarının büyüklüğü 82,7 milyar dolardır. 38 ülkede biyodizel üretimine destek verilmektedir Biyoetanol üretimi ise 52 ülkede destek görmektedir (Anonim, 2012a).

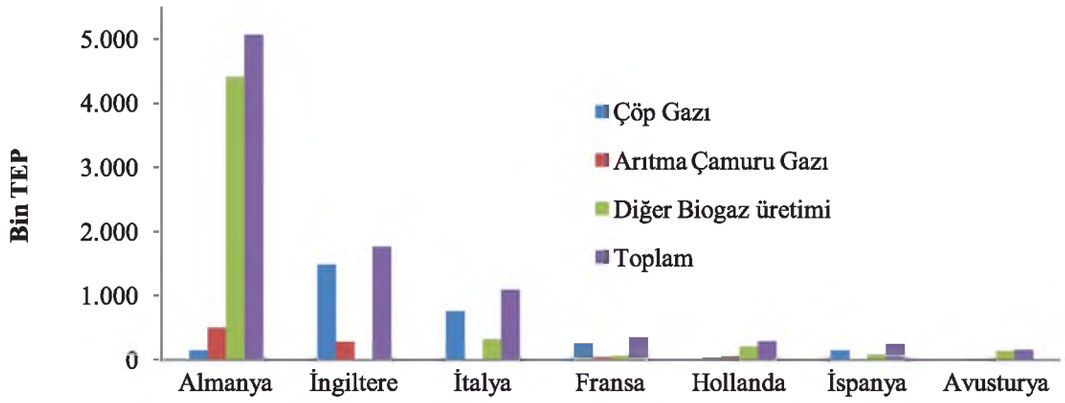
Kuzey Amerika'da, %5 biyodizel harmanlanmış benzin (B5) ülke genelinde kullanılmakla birlikte, çiftçilere vergiden muaf, saf biyodizel boyanarak verilmektedir. B20 ve daha fazla karışım oranında motorin satan istasyonların sayısı Ağustos 2012 tarihi itibarı ile 285'dir. Amerika'da en çok üretilen ve tüketilen biyoyakıt daha önce de belirtildiği gibi biyoetanoldür. 2011 yılında 29 eyalette faaliyet gösteren 209 tesiste 52,54 milyar litre biyoetanol üretilmiştir.Nisan 2012 itibarı ile ülkede 2.931 adet E85 yakıt istasyonu bulunmaktadır. Pek çok eyalette benzine %10 biyoetanol katma zorunluluğu

2012 yılının 2. yarısından itibaren %15 olarak uygulanmaktadır. Hatta bazı eyaletlerde bu değerin %20'ye çıkartılması gündemdedir. ABD'de ileri kuşak biyoyakıtları daha fazla kullanımı konusunda çalışmalar yoğun olarak sürmektedir. Biyoetanol sektöründeki en büyük aktör ABD olmakla birlikte, Brezilya'da 1930'lu yıllardan bu yana biyoetanolü otomobil yakıtı olarak kullanmaktadır. Brezilya ürettiği biyoetanolün yaklaşık 1/3'ünü ABD'ye ihraç etmektedir. Japonya ve AB ülkeleri de Brezilya'dan biyoetanol ithal eden ülkeler arasındadır. Brezilya'da yaklaşık 35.000 E85 yakıt istasyonu bulunmaktadır. Asya-Pasifik ülkelerinde oldukça yaygın etanol programları uygulanmaktadır. Hindistan'da etanol üretimi şeker kamışından yapılmaktadır. 2001 yılından beri %5 etanol kullanılan Hindistan'da 2008 Kasım ayından beri %10 biyoetanol kullanım zorunluluğu uygulanmaktadır. Ülkede 2011 yılında 2,4 milyar litre etanol üretilmiştir. Hükümet 2017 yılında %20 biyoetanol kullanım zorunluluğunun getirileceğini açıklamıştır.



Şekil 8.3. Dünya Sıvı Biyoyakıt Üretimi Dağılımı (Anonim, 2012d)

Çin, Kendi kaynaklarına yönelik milli biyoyakıt politikasını kararlılıkla uygulamaktadır. Yıllardır biyogaz da önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmekle birlikte son yıllarda biyodizel ve biyoetanol üretimleri de kayda değer şekilde artmaktadır. Güney Afrika'da %2 biyoetanol (250 milyon litre), %5 biyodizel harmanlama zorunluluğu bulunmaktadır (Anonim, 2012a). Gaz sınıfında bulunan diğer bir biyoyakıt olan biyogaz, yıllardır gelişmekte olan ülkelerin ısınma ve pişirme yakıtı olarak kullanılmasının yanı sıra son yıllarda modern teknikler kullanılarak gelişmiş ülkelerin de enerji portföyünde geniş yer edinmiştir. Çin ve Hindistan'da bulunan binlerce ilkel biyogaz tesisinin tersine AB ülkeleri, ABD gibi gelişmiş ve ülkemiz gibi gelişmekte olan pek çok ülkede modern tekniklerle biyogaz üretimi ve biyogazın doğal gaz niteliğinde zenginleştirilerek kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Şekil 8.4'de seçilmiş AB ülkelerinin 2011 yılı biyogaz üretim değerleri verilmiştir.



	Almanya	İngiltere	İtalya	Fransa	Hollanda	İspanya	Avusturya
Çöp Gazı	149	1.482,4	755,6	249,7	31,5	148,1	4,3
Arıtma Çamuru Gazı	504,2	282,4	16,2	41,9	51,5	15,3	16,4
Diğer Biogaz üretimi	4.414,2	0	323,9	58	208,3	82,6	138,8
Toplam	5.067,6	1.764,8	1.095,7	349,6	291,3	246	159,5

Şekil 8.4. Seçilmiş Bazı AB Ülkelerinin Biyogaz Üretimleri[67]

Biyogaz pek çok AB ülkesinin önemli enerji kaynağı haline gelmiştir. Almanya'da 7.000'i aşkın biyogaz tesisi bulunmaktadır. Biyogaz sadece elektrik üretimi ve ısınma amaçlı kullanılmamakta, aynı zamanda doğal gaz niteliğinde zenginleştirilerek doğal gaz hattına da beslenmektedir. İsveç 2020 yılında doğal gaz ihtiyacının tümünü biyogazdan karşılamayı planlamaktadır. Ülkede kullanılan araçların 1/3'ü 10 yılı aşkın süredir biyogazla çalışmaktadır. Trenlerde 2005 yılından bu yana biyogaz kullanılmaktadır. AB "Ortak Piyasa Düzeni Çerçeve Kanunu" kapsamında, enerji tarımını destekleyerek ve atıl arazileri enerji tarımına yönlendirerek biyoyakıtlara verdiği önemi ortaya koymaktadır. AB'nin biyoyakıtlarla ilgili çalışmaları 1990'lı yıllara kadar uzanmaktadır. 2005 ve 2010 yılları için konulan kullanım hedefleri uygulanan teşviklerle tutturulmaya çalışılmıştır. 07 Aralık 2005 arihinde Biyokütle Hareket Planını (COM (2005) 628), 08 Şubat 2006'da Biyoyakıt Strateji Raporu yürürlüğe koymuştur. AB'nin 2020 yılı biyoyakıt kullanım hedefi %10'dur. Hedefler 2008 yılının Aralık ayında yayımlanan Yenilenebilir Enerji Direktifinde de yer almakla birlikte biyoyakıtların sürdürülebilirlik kriterleri çerçevesinde üretilmesini ve/veya ithal edilmesini şart koşmaktadır. Bu koşuldan hareketle AB Komisyonunda, 2008 yılından bu yana biyoyakıtların sertifikalandırılması üzerine yapılan çalışmalar tamamlanmış ve Avrupa Birliğine üye ülkelerde biyoyakıtların çevreye zarar vermeden üretilmesi ve ithal edilmesini sağlayacak olan "Sürdürülebilirlik Kriter Paketi" 10 Haziran 2010 tarihinde Komisyon tarafından kabul edilmiştir (Anonim, 2012a).

BP (British Petroleum), yayımladığı raporda, dünyada enerji talebinin, 2030'a kadar %36 oranında artacağını öngörmektedir. Bu artışın, neredeyse tamamına yakınının, gelişmekte olan ülkelerin enerji talebindeki yükselişten kaynaklanacağı bildirilmiştir. Raporda, nüfus ve gelir artışı, artan enerji talebinin arkasındaki temel faktör olarak görülmektedir. 2030'a kadar, dünya nüfusunun 8,3 milyara ulaşmasının beklendiğine dikkat çekilen raporda, 2030'daki dünya gelirinin ise 2011 seviyesindekinin iki katına çıkacağı öngörüsünde bulunulmuştur. Diğer yandan, enerji tüketiminde en fazla artışın sanayi sektöründe olacağı, özellikle de gelişmekte olan ülkelerin sanayide ilerlemesinin bu artışta önemli bir etkisinin bulunacağı

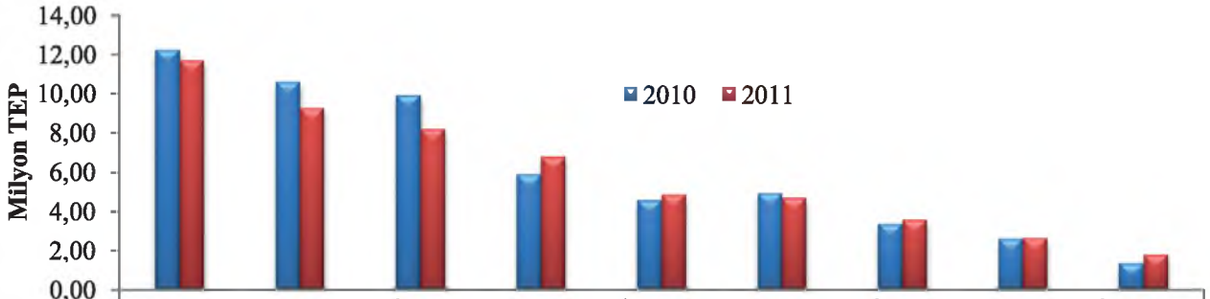
[67] Solid Biomass Barometer, http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biomass.pdf, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2013.

ifade edildiği Raporda ayrıca, ABD'nin enerjide artan üretiminin, 2030'da kendi kendine yeterli seviyeye ulaşması öngörülüyor. Çin'in 2030'da en fazla enerji ithal eden ülke konumunda olacağı yönünde tahminlere yer verilen raporda, bu ülkenin enerji ithalat oranının tüm Avrupa ülkelerine denk düşeceği belirtilmektedir.

OECD dışındaki ülkelerin hemen hemen hepsinde küresel enerji talebinin 2030 yılı itibariyle %39 oranında artması, yani yılda %1,6 oranında büyümesi muhtemel görünürken, OECD ülkelerindeki tüketimin bu dönem içerisinde toplamda sadece %4 oranında yükselmesi bekleniyor. 2030 yılında küresel enerji talebinin %81'ini oluşturması beklenen fosil yakıtların küresel enerjideki ağırlığı devam ederken, BP bu talebin şimdiki seviyeye kıyasla %6 oranında düşeceğini öngörüyor. Ayrıca bu dönemde kömür ve petrol yerine doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasıyla yakıt türünde değişimin artması bekleniyor.

Rapora göre söz konusu kademeli yakıt türü değişim sürecinde, biyolojik yakıtları da içeren yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel düzeyde en hızlı talep artışının yaşandığı kaynak olmaya devam etmesi bekleniyor. Buna göre en hızlı talep artışının görüldüğü fosil yakıt olan doğalgazın 2030 yılına kadar yılda yaklaşık %2 oranında artması öngörülürken, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik talebin yılda %8'in üzerinde artışla çok daha hızlı büyüyeceği tahmin ediliyor. Rapora göre, küresel enerji tüketiminde en yavaş büyüyen sektörün ulaşım olması bekleniyor. Gelişmekte olan pazarlarda araç satışlarında devam eden güçlü artış, yakıtların hibritleşmesinin yanı sıra yakıt verimliliğindeki önemli gelişmelerle kısmen dengelenmesi bekleniyor. Tüketiciye esneklik sunan hibrit araçlar (elektrikle çalışanlar dahil) 2030 yılında beklenen yakıt ekonomisi hedeflerini karşılayabilecek durumda olması öngörülüyor. Bugün ulaşım sektöründeki enerji kullanımının %95'ini oluşturan petrol kullanım oranının %87'ye gerilemesi, aradaki bu boşluğun büyük bir bölümününse biyolojik yakıtlar tarafından doldurulması ve ulaşım sektöründe kullanılan enerjinin %7'sinin biyolojik yakıtların oluşturması beklenmektedir (Anonim, 2012d).

Dünyada orman ürünleri ile tarım ve orman artıklarının enerji kaynağı olarak kullanımı biyokütle enerjisinin; yaklaşık %64'lük bölümünü oluşturmaktadır. Odun ve odun atıkları, orman bakım ve üretim çalışmalarında ortaya çıkan ince çaplı materyaller, orman endüstrisinde oluşan talaş ve yongalar, kullanılmayan (hurda) odunlar, katı biyoyakıt olarak değerlendirilmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri arasında Almanya, Fransa ve İsveç önemli miktarlarda katı biyokütle üretimine sahiptir (Şekil 8.5). Bazı Orta ve Kuzey Avrupa ülkeleri elektrik üretiminde yoğun olarak katı biyoenerji kullanmaktadır. Finlandiya ülke enerji gereksiniminin %22'sini, İsveç %18'ini, Avusturya %14'ünü Biyokütle santrallerinde odun ve bitki atıklarını yakarak/gazlaştırarak karşılayan ülkelerdir.



	Almanya	Fransa	İsveç	Polonya	İspanya	Avusturya	İtalya	Portekiz	İngiltere
2010	12,23	10,57	9,91	5,86	4,54	4,90	3,35	2,58	1,32
2011	11,69	9,22	8,17	6,75	4,81	4,66	3,54	2,62	1,76

Şekil 8.5. Seçilmiş AB Ülkelerine Ait Katı Biyoyakıt Üretim Değerleri [68]

Dünyada biyolojik yakıtların önemine yapılan vurgular ve araştırma sonuçları dikkate alınarak, biyokütleden elde edilen enerjilerin kullanımının artırılması üzerine yapılan planlamalar ve öngörüler mevcuttur. Ancak, ABD ve Rusya başta olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde yaşanan kuraklık, Almanya'da soya ya da Mısır gibi tarım ürünlerinden elde edilen "biyoyakıt" tartışmalarını yeniden gündeme getirmiştir. Kalkınma uzmanları ve çevre dernekleri, biyoyakıt üretimi ile temel gıda maddelerinin fiyatlarındaki artış arasında doğrudan bağlantı olduğu görüşünde birleşmektedir. Geleceğe yönelik enerji planlamalarında daha büyük tarım alanlarının biyoyakıt üretimi için kullanılması ile özellikle gelişmekte olan ülkelerde açlık sorunlarının yaşanmasının kaçınılmaz olacağı vurgulanmaktadır. Biyoyakıtı savunanlar ise bunun iklimin korunmasına hizmet edeceğini ifade etmekte ve çiftçilere güvenli ve petrol fiyatlarından bağımsız bir gelir kaynağı oluşturacağını belirtmektedir. AB Komisyonunun biyoyakıt hedeflerini yeniden tartışmaya açan bir taslak hazırlaması ile bu tartışma, tüm Avrupa ülkelerinin enerji ile ilgili önemli gündemlerinden biri olmuştur. Taslak, biyoyakıtın ulaşım sektöründe 2020 yılına kadarki oranının %5 olmasını öngörüyor. Ancak çevrenin kirlenmesinin engellenmesi için AB genelinde biyoyakıtın %10 oranında kullanılması planlanmaktadır.

Çevre kuruluşları, AB'nin biyoyakıt konusundaki olası politika değişikliğinin, yapılan hatalardan dönülmesi anlamına gelindiğini, bunun da iyi bir mesaj olarak algılanması gerektiğini belirtmektedirler. Biyoyakıtın AB içinde geleceğini belirleyecek taslağın işlerlik kazanabilmesi için hem AB ülkeleri, hem de AB Parlamentosu'nda onaylanması gerekmektedir. Bunun, 2013 yılı sonuna kadar tamamlanabileceği öngörülmektedir. Hem çevre kuruluşları, hem de biyoenerjiyi destekleyen lobi kuruluşları, bu süreyi kendi lehlerine çevirmek çalışmalar yürütmektedirler. Özellikle çevreci kuruluşların endişeleri ve artan dünya nüfusunun beslenmesi konusundaki kaygılar, araştırıcıları biyoyakıt üretimi için farklı arayışlara itmektedir.

Kaliforniya Berkeley Üniversitesinde, tütün bitkisi yapraklarından elde edilen biyoyakıtın motor yakıtı olarak kullanılması üzerine araştırmalar yürütülmektedir. Araştırmacılar denemelerin 2014'te sonuçlanmasını öngörmektedir. Üniversitenin mikrobiyoloji araştırmacıları, daha önce şeker kamışı ve soya fasulyesiyle elde edilen biyoyakıta kıyasla tütünün daha doğru seçim olduğunu ifade etmektedirler. Ürünün gıda maddesi olmaması ve üretim için gerekli altyapı ve alanların mevcut olması, biyoyakıt kaynağı için harika bir seçenek olduğu vurgulanmaktadır. İngiliz bilim adamları ise biyoyakıt üretimi için diğer yeni

[68] Solid Biomass Barometer, http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biomass.pdf, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2013.

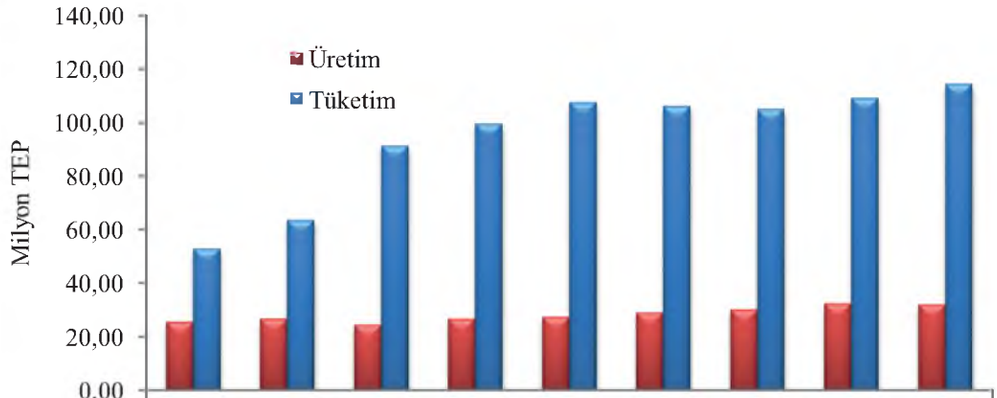
bir kaynak bulduklarını ifade etmektedirler. Yeşillik alanlarıyla ünlü İngiltere'de bilim adamlarının biyoyakıt üretimi konusunda yaptığı araştırmada, tarıma elverişli olmayan çayırlık alanların biyoyakıt üretiminde kullanılabileceği sonucuna vardı. Araştırıcılar, bu alanlarda, yüksek düzeyde şeker içeren türde ot ve çimen yetiştirmişler ve söz konusu ot ve çimenin hemen her alanda yetiştirilebileceğini rapor etmişlerdir. Yetişen ot ve çimen, bu iş için özel olarak üretilen öğütücüden geçirilerek, şeker açısından zengin olan suyu elde edilmektedir. Bu yöntemle biyoyakıt elde edilmesinin en önemli avantajının, biyoyakıt üretimi için tarım alanları dışında kalan alanların kullanılması olarak gösterilmektedir.

Dünyada biyoyakıt kaynaklarını çeşitlendirme çalışmaları uluslararası düzeyde yürütülmektedir. Hollanda'da da yakın zamanda yosunlar biyoyakıt üretimi için kullanılmaya başlanmıştır.

8.4. Türkiye'de Biyokütle Enerjisi

Enerji tüketimi, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir göstergesi ve bireylerin rahat yaşam sürmeleri için vazgeçilmezidir. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji tüketimindeki artış, enerjiyi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkarmaktadır (Karayılmazlar ve diğ., 2011). Türkiye'nin enerji konusunda birçok problemi olmasına rağmen, öne çıkan en önemli sorun dışa bağımlılıktır. Türkiye, enerji konusunda gittikçe artan ve önem arz eden bir taleple karşı karşıyadır. 1990 - 2010 yıllarında birincil enerji tüketimi yılda ortalama %4 civarında bir oranla sürekli olarak artmıştır. 2008 yılını son çeyreği ve 2009 yılı boyunca süren ekonomik kriz, mevcut arzın azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte 2011 yılında birincil enerji tüketimi 114,5 milyon ton petrol eşdeğeri (TEP) olarak gerçekleşmiş olup, bu rakam Türkiye'yi dünyada en fazla enerji tüketen 23 ülkeden biri haline getirmiştir (Anonim, 2012a; Anonim, 2012b; Anonim, 2012c).

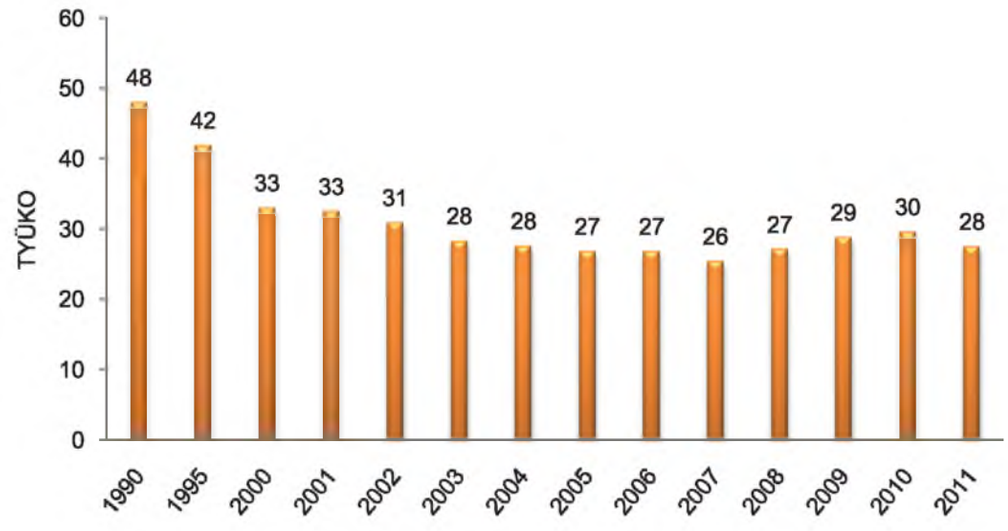
1990-2011 yılları arasındaki yirmi bir yılda toplam birincil enerji üretimi, %26 oranında artarak 25,5 mtep'den 32,2 mtep düzeyine yükselmiştir. Bu dönemdeki toplam birincil enerji arzı (tüketim) ise %115 artmıştır. Üretimin toplam birincil enerji arzını karşılama oranı ise 1990 yılında %48 iken geçen yirmi bir yılda %28 oranına inmiştir. Geçmişten bugüne enerji talebimiz sürekli bir şekilde artmış olmasına rağmen, birincil enerji üretimi görece sabit kalmıştır. Şekil 8.6'da 1990 - 2011 arasında Türkiye'nin enerji üretimi ve tüketimindeki artan açık görülmektedir (Anonim, 2012a).



	1990	1995	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Üretim	25,66	26,75	24,55	26,80	27,45	29,19	30,33	32,49	32,20
Tüketim	52,99	63,68	91,36	99,59	107,63	106,27	105,03	109,27	114,48

Şekil 8.6. Enerji Uretimi ve Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi (Anonim, 2012c)

Ülkemizde (2011) birincil enerji üretimi, tüketimin %28'ini karşılamaktadır. Enerjide dışa bağımlılık 1990'da %52, 2000 yılında %68 iken 2011 yılında %72 olmuştur. Görüldüğü gibi enerjide dışa bağımlılık giderek artmaktadır. Türkiye'de petrol ve doğal gaz aramalarında arzu edilen gelişmelerin meydana gelmemesi ve yetersiz yerli üretim, Türkiye'yi enerji kaynakları bakımından ithalatçı ülke konumuna getirmektedir. Şekil 8.7'de 1990 - 2011 yılları arasında yerli üretimin tüketimi karşılama oranı değerleri verilmiştir (Anonim, 2012c).

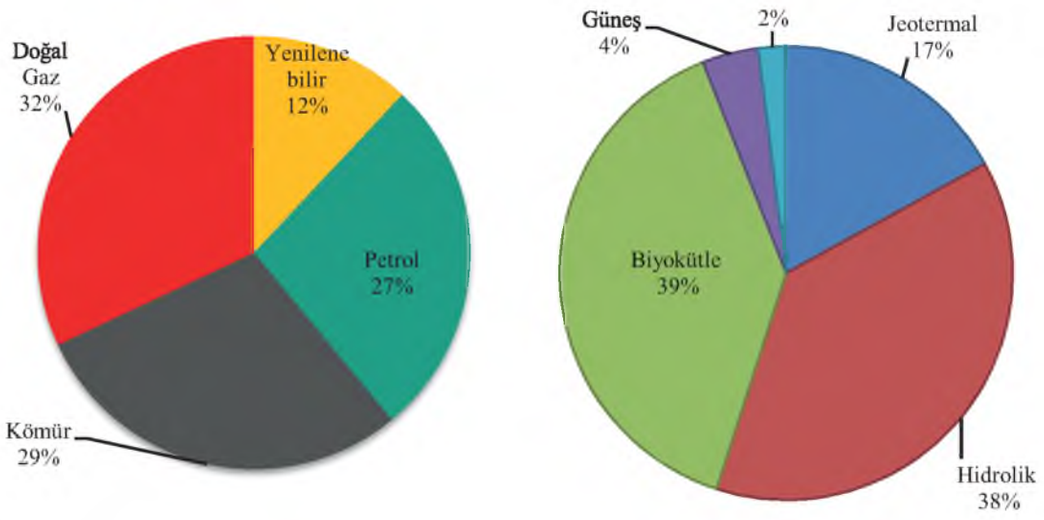


Şekil 8.7. Yıllara Göre Tüketimin Yerli Üretimle Karşılanma Oranları (Anonim, 2012b)

Ülkemiz, kalkınma hedeflerini gerçekleştirme, toplumsal refahı artırma ve sanayi sektörünü uluslararası alanda rekabet edebilecek bir düzeye çıkarma çabası içindedir. Bu durum, enerji talebinde uzun yıllardır hızlı bir artışı beraberinde getirmektedir. Önümüzdeki yıllarda da bu eğilimin devam edeceği öngörülmektedir. 2011 yılı itibarıyla Türkiye'de enerji arzının %32'si doğal gaz, %29'u kömür, %27'si petrol ve %12'si ise yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir (Şekil 8.8).

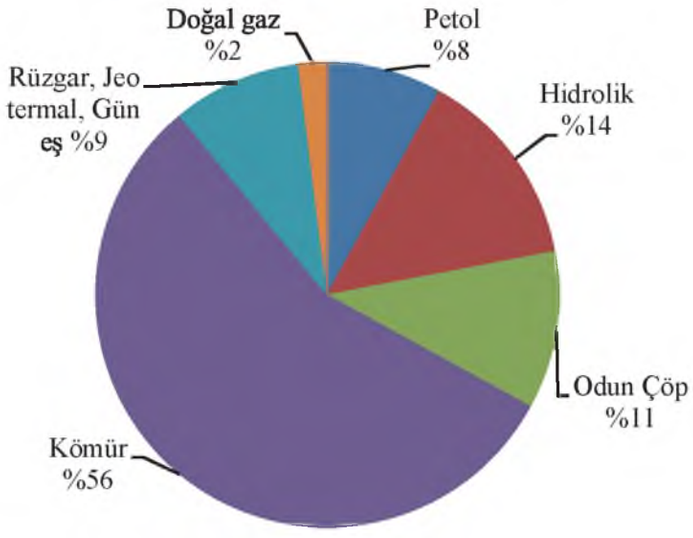
Enerji ithalatı bağımlılığından kurtulmak için başlıca alternatiflerden birisi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır ve ülkemiz bu alanda önemli bir potansiyele de sahiptir. 2011 yılında Türkiy 'de toplam

birincil enerji arzının %12'sini oluşturan yenilenebilir enerji arzının %3 'u biyokütle kaynaklarından (odun, hayvan ve bitki artıkları), %38'i hidrolik kaynaklardan, %17'si jeotermal kaynaklardan (ısı ve elektrik olarak), %2'i rüzgârdan (elektrik üretimi olarak), %4'ü ise güneşten (ısı enerjisi olarak) elde edilmiştir (Şekil 8.8).



Şekil 8.8. Türkiye'de Birincil Enerji ve Yenilenebilir Enerji Arzının Dağılımı (Anonim, 2012a; Anonim, 2012b; Anonim, 2012c)

Şekilde görüldüğü gibi Türkiye'de 2011 yılında tüketilen yenilenebilir enerjinin en büyük payını biyokütle kaynakları oluşturmaktadır. Ülkemizdeki birincil enerji üretimi ve biyokütlenin payı ise Şekil 8.9'da görülmektedir.



Şekil 8.9. Türkiye'de Birincil Enerji Üretiminin Dağılımı (Anonim, 2012a)

Yakın bir geçmişe kadar az gelişmiş ülkelerin enerji tüketiminde büyük paya sahip olan ve genellikle doğrudan yakma sonucu elde edilen biyokütle enerjisi, günümüzde modern teknoloji kullanılarak üretilen, gelişmiş ülkelerin enerji portföyünde yer bulan ve ciddi politikalarla yaygınlaştırılmaya çalışılan, çevre dostu, stratejik bir enerji kaynağıdır. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak biyokütle hem yakıt, hem elektrik elde edilebilen ve kırsal kesimin ekonomisini geliştiren enerji kaynağıdır (Anonim, 2011a).

Modern biyokütle enerji teknolojisinin uygulanabilmesi için, enerji bitkileri yetiştiriciliği, enerji üretimi için kullanılabilecek atık/artıklar, enerji planlaması ve kırsal bölgelerdeki üretim planlanmasının birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Teorik olarak yıllık potansiyel biyokütle enerjisi 135 – 150 milyon TEP olarak hesaplanmaktadır. Olası kayıplar da bu işlemden çıkarılırsa net olarak yaklaşık 90 milyon TEP değeri karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, tüm üretim alanları yıl boyunca, sadece biyokütle üretimi için kullanılamamaktadır. Bu durum da göz önüne alındığında, ülkemizde yaklaşık olarak yıllık 40 milyon TEP biyoenerji üretim potansiyeli bulunmaktadır (Anonim, 2011b).

Türkiye iklim ve arazi yapısı itibariyle tarımsal ürün deseni ve üretimi bakımından zengin çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Sanayileşen nüfus dışında kalan nüfusun çoğunluğu geçimlerini tarım ve hayvancılıkla sağlamaktadırlar. Bitkisel üretimdeki plansızlıklar, ürün fiyatlarındaki dalgalanmalar, çiftçilerin üretim maliyetlerinin yüksek olması, kentlere göçler gibi nedenlerle bitkisel üretimde çoğu zaman dengesizlikler ve yetersizlikler görülmektedir. Ancak arazi varlığının daha verimli bir şekilde kullanılması, ürün fiyatları ve ürün yetiştirme maliyetlerinin dengelenmesi, bitkisel üretim potansiyelinin artışında etkili olabilecektir. Tablo 8.3'de Türkiye'nin arazi varlığı ve kullanımına ilişkin bilgiler verilmiştir.

Tablo 8.3'den görüldüğü gibi ülkemiz çeşitli tarımsal ürünlerin yetiştirildiği geniş tarım alanları ve orman varlığına sahiptir. Biyokütle kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturan bitkisel üretim zenginliği ve artık ürünleri ile hayvansal, kentsel ve endüstriyel atıkların kullanımı ile biyoyakıt olarak adlandırılan ve katı, sıvı ve gaz formlarda enerji kaynakları üretilmektedir. Bu kaynaklar, biyodizel, biyoetenol, biyogaz ve katı yakıtlar (biyokütle) olarak değerlendirilmektedir[69].

Tablo 8.3. Türkiye Arazi Varlığı, 1.000 ha (TÜİK, 2013)

Yıl	Toplam tarım alanı	Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler		Sebze bahçeleri alanı	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanı	Bağ alanı	Zeytin ağaçlarının kapladığı alan	Çayır ve mera arazisi	Orman alanı
		Ekilen alan	Nadas						
2000	38.757	18.207	4.826	793	1.418	535	600	12.378	20.703
2001	40.967	18.087	4.914	799	1.425	525	600	14.617	20.703
2002	41.196	18.123	5.040	831	1.435	530	620	14.617	20.703
2003	40.645	17.563	4.991	818	1.501	530	625	14.617	20.703
2004	41.210	18.110	4.956	805	1.558	520	644	14.617	21.189
2005	41.223	18.148	4.876	806	1.598	516	662	14.617	21.189
2006	40.493	17.440	4.691	850	1.670	513	712	14.617	21.189
2007	39.505	16.945	4.219	815	1.671	485	753	14.617	21.189
2008	39.122	16.460	4.259	836	1.693	483	774	14.617	21.189
2009	38.911	16.217	4.323	811	1.686	479	778	14.617	21.390
2010	39.011	16.333	4.249	802	1.748	478	784	14.617	21.537
2011	38.231	15.692	4.017	810	1.820	473	798	14.617	21.537
2012	38.412	15.464	4.286	827	1.937	462	814	14.617	21.537

[69] T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.
[70] T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Görüldüğü gibi ülkemiz çeşitli tarımsal ürünlerin yetiştirildiği geniş tarım alanları ve orman varlığına sahiptir. Biyokütle kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturan bitkisel üretim zenginliği ve artık ürünleri ile hayvansal, kentsel ve endüstriyel atıkların kullanımı ile biyoyakıt olarak adlandırılan ve katı, sıvı ve gaz formlarda enerji kaynakları üretilmektedir. Bu kaynaklar, biyodizel, biyoetenol, biyogaz ve katı yakıtlar (biyokütle) olarak değerlendirilmektedir[70].

Biyodizel: Hammaddesi bitkisel yağlar, hayvansal yağlar ve bu yağların atıkları olan biyodizel; dizel yakıtlara eşdeğer yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyodizel üretiminin çeşitli metotları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Biyodizel stratejik bir yakıttır. Ülkemizin petrol açısından dışa bağımlılığını azalacak bir öneme sahiptir. Biyodizel basit bir üretim metoduyla büyük ve küçük ölçekteki tesislerde üretilebilir. Çiftçimiz kendi ürettiği mahsulden kendi mazotunu elde edebilir. Bitkisel üretim yalnızca kırsal nüfusu değil enerji dahil birçok sanayi sektörünü etkileyeceğinden büyük şehirlerin ekonomilerine kadar tüm ülke ekonomisini de ilgilendirmektedir. Kırsal üretim etkinliğinin arttırılması ile bölgeler arası ve kentlerle kırsal alanlar arasındaki sosyal ve kültürel farklılıklar azaltılabilecektir. Kırsal alana ileri teknolojinin kullanıldığı durumda da, bölgeye sanayi dallarının girmesi ile kırsal nüfusta eğitim ve sosyo-ekonomik düzeyin yükselmesi sağlanmış olacaktır.

Ülkemizdeki biyodizel çalışmalarının başlangıcı 2000'li yılların başlarına rastlamaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yürütülen Biyoenerji Projesi ile yatırımcılar 2000'li yılların başlarında biyoenerji ile tanışmış ve yatırımcıların konuya ilgisi büyük olmuştur. Bu çerçevede, kısa sürede pek çok biyodizel tesisi dönüştürülmüştür. Geçtiğimiz yıllarda Türkiye'de 56'sı lisanslı olmak üzere 200'den fazla biyodizel tesisi kurulmuştur. Kurulan biyodizel tesislerinin toplam kapasiteleri 1,5 milyon ton civarında olmakla birlikte yerli hammadde bulunmaması nedeniyle pek çok tesisin kapandığı bilinmektedir. 14 Eylül 2011 verilerine göre EPDK'da kayıtlı 36 firma biyodizel üretim lisansına sahiptir. Ancak yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece bir firma bulunmaktadır. İzmir'de faaliyet gösteren firma Eskişehir'den Turhal'a, Uşak'tan Siirt'e kadar verimsiz tarım arazilerinde yetiştirilen aspir bitkisi ile biyodizel üretimini gerçekleştirmektedir. Çevre Bakanlığı verilerinde 3 adet tesis atık yağdan biyodizel üretimi için izinli görünse de bunlardan sadece 1 tanesi EPDK'dan lisanslıdır ve aktif üretim yapmaktadır.

Çok yakın bir gelecekte de firmanın biyodizel üretiminden vazgeçerek elektrik üretimi yapmayı planlandığı bilinmektedir. Ülkemizde yerli hammadde ile üretilen biyodizelin motorinle harmanlanan %2'lik dilimi ÖTV'den muaftır. 27.09.2011 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren karar gereğince piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyodizel (yağ asidi metil esteri-YAME) içeriğinin 01 Ocak 2014 tarihi itibariyle en az %1, 01 Ocak 2015 tarihi itibariyle en az %2, 01 Ocak 2016 tarihi itibariyle en az %3 olması zorunluluğu getirilmiştir (Anonim, 2011a).

Ülkemiz, biyodizel üretiminde kullanılabilecek yağlı tohumlu bitkilerin üretimi açısından oldukça elverişlidir. Ülkemizde toplam 6,6 milyar dekar olan yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı içerisinde yılda yaklaşık 54.000 dekar arazide Kolza (kanola) üretimi gerçekleştirilmektedir. 2,8 milyon tonluk yağlı tohumlu bitki üretiminde ise kanolanın üretim miktarı yıllık yaklaşık 12.600 tondur (TÜİK, 2013). Tablo 8.4'de Türkiye'nin yıllar itibariyle yağlı tohum bitkilerinin üretimleri verilmiştir. Özellikle biyodizel üretiminde elverişli olan aspir, kolza gibi bitkilerin üretiminin özendirilmesi gerekmektedir. Biyodizel katkı oranı arttıkça bu bitkilerin üretimi de artacaktır (Tolay, 2011).

Biyoetanol: Biyoetanol; şeker, nişasta veya selüloz içerikli bitkilerden fermantasyon ve distilasyon ile elde edilen bir alkoldür. En önemli hammaddeler şeker pancarı, mısır ve buğdaydır. Bunu yanı sıra şeker kamışı, sorgum, patates, tarımsal atıklar, selüloz içerikli olan odun veya belediye atıkları da hammadde olarak kullanılmaktadır. Biyoetanol içten yanmalı benzinli motorlara herhangi bir modifikasyona ihtiyaç duyulmadan %10 miktarında harmanlanarak kullanılabildiği bilinmektedir. Benzinle harmanlanması petrol dağıtım firmasının ana depolarında enjeksiyon yöntemiyle yapılmaktadır. Biyoetanolün %85 (E85) oranında yeni nesil ileri teknoloji benzinli araçlarda kullanımı mevcuttur (Anonim, 2007; Anonim, 2004).

Tablo 8.4. Türkiye'de Yağlı Tohumlu Bitkilerin Üretim Miktarları (ton/yıl)*

Yıl	Toplam Üretim (Ton)	Soya	Yerfıstığı	Ayçiçeği			Susam	Aspir	Kolza
				Toplam	Yağlık	Çerezlik			
2000	2.253.448	44.500	78.000	800.000	-	-	23.800	18	187
2001	2.171.314	50.000	72.000	650.000	-	-	23.000	25	650
2002	2.514.827	75.000	90.000	850.000	-	-	22.000	25	1.500
2003	2.387.925	85.000	85.000	800.000	-	-	22.000	170	6.500
2004	2.501.419	50.000	80.000	900.000	800.000	100.000	23.000	150	4.500
2005	2.421.338	29.000	85.000	975.000	865.000	110.000	26.000	215	1.200
2006	2.789.149	47.300	77.454	1.118.000	1.010.000	108.000	26.545	395	12.615
2007	2.352.383	30.666	86.409	854.407	770.000	84.407	20.010	2.280	28.727
2008	2.311.432	34.461	85.274	992.000	900.387	91.613	20.338	7.068	83.965
2009	2.396.044	38.442	90.081	1.057.125	960.300	96.825	21.036	20.076	113.886
2010	2.969.477	86.540	97.310	1.320.000	1.170.000	150.000	23.460	26.000	106.450
2011	3.227.588	102.260	90.416	1.335.000	1.170.000	165.000	18.000	18.228	91.239
2012	**3.138.361**	**122.114**	**122.780**	**1.370.000**	**1.200.000**	**170.000**	**16.221**	**19.945**	**110.000**

*** TÜİK 2013**

Hammadde kullanımında yurt içi kaynaklar değerlendirildiğinde stratejik bir yakıt olma ve ithal yakıta bağımlılığın azaltılmasını sağlama potansiyeline sahiptir. Şeker, nişasta ve selüloz özlü tarımsal ürünler kullanılarak fermantasyon yöntemi ile elde edilen biyoetanol; ulaşım sektörü, elektrik santralleri, kojenerasyon uygulamaları, ev aletleri (fırınlarda, ısıtma ve soğutma ünitelerinde), kimyasal madde üretimi (etilen, hidrojen, glikol eterler, etil akrilat, asetik asit, etil asetat, aset aldehit, etil eter, etil klorür), ulaşım sektöründe, benzin ile harmanlanarak, dizel motorlarda katkı maddesi olarak, son teknolojik araçlarda (hibrit, yakıt hücreli), tarım makinelerinde, fosil yakıtlı tesislerdeki NOx emisyonlarının azaltılmasında, CO_2 ticareti amaçlı olarak, buhar enjeksiyonlu gaz türbinlerinde, dizel güç jeneratörlerinde, suyun tuzluluğunun giderilmesinde (1 ton etanolle 600 – 100 m^3 su tuzdan ayrıştırılabiliyor) kullanılmaktadır (Anonim, 2007).

Biyodizele benzer şekilde 2000'li yılların başında başlayan biyoetanol akımı istikrarlı yapılanma ile günümüze kadar gelse de bugüne kadar kullanım zorunluluğu olmaması nedeniyle sektörde bir canlılık sağlanamamıştır. Ülkemizde, biyoetanol sektöründe mevcut durumda 3 üretim tesisi bulunmaktadır. Bununla birlikte Eskişehir Şeker Fabrikası Alkol Üretim Tesisinde de yakıt alkolü üretimine dönük yatırım yapılmıştır. Yasal düzenlemeleri Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de kurulu biyoetanol üretim kapasitesi 149,5 milyon litredir. Bunun %56'lık kısmı, 84 milyon litre ile bir çiftçi kuruluşu olan Pankobirlik çatısı altında yer alan bir şirkete aittir. Diğer 2 tesis Bursa (Kemalpaşa) ve Adana'da kurulu olup mısır ve buğdaydan üretim yapılmaktadır. Ülkemizin biyoetanol kurulu kapasitesi benzin tüketimimizin yaklaşık %7'sini karşılar

durumdadır. Ancak pazarda yer alan biyoetanol benzin tüketimimizin %1'inin çok altındadır. Ülkemizde sadece şeker pancarına dayalı biyoetanol üretim potansiyeli 2 – 2,5 milyon ton civarındadır. Bu değer 2010 yılı benzin tüketimimizin tümünü karşılamaktadır. Ülkemizde biyodizelde olduğu gibi biyoetanolde de yerli hammadde ile üretilen biyoetanolün benzinle harmanlanan %2'lik dilimi ÖTV'den muaftır. EPDK'dan yapılan açıklamaya göre, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine, 01 Ocak 2013 tarihinden itibaren %2, 01 Ocak 2014 tarihi itibariyle de en az %3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yakıt etanolü (biyoetanol) ilave edilmesi zorunlu kılınmıştır (Tolay, 2011; Anonim, 2011a).

2013 yılında ülkemizde benzine harmanlanması zorunlu biyoetanol miktarı yaklaşık 54 milyon L olacaktır. Ülkemizde kurulu biyoetanol kapasite portföyü dikkate alındığında;
54 milyon L biyoetanolün; 34 milyon litresinin şeker pancarından, 10 milyon litresinin mısırdan, 10 milyon litresinin ise buğdaydan elde edileceği düşünülebilir (Anonim, 2012a). Ülkemiz tarım açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Tarım ürünleri ve tarımsal üretimden elde edilen artıklar, biyokütleden enerji elde edilebilmesi açısından hammadde kaynağı oluşturmaktadır. Türkiye'deki tarla ürünlerinin yıllık toplam üretimi değerleri Tablo 8.5'te verilmiştir.

Tablo 8.5. Seçilmiş Tarla ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Üretim Miktarları (TÜİK, 2013)

Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler (ton)	2011	Pay (%)	2012	Pay (%)
Toplam	**61.712.231**	**100,00**	**58.791.495**	**100,00**
Tahıllar	**35.202.073**	**57,04**	**33.377.430**	**56,77**
Buğday	21.800.000	35,33	20.100.000	34,19
Mısır (dane)	4.200.000	6,81	4.600.000	7,82
Çeltik	900.000	1,46	880.000	1,50
Arpa	7.600.000	12,32	7.100.000	12,08
Çavdar	365.750	0,59	370.000	0,63
Yulaf	218.040	0,35	210.000	0,36
Tritikale	103.797	0,17	105.000	0,18
Sorgum	180	0,00	114	0,00
Patates, kuru baklagiller, yenilebilir kök ve yumrular	**5.780.950**	**9,37**	**6.013.514**	**10,23**
Patates	4.613.071	7,48	4.795.122	8,16
Nohut	487.477	0,79	518.000	0,88
Fasulye (kuru)	200.673	0,33	200.000	0,34
Mercimek (kırmızı)	380.000	0,62	410.000	0,70
Yağlı tohumlar	**1.699.151**	**2,75**	**1.764.921**	**3,00**
Soya	102.260	0,17	122.114	0,21
Yerfıstığı	90.416	0,15	122.780	0,21
Ayçiçeği	1.335.000	2,16	1.370.000	2,33
Susam	18.000	0,03	16.221	0,03
Aspir	18.228	0,03	19.945	0,03
Kolza (kanola)	91.239	0,15	110.000	0,19
Keten (tohum)	0	0,00	13	0,00
Kenevir (tohum)	8	0,00	4	0,00
Haşhaş (tohum)	44.000	0,07	3.844	0,01
Şeker pancarı	**16.126.489**	**26,13**	**15.000.000**	**25,51**

Biyogaz: Biyogaz organik maddelerin (hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, şehir ve endüstriyel atıklar) oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması (anaerobik fermantasyon) sonucu oluşan renksiz-kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik madde içeriğine bağlı olarak yaklaşık %40 - 70 metan, %30 - 60 karbondioksit, %0 - 3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımdır. Biyogaz teknolojisi ise organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji elde edilmesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir[71] (Anonim,2007). Biyogaz üretiminde kullanılan organik atık/artık hammaddeler; Tarımsal ve Bitkisel Atık/Artıklar, Hayvansal Atıklar ve Organik İçerikli Şehir ve Endüstriyel Atıklar olarak sınıflandırılmaktadır.

Biyogaz konusunda ülkemizdeki profesyonel çalışmalar 1980 yılında Tarım Bakanlığı bünyesinde başlamış olmasına rağmen, sürdürülememiştir. Vizyon 2023'e göre, modern biyokütle alanında 2005 itibarıyla başlaması planlanan çalışmalar çerçevesinde, 2010 yılına kadar biyokütle gazlaştırma araştırmalarının yapılması ve pilot tesislerin kurulması, 2018 yılında küçük (1 - 3 MW) ve orta (5 - 10 MW) ölçekli biyokütle gazlaştıran kojenerasyon tesislerinin kurulması öngörülmüştür. Yine Vizyon 2023'e göre, 2009 Yılı'nda organik atıkların bertaraf edilmesi amacıyla evler için 20 m^3 metan/ton organik madde kapasiteli anaerobik çürütme reaktörlerinin tasarlanması, 2012'de, gazı ısı enerjisine dönüştüren reaktörlerin tasarlanması, 2014'te ise elde edilen gazı elektrik enerjisine dönüştüren reaktörlerin tasarlanması öngörülmüştür. 2016 Yılı'nda ise gazın temizlenerek hidrojen gazı elde edilmesi ve 2018 yılından sonra biyokütleden de elde edilebilen hidrojen teknolojisinin taşıtlarda uygulanması beklenmektedir (Anonim, 2011a).

Türkiye'de biyogaz üretimi açısından zengin organik madde potansiyeline rağmen, biyogaz üretim sistemleri ve kapasitesi bakımından AB ülkelerinin oldukça gerisindedir. Ülkemizde biyogaz üretimine, İstanbul Belediyesinin kurduğu katı atıklardan elektrik üretim santrali, İSKİ tarafından Tuzla'da ve ASKİ tarafından Ankara'da kurulan atık su biyolojik arıtma tesislerinde biyogazdan üretilen elektriğin kullanılması, güncel örnekler olarak verilmektedir. Ayrıca son yıllarda küçük ölçekli biyogaz tesisleri yurt dışı kaynaklı firmalar tarafından kurulmaktadır. Bunlar; Kayseri'de kurulan 10 - 22 m^3, Konya'da kurulan 15 m^3, Gediz'de 22 m^3 ve Elazığ'da kurulan 280 m^3 kapasiteli küçük ölçekli tesislerdir.

Kocaeli, İstanbul, Ankara, Bursa, Kayseri, Isparta, Samsun vb. bazı şehirlerimiz olmak üzere çöpten biyogaz üretimi, bazı sanayi tesisleri ve belediyelerin atık su ve tesislerinden biyogaz üretimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Anadolu'nun farklı yörelerinde yürütülen projeler ve özel sektörde yürütülmekte olan sayıları az da olsa nitelikli biyogaz projeleri ile gerçekleştirilmektedir. 22,6 MW'lık elektrik üretim kapasitesine sahip olan Ankara-Mamak çöplüğünden elde edilen elektriğin yanı sıra oluşan atık ısı, çöplük arazisinde kurulan seralarda kullanılmaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, bitkisel ve hayvansal atıkların bertarafı ve enerji üretimi projesine başlamış ve tesis inşaatı 2010 yılında tamamlanmıştır. Tesisin günlük yükleme miktarı 19 - 20 t/gün hal atıkları ve hayvansal atık olarak belirlenmiştir. Tesisten elde edilecek biyogaz üretimi 2.095 m3 ve toplam ısı ve elektrik ise 329,98 kW/gün olarak belirtilmiştir.

Ayrıca toplamda 2.000 m2'ye tamamlanacak havuzlarda verimli bir biyoyakıt hammaddesi olan algler (su yosunu) yetiştirilmektedir. TÜBİTAK-MAM tarafından İzmit Belediyesi ortaklığı ile kurulan, küçük ve büyük baş hayvan atıkları ile park ve bahçe atıklarından üretim yapan 330 kW'lık biyogaz tesisi bu yıl hizmete alınmıştır (Anonim, 2011a).

[71] T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Son yıllarda kentsel atıkların önemli bir bölümünü oluşturan kanalizasyon ve arıtma çamurları, kağıt sanayi ve gıda sanayi atıkları, çözünmüş organik madde derişimi yüksek endüstriyel ve evsel atık sular biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bu atıklar özellikle belediyeler ve büyük sanayi tesisleri tarafından yüksek teknoloji kullanılarak tesis edilen biyogaz üretim merkezlerinde kullanılan atıklardır.

Giderek artan şehirleşme ve tüketim alışkanlıkları özellikle evsel ve endüstriyel boyutta katı atıkların bertaraf edilmesinde önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Tüketim miktarlarının kişi başına artması katı atık sorunlarını da beraberinde getirirken bu atıkların ayrıca önemli birer ekonomik değer taşıması da gözden kaçmamaktadır. Katı atıkların oluşturdukları çevresel sorunlar yanı sıra sahip oldukları potansiyel enerji içerikleri de günümüz enerji ihtiyaçlarına bir ölçüde katkı sağlaması önem taşımaktadır.

Ülkemizdeki yaşam kalitesine bağlı olarak, evsel katı atıkların %60 - 65'ini organik atıklar, kalan kısmını ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddeler oluşturmaktadır. Sadece İstanbul'da 13.000 ton olmak üzere toplam olarak ülkemizde günde yaklaşık 60 - 70 bin ton çöp üretilmektedir. Ülkemizde ve dünyadaki özellikle evsel katı atıkların bertarafı ve değerlendirilmesi yönetiminin üç temel ilkesi vardır. Bunlar az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir. Katı atıkların toplanmasından, depolanması veya bertaraf edilmesine kadar tüm hizmetlerin bir plan çerçevesinde ele alınması ve öncelikle bu atıkların değerlendirilmesi veya geri kazanılmasına, "çevre ile uyumlu atık yönetimi" denilmektedir.

Gelişmiş ülkeler özellikle geri dönüşüm teknolojilerini kullanarak kaynağında ayrıştırılmış katı atıkları ayırarak, sınıflayarak tekrar kullanıma koymakta, geri kazanımı mümkün olmayan kısımları ise gazlaştırmak yoluyla elektrik enerjisi ve ısı enerjisi üretiminde kullanmaktadırlar. Değerlendirilemeyen endüstriyel atıkların, tehlikeli atıkların, hastane atıklarının bertarafı ise ileri gazlaştırma teknolojileri ile yapılabilmektedir. Katı yakıtların yakılarak yanma enerjisi elde edilmesi yerine ayrıştırıldıktan, geri kazanıldıktan sonra kalan kısımların gazlaştırma yapılarak daha verimli şekilde elektrik ve ısı enerjisi üretilebilir.

Katı atık gazlaştırma yöntemi ile hem katı atıkların bertaraf edilmesi hem de elektrik ve ısı enerjisi elde etmek mümkündür. Yakma işlemine göre hem daha çevre dostu hem de enerji üretimi bakımından daha verimli olan gazlaştırma işlemi büyük güç üretiminde akışkan yatak gazlaştırma teknolojileri ile yapılmaktadır. Günümüzde katı atıkların gazlaştırılması yoluyla elektriğe ve ısıya dönüştürülmesi hem yüksek enerji elde etme verimleri hem de çevre problemleri yaratmaması nedeni ile tercih edilmektedir (Şekil 8.10).



Şekil 8.10. Katı Atık Enerji Dönüşümünde Kullanılan Teknolojiler (Tolay, 2011)

Kentsel katı atık sorunlarıyla başa çıkmanın en etkin yolu olarak çöp çıkarmayı önleyen bir yaklaşım belirlenmesini kabul eden Avrupa Birliği, ürünlerin yeniden tasarlamaları ve atıkları azaltmaları için sanayicileri desteklemeyi, tekrar kullanılabilecek malzemelere yönelmeleri için sanayici ve tüketicilerin özendirilmesi gerektiğini bildirmektedir. Katı atık yönetimi, toplum tarafından daha fazla faydalı olmadıkları düşüncesiyle atılan maddelerin toplum ve çevreye zarar vermeden, belli yöntemlerin bilinçli bir şekilde uygulanması ile toplama aşamasından son yok ediş aşamasına kadar ki süreci konu edilen uygulamalar şeklinde tanımlanmaktadır. Katı atık yönetiminin amacı, toplum tarafında çeşitli işlemler sonucu üretilen atıkların toplanması, taşınması ve son yok ediş sürecinde ekonomik ve çevresel açıdan en etkin ve verimli yöntemlerin geliştirilip uygulanmasıdır.

Şekil 8.10'da verilen teknolojik yöntemlerle gaz yakıta dönüştürülebilen atıklar arasında Arıtma çamurları sadece ülkemizin değil tüm dünyanın önemli çevre problemleri arasına girmiştir. Arıtma çamurlarını doğrudan doğruya kurutmak ve/veya yakmak veya havasız ortamda çürütmek sadece geçici bertaraf yöntemleri olarak düşünülebilir. Arıtma çamuru gidermenin en uygun yolu kurutma ve gazlaştırma teknolojilerinin kombine şekilde uygulanmasıdır. Arıtma çamurlarını kurutulduktan sonra gazlaştırma yöntemi ile hem bertaraf etmek hem de elektrik ve ısı enerjisi elde etmek mümkündür.

Arıtma çamurlarının çevre kriterlerine en uygun şekilde bertaraf edilmesi ve elde edilen gazdan enerji üretilmesi konusunda geliştirilmiş çevresel ve teknolojik olarak en uygun ve en ekonomik sistem çamurun önce kurutulması ve kuru çamurun da gazlaştırılarak yok edilmesidir. Arıtma çamurları kurutulduktan sonra gazlaştırma yöntemi ile hem çamurları bertaraf etmek hem de elektrik ve ısı enerjisi elde etmek mümkündür. Gazlaştırmadan elde edilen ısı enerjisinin bir kısmı ile çamur kurutmak mümkündür. Yakma işlemine göre hem daha çevre dostu hem de enerji üretimi bakımından daha verimli olan gazlaştırma işlemi gazlaştırma teknolojileri ile yapılmaktadır. Tablo 8.6'da tarihsel gelişimi ile arıtma çamurlarının bertarafı konusunda yapılan teknolojik gelişmeler görülmektedir.

Tablo 8.6. Arıtma Çamurları Bertaraf Yöntemlerinin Tarihsel Gelişimi ve Uygulanabilirlikleri (Tolay, 2011)

Yıl	Proses	Uygulama Alanı	İlk Yardım	İşletme Giderleri	Ekonomik mi?	Çevreye Etkisi	Uygulama
1960 öncesi	İlkel kurutma	Landfill	Düşük	Düşük	Evet	Kötü	Uygun Değil
1960	Anaerobik + Susuzlaştırma	Tarım	Yüksek	Yüksek	Hayır	Kötü	Uygun Değil
1970	Susuzlaştırma + Kompost	Tarım	Yüksek	Yüksek	Hayır	Kötü	Uygun Değil
1980	Yakma	Enerji	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Kesin Hayır	İyi Değil	Uygun Değil
1990	Isısal Katılaştırma	İnşaat	Düşük	Yüksek	Hayır	Nötr	Uygun Değil
2000	Kurutma + Yakma	Çimento	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Kesin Hayır	İyi Değil	Uygun Değil
2010	Kurutma + Gazlaştırma	Enerji + Kimya	Yüksek	Düşük	Evet	Yok	Uygun

Çöp olarak nitelendirilen kentsel atıkların organik yapıda olanları, belediyelerin ve özel girişimcilerin yatırımları ile enerjiye dönüştürülmektedir. Tablo 8.7'de 2006 - 2010 yılları arasında belirlenmiş belediye atık göstergeleri verilmiştir.

Ülkemizde kırsal kesimde ilkel beslenen küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayısı yıldan yıla azalırken çiftliklerde çok hayvanlı besi hayvancılığı hızlı bir artış göstermektedir. Aynı şekilde çok sayılı kümes hayvanının bir arada beslendiği tavuk çiftlikleri de hızla artmaktadır. Bu durum ise hayvan atıklarından daha büyük tesislerde biyogaz üretimini daha ekonomik hale getirecektir (Anonim, 2012a).

Tablo 8.7. Belediye Atık Göstergeleri (TÜİK, 2013)

Belediye Atık Göstergeleri, 1994-2010	2001	2002	2003	2004	2006	2008	2010
Toplam belediye sayısı	3.227	3.227	3.227	3.225	3.225	3.225	2.950
Atık hizmeti verilen belediye sayısı	2.921	2.984	3.018	3.028	3.115	3.129	2.879
Toplanan atık miktarı (bin ton/yıl)	25.134	25.373	26.118	25.014	25.280	24.361	25.277
Atık bertaraf yöntemleri ve miktarı (bin ton/yıl)							
Büyükşehir belediyesi çöplüğü	3.771	3.929	3.968	3.796	2.553	2.277	1.828
Belediye çöplüğü	10.125	11.637	11.844	11.832	11.822	10.053	8.754
Başka belediye çöplüğü	674	744	755	788	566	348	419
Düzenli depolama sahalarına götürülen	8.304	7.047	7.432	7.002	9.428	10.947	13.747
Kompost tesisine götürülen	218	383	326	351	255	276	194
Açıkta yakarak	344	221	259	102	247	239	134
Dereye ve göle dökerek	101	197	228	155	70	48	44
Gömerek	482	500	597	426	144	100	34
Diğer	1.115	716	709	563	195	73	122
Atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri							
Düzenli depolama tesisi							
Sayısı	12	12	15	16	22	37	52
Kapasitesi (bin ton)	261.282	277.195	278.015	278.060	376.974	390.478	423.142
Gelen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	9.951	11.657	14.377
Bertaraf edilen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	9.942	10.037	14.309
Kompost tesisi							
Sayısı	3	4	5	5	4	4	5
Kapasitesi (bin ton/yıl)	299	664	667	667	605	551	556
Gelen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	268	276	216
Üretilen kompost miktarı (bin ton)	...	...	...	...	29	47	38
Yakma tesisi							
Sayısı	3	3	3	3	3	2	2
Kapasitesi (bin ton/yıl)	44	44	44	44	44	44	44
Gelen atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	28	36	40
Yakılan tıbbi atık miktarı (bin ton)	...	...	...	...	28	29	28

Türkiye, sadece hayvan atıkları ile çalışabilecek, 2.000 adet biyogaz tesisi kapasitesine sahiptir (Anonim, 2011c). Ancak şu anda ülkede 36'sı çalışmakta olan toplam 85 biyogaz tesisi bulunmaktadır (Anonim, 2011d). Tablo 8.8'de sektörlere göre biyogaz tesislerinin dağılımı verilmiştir.

Ülkemiz ve Almanya ortaklığıyla, Türk-Alman Biyogaz Projesi kapsamında, Türkiye'nin hayvan sektöründen kaynaklı biyogaz eldesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda TÜİK'ten temin edilen hayvan sayıları ve hayvan tiplerine bağlı olarak atık miktarları ve bunlara bağlı teorik ve teknik çalışmalara göre Türkiye'de biyogaz üretim potansiyelinin en yüksek olduğu sektörel alanlar belirlenmiştir. Teorik potansiyel, belirlenmiş alan içerisindeki tüm biyokütleden sağlanabilecek teorik potansiyeli, teknik potansiyel ise yapısal ekolojik sınırlamalar ve teknik imkanlar neticesinde kullanılabilmesi mümkün biyokütlenin potansiyelini ifade eder. Türkiye'de teorik olarak en yüksek biyogaz potansiyelinin; tarımsal atıklar, hayvancılık sektörü ve enerji ürünlerinden elde edilebileceği rapor edilmiştir. Teknik biyogaz potansiyeli değerlerine göre, Türkiye'de en yüksek biyogaz üretim potansiyelinin hayvancılık sektöründeki sığır atıklarından sağlanabileceği saptanmıştır rapor

edilmiştir. Teknik biyogaz potansiyeli değerlerine göre, Türkiye'de en yüksek biyogaz üretim potansiyelinin hayvancılık sektöründeki sığır atıklarından sağlanabileceği saptanmıştır.

Tablo 8.8. Sektörlere Göre Biyogaz Tesislerinin Dağılımı, Durumları ve Toplam Kurulum Kapasiteleri (Anonim, 2011d)

Sınıf	Tesis Sayısı	Kapasite (MW)	Planlama Aşamasında Tesis sayısı	Kapasite (MW)	Toplam Biyogaz Tesisi	Toplam Kapasite (MW)
Tarım (Hayvansal atıklar, bitkiler)	2	0,68	12	11,99	14	12,58
Gıda ve Sanayi (Atık su, organik atık)	17	13,68	2	3,88	19	17,56
Belediye (Çöpgazı, atıksu)	17	96,98	12	34,72	29	131,70
Belediye (Çöpgazı)	13	93,04	9	32,03	22	125,08
Belediye (Atıksu)	4	3,94	3	2,69	7	6,62
Sınıflandırılmamış	0	0	23	61,16	23	61,16
Toplam	36	111,23	49	111,76	85	222,99

Organik atıklardan (tarımsal atıklar, kentsel atıklar, yemek endüstrisi atıkları) elde edilebilecek teknik biyogaz potansiyeli değerleri 112,6 - 221,5 PJ/yıl, yani 31,3- 61,5 TWh/yıl değerleri arasında olacak şekilde hesaplanmıştır (enerji ürünleri dâhil ve hariç olacak şekilde). Bu durum, Türkiye genelinde yıllık 3,13-6,15 milyar m^3 metan üretim potansiyeli olduğunu göstermektedir (DBFZ, 2011). Türkiye'nin büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı sayıları Tablo 8.9 - 8.11'de verilmiştir.

Hayvan üretimi sonucu oluşan atıklar, hayvan dışkıları ve kesim işlemi sonucu kalan iç organlardır. Mevcut durumda bu atıklar çiftliklerden toplanarak işlenmemiş halde tarımsal alanlara veya toprak yüzeylere serilmekte, suyla kürenerek sonrasında fizikokimyasal ve/veya biyolojik proseslerle arıtılıp alıcı ortamlara deşarj edilmekte, çöp döküm alanlarında depolanmakta veya kontrolsüz şekilde yakılmaktadır.

Tablo 8.9. Tür ve Irklarına Göre Büyükbaş Hayvan Sayıları (TÜİK, 2013)

	Sığır - Kültür (baş)	Sığır - Kültür melezi (baş)	Sığır - Yerli (baş)	Manda (baş)
2000	1.806.000	4.738.000	4.217.000	146.000
2001	1.854.000	4.620.000	4.074.000	138.000
2002	1.859.786	4.357.549	3.586.163	121.077
2003	1.940.506	4.284.890	3.562.706	113.356
2004	2.109.393	4.395.090	3.564.863	103.900
2005	2.354.957	4.537.998	3.633.485	104.965
2006	2.771.818	4.694.197	3.405.349	100.516
2007	3.295.678	4.465.350	3.275.725	84.705
2008	3.554.585	4.454.647	2.850.710	86.297
2009	3.723.583	4.406.041	2.594.334	87.207
2010	4.197.890	4.707.188	2.464.722	84.726
2011	4.836.547	5.120.621	2.429.169	97.632

Tablo 8.10. Tür ve Irklarına Göre Küçükbaş Hayvan Sayıları (TÜİK, 2013)

	Koyun - Yerli (baş)	Koyun – Merinos (baş)	Keçi - Kıl (baş)	Keçi - Tiftik (baş)
2000	27.719.000	773.000	6.828.000	373.000
2001	26.213.000	759.000	6.676.000	346.000
2002	24.473.826	699.880	6.519.332	260.762
2003	24.689.169	742.370	6.516.088	255.587
2004	24.438.459	762.696	6.379.900	230.037
2005	24.551.972	752.353	6.284.498	232.966
2006	24.801.481	815.431	6.433.744	209.550
2007	24.491.211	971.082	6.095.292	191.066
2008	22.955.941	1.018.650	5.435.393	158.168
2009	20.721.925	1.027.583	4.981.299	146.986
2010	22.003.299	1.086.392	6.140.627	152.606
2011	23.811.036	1.220.529	7.126.862	151.091

Tablo 8.11. Türlerine Göre Kümes Hayvanları Sayısı (TÜİK, 2013)

	Yumurta Tavuğu (adet)	Et tavuğu (adet)	Hindi (adet)	Kaz (adet)	Ördek (adet)
2000	64.709.040	193.459.280	3.681.558	1.496.604	1.104.176
2001	55.675.750	161.899.442	3.254.018	1.397.560	913.748
2002	57.139.257	188.637.066	3.092.408	1.400.136	832.091
2003	60.399.520	217.133.076	3.994.093	1.336.775	810.910
2004	58.774.172	238.101.895	3.902.346	1.250.634	770.436
2005	60.275.674	257.221.440	3.697.103	1.066.581	656.409
2006	58.698.485	286.121.360	3.226.941	830.081	525.250
2007	64.286.383	205.082.159	2.675.407	1.022.711	481.829
2008	63.364.818	180.915.558	3.230.318	1.062.887	470.158
2009	66.500.461	163.468.942	2.755.349	944.731	412.723
2010	70.933.660	163.984.725	2.942.170	715.555	396.851
2011	78.956.861	158.916.608	2.563.330	679.516	382.223

İşlenmemiş hayvansal ve çiftlik atıklarının tarımsal arazilere uygulanması ile atık içinde bulunan zararlı maddeler tarımsal toprağın verimliliğini düşürmekte ve çevresel kirliliğe sebep olmaktadır. Hayvan atıklarının yanlış yönetilmesinden kaynaklı olumsuzluklar şu şekilde özetlenebilir:

- Toprak, su ve hava kirliliğine yol açar.
- Arsenik, manganez, çinko, nitrat ve fosfat muhtevası yüksek olan kirliliğe neden olur.
- İstenmeyen kokulara neden olur.
- Haşerelerin üremesi için elverişli bir ortam sağlar, bulaşıcı hastalıkların yayılmasında etkili olur ve halk sağlığını olumsuz yönde etkiler.
- Doğal kaynakların kirlenmesine ve yok olmasına sebep olur.
- Leptospira ve histoplazma capsulatum gibi patojenik organizmalar içermektedir.

Bu atıkların kirlilik kaynakları olması nedeniyle uygun atık yönetim sistemlerinin uygulanması gerekmektedir. Mevcut durumda uygulanan depolama, kontrolsüz yakma veya su kaynaklarına deşarj,

organik içeriği yüksek ve enerji üretim potansiyeli olan bu atıkların değer kaybına yol açmaktadır. Bütün bu yanlış atık uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda, hayvansal atıklar için sürdürülebilir atık yönetimi yaklaşımının benimsenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Hayvansal atık yönetiminin amacı, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığın gerçekleştirildiği bölgelerde, büyük miktardaki potansiyel hayvan atıklarının kullanım kapasitesini, sağlıklı çevre, ekonomik ve sosyal yararlar dikkate alınarak ve sürdürülebilir biçimde arttırmaktır. Bu kapsamda hayvansal atıklar, miktar ve özelliklerine bağlı olarak ve uygun teknolojiler kullanılarak enerji eldesi amacıyla atık yönetimi çerçevesinde değerlendirilebilmektedir (DBFZ, 2011).

Katı Yakıtlar: Ülkemizde yapılan tarımsal üretimde tahıllar, yağlı tohumlar ve yumrulu ürünler en yaygın ürünlerdir. Tahıllar Türkiye'nin orta, doğu ve güney bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ayçiçeği ise Trakya bölgesinde yaygındır. Pamuk ve mısır ise güney (güney ve güney batı Anadolu bölgelerinde) ve batı (Ege bölgesi) bölgelerinde yaygın yetiştirilmektedir. Yumrulu bitkiler Marmara (patates) ve İç Anadolu (patates ve şeker pancarı) bölgelerinde yaygındır. Tahminen en yüksek atık miktarı buğday ve arpa yetiştiriciliğinden açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte, mısır ve pamuk yetiştiriciliğinden de önemli miktarda atık oluşmaktadır. Türkiye'de yıllık toplam tarımsal atık miktarı yaklaşık olarak 50-65 Mtep'dur. Atıklar tarımsal üretimden sonra tarlada bırakılır. Tahıl samanı çeşitli amaçlar için kullanılır. Örneğin hayvan yemi ve hayvan altlığı olarak kullanılır. Endüstriyel tarımsal ürünlerin üretiminden kalan başlıca atıkları tarlaya bırakılır. Bunlar; pamuk sapı, mısır sapı, ayçiçeği sapı, saman ve tütün sapı vb atıklardır (Başçetinçelik ve diğ., 2005). Bazı tarımsal atıklar ve orman artıkları yakıt olarak kullanılabilir. Bu atıklar doğrudan yakılabildiği gibi pelet veya biriket haline getirilerek de yakılabilmektedir. Pelet yakıtı; her türlü odun, odun artığı, ormansal atık, tarımsal atık, endüstriyel atıkların kurutulup öğütülerek daha sonra yüksek basınçla preslenerek sıkıştırılması suretiyle yoğunluğu arttırılarak enerji elde maksadıyla kullanılan küçük parçalara (topak) denir (Şekil 8.11). Hammadde ve üretim teknikleri açısından farklılık göstermekle beraber odun ve türevi maddelerin pelet haline dönüştürülmesinde bağlayıcı madde kullanımı söz konusu değildir. Diğer bir takım hammaddelerde ise belirli oranlarda yardımcı bağlayıcılar (melas, nişasta, bitkisel parafin, tall yağı, lignin, su vb.) kullanılmaktadır[72].

Hammadde olarak; ağaç (sert ve yumuşak ağaçlar), odun, yonga, talaş, kabuk, dal, yaprak ve benzeri orman artıkları, sap-saman (buğday, arpa, çavdar, yulaf vb.), sap (ayçiçeği, mısır, pamuk, kolza vb.), kabuk-kılıf (kahve, soya, pirinç, yer fıstığı, fındık, ceviz vb.), meyve çekirdekleri, kağıt-mukavva vb. artığı ve çöpü, endüstriyel atıklar (prina vb.), inşaat atıkları yanında bu ürünlerin haricinde enerji ormancılığı ve enerji tarımı (switchgrass-dallı darı, miscanthus-fil çimeni vb.) kapsamında yetiştirilen bir çok üründe kullanılmaktadır. Pelet bir tek üründen imal edilebileceği gibi birkaç ürünün (talaş, sap, saman, prina, kömür tozu vs)

[72] Biyosfer, Enerjide Çevreci Çözümler, http://www.biyosfer.com.tr, Erişim Tarihi: 09 Temmuyz 2013.

karıştırılması ile de elde edilebilir (Anonim, 2013b). Pelet yakıtını odun peleti (wood pellets) ve tarımsal atık peleti (agripellets) olarak sınıflamak mümkündür. Yurt dışında bu ürünlerin üretimi, taşınması ve kullanılmasına yönelik standartlar oluşturulmuş olup (ÖNORM M7135 - M7136-M7137, SS 187120-187121, DIN 51731-DINplus, CTI-R 04/5) ülkemizde henüz bu yönde bir standart mevcut değildir. Ayrıca bu ürünün kullanılması yurt dışında birçok ülke tarafından destek kapsamında değerlendirilmektedir[73].

Ülkemizde ormansal ve tarımsal atıklar işlenmeden doğrudan ısıtıcılarda kullanılmaktadır. Fakat bu kullanım yöntemi verimli, ekonomik ve çevresel açıdan uygun değildir. Son yıllarda ülkemizde daha çok mdf talaşı, tarımsal atıklar ve prina (zeytin atığı), peletlenerek satılmakta ve kullanılmaktadır. Bunun sebebi üretim aşamasındaki kurutma maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Ülkemizdeki yakıcıların (ısıtma sistemlerinin) bu ürünlere uygun olmaması ve üretilen peletlerin kalitelerinin düşük olması ısıtıcının verimini düşürmekte aynı zamanda emisyon değerlerini arttırarak çevre kirliliğine sebep olmaktadır[74].



Şekil 8.11. Bazı Tarımsal Ürün Atıkları ve Peletleri

Tarımsal atıklardan pirina, zeytinin yağa işlenmesiyle kalan katı atıktır. Bir miktar yağ içermektedir ve nem oranı yüksektir. Pirina yağı fabrikalarında yağı çıkarılır ve nemi de azaltılarak yakacak hale gelir. Kuru pirina çevre dostudur, kül miktarı çok az olup cüruf yapmaz. Sanayi kazanlarında ve stokerli kat kalorifer kazanlarında çok yüksek randıman verir. Alt ısıl değeri 16.000 - 17.000 kJ/kg arasında, nemi %10 civarında kül oranı ise %3'tür. Pirina hayvan yemi katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Besin değeri olarak 1,6 kg pirina 1 kg kepeğe karşılık gelmektedir. Toksik madde içermeyen ve organik

[73] Biyosfer, Enerjide Çevreci Çözümler, http://www.biyosfer.com.tr, Erişim Tarihi: 09 Temmuz 2013.
[74] Biyosfer, Enerjide Çevreci Çözümler, http://www.biyosfer.com.tr, Erişim Tarihi: 09 Temmuz 2013.

madde içeriği yüksek olan kompostlanmış pirina bahçe bitkilerinin yetiştirilmesinde ve toprağın güçlendirilmesinde kullanılmıştır (TÜİK, 2013). Pirinadan fermantasyon yoluyla lipase enzimi elde edilmektedir. Hidroliz edildikten sonra destile edilerek aktif karbon, metanol ve asetik asit elde edilmiştir (Anonim, 2011c).

Pirinanın içerdiği yüksek lignin içeriği nedeniyle diğer biyokütlelere göre piroliz yoluyla aktif karbon elde edilmesinin daha uygun olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2011d). Dünya zeytinyağı üretiminde İspanya, İtalya ve Yunanistan'ın ardından gelen ülkemizde yıllık 1 milyon ton zeytin, zeytinyağı üretimine girmekte ve yaklaşık 450.000 ton pirina elde edilmektedir. Pirina tek başına yakıt olarak kullanılabileceği gibi düşük kalorili linyit kömürü gibi diğer yakıtlarla birlikte yakılabilir. Türkiye'nin sert kabuklu meyvelerin üretim miktarları Tablo 8.12'de, zeytin üretim miktarları Tablo 8.13'te verilmiştir.

Tablo 8.12. Türkiye'de Sert Kabuklu Meyvelerin Üretim Miktarları (TÜİK, 2013)

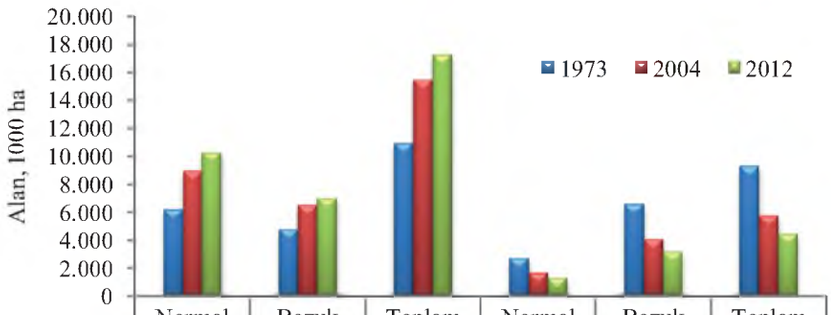
	Badem		Fındık		Ceviz		Kestane		Antep fıstığı	
	Ağaç sayısı (Bin)	Üretim (Ton)	Ağaç sayısı (Bin)	Üretim (Ton)	Ağaç sayısı (Bin)	Üretim (Ton)	Ağaç sayısı (Bin)	Üretim (Ton)	Ağaç sayısı (Bin)	Üretim (Ton)
2001	3.575	42.000	285.000	625.000	3.640	116.000	1.755	47.000	25.900	30.000
2002	3.500	41.000	289.000	600.000	3.850	120.000	1.815	47.000	26.200	35.000
2003	3.475	41.000	303.900	480.000	4.100	130.000	1.860	48.000	26.300	90.000
2004	3.450	37.000	325.000	350.000	4.200	126.000	1.890	49.000	26.500	30.000
2005	3.400	45.000	321.500	530.000	4.535	150.000	1.890	50.000	28.000	60.000
2006	3.236	43.285	337.380	661.000	4.595	129.614	1.863	53.814	28.264	110.000
2007	3.517	50.753	357.948	530.000	4.927	172.572	1.948	55.100	28.464	73.416
2008	3.430	52.774	340.286	800.791	5.095	170.897	1.949	55.395	28.668	120.113
2009	3.408	54.844	347.414	500.000	5.192	177.298	1.952	61.697	30.144	81.795
2010	3.683	55.398	356.762	600.000	5.441	178.142	1.920	59.171	29.617	128.000
2011	4.221	69.838	354.713	430.000	5.594	183.240	1.922	60.270	30.868	112.000
2012	4.679	80.261	348.781	660.000	5.977	203.212	1.939	57.881	37.150	150.000

Tablo 8.13. Türkiye'de Zeytin Üretimi (TÜİK, 2013)

Yıl	Ağaç sayısı (Bin)			Üretim (Ton)		
	Toplam	Meyve veren	Meyve vermeyen	Toplam	Sofralık	Yağlık
2000	97.770	89.200	8.570	1.800.000	490.000	1.310.000
2001	99.000	90.000	9.000	600.000	235.000	365.000
2002	101.600	91.700	9.900	1.800.000	450.000	1.350.000
2003	102.750	92.250	10.500	850.000	350.000	500.000
2004	107.100	94.950	12.150	1.600.000	400.000	1.200.000
2005	113.180	96.625	16.555	1.200.000	400.000	800.000
2006	129.265	97.773	31.492	1.766.749	555.749	1.211.000
2007	144.329	104.219	40.110	1.075.854	455.385	620.469
2008	151.630	106.139	45.491	1.464.248	512.103	952.145
2009	153.723	109.127	44.596	1.290.654	460.013	830.641
2010	157.156	111.398	45.758	1.415.000	375.000	1.040.000
2011	155.427	117.941	37.486	1.750.000	550.000	1.200.000
2012	157.904	120.820	37.084	1.820.000	480.000	1.340.000

Yenilenebilir enerji kaynaklarının alt başlığı olan biyokütlenin önemli bileşenlerinden birini odunsu bitkiler oluşturmaktadır. Bunun içerisinde kısaca, korular, baltalıklar, çiftlik ormanları, ağaçlıklar, endüstriyel plantasyonlar yer almaktadır. Ama ayrıca, odun hammaddesi işleme artıkları ve kullanılmış (hurda) odunsu yapılar da sayılmalıdır. Ancak İşletme şekilleri bakımından ormanlar koru ormanı, baltalık ormanı ve korulu baltalık ormanı olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Ülke toplam orman alanının 17,3 milyon ha'sı koru ormanı (%79) ve 4,4 milyon ha'sı ise baltalık (%21) ormanıdır (Şekil 8.12). Türkiye'de korulu baltalık ormanı mevcut değildir (Anonim, 2012f).

Şekil 8.12'de görüldüğü gibi bozuk koru ve baltalık orman formu alanları yıllara bağlı olarak azalmış ve normal orman alanları artış göstermiştir. Normal orman, ağaçların tepe çatılarının %11 - 100 oranlarda alanı örttüğü ormanlar, bozuk orman, ağaçların tepe çatılarının %10'dan az oranda alanı örttüğü ormanlar, koru ormanı, tohum orijinli yetişmiş veya yetiştirilecek orman, baltalık orman ise, kök veya kütük sürgün kökenli tıraşlama ormanı olarak tanımlanır.



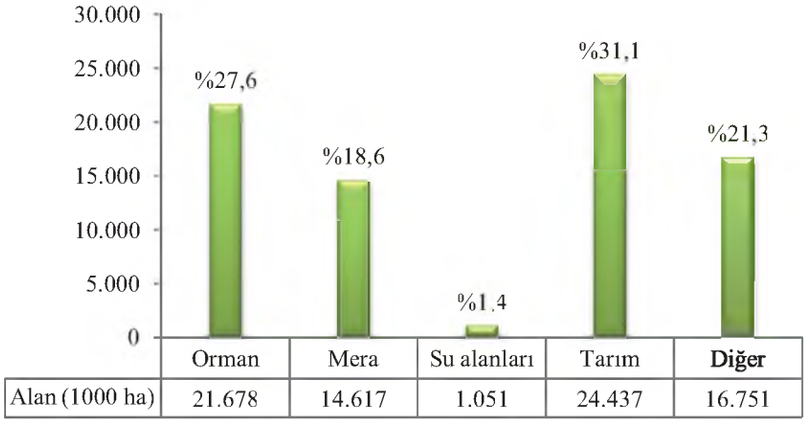
	Koru			Baltalık		
	Normal	Bozuk	Toplam	Normal	Bozuk	Toplam
1973	6.177	4.758	10.935	2.680	6.585	9.265
2004	8.940	6.499	15.440	1.681	4.068	5.749
2012	10.282	6.979	17.261	1.277	3.141	4.418

Şekil 8.12. Orman Formlarının Yıllara Göre Dağılımı (Anonimi, 2012f)

Ulusal Ormancılık Araştırma Master Planı (2007 - 2012) belgesinde, gelecekte ormancılık araştırmalarında önemli yere sahip olacağı düşünülen alan ve konular sayılırken, 22 elemanlı listede, birinci sırada "iklim değişikliği ve karbon depolama"; beşinci sırada "Enerji sorunları ve özellikle yenilenebilir enerji kaynakları" konuları sayılmıştır.

Orman Bölge Müdürlüklerinin faaliyetleri arasında ormanlarda biriken tehlikeli yakıtların ormandan uzaklaştırılması, diri örtü temizliği ve orman bakım çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Ormanlarımızda bir biyokütle projesini desteklemek için gerekli olandan çok daha fazla miktarda orman artığı bulunmaktadır. Bununla birlikte orman içi artıklarının temininin değişken olması, toplama, taşıma ve depolama maliyetleri gibi birtakım güçlükler orman içi artıklarının yakıt olarak kullanılması konusunda yapılması gereken çalışmaları geciktirmektedir. Orman artığı temin indeki değişmeler ormancılık faaliyetlerinin dönemsel yapısından, orman endüstrisi sektöründeki eğilimlerden ve ormancılık faaliyetleri için ayrılan bütçe ödeneklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Türkiye yaklaşık olarak 80 milyon ha yüz ölçümüyle dağlık ve eko-coğrafya bakımından zengin bir çeşitliliğe sahiptir. Bu ekolojik zenginliğe paralel olarak ormanları da tür ve kompozisyon olarak zengindir. 2012 yılı itibarıyla yapılan tespitlere göre ormanlar ülke yüzölçümünün %27,6'sını kaplamaktadır. Bu değere orman içi açıklıklar dâhil değildir (Şekil 8.13).



Şekil 8.13. Arazi Kullanım Sınıflarının Dağılımı (Anonim, 2012f)

Birçok ülke bugün kendi ekolojik koşullarına göre en uygun ve en ekonomik tarımsal ürünlerden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadırlar. Türkiye de bu potansiyele, ekolojik yapıya sahip ülkeler arasındadır. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde enerji ormancılığı, çeşitli fayda ve olumsuzlukları dikkate alınarak geliştirilmeye çalışılmaktadır. Türkiye'de enerji ormancılığı yönünden ekonomik değeri yüksek ve hızlı büyüyen yerli ağaç türleri arasında, akkavak, titrek kavak, kızılağaç, kızılçam, meşe, dişbudak, fıstık çamı, karaçam, sedir ve servi ağalarını saymak olanaklıdır. Türkiye ortamında yetişecek yabancı kökenli ağaçlar arasında ise okaliptüs, papulus euramericana, pinus pinaster, acacia cynophilla gibi türleri saymak olanaklıdır. Burada kavak, söğüt gibi oldukça fazla su isteyen ağaçların yanı sıra, oldukça kurak alanlarda yetişebilecek ağaçlara da önem verilmesi gerekmektedir. Tablo 8.14'te 1973 - 2010 yılları arasında bazı yıllar için seçilmiş orman ürünlerinin üretim miktarları verilmiştir.

Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli 109,4 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Bunun enerji eşdeğeri 31,1 milyon ton petrol eşdeğeridir (MTep). Ülkemiz ormanlarında yıllık olarak 5 - 7 mi-

lyon ton biyokütlenin enerji üretiminde kullanılabileceği hesaplanmıştır. En düşük rakam dikkate alınarak yılda 5 milyon ton odunsu biyokütlenin ısınmada kömür yerine kullanılması durumunda; 3 milyon ton kömürün ithal edilmesine gerek olmayacaktır. 2013 yılı rakamları ile bir ton kömür ortalama 210 ABD Dolarına ithal edilmektedir. 3 milyon ton kömüre ödenen ithalat parası yaklaşık 630 Milyon Dolardır. Bu miktar döviz ülkemizde kalacaktır. Bir ton kömür ısınma amacıyla yakıldığında atmosfere ortalama 2,8 ton CO_2 salınmaktadır. Bir ton odunsu biyokütlenin ısınmada kullanılması durumunda ise atmosfere 1,8 ton CO_2 salınmaktadır. Bu durumda 3 milyon ton kömür yerine 5 milyon ton odunsu biyokütle kullanılması durumunda atmosfere yaklaşık olarak 1 milyon ton daha az CO_2 salınmış olacaktır. Ülkemizin CO_2 emisyonlarını düşürmedeki hedefi dikkate alındığında bu miktarın çevre müzakerelerine katkısı hiç de göz ardı edilemeyecek bir gerçektir.

Tablo 8.14. Seçilmiş Orman Ürünlerinin Yıllara Göre Üretim Miktarları (TÜİK, 2011)

Seçilmiş Orman Ürünleri	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Endüstriyel odunlar (m^3)						
Tomruk	3.479.647	3.731.711	3.945.851	3.757.859	4.374.840	4.889.139
Tel direği	73.273	76.758	75.129	66.923	55.618	70.920
Maden direği	490.619	522.354	522.372	502.406	576.790	685.744
Sanayi odunu	749.951	734.400	754.687	657.531	787.562	874.108
Kağıtlık odun	1.514.472	1.702.870	2.407.156	2.432.602	2.145.606	2.383.329
Lif yonga	2.964.647	3.265.092	3.816.522	4.033.257	4.608.171	4.662.578
Sırık	26.087	19.793	19.367	12.503	19.932	16.644
Çubuk (ster),	3.936	3.416	2.245	2.130	4.678	1.536
Yakacak odunlar (ster)	7.003.026	6.834.024	7.303.889	7.427.596	7.194.372	6.778.101
Çıralı çam kök odunları	832	89	260	187	1.303	556
Tali ürünler (kg)						
Çalılar	6.819.441	35.018.587	3.507.652	16.218.760	11.299.421	12.758.700
Mersin yaprağı	775404	503.600	366.700	318.408	415.880	439.517
Köknar dalı	3000	1.500	8.000	5.000	-	-
Şimşir (dal ve sürgün)	87000	71.150	19.020	27.300	50.700	11.957
Orman gülü	63870	64.950	77.400	42.603	85.750	76.000
Sarmaşık	19950	65.860	32.850	40.500	186.280	11.750
Yosun	259.237	140.495	203.027	136.394	116.500	129.070
Erika (funda-kök)	-	-	-	160.000	-	39.200
Fıstıkçamı kozalağı	3.545.861	3.772.362	3.051.855	6.266.000	6.091.000	6.266.139

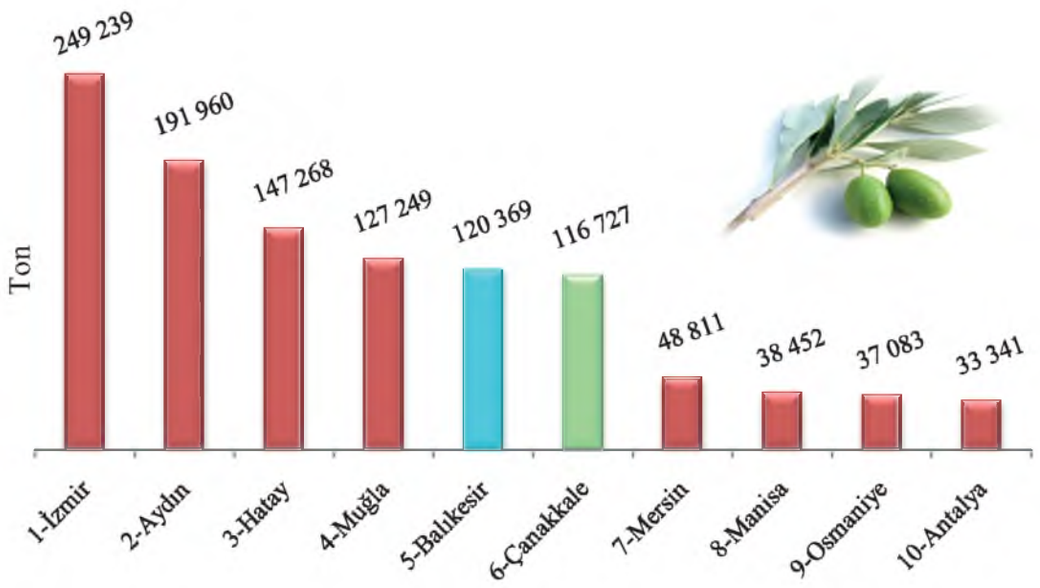
8.5. TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Biyokütle Enerjisi

Dünyada artan enerji ihtiyacı ve biyolojik atıkların çevre bilinciyle daha doğrudeğerlendirilme gerekliliği, modern uygulamaların geleneksel yakma tekniklerinin yerini almaya başlamasına neden olmuştur. Modern biyokütle teknolojilerinde hammadde elde etme kaygısı, her türlü biyolojik atık ve artıkların değerlendirilmesi üzerine çalışmaların yoğunlaşmasını sağlamış ve bitki yetiştiriciliği ön plana çıkmıştır. Son yıllarda kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar ile birlikte enerji ormancılığı ve enerji tarımı ile modern biyokütle teknolojilerine bitkisel hammadde sağlanmaktadır. Enerji, Kalkınma Ajanslarının kendi bölgelerinde son dönemlerde öncelikli olarak destek verdikleri konular arasında yer almaktadır. Yerel potansiyeli, dinamikleri, özgünlükleri, kaynak ve imkanların ortaya

çıkarılarak harekete geçirilmesi ve ulusal, uluslararası pazarlarda ekonomik, sosyal, kültürel birer değer haline dönüştürülmesi, bu kalkınma ajanslarının temel amaçları arasında sayılabilir. Bu bölümde, Kalkınma Ajanslarının Çanakkale ve Balıkesir İllerini içine alan TR22 Güney Marmara Bölgesi'nin biyokütle potansiyeli ile mevcut durumu ve gelecek için öneriler içeren bilgiler tarım ve hayvancılık, "orman ürünleri", "kentsel ve endüstriyel atıklar" başlıkları altında Çanakkale ve Balıkesir İlleri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

8.5.1. TR22 Bölgesi Tarım ve Hayvancılık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

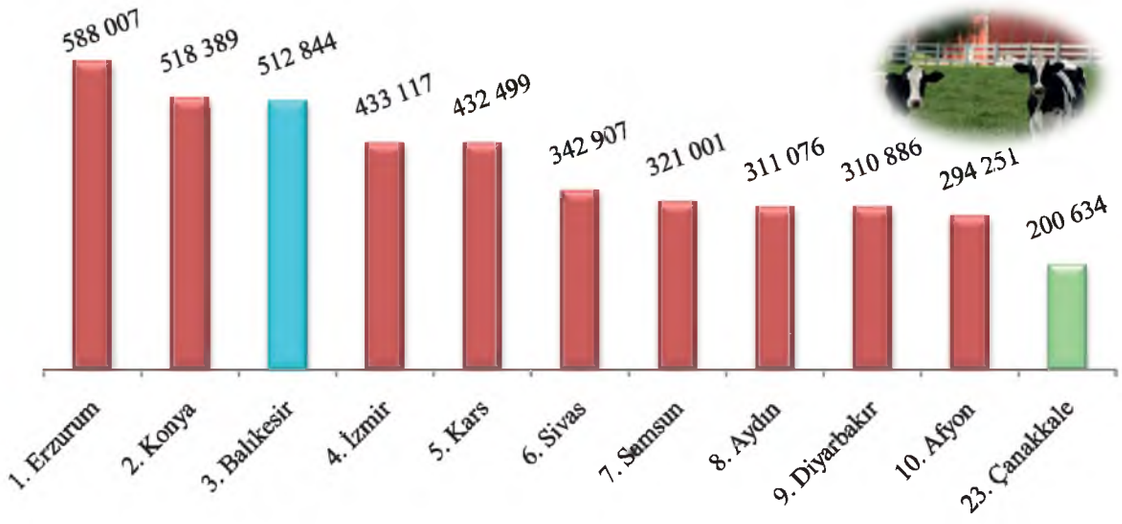
TR22 Bölgesi (Balıkesir ve Çanakkale), tarım ve hayvancılık açısından Türkiye'de önemli bir yere sahiptir. Tarım alanında özellikle yağlık zeytin üretiminde; Balıkesir 120.369 ton/yıl kapasite ile 5. sırada, Çanakkale ise 116.727 ton/yıl kapasite ile 6. sırada yer almaktadır (Şekil 8.14.)



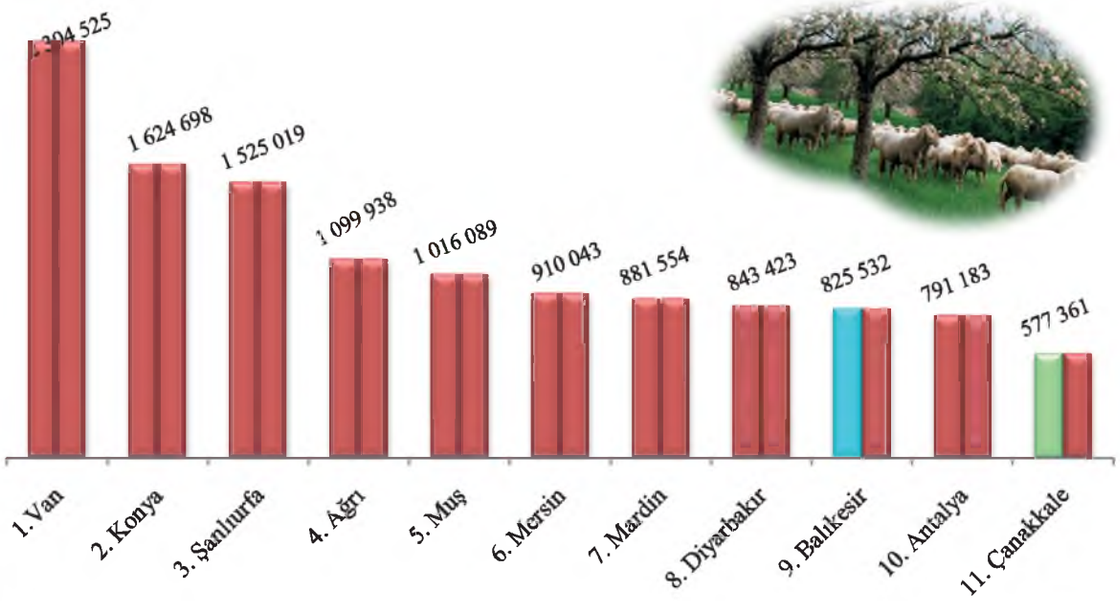
Şekil 8.14. TR22 Bölgesi'nin Yağlık Zeytin Üretiminde Türkiye Sıralamasındaki Yeri (Balıkesir Tarım İl Müdürlüğü (BTİM, 2013)

Zeytinyağı üretiminde artık olarak çıkan pirina ve karasu biyoenerji potansiyeli olarak değerlendirilebilir. Pirina, bölgede yakacak olarak değerlendirilmektedir. Özellikle işlenerek oluşan kuru pirina, ısıl değeri yüksek ve çevre dostu bir yakıttır. Karasu, biyogaz potansiyeli olmasına rağmen, günümüzde çevre problemleri nedeniyle değerlendirilememektedir.

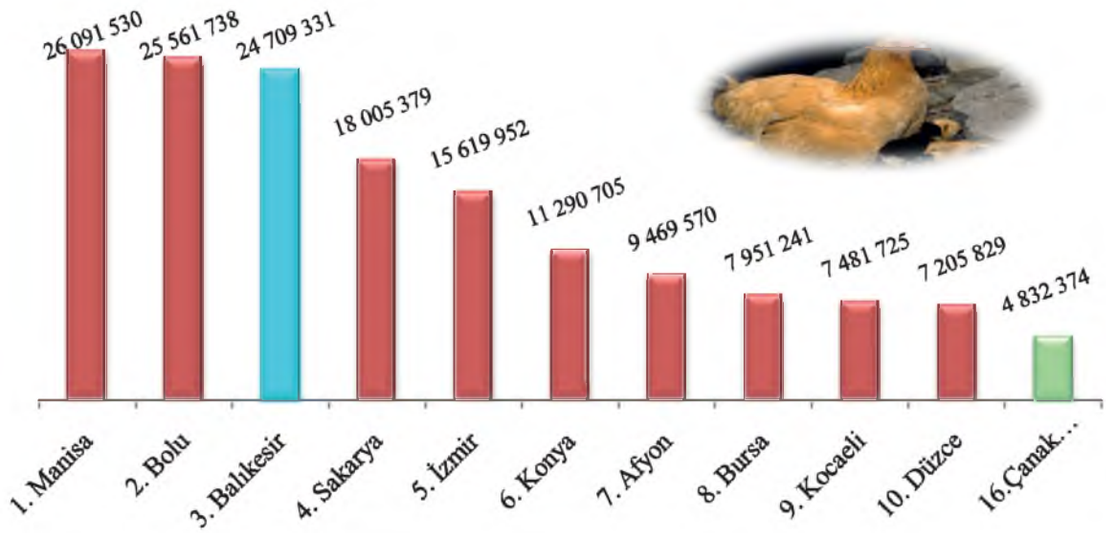
TR22 Bölgesi hayvancılık alanında da Türkiye'de ön sıralarda yer almaktadır. Büyükbaş hayvan (sığır, manda, at, eşek, deve) sıralamasında; Balıkesir 512.844 hayvan sayısı ile 3. sırada, Çanakkale ise 200.634 hayvan sayısı ile 23. sırada yer almaktadır (Şekil 8.15.). Küçükbaş hayvan(koyun, keçi) sıralamasında Balıkesir 9., Çanakkale 11. sıradadır (Şekil 8.16). Kanatlı hayvan(tavuk, hindi, kaz, ördek) varlığında, Bölge oldukça etkin durumdadır. Kanatlı hayvan sıralamasında özellikle Balıkesir 24.709.331 hayvan sayısı ile 3. sırada yer almaktadır (Şekil 8.17.).



Şekil 8.15. TR22 Bölgesi'nin (Balıkesir ve Çanakkale) Büyükbaş Hayvan Varlığında Türkiye Sıralamasındaki Yeri (BTİM, 2013)



Şekil 8.16. TR22 Bölgesi'nin Küçükbaş Hayvan Varlığında Türkiye Sıralamasındaki Yeri (BTİM, 2013)



Şekil 8.17. TR22 Bölgesi'nin Kanatlı Hayvan Varlığında Türkiye Sıralamasındaki Yeri (BTİM, 2013)

Hayvanların dışkısının (gübresinin) biyogaz potansiyeli oldukça yüksektir. Dışkılar büyük bir çoğunlukla tarlalarda gübre olarak kullanılmaktadır. Biyogaz üretiminden sonra gübre olarak ullanılmasının tarlalardaki üretime katkısının daha fazla olacağı bilinmektedir.

Bölgede özellikle büyükbaş ve kanatlı hayvan varlıklarının çok yüksek olması, biyogaz üretim tesislerinin kurulmasını teşvik edebilecektir.

8.5.1.1. Çanakkale İli Mevcut Durumu

Çanakkale İl sınırları içerisinde, biyokütle kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturan tarım ve hayvancılık sektörünün oldukça geniş ürün çeşitliliğine sahip olduğu söylenebilir. Bozcaada ve Gökçeada dahil olmak üzere Çanakkale'nin tüm ilçeleri tarıma elverişli arazilere sahiptir (Tablo 8.15).

Biyoenerji üretimine konu olabilecek tarımsal aktivitelerden kaynaklı atıkları üç ayrı kategoride toplamak mümkündür.

- Yıllık ekinler hasat edildikten sonra tarlada kalan artıklar; tahıl, mısır, pamuk, pirinç, ayçiçeği, yer fıstığı, soya fasulyesi vb.,
- Uzun ömürlü bitkilerin budanmasından sonra kalan ağaç kabukları, çekirdekler,
- Tarım-Sanayi atıkları, pamuk çırçırlama, tohum yağı endüstrisi, zeytinyağı endüstrisi, pirinç sanayi, mısır sanayi, şarap ve çekirdek fabrikaları gibi (Öztürk, 2012).

Tablo 8.15. Çanakkale'de Tarım Arazisi Dağılımı (ÇTİM, 2013)

İlçeler	Tarım Alanları, da									
	Tarla Bitkileri	Sebze	Meyve				Örtü altı	Nadas	Kullanılmayan Arazi	Tarım Arazisi
			Diğer Meyve	Zeytin	Bağ	Turunçgil				
Merkez	173.475	25.024	21.881	17.742	1.740	0	27	1.699	1.422	243.010
Ayvacık	51.795	11.315	9.140	112.440	600	410	30	51.594	93.696	331.020
Bayramiç	197.707	14.873	41.163	39.660	19.630	0	14	1.504	979	315.530
Biga	512.715	46.265	4.192	2.160	620	0	35	18.006	17.417	601.410
Bozcaada	688	72	133	1.426	11.600	0	0	2.423	4.268	20.610
Çan	170.780	5.704	2.799	0	580	0	26	12.878	72.133	264.900
Eceabat	106.810	7.732	2.739	15.743	4.303	0	8	20.833	26.832	185.000
Ezine	109.334	25.406	6.406	115.600	2.035	0	25	4.804	5.200	268.810
Gelibolu	353.816	14.985	7.352	1.610	5.320	0	40	6.446	7.751	397.320
Gökçeada	12.247	1.599	439	7.250	952	0	7	5.143	5.863	33.500
Lapseki	110.707	11.911	47.374	5.100	1.550	0	95	26.480	156.983	360.200
Yenice	204.317	40.872	2.798	0	204	0	2	13.985	19.882	282.060
Toplam	**2.004.391**	**205.758**	**146.416**	**318.731**	**49.134**	**410**	**309**	**165.795**	**412.426**	**3.303.370**

Tablo 8.15'de yer alan veriler incelendiğinde Çanakkale'de özellikle tarla tarımının yoğun olarak yürütülmekte olduğu ve meyve yetiştiriciliğinin de azımsanmayacak düzeylerde yürütüldüğü açıkça görülmektedir. Bu veriler, Çanakkale'nin biyoenerji üretimine konu olabilecek tarımsal atık potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Çanakkale merkez ve ilçelerinde tarla tarımı yapılan tarımsal atık potansiyeli bulunan ürün dağılımı Tablo 8.16'da verilmiştir.

Tablo 8.16. Çanakkale'de İlçelere Göre Tarla Ürünleri Dağılımı (ÇTİM, 2013)

İlçeler	Tarla Ürünleri Üretimi, ton/yıl											
	Buğday	Arpa	Çavdar	Yulaf	Mısır	Çeltik	Triticale	Pamuk	Ayçiçeği	Susam	Kanola	Ş.Pancarı
Merkez	36.021	10.861	199	661	12.144	3.167	17	198	5.127	81	8	0
Ayvacık	10.581	4.660	92	989	35	0	0	0	0	1	0	0
Bayramiç	40.392	12.149	17	2.290	2.055	0	0	0	132	195	0	0
Biga	83.181	19.866	2.288	9.310	10.922	75.485	876	0	6.224	3	294	5916
Bozcaada	116	47	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Çan	38.483	9.206	1.725	9.398	8	151	2.025	0	0	9	0	0
Eceabat	27.999	4.175	0	30	23	0	0	0	8.594	72	566	0
Ezine	22.566	8.596	13	597	3.492	4.250	0	450	1.035	33	0	0
Gelibolu	96.234	9.405	0	309	889	5.762	23	0	28.712	45	1.352	0
Gökçeada	741	947	0	14	31	0	0	0	0	1	0	0
Lapseki	25.780	5.518	951	605	0	206	291	0	1.700	93	0	0
Yenice	23.504	5.891	660	3.744	82	0	886	0	0	0	0	0
Toplam	**405.598**	**91.321**	**5.945**	**27.967**	**29.681**	**89.021**	**4.118**	**648**	**51.524**	**533**	**2.220**	**5916**

Tablo 8.16'da yer alan ürünler toplam tarla tarımı yapılan alanın %82'lik bölümünü kaplamaktadır. Silajlık mısır, yonca, fiğ gibi yem bitkileri ve kanola, susam gibi yağlık bitkilerin üretimi tarla tarımı yapılan alanların %16'lık kısmında yürütülmektedir. Tablo 8.16'da yer almayan bakla, bezelye, nohut, fasulye gibi tarla ürünleri ise %2 gibi oldukça sınırlı alanlarda üretilmektedir. Tarla ürünleri içerisinde atık potansiyeli bulunan ürünlerin son 5 yıl için ilçelere ait üretim miktarları Tablo 8.17'de verilmiştir. Tabloda ayrıca 5 yıllık üretimin ortalama değeri de görülebilir.

Tablo 8.17. Çanakkale'de Yıllara Göre Bazı Tarla Ürünleri Üretimi (ÇTİM,2013)

Tarla Ürünü, ton/yıl	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Buğday	478.018	437.248	347.930	402.580	405.598	414.275
Arpa	73.970	78.942	65.811	80.080	91.321	78.025
Çeltik	25.137	42.529	79.321	96.681	89.021	66.538
Ayçiçeği	53.039	51.814	51.121	45.949	51.524	50.689
Mısır	17.904	27.527	23.489	28.617	29.681	25.444
Yulaf	17.659	22.730	22.435	23.884	27.967	22.935
Çavdar	3.530	3.769	3.489	5.762	5.945	4.499
Triticale	3.969	5.025	5.074	4.093	4.118	4.456
Pamuk	1.778	565	514	2.782	648	1.257
Yerfıstığı	4	4	60	60	47	35

Son yıllarda, tarımsal ve hayvansal atıkların geleneksel yöntemler ile doğrudan yakılması yerine, teknolojik gelişimler paralelinde bu biyokütle kaynaklarından daha etkin yararlanılabilecek yöntemlerin kullanılması özendirilmektedir. Tarımsal atıklardan gazlaştırma ile biyogaz üretilmesi, Ülkemizde yaygınlaşmaya başlayan bir atık değerlendirme yöntemidir.

Türkiye'nin diğer kalkınma bölgelerinde olduğu gibi TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde de atıkların bu yöntem ile değerlendirilme olanakları araştırılmalı ve desteklenmelidir. Bu yaklaşım dikkate alınarak, Çanakkale'de tarla tarımının %82'sini oluşturan ve atık potansiyeli olan ürünlerin geriye dönük olarak son 5 yıl (2008 - 2012) ortalaması üzerinden hesaplanan atık ve ısıl değerleri Tablo 8.18'de verilmiştir. Hesaplamalarda Başçetinçelik ve ark., (2005) tarafından yürütülmüş olan Türkiye'de Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi konulu araştırma sonuçları dikkate alınmış ve atık ile ısıl değer katsayıları kullanılmıştır.

Tablo 8.18. Çanakkale'de Tarla Ürünleri Artıkları ve Enerji Potansiyeli (ÇTİM, 2013)

Ürün	Atıklar	Ortalama üretim ton/yıl	Atık Katsayısı	Atık miktarı ton/yıl	Kullanılabilir oran %	Kullanılabilir atık ton/yıl	Birim ısıl değer MJ/kg	Toplam Isıl kapasite, GJ/yıl
Buğday	Saman	414.275	1,04	432569	15	64885	17,9	1.161.447
Arpa	Saman	78.025	1,09	85211	15	12782	17,5	223.678
Çeltik	Sap, kabuk	66.538	0,63	42049	60	25229	16,7	421.328
Ayçiçeği	Sap	50.689	2,70	136929	60	82157	14,2	1.166.635
Mısır	Sap, sömek	25.444	2,25	57233	60	34340	18,5	635.282
Yulaf	Saman	22.935	1,00	22822	15	3423	17,4	59.566
Çavdar	Saman	4.499	1,41	6361	15	954	17,5	16.698
Triticale	Saman	4.456	1,10	4901	60	2941	17,8	52.347
Pamuk	**Sap, çırçır atığı**	1.257	1,10	1382	60	829	18,2	15.092
Yerfıstığı	Saman, kabuk	35	0,52	18	80	15	20,74	301
Toplam		**668.153**		**789.475**		**227.555**		**3.752.374**

Görüldüğü gibi, Çanakkale ili sınırlarında gıda maddesi olarak tüketilmek üzere yetiştirilen tarla ürünlerinin hasat sonrasında tarlada bırakılan artıklarından elde edilebilecek enerji potansiyelinin 3.752.374 GJ/yıl olduğu hesaplanmıştır. Bu değerin belirlenmesinde kullanılabilir atık miktarı dikkate alınmıştır. Türkiye'de yetiştirilen tarla ürünleri için 2011 yılı verilerine göre toplam atık miktarı dikkate alındığında toplam ısıl değer potansiyeli 27,67 PJ/yıl olarak bulunmuştur (DBFZ, 2011). Türkiye

toplamında olduğu gibi Çanakkale'de de en yüksek artık değeri buğday ve arpadan elde edilmektedir. Hasat sonrasında, tarımsal ekinlerin artıkları genellikle toplanır ve depolanır. Depolama süresince bu artıklar kurutulur ve 3 - 4 ay sonra ise yakılırlar. Ancak, Türkiye'de sap ve saman artıkların en yaygın kullanımı hayvancılıkta yem olarak kullanmaktadır. Geleneksel değerlendirme yöntemleri yerine, atıkların taze materyal olarak biyogaz üretimi için kullanımı da mümkündür. Bu amaç için artıkların silolanması gerekir. Silolama işleminden sonra silaj halindeki ürün tüm yıl boyunca biyogaz üretimi için kullanılabilir. Ancak, bu yöntem, biyogaz tesislerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve yeterli materyal teminini güçlüğü nedeniyle istenen düzeyde yaygınlaşamamaktadır. Söz konusu materyalin hayvan yemi olarak kullanımı ve bu anlamda ticari değerinin bulunması, biyogaz tesislerinde kullanımını kısıtlamaktadır. TÜİK verilerine göre Çanakkale, tarım ürünleri artıklarından biyogaz üretim potansiyeli düşük olan iller arasındadır.

Çanakkale Tarım İl Müdürlüğü verilerine göre 2012 yılı itibariyle 146.826 da alan üzerinde 4.606.751 adet meyve ağacı bulunmaktadır (bağ ve zeytin ağaçları hariç). Bu ağaçlardan elde edilen ürünlerin (elma, armut, kayısı, şeftali vb.) insanlar tarafından gıda olarak tüketilmesi ve bu bakımdan önemli ticari değeri olması nedeniyle yenilenebilir enerji üretimi için biyokütle hammaddesi olarak düşünülmesi makul bir yaklaşım olmayacaktır. Ancak periyodik olarak yapılan budama faaliyetleri ile oluşan dal ve yaprak artıkları ile meyve çekirdekleri, enerjiye dönüştürülebilecek biyokütle olarak değerlendirilebilir. Bu artıklar işletmeciler tarafından geleneksel yöntemlerle doğrudan yakılarak değerlendirilmektedir.

İstatistiksel değerlendirmelerde genellikle meyve ağaçları arasında gösterilmeyen zeytin ağacı sayısı ve yetiştiriciliği bakımından ülkemiz dünyada önemli bir paya sahiptir. Zeytin, diğer meyve ağaçları ile birlikte dikkate alındığında Türkiye'de tüm meyve ağaçlarının %27'sini oluşturmaktadır. Çanakkale'de ise toplam meyve ağaçlarının %51'i zeytindir. Toplam 4.846.336 zeytin ağacının %93'ü yağlık zeytin ağacıdır (4.506.125). Çanakkale'de yağlık zeytin üretiminin %70'i Ayvacık ve Ezine ilçelerinde yapılmaktadır (Tablo 8.19).

Tablo 8.19. Çanakkale'de Yağlık Zeytin Üretimi (ÇTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama, ton/yıl
Merkez	5.235	4.770	7.831	4.932	10.075	6.569
Ayvacık	**25.083**	**33.504**	**70.387**	**43.154**	**62.217**	**46.869**
Bayramiç	13.052	14.463	10.091	10.571	19.394	13.514
Biga	53	56	56	140	157	92
Bozcaada	301	301	251	429	601	377
Çan	0	0	0	0	0	0
Eceabat	19.817	5.945	13.872	3.994	17.172	12.160
Ezine	**27.400**	**19.180**	**47.950**	**31.548**	**54.492**	**36.114**
Gelibolu	1.086	1.086	833	1.032	1.463	1.100
Gökçeada	3.120	1.040	728	1.272	2.675	1.767
Lapseki	690	652	637	653	1.633	853
Yenice	0	0	0	0	0	0
Toplam	**95.837**	**80.997**	**152.636**	**97.725**	**169.879**	**119.415**

Son 5 yıllık (2008-2012) ortalama dikkate alındığında Çanakkale'de bir yıl içinde yaklaşık 119.415 ton zeytin, zeytinyağı fabrikalarında işlenmektedir. Yıllara bağlı verim farklılıkları, zeytin ağacının yapısal özelliği nedeniyle ardışık olarak yüksek ve düşük verim alınabilmesinden kaynaklanmaktadır. Türkiye'de zeytinyağı üretim fabrikaları genelde, Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde konumlanmış küçük işletmelerdir. Türkiye'de çoğu küçük ölçekli, yaklaşık 900 zeytinyağı fabrikası bulunmaktadır.

Çanakkale'de faaliyet gösteren zeytinyağı fabrikası sayısı, Çanakkale tarım İl Müdürlüğü 2012 yılı kayıtlarına göre 26'dır (%75'i Ezine ve Ayvacık'ta kuruludur). Zeytin ağacında da diğer meyve ağaçlarında olduğu gibi budama artıkları geleneksel yöntemler ile değerlendirilen biyokütleye konu olabilecek materyallerdir. Ancak zeytinyağı fabrikalarının atıkları olan ve "prina" olarak adlandırılan materyal, zeytinyağı üretim teknolojisine göre %2 - 12 oranında yağ içermekte ve biyogaz üretimi için oldukça uygundur. Yağı alınmadan önce ham prina, yağı alındıktan sonra yağsız prina adını almaktadır. Günümüzde prinanın içerdiği yağı ayıran sistemler de kullanılmaktadır. Ancak prinanın büyük bir bölümü, zeytinyağı fabrikalarında, üretim aşamasında gerekli olan sıcak suyun sağlanması için fırınlarda yakılarak enerjiye dönüştürülmektedir. Ayrıca prina, özellikle zeytinyağı üretiminin yoğun yapıldığı bölgelerde pelet haline getirilerek ya da kalıplanarak yaygın olarak doğrudan yakma yöntemiyle değerlendirilmektedir.

Çanakkale'de bu yöntem özellikle Ayvacık ve Ezine ilçelerinde uygulanmaktadır. Üreticiler ile yapılan görüşmelerde 1 ton pirinadan, ortalama 60 - 75 kilogram prina yağı, 600 - 700 kilogram kuru (yağsız) prina elde edildiği bilgisi alınmıştır. Elde edilen prina yağı, daha çoksabun yapımında kullanılmaktadır. Yağsız prina genellikle pelet halinde genellikle mandıralarda ve küçük ölçekli sanayi işletmelerinde kullanılabilmektedir. Yağı alınmadan ya da alındıktan sonra kalıplanarak aynı amaç için kullanımı da yaygınlaşmıştır (Şekil 8.19). Pirinanın ısıl değerinin diğer yakıtlarla karşılaştırılması Tablo 8.20'de görülmektedir (Kurtuluş ve Günerhan, 2003)



Şekil 8.18. Doğrudan Yakılan Prina Pelet ve Kalıpları

Tablo 8.20. Pirina ve Diğer Bazı Yakıtların Isıl Değerleri (Abu-Quadis ve diğ., 1996)

Parametre	Kömür	Fuel-oil	Yağlı Prina	Yağsız Prina
Alt Isıl Değer, kcal/kg	2.400 - 4.200	9.700	4.290	4.130
MJ/kg	10,5 - 17,6	40,61	17,9	17.3

Sanayi Bakanlığı'nın 2011 verilerine göre, 5 kg zeytinden, 1 kg yağ ve 2 kg ham prina elde edilmektedir. Bu verilere göre 1 kg yağlık zeytinin işlenmesi sonrası 0,4 kg ham prina elde edileceği dikkate alındığında Çanakkale'nin yıllık ham prina potansiyeli 47.766 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 8.21). Ham prina %55,6-74,5 arasında nem ve %2 - 12 arasında yağ içermektedir (İlten ve Vardar, 2000; Cegarra, ve diğ., 2000). Prinanın klasik yakma sistemlerinde kullanılması için ekstraksiyon yöntemiyle yağı ayrılmalı ve %20 nem içermelidir. Bu durumda Çanakkale'de yıllık prina ısıl kapasitesinin belirlenmesinde, ham prina potansiyelinin (47.766 ton/yıl) yağsız ve kuru miktarının dikkate alınması daha doğru bir yaklaşım olur. Bu yaklaşıma göre, yağı alınmış kuru prinanın, ham prinanın %50'ini oluşturduğu (23.883 ton/yıl) kabul edilmiş ve Çanakkale'nin prina ısıl kapasitesi 427.505 GJ/yıl olarak hesaplanmıştır. Tablo 8.21'de Çanakkale'nin yıllık prina potansiyeli için hesaplanmış metan (biyogaz) potansiyeli verilmiştir. Bu hesaplamada, Azbar (2011) tarafından yürütülen laboratuar çalışmalarında elde edilen prina metan (biyogaz) verimi (89 m^3/ton) dikkate alınmış ve ham prina miktarı dikkate alınmıştır. Pirinanın biyogaz potansiyelinin, biyogaz üretimi amacıyla kullanımı için yeterli olduğunu rapor edilmektedir.

Tablo 8.21. Çanakkale'de Prina Potansiyeli ve Bazı Enerji Değerleri (ÇTİM, 2013)

İlçeler	Yağlık Zeytin ton/yıl (5 yıl ort.)		Prina			Karasu	
		Ham ton/yıl	Yağsız kuru ton/yıl	Isıl Kapasite GJ/yıl	Biyogaz potansiyeli m^3/yıl	ton/yıl	Biyogaz potansiyeli m^3/yıl
Merkez	6.569	2.627	1.314	23.516	233.842	3.941	226.617
Ayvacık	46.869	18.748	9.374	167.791	1.668.536	28.121	1.616.981
Bayramiç	13.514	5.406	2.703	48.381	481.106	8.109	466.240
Biga	92	37	18	331	3.289	55	3.188
Bozcaada	377	151	75	1.348	13.407	226	12.993
Çan	0	0	0	0	0	0	0
Eceabat	12.160	4.864	2.432	43.533	432.896	7.296	419.520
Ezine	36.114	14.446	7.223	129.288	1.285.658	21.668	1.245.933
Gelibolu	1.100	440	220	3.938	39.160	660	37.950
Gökçeada	1.767	707	353	6.326	62.905	1.060	60.962
Lapseki	853	341	171	3.054	30.367	512	29.429
Yenice	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	**119.415**	**47.766**	**23.883**	**427.505**	**4.251.167**	**71.649**	**4.119.811**

Zeytinyağı fabrikaları atığı olan prina ile birlikte çevreye asidik yapısı ile zararları bulunan "Karasu" da diğer bir atık olarak dikkate alınmaktadır. Zeytinyağı üretimi sırasında oluşan karasuyun miktarı, üretim teknolojisine göre değişmektedir. Klasik (baskılı) yağhanelerde bir ton zeytinin işlenmesi sonucu 0.4 - 0.5 m^3 karasu oluşurken, kontinü (üç fazlı, sürekli) tesislerde ılık su ilave edilmesi nedeniyle açığa çıkan atıksu miktarı 0.5 - 1.5 m^3/ton zeytin civarında olmaktadır. Çanakkale'de klasik yağhaneler büyük ölçüde yerini kontinü tesislere bırakmıştır ancak az sayıda da olsa işlerlikleri sürmektedir. Çanakkale'nin yıllık zeytin karasuyu potansiyelinin hesaplanmasında 0,6 m^3 karasu/ton zeytin değeri dikkate alınmıştır (Başkan, 2010; DBFZ, 2011).

Karasuyun biyogaz prosesinde başka atıklar ile kullanımı ve piroliz yöntemi ile değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Çeşitli araştırıcılar tarafından bazı katı atıklar ile beraber kullanımının, biyogaz üretimi için iyi sonuçlar verebileceği rapor edilmektedir (DBFZ, 2011).

Çanakkale'de sebze üretimi 205.758 da alanda oldukça zengin çeşitlilikle yürütülmektedir. Yıllık sebze üretiminin %70'ini domates üretimi (568.556 ton) oluşturmaktadır. Ulusoy tarafından 2009 yılında Bursa'da yürütülen çalışma sonuçlarına göre domates artığı / tarladaki domates üretimi oranı 0,45 olarak rapor edilmiştir (Ulusoy, 2009). Bu orana göre Çanakkale'de toplam 240.913 ton/yıl domates atığı potansiyeli bulunmaktadır (Tablo 8.22). Çanakkale'nin domates artığı miktarı üzerinden biyogaz potansiyeli ve ısıl kapasitelerin ilçelere göre dağılımı, literatürde kabul edilen katsayılar (56 m^3/ton, 2,02 GJ/ton) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Çanakkale'de domates artıkları çiftçiler tarafından genellikle problem olarak görülen bir tarla artığıdır. Hasat sonrasında tarladan mekanizasyon teknikleri kullanılarak sökülen ve kuruduktan sonra toplanarak doğrudan yakılarak enerjiye dönüştürülmektedir. Domates yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı Biga ve Ezine ilçelerinde bu üründen de yararlanılabilen gazlaştırma üniteleri kurulması için girişimlerin yapılması uygun görünmektedir.

Tarım kökenli biyokütle kaynaklarının artırılması için nadas alanlarının değerlendirilmesi son yıllarda çeşitli araştırıcılar tarafından önerilmektedir. Çimen, hemen her türlü toprak yapısında yetiştirilebilir olması ile bu amaç için en fazla önerilen bitkidir. Çimenin biyogaz üretiminde kullanılmadan önce ön işleme tabi tutulma gerekliliği, maliyet artırıcı bir unsurdur. Çanakkale'de nadas alanları üzerinde ve kullanılmayan boş arazilerde sadece çimen (27,1 ton/ha) yetiştirilmesi durumunda yılda 1.566.979 ton çimen yetiştirilmesi mümkün olabilecektir. Bu çimen miktarının biyogaz potansiyeli (metan) 224.077.984 m^3/yıl, ısıl kapasitesi ise 4,4 PJ/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yer tutan hayvancılık sektörü, sürdürülebilir kalkınma modelleri içerisinde çevre ve enerji optimizasyonu bakımından önem kazanmaktadır. Özellikle hayvansal katı atıklar biyolojik arıtıma tabi tutulduktan sonra biyogaz üretimi için ideal kaynak olarak görülmektedir. Elde edilen biyogaz ise gerek elektrik gerekse ısı üretimi için önemli enerji girdisi olarak fayda sağlayabilir. Çanakkale'de büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımları, Tablo 8.23, Tablo 8.24 ve Tablo 8.25'de verilmiştir.

Tablo 8.22. Çanakkale'de Domates Üretimi ve Tarla Artığı Potansiyeli (ÇTİM, 2013).

İlçeler	Domates Üretimi, ton/yıl						Domates Artığı		
	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama	ton/yıl	Biyogaz potansiyeli m^3/ton	Isıl Kapasite GJ/yıl
Merkez	95.000	107.100	96.280	110.610	112.772	104.352	46.959	2.629.680	94.856
Ayvacık	20.000	20.000	22.500	24.024	24.463	22.197	9.989	559.374	20.177
Bayramiç	50.248	42.300	44.400	36.000	40.950	42.780	19.251	1.078.046	38.887
Biga	180.000	170.000	170.000	216.000	213.650	189.930	85.469	4.786.236	172.646
Bozcaada	262	262	235	150	120	206	93	5.186	187
Çan	10.500	9.000	7.900	5.950	5.450	7.760	3.492	195.552	7.054
Eceabat	40.000	22.200	22.374	17.836	20.680	24.618	11.078	620.374	22.378
Ezine	44.000	46.000	40.000	66.504	67.603	52.821	23.770	1.331.099	48.015
Gelibolu	45.000	45.000	36.000	37.500	32.130	39.126	17.607	985.975	35.566
Gökçeada	800	800	800	2.000	2.065	1.293	582	32.584	1.175
Lapseki	34.800	20.800	21.800	22.400	23.473	24.655	11.095	621.296	22.411
Yenice	25.275	25.825	25.825	26.000	25.200	25.625	11.531	645.750	23.293
Toplam	**545.885**	**509.287**	**488.114**	**564.974**	**568.556**	**535.363**	**240.913**	**13.491.153**	**486.645**

Ülkemizde hayvan atıkları gübre veya kurutulduktan sonra yakıt kaynağı olarak uzun yıllar boyunca kullanılmıştır. Son yıllarda ise çiftlik kapasitelerindeki artış ve bunların oluşturduğu atıklar çevre problemlerini gündeme getirmiştir. Olası enerji krizleri ve hayvan atıklarından kaynaklanan çevre problemlerinin, biyogaz tesislerinin kurulması ile ortadan kalkabileceği görüşü yaygınlaşmaktadır. Hayvan atıkları için çevresel açıdan kabul edilebilir bertaraf yöntemleri büyük ölçekte biyokütle-enerji dönüşüm sistemi olarak dikkate alındığında bu atıklardan enerji elde edilmesi ve ayrıca yan ürün şeklinde besin değeri olan gübre elde edilmesi de mümkün olmaktadır.

Tablo 8.23. Çanakkale'de Büyükbaş Hayvan Varlığı* (ÇTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama, ton/yıl
Merkez	14.732	17.567	18.673	18.744	19.100	17.763
Ayvacık	15.219	18.759	19.862	22.819	25.734	20.479
Bayramiç	18.426	19.777	19.572	21.638	21.325	20.148
Biga	120.895	116.530	128.876	135.710	132.794	126.961
Bozcaada	9	8	17	23	21	16
Çan	46.280	54.437	48.598	53.762	56.005	51.816
Eceabat	2.029	1.942	2.288	2.484	2.618	2.272
Ezine	11.540	14.867	15.842	18.070	21.017	16.267
Gelibolu	20.257	22.092	20.922	23.643	24.401	22.263
Gökçeada	1.784	1.738	2.077	2.297	2.652	2.110
Lapseki	12.257	15.761	17.653	18.668	21.986	17.265
Yenice	55.845	63.712	72.922	88.854	81.819	72.630
Toplam	**319.273**	**347.190**	**367.302**	**406.712**	**409.472**	**369.990**

*** Sığır, manda, at, katır, eşek, deve. %98 sığır.**

Tablo 8.24. Çanakkale'de Küçükbaş Hayvan Varlığı* (ÇTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama, ton/yıl
Merkez	52.620	50.640	50.465	56.708	60.974	54.281
Ayvacık	63.663	69.305	81.704	82.467	84.436	76.315
Bayramiç	66.259	63.762	68.071	64.558	66.835	65.897
Biga	56.533	50.018	43.602	49.534	61.263	52.190
Bozcaada	924	939	752	821	851	857
Çan	44.357	43.538	34.320	35.065	42.591	39.974
Eceabat	15.579	12.765	14.451	14.909	15.304	14.602
Ezine	76.592	77.608	78.806	81.738	78.976	78.744
Gelibolu	38.835	39.389	41.501	50.467	53.169	44.672
Gökçeada	69.450	70.529	65.098	68.604	71.691	69.074
Lapseki	40.594	30.192	37.616	35.563	44.423	37.678
Yenice	32.914	34.301	34.514	36.927	38.627	35.457
Toplam	**558.320**	**542.986**	**550.900**	**577.361**	**619.140**	**569.741**

***Koyun, Keçi. %64 koyun.**

Çanakkale'de hayvan varlığı ilçelerine göre incelendiğinde, Biga ilçesinde kanatlı ve büyükbaş hayvan sayısının diğer ilçelere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Küçükbaş hayvan sayısında ise ilçeler arasındaki dağılım daha dengelidir.

Çanakkale'de son 5 yıl için ortalama hayvan sayıları üzerinden, Başçetinçelik ve ark., tarafından yürütülen araştırma sonuçlarında rapor edilen katsayılar dikkate alınarak, hayvan gübresi ısıl kapasite ve biyogaz (metan) miktarı hesaplanmıştır (Tablo 8.26).

Tablo 8.25. Çanakkale'de Kanatlı Hayvan Varlığı* (ÇTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama, ton/yıl
Merkez	666.326	613.333	623.954	626.580	711.632	648.365
Ayvacık	17.305	17.325	16.115	17.040	16.555	16.868
Bayramiç	37.871	37.841	44.522	37.913	37.516	39.133
Biga	2.574.720	2.837.084	2.673.132	3.643.962	3.689.586	3.083.697
Bozcaada	0	0	52	74	303	86
Çan	26.234	51.309	51.050	51.176	51.269	46.208
Eceabat	8.605	8.945	9.660	9.992	9.808	9.402
Ezine	98.295	102.656	123.546	155.531	195.900	135.186
Gelibolu	31.377	31.980	31.097	30.723	29.355	30.906
Gökçeada	6.446	6.430	6.220	6.580	6.862	6.508
Lapseki	168.213	218.068	213.626	222.835	228.834	210.315
Yenice	27.431	27.455	29.386	29.968	28.074	28.463
Toplam	**3.662.823**	**3.952.426**	**3.822.360**	**4.832.374**	**5.005.694**	**4.255.135**

***Tavuk, Hindi, Kaz, Ördek. Ortalama %99,5 tavuk.**

Tablo 8.26. Çanakkale'de Yetiştirilen Hayvan Sayısına Bağlı Isıl Kapasite* (ÇTİM, 2013)

	Hayvan Sayısı (2008-2012)	Yaş gübre, ton/yıl	Kuru gübre ton/yıl	Kullanılabilir kuru gübre, ton/yıl	Biyogaz miktarı, m^3/yıl	Isıl kapasite TJ/yıl
Büyükbaş	369.990	2.430.834	308.716	200.665	40.133.074	911
Küçükbaş	569.741	415.911	103.978	13.517	2.703.421	61
Kanatlı	4.255.135	124.250	31.062	30.752	6.150.372	140
Toplam	**5.194.867**	2.970.995	443.756	244.934	48.986.867	1.112

* Tablodaki sıraya göre, günlük yaş gübre miktarı: 18 kg, 2 kg, 0,08 kg. Kuru gübre oranı: %12,7, %25, %25. Kullanılabilir gübre oranı: %65, %13, %99,9.Biyogaz eldesi: 200 m^3/ton,. Biyogaz Isıl değer: 22,7 MJ/ m^3.

Çanakkale'de hayvancılık sektörü çoğunlukla, küçük kapasiteli çiftliklerden oluşmaktadır. Hayvanlar çoğunlukla, çayır ve meralarda otlatılır ve küçük hayvancılık işletmeleri yüksek üretim maliyetleri ve düşük verimlere sahiptir.

Hayvansal atığın toplanması işlemleri, uzun otlatma süreleri nedeniyle atığın toplanmasını neredeyse imkansız hale getirmektedir. Son yıllarda Çanakkale'de modern hayvansal üretim tesislerinin kurulması yaygınlaşmış ve hayvanlar otlatma yapılmaksızın barınaklarda tutulmaktadır. Bu uygulama, hayvan atıklarının toplanmasını kolaylaştırmakta ve biyoenerji olarak değerlendirilmesini işletmeye faydalı hale getirmektedir.

8.5.1.2. Balıkesir İli Mevcut Durumu:

Balıkesir ili tarım alanları bakımından geniş ve verimli arazilere sahiptir (Tablo 8.27). Sebzeliklerde Merkez ve Gönen, meyveliklerde Havran ve Edremit, bağlarda Merkez, Dursunbey ve Balya, zeytinliklerde Ayvalık, Edremit ve Burhaniye, tarla alanlarında Merkez, Bandırma ve Gönen ilçeleri başta olmak üzere tüm ilçeler tarım alanları açısından elverişlidir.

Tablo 8.27. Balıkesir İli Tarım Alanlarının Kullanılış Amaçlarına Göre Dağılımı (BTİM, 2013)

Üretim Noktası	Sebzelikler (ha)	Meyvelikler (ha)	Bağlar (ha)	Zeytinlikler (ha)	Tarla Alanı		Diğer (ha)
					Ekilen (ha)	Nadas (ha)	
Merkez	4.445,5	510,8	406,5	20,5	42.655,5	450,0	10.513,2
Ayvalık	1.372,1	47,6	140,3	16.345,0	1.844,0	15,0	1.527,0
Balya	279,6	238,7	321,5	0,0	17.182,0	500,0	4.835,2
Bandırma	1.719,0	278,4	65,5	1.650,0	34.401,5	5,0	8.391,6
Bigadiç	1.584,0	284,0	123,5	70,3	21.569,8	340,5	9.524,9
Burhaniye	1.540,0	185,0	95,0	17.600,0	2.748,5	440,0	2.740,5
Dursunbey	920,7	398,3	511,0	1,1	22.893,0	8.978,0	5.720,9
Edremit	925,0	1.404,8	10,0	19.968,0	1.205,0	0,0	291,2
Erdek	280,0	169,0	77,0	4.195,0	811,1	54,0	1.887,9
Gömeç	452,0	28,9	18,8	11.200,0	1.180,0	100,0	134,3
Gönen	3.642,6	782,2	211,3	354,2	38.291,4	5,0	270,3
Havran	1.140,5	1.420,0	40,3	7.860,8	3.239,2	16,5	527,7

Üretim Noktası	Sebzelikler (ha)	Meyvelikler (ha)	Bağlar (ha)	Zeytinlikler (ha)	Tarla Alanı		Diğer (ha)
					Ekilen (ha)	Nadas (ha)	
İvrindi	1.374,0	411,0	77,0	2,1	19.618,0	300,0	8.343,9
Kepsut	1.180,8	697,4	2,0	34,0	11.447,6	1.800,0	5.265,2
Manyas	2.549,2	116,4	45,0	273,0	28.030,0	0,0	1.183,4
Marmara	4,6	1,8	50,0	820,0	29,5	13,5	822,6
Savaştepe	1.085,0	188,7	73,4	323,0	10.025,0	1.918,0	1.723,9
Sındırgı	3.445,0	495,8	48,0	10,0	24.057,5	360,0	6.621,7
Susurluk	1.568,6	257,5	54,0	51,1	26.133,0	44,8	158,0
Toplam	**29.508,2**	**7.916,3**	**2370,1**	**80.778,1**	**307.361,6**	**15.340,3**	**70.483,4**

Balıkesir ilinde ilçeler itibariyle tarla bitkileri üretimi Tablo 8.28.'de verilmiştir. Buğday üretiminde Merkez ve Bandırma, arpada Gönen, ayçiçeğinde Bandırma ve Dursunbey, çeltikte Gönen ve Manyas, mısırda Merkez ve Manyas, yulafta Merkez ve Gönen, çavdarda Merkez ve Balya, pamukta Ayvalık, yer fıstığında Dursunbey, kanolada Bandırma, aspirde Dursunbey ilçeleri ön plandadır. İlde pamuk üretimi önceki senelere göre çok azalmıştır. Kanola, yer fıstığı ve aspir üretimi de yok denecek kadar azdır.

Tablo 8.28. Balıkesir İlinde İlçeler İtibariyle Tarla Bitkileri Üretimi (Ton/Yıl) (BTİM, 2013)

İlçeler	Buğday	Arpa	Ayçiçeği	Çeltik	Mısır	Yulaf	Çavdar	Pamuk	Yer Fıstığı	Kanola	Aspir
Merkez	70.200	4.420	1.595	0	299.000	6.750	4.200	50	1	194	0
Ayvalık	1.800	250	283	0	27.810	188	38	1.980	0	0	0
Balya	13.880	1.980	25	0	42.000	885	3.000	0	0	0	0
Bandırma	89.175	3.400	19.000	4.864	45.000	1.050	2	50	0	3.685	0
Bigadiç	48.488	2.475	99	0	10.000	130	2.360	105	0	44	0
Burhaniye	7.000	700	0	0	4.625	70	142	18	0	0	0
Dursunbey	21.692	5.060	6.440	0	27.000	600	1.050	0	140	0	140
Edremit	5.578	0	0	0	15.146	0	0	0	0	0	0
Erdek	2.199	88	18	0	146	600	0	0	0	15	0
Gömeç	2.450	455	0	0	3.300	20	8	650	0	0	0
Gönen	78.004	12.367	5.544	67.813	54.280	6.000	850	0	19	135	0
Havran	13.800	816	0	0	4.400	1.000	436	0	0	0	0
İvrindi	30.000	4.050	150	0	22.000	900	7.500	0	0	0	0
Kepsut	16.500	1.000	72	0	45.000	900	2.125	0	0	0	0
Manyas	50.022	3.500	5.150	45.000	65.000	1.500	0	0	0	0	6
Marmara	0	0	0	0	1.400	0	7	0	0	0	0
Savaştepe	17.420	1.984	26	0	14.150	375	1.950	0	0	0	0
Sındırgı	30.000	3.000	495	0	29.200	135	420	0	0	0	0
Susurluk	56.250	2.250	6450	1488	14.800	750	3.000	0	13	200	13
Toplam	**544.792**	**47.795**	**39.575**	**119.164**	**878.457**	**21.853**	**27.087**	**2.853**	**173**	**4.273**	**159**

Tarla bitkilerinin üretiminden sonra kalan artıklar enerji potansiyeli olarak değerlendirilebilir. Balıkesir ili için tarla ürünleri artıkları ve enerji potansiyelleri Tablo 8.29.'da verilmiştir.

Tablo 8.29. Balıkesir'de Tarla Ürünleri Artıkları ve Enerji Potansiyeli (BTİM, 2013)

Ürün	Atıklar	Üretim ton/yıl	Atık katsayısı	Atık miktarı ton/yıl	Kullanılabilir oran %	Kullanılabilir atık ton/yıl	Birim ısıl değer MJ/kg	Toplam ısıl kapasite GJ/yıl
Buğday	Saman	544.792	1,04	566.583	15	84.987	17,9	1.521.267
Arpa	Saman	47.795	1,09	52.096	15	7.814	17,5	136.745
Çeltik	Sap, kabuk	119.164	0,63	75.073	60	45.043	16,7	752.218
Ayçiçeği	Sap	39.575	2,70	106.852	60	64.111	14,2	910.376
Mısır	Sap, sömek	878.457	2,25	1.976.528	60	1.185.916	18,5	21.939.446
Yulaf	Saman	21.853	1,00	21.853	15	3.277	17,4	57.020
Çavdar	Saman	27.087	1,41	38.192	15	5.728	17,5	100.240
Pamuk	Sap, çırçır atığı	2.853	1,10	3.183	60	1.910	18,2	34.762
Yerfıstığı	Saman, kabuk	173	0,52	90	80	72	20,74	1.493
Triticale	Saman	6.613	1, 10	7.274	60	4.364	17,8	77.679
Kanola	Sap	4.273	2,70	11.537	60	6.922	14,3	989.846
Aspir	Sap	159	2,70	429	60	257	14,4	3.701
Toplam		**1.692.794**		**2.859.690**		**1.410.401**		**26.524.793**

Balıkesir ilinde tarla bitkileri artıklarından dolayı 26.524.793 GJ/yıl ısıl kapasite bulunmaktadır. Kanola, aspir, yer fıstığı gibi ürünlerden elde edilen yağlar biyodizel üretimi için kullanılmaktadır. Biyodizel üretimi ve kullanımı konusundaki zorluklar ve endişelerden dolayı bu bitkilerin üretimi yaygınlaşamamıştır. Üretilen kanolanın, Balıkesir ili dışından bazı firmalar tarafından satın alındığı belirtilmektedir. Bölgede mısır, biyokütle için çok etkin görünmektedir. Genelde hayvan yemi için yetiştirilen mısır silaj yapılmaktadır. Silaj üretiminde artık olabilecek kısımların çoğu kullanılmaktadır. Buğday, arpa, çavdar gibi ürünlerin artıkları olan saman da genelde hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Çeltik ayçiçeği ve pamuğun artıkları değerlendirilebilir görünmektedir. Pamuğun üretimi azdır. Pamuktan çıkarılan yağ biyodizel üretiminde kullanılabilmektedir.

Tablo 8.30 ve 8.31.'de Balıkesir ilinde zeytin üretimi verilmiştir. Balıkesir ili, zeytin üretiminde, Edremit, Ayvalık, Burhaniye, Gömeç, Havran ilçelerini içine alan Edremit Körfezi ile Bandırma, Erdek, Manyas, Gönen ilçelerini içine alan Güney Marmara Körfezi şeklinde iki bölgeye ayrılmıştır.

Tablo 8.30. Balıkesir'de Yağlık Zeytin Üretimi (Ton/yıl) (BTİM, 2013)

İlçeler/Yıllar	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Edremit Körfezi	190.965	218.763	190.842	135.554	25.3045	197.834
Güney Marmara Körfezi	13.368	17.352	13.550	15.268	25.052	16.918
Toplam	**204.333**	**236.115**	**206.110**	**149.104**	**278.097**	**214.752**

Tablo 8.31. Balıkesir'de Zeytin Üretimi (Ton/yıl) (Balıkesir Tarım İl Müdürlüğü, 2013).

Yıllar	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Zeytin Üretimi	207.337	239.648	209.820	152.521	285.050	218.875

Balıkesir ilinde ortalama 218.875 ton/yıl zeytin üretimi yapılmaktadır. Üretilen bu zeytinin %98,116'sı yağlık, %1,884'ü sofralık zeytindir. Toplam üretimin %92,122'i Edremit Körfezi'nde gerçekleştirilmektedir. Zeytinin yağa işlenmesi sonucu pirina ve karasu oluşmaktadır. Tablo 8.32'de Balıkesir ilinde zeytinyağı üretimiyle oluşan pirina, karasu ve bunlardan elde edilebilecek ısıl kapasiteler verilmiştir.

Tablo 8.32. Balıkesir'de Yağlık Zeytin Üretiminde Oluşan Pirina ve Biyogaz Potansiyelleri

İlçeler	Zeytin üretimi (5 yıl ort.) ton/yıl	Ham pirina Ton/yıl	Kuru pirina Ton/yıl	Pirina ısıl kapasite GJ/yıl	Pirina biyogaz potansiyeli m^3/yıl	Karasu üretimi Ton/yıl	Karasu biyogaz potansiyeli m^3/yıl
Edremit Körfezi	197.834	79.133	39.567	684.509	7.042.837	118.700	6.884.600
Güney Marmara Körfezi	16.918	6 .767	3.384	58.543	602.263	10.151	588.758
Toplam	**214.752**	**85.900**	**42.951**	**743.052**	**7 .645.100**	**128.851**	**7.473.358**

Balıkesir ilinde ortalama 42.951 ton/yıl kuru pirina elde edilmektedir. Bu değerin ısıl kapasitesi ortalama 743.052 GJ/yıl, biyogaz elde edilmesi durumunda ortalama 7.645.100 m^3/yıl biyogaz kapasitesi söz konusudur. Karasudan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli de ortalama 7.473.358 m^3/yıl'dır. Ancak günümüzde karasuyun işlenmesi ve enerji elde edilmesi konusunda çalışmalar henüz sonuçlanmamıştır. Pirina, yakıt olarak da kabul edilmiştir ve her alanda kullanılabilmektedir. Zeytinyağı üretiminden çıkan ham pirina kurutularak kullanılmaktadır. Bu pirina fabrikalarda işlenerek pirina yağı elde edilmektedir. Salça yapımında kullanılan domates artığından da biyogaz elde edilebilmektedir. Tablo 8.33.'de Balıkesir ilinde domates üretimi ve biyogaz potansiyeli verilmiştir.

Tablo 8.33. Balıkesir'de Domates Üretimi ve Tarla Artığı Potansiyeli (BTİM 2013)

İlçeler/yıllara göre üretim	2008 Ton/yıl	2009 Ton/yıl	2010 Ton/yıl	2011 Ton/yıl	2012 Ton/yıl	Ortalama Ton/yıl	Domates artığı		
							Biyogaz Ton/yıl	Isıl Kapasite m^3/yıl	GJ/yıl
Merkez	39.220	50.000	33.300	47.850	50.860	44.246	19.911	1.115.016	40.140
Ayvalık	3.500	3.175	3.000	3.000	3.100	3.155	1.420	79.520	2.862
Balya	2.500	2.500	2.500	2.500	2600	2.520	1.134	63.504	2.286
Bandırma	36.000	36.000	36.000	36.800	40.500	37.060	16.677	933.912	33.621
Bigadiç	58.720	42.000	30.250	47.000	50.900	45.774	20.598	1.153.488	41.526
Burhaniye	14.700	20.000	20.000	23.300	24.200	20.440	9198	515.088	18.543
Dursunbey	1.310	1.310	1310	1.350	1.360	1.328	598	33.488	1.206
Edremit	10.875	10.875	10.625	13.075	13.200	11.730	5.279	295.624	10.642
Erdek	2.000	2.000	1.900	2.550	2.590	2.208	994	55.664	2.004
Gömeç	1.496	1.585	1.585	1.745	1.790	1.640	738	41.328	1.488
Gönen	15.800	15.490	14.900	14.835	15.400	15.285	6.878	385.168	13.866
Havran	9.000	9.000	9.000	7.970	8.000	8.594	3.867	216.552	7.796
İvrindi	13.000	13.000	8.000	8.600	8.650	10.250	4.612	258.272	9.309
Kepsut	35.000	30.144	30.144	37.050	39.600	34.388	15.475	866.600	31.197
Manyas	75.000	48.000	21.000	24.000	26.000	38.800	17.460	977.760	35.199
Marmara	75	85	85	90	92	85	38	2.128	77
Savaştepe	10.883	11.590	12.250	12.250	12.400	11.874	5.343	299.208	10.771
Sındırgı	72.500	48.000	32.300	52.500	60.010	53.062	23.878	1.337.168	48.138
Susurluk	22.000	22.000	24.500	24.500	26.500	23.900	10.755	602.280	21.682
Toplam	**423.079**	**366.754**	**292649**	**361329**	**376.612**	**366.339**	**164.852**	**9.231.712**	**332.342**

Başta Merkez, Bigadiç, Sındırgı olmak üzere Balıkesir'in tüm ilçelerinde ortalama 366.339 ton/yıl domates üretimi yapılmaktadır. Balıkesir ilinde domates artığı ortalama 164.852 ton/yıl'dır. Bu miktardan ortalama 9.231.712 ton/yıl biyogaz ve 332.342 GJ/yıl ısıl kapasite elde edilebilir. Henüz bu kapasitenin değerlendirilmesi ile ilgili faaliyet görülmemiştir. Biyogaz üretimi için hayvan artıklarından da yararlanılabilir. Tablo 8.34., 8.35 ve 8.36'da Balıkesir ili hayvan varlıkları verilmiştir.

Tablo 8.34. Balıkesir'de Büyükbaş Hayvan Varlığı* (BTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Merkez	94.071	94.000	95.635	100.685	107.028	98.284
Ayvalık	4.800	4.570	5.203	5.202	5.529	5.061
Balya	24.857	24.930	23.764	24.543	26.089	24.837
Bandırma	35.181	37.682	43.778	42.256	44.918	40.763
Bigadiç	46.564	62.117	73.786	79.927	84.962	69.471
Burhaniye	6.485	6.495	6.651	7.251	7.707	6.918
Dursunbey	26.328	25.850	30.109	29.649	31.516	28.690
Edremit	2.250	2.485	3.343	3.250	3.454	2.956
Erdek	3.674	3.587	4.651	4.495	4.778	4.237
Gömeç	1.267	1.282	1.395	1.217	1.290	1.290
Gönen	3.5653	35.654	34.704	38.776	41.180	37.193
Havran	5.107	4.667	5.081	5.060	5.378	5.059
İvrindi	33.885	33.852	36.000	40.000	42.480	37.243
Kepsut	32.032	29.465	32.699	30.955	32.905	31.611
Manyas	22.014	22.574	22.878	23.245	24.686	23.079
Marmara	797	977	1.015	1.351	1.436	1.115
Savaştepe	12.940	10.000	14.000	14.816	15.734	13.498
Sındırgı	20.030	19.763	25.150	25.150	26709	23.360
Susurluk	36.180	36.129	35.231	35.016	37.331	35.977
Toplam	**444.115**	**456.079**	**495.073**	**512.844**	**545.107**	**490.643**

*** Sığır, manda, at, eşek, deve. %98 sığır.**

Balıkesir ilinde; büyükbaş hayvan varlığı ortalama 490.643 adet, küçükbaş hayvan varlığı ortalama 813.395 adet, kanatlı hayvan varlığı 24.057.823 adet'tir. Hayvan sayıları bakımından; büyükbaşta Merkez ve Bigadiç, küçükbaşta Merkez, Dursunbey ve Sındırgı, kanatlıda Merkez, Bandırma, Bigadiç ve Erdek ilçeleri ilk sıralarda gelmektedir.

Tablo 8.35. Balıkesir'de Küçükbaş Hayvan Varlığı* (BTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Merkez	180.000	150.000	168.530	183.090	195.976	175.519
Ayvalık	23.300	17.500	21.000	23.000	24.610	21.882
Balya	40.343	40.380	46.110	35.600	38.092	40.105
Bandırma	23.139	17.618	17.538	18.008	19.269	19.114
Bigadiç	51.203	44.730	44.998	51.250	54.837	49.404
Burhaniye	28.103	22.060	23.364	26.141	27.971	25.528
Dursunbey	85.560	81.445	82.219	81.413	87.212	83.570
Edremit	6.330	5.305	9.699	9.250	9.898	8.096
Erdek	3.230	3.800	6.814	8.305	8.886	6.207
Gömeç	12.251	10.202	11.390	14.222	15.218	12.657
Gönen	64.922	64.705	54.250	56.000	59.980	59.971
Havran	26.902	24.332	27.120	26.869	28.750	26.795
İvrindi	61.335	74.306	75.646	77.695	83.234	74.443
Kepsut	45.198	39.137	42.845	42.670	45.657	43.101
Manyas	29.245	27.572	28.081	27.908	29.861	28.533
Marmara	4.118	4.449	6.350	10.481	11.214	7.322
Savaştepe	17.500	12.110	13.537	19.520	20.886	16.711
Sındırgı	74.720	70.000	71.231	71.231	76.217	72.680
Susurluk	40.040	39.728	40.543	42.879	45.901	41.818
Toplam	**817.439**	**749.379**	**791.265**	**825.532**	**883.359**	**813.395**

*** Koyun, keçi, %65 koyun.**

Tablo 8.36. Balıkesir'de Kanatlı Hayvan Varlığı* (BTİM, 2013)

İlçeler	2008	2009	2010	2011	2012	Ortalama
Merkez	3.320.040	3.371400	3.369.174	4.523.177	4.857.402	3.888.239
Ayvalık	1.400	1.200	10.000	16.750	15.823	9.035
Balya	57.000	57.045	57.045	52.000	52.256	55.069
Bandırma	7.670.804	7.070.791	6.712.000	7.070.791	7.649.587	7.234.795
Bigadiç	2.640.320	2.246.274	2.132.195	2.483.960	2.690.725	2.438.695
Burhaniye	716.000	675.000	685.400	797.400	910.500	756.860
Dursunbey	367.000	382.050	408.016	408.066	448.400	402.706
Edremit	120.000	68.000	97.000	80.000	85.225	90.045
Erdek	2.330.360	2.312.470	2.318.410	2.250.470	2.464.265	2.335.195
Gömeç	225	0	0	0	0	45
Gönen	1.175.000	1.175.000	1.169.000	1.330.000	1.536.350	1.277.070
Havran	0	0	0	0	0	0
İvrindi	1.261.000	1.008.500	1.108.000	1.208.300	1.414276	1.200.015
Kepsut	55.000	50.000	54.000	53.055	54.500	53.311
Manyas	1.030.000	1.263.400	1.677.200	2.137.940	2.443.182	1.710.344
Marmara	0	0	0	1.075	1.090	433
Savaştepe	447.370	469.000	548.000	959.200	972.400	679.194
Sındırgı	573.600	498.500	434.614	609.000	799.900	583.123
Susurluk	1.291.000	1.300.600	1.300.600	1.350.500	1.520.600	1.352.660
Toplam	**23.056.119**	**21.949.230**	**22.080.654**	**25.386.629**	**27.816.481**	**24.057.823**

*** Tavuk, hindi, kaz, ördek,%99,5 tavuk.**

Hayvanların dışkılarından biyogaz üretilebilmektedir. Tablo 8.37'de Balıkesir'de yetiştirilen hayvanlardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ve ısıl kapasite değerleri verilmiştir.

Tablo 8.37. Balıkesir'de Yetiştirilen Hayvanlardan Elde Edilebilecek Biyogaz Potansiyeli ve Isıl Kapasitesi

	Hayvan sayısı (2008-2012)	Yaş gübre, ton/yıl*	Kuru gübre, ton/yıl	Kullanılabilir kuru gübre, ton/yıl**	Biyogaz miktarı, m^3/yıl	Isıl kapasite, TJ/yıl
Büyükbaş	490.643	3.223.680	409.407	266.115	53.223.000	1.208
Küçükbaş	813.395	594.220	148.555	19.312	3.862.400	88
Kanatlı	24.057.823	702.625	175.656	175.480	35.096.000	797
Toplam	**25.361.861**	**4.520.525**	**733.618**	**460.907**	**92.181.400**	2.093

* Tablodaki sıraya göre, günlük yaş gübre miktarı: 18 kg, 2 kg, 0,08 kg, kuru gübre oranı: %12,7, %25, %25.
** Kullanılabilir gübre oranı: %65, %13,%99,9. Biyogaz eldesi: 200 m^3/ton. Biyogaz ısıl değeri: 22,7 MJ/m^3.

Balıkesir ilinde ortalama 460.907 ton/yıl kuru gübre kapasitesi vardır. Bu kapasiteye karşı ortalama 92.181.400 m^3/yıl biyogaz ve ortalama 10.462.589 MJ/yıl ısıl değer elde edilebilir. Özellikle büyükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli dikkate değer görünmektedir. Balıkesir ilinde çok yüksek bir kapasite olmasına rağmen, bu kapasiteyi değerlendirecek çalışan bir biyogaz tesisi bulunmamaktadır. Gönen ilçesinde, bir biyogaz tesisi kuruluş aşamasındadır.

8.5.2. TR22 Bölgesi Orman Ürünleri Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Çanakkale'nin Orman Bölge Müdürlüğü, 2012 yılında Balıkesir Bölge Müdürlüğü'ne bağlanmış ve TR22 Güney Marmara Bölgesi için her türlü orman faaliyeti Balıkesir'de bulunan Bölge Müdürlüğünce yürütülmekte ve kontrol edilmektedir. Bu nedenle, biyokütleye konu olabilecek orman ürünleri ile ilgili bilgilerin, iki il için ayrı başlıklar yerine birlikte sunulması daha uygun bulunmuştur.

Ormanlarda yapılan üretim sonucu, endüstriyel ya da yakacak odun olarak değerlendirilemeyen ve ormanda terk edilen tepeler, kozalaklar, ince yan dallar, dip kütüğü, gövde ucu, devirme ya da taşıma sırasında parçalanan ağaçlar; ağaçlandırma için saha temizliği, sıklık bakımı gibi ormancılık uygulamaları sonucunda sahadan çıkarılan ince materyal ile ormangülü, sandal ağacı, kocayemiş gibi çalılar, ağaççıklar (süceyrat) orman artığı olarak nitelendirilmektedir.

Bu artıklar enerji üretiminde kullanılabilir biyokütle olarak değerlendirilebilmektedir. Diğer bölgelerde de olduğu gibi TR22 Güney Marmara Bölgesinde de, Bölge Müdürlüğü tarafından yürütülen orman bakım ve seyreltme faaliyetlerinden çıkan odunsu biyokütleler ormanda yongalanarak yonga levha üretimi ya da ısıtma sistemlerine yakıt için kullanıma hazır hale getirilmektedir. Yongalama makineleri ile artıklar küçük parçalara bölünmekte ve paketlenmektedir (Şekil 8.19).

TR22 Bölgesi'nde faaliyet gösteren Orman Bölge Müdürlüğü'nün bazı İşletme binalarında, ince dallar, kozalak ve köklerden üretilen odun yongası, ısıtma sistemlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır (Şekil 8.20).

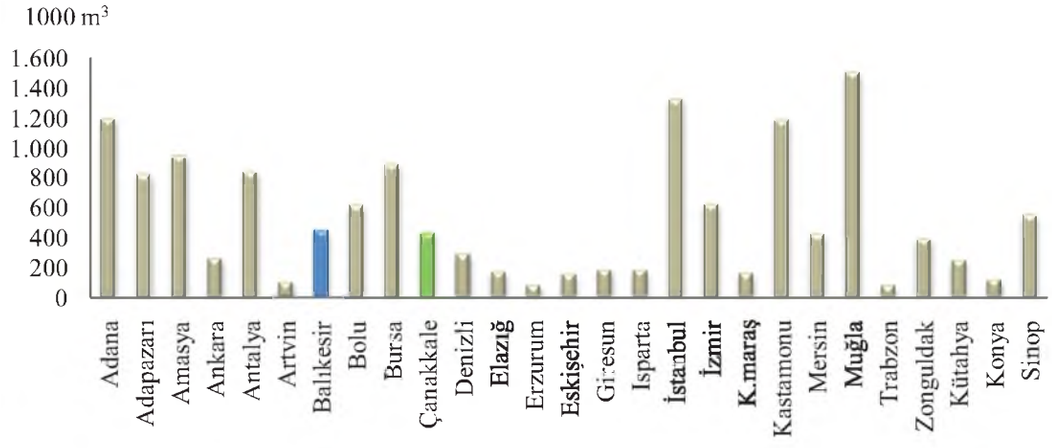


Şekil 8.19. Orman Üretim Artıkları ve Yongalama İşlemleri



Şekil 8.20. Odunsu Yongaların Isıtma Amaçlı Kullanılması

Çanakkale ve Balıkesir illeri için doğrudan yakma yöntemiyle enerjiye dönüştürülen orman ürünleri dağılımı yıllara göre Tablo 8.38'de verilmiştir. Tablo 8.39'da Orman Genel Müdürlüğünün işletmeler bazında biyokütleye konu edilebilecek odun üretimi durumu özetlenmiştir. Tablodaki değerler, 2007 - 2009 yılları arası ortalama üretim miktarlarını ifade etmektedir. İşletmelerin biyokütleye konu olabilecek odun ve artıkları potansiyeli, Şekil 8.21'de sütun grafiği olarak sunulmuştur.



Şekil 8.21. Biyoenerjide Kullanılabilecek Odunsu Biyokütle Potansiyeli (OGM, 2013)

Tablo 8.38. TR22 Bölgesi Yakacak Odun Üretim Durumu (BOBM, 2013)

Yıl	İl Birimi, Ster	İdarece Üretimi Yaptırılan Yakacak Odun	Orman Köyleri Kanunu Hak Toplanan Odun	Süceyrat Odunu	Üretim Artığı İnce Çaplı Odun
2008	Balıkesir	194.400	175.468	8.600	1.130
	Çanakkale	228.330	23.448	8.764	0
	Toplam	**422.730**	**198.916**	**17.364**	**1.130**
2009	Balıkesir	160.949	196.890	20.176	868
	Çanakkale	170.087	13.050	63.091	0
	Toplam	**331.036**	**209.940**	**83.267**	**868**
2010	Balıkesir	165.590	169.100	15.971	835
	Çanakkale	199.150	18.692	5.492	0
	Toplam	**364.740**	**187.792**	**21.463**	**835**
2011	Balıkesir	198.427	141.271	19.540	900
	Çanakkale	204.750	114.127	8.791	250
	Toplam	**403.177**	**255.398**	**28.331**	**1.150**
2012	Balıkesir	193.753	168.283	12.938	210
	Çanakkale	211.259	101.657	6.389	60
	Toplam	**405.012**	**269.940**	**19.327**	**270**

Tablo 8.38'deki veriler incelendiğinde, TR22 Güney Marmara Bölgesi'nin biyokütleye konu olan orman ürünleri miktarı 889.407 m^3 değerinde olduğu görülür.

Tablo 8.39. Orman Genel Müdürlüğü'nün İşletmeler Bazında Biyokütleye Konu Edilebilecek Odun Üretimi Durumu, 2007-2009 Yılları Arası Ortalama Değerler (OGM, 2013)

Odun Üretimi Durumu, 2007-2009 Yılları Arası Ortalama Değerler (OGM, 2013)

İşletme Müdürlüğü	DKGH miktarı (m^3)	Yakacak odun üretimi miktarı (ster*)	Ölçüm sonucu bulunan üretime konu edilmeyen değerlendirilebilecek üretim artıkları miktarı (ster*)	Ölçüm sonucu bulunan süceyrattan elde edilebilecek yıllık üretim miktarı (ster*)	Lif yonga üretim miktarı (ster*)	Toplam (m^3)
Adana	543.900	336.200	730.000	58.000	69.500	1.193.700
Adapazarı	449.623	375.437	19.859	2.607	430.048	827.951
Amasya	779.392	399.585	147.910	2.450	401.339	951.284
Ankara	282.400	115.274	64.481	0	86.564	266.319
Antalya	803.918	455.039	209.785	10.706	169.488	845.018
Artvin	153.371	76.382	25.046	4.000	1.919	107.347
Balıkesir	**463.353**	**236.797**	**118.034**	**7.452**	**88.355**	**450.638**
Bolu	936.395	273.072	170.000	27.000	151.577	621.649
Bursa	632.555	539.247	135.999	29.365	188.848	893.459
Çanakkale	**506.263**	**277.477**	**40.259**	**17.842**	**98.191**	**433.769**
Denizli	345.371	106.874	100.425	297	86.098	293.694
Elazığ	0	175.000	1.750	0	0	176.750
Erzurum	133.610	40.477	35.822	351	8.819	85.469
Eskişehir	134.270	93.936	37.150	0	27.910	158.996
Giresun	309.649	59.874	23.734	5.487	100.316	189.411
Isparta	370.406	58.035	5.800	1.000	122.886	187.721
İstanbul	482.123	833.039	152.141	23.239	317.217	1.325.636
İzmir	703.870	299.411	56.396	27.260	241.318	624.385
K.Maraş	145.148	100.131	32.456	5.525	30.138	168.250
Kastamonu	1.288.337	410.881	156.105	17.092	601.892	1.185.969
Mersin	518.800	170.000	198.800	47.500	13.700	430.000
Muğla	955.343	212.593	863.667	0	432.111	1.508.371
Trabzon	123.000	45.000	28.325	3.600	7.150	84.075
Zonguldak	853.190	96.733	30.541	46.020	223.913	397.207
Kütahya	503.514	70.745	28.547	11.857	141.051	252.200
Konya	155.181	58.903	12.166	1.936	48.075	121.080
Sinop	463.249	186.543	103.122	35.000	229.993	554.658
TOPLAM	**13.036.231**	**6.102.685**	**3.528.320**	**385.586**	**4.318.416**	**14.335.007**

*** Ster: 1 m^3 hacme istif edilen odun miktarıdır. Ağaç türüne ve nem oranına göre değişmekle birlikte 1 ster kuru odun 350 kg yaş odun 500 kg kabul edilebilir.**

8.5.3. TR22 Bölgesi Kentsel ve Endüstriyel Atıklar Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Dünyadaki birçok ülkenin başlıca sorunu olan sanayi ve kentsel kaynaklı atıklar, Ülkemizin de en önemli çevresel problemleri arasında yer almaktadır. Özellikle ülkemizin batı ve güney bölgelerinde yoğunlaşmış olan sanayi faaliyetleri giderek artmakta, dolayısıyla bu bölgelerde sanayi atıklarının bertarafından kaynaklanan problemler acil çözüm beklemektedir. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından oluşturulan ilgili yönetmelikler kapsamında, endüstriyel işletmeler ve belediyeler tarafından çeşitli bertaraf faaliyetleri hayata geçirilmektedir. Ülkemizde son yıllarda, çevre üzerinde büyük bir baskı oluşturan atık sorununun çözümü için uluslararası düzeyde kabul gören "Entegre Atık Yönetimi" anlayışı benimsenmiştir. Bu yaklaşımla hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürebilirliğin sağlanması hedeflenmektedir. Atıkların bertarafı için uygulanan yöntemlerin belirlenmesinde, bu atıkların enerjiye dönüştürülerek ekonomiye katkı oluşturma yaklaşımı kabul görmektedir. Katı atık yönetimi; kıt olan enerji, hammadde gibi tabii kaynakların maksimum verimi sağlayacak şekilde kullanılmasını, az atıklı üretimin desteklenmesini, atıkların geri kazanımını ve yeniden kullanımını, hava, su, toprak ve canlılara zarar vermeden bertarafının gerçekleştirilmesini amaçlayan toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf işlemlerinin tümüdür.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan "Atık Yönetimi Eylem Planı" (AYEP)'na göre, atık yönetimi konusundaki çalışmalarını belediye atıkları, ambalaj atıkları, tehlikeli atıklar, tehlikesiz atıklar ve özel atıklar olmak üzere beş ana başlık altında yürütmektedir. Bu atıklardan evsel atıklar ile tıbbi atıkların yönetimiyle ilgili yükümlülükler belediyeler tarafından yerine getirilirken, aralarında ambalaj atıkları, atık yağlar, pil ve aküler ile kullanım ömrü dolmuş lastiklerin bulunduğu atık gruplarının toplanması, geri kazanılması ve bertarafı ile ilgili yükümlülüklerin üretici sorumluluğu ilkesi kapsamında yerine getirilmesi gerekmektedir (AYEP, 2008).

8.5.3.1. Çanakkale İli Mevcut Durumu

Çanakkale il sınırları içerisinde (tarım ve hayvancılık ile ilgili faaliyetler hariç), sanayi faaliyetleri dikkate alındığında, endüstriyel atık potansiyeli bulunan büyük ölçekli dört kuruluş bulunmaktadır. Bunlar; Biga ilçesinde üretim yapan bir elektrik enerjisi üretim ve yatırım şirketi, Ezine ilçesinde üretim yapan bir çimento sanayi şirketi, Çan ilçesinde üretim yapan bir seramik sanayi şirketi ve Çanakkale Merkez'de üretimini sürdüren bir gıda sanayi şirketidir. Küçük ve orta ölçekli az sayıda sanayi kuruluşları da Çanakkale il sınırları içerisinde faaliyetlerini sürdürmektedir.

Katı, sıvı ve gaz formlarında çevreyi kirletme potansiyeli yüksek olan çeşitli atıkları bulunan bu kuruluşlar, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı denetimi ve ciddi yaptırımlarıyla karşı karşıyadır. Bu zorlayıcı faktörlere ek olarak, çevre sağlığı hassasiyeti bulunan çok sayıda sivil toplum kuruluşlarının da gözetim ve baskıları, bu kuruluşların çevre sağlığı konusunda oldukça hassas ve "çevre yönetim sistemi" gereklerini yerine getirmelerine neden olmaktadır. Firmaların bu alandaki faaliyetleri incelendiğinde özellikle atıkların bertarafı hususunda herhangi bir sorun olmadığı görülmektedir. Ancak atıkların enerjiye dönüştürülmesi konusunda dikkate değer bir yatırım ve uygulama bulunmamaktadır. Bu kuruluşlar, üretim

faaliyetlerinde önemli miktarlarda enerji tüketmektedirler. Özellikle ısı enerjisine gereksinim duyan bu dört büyük kuruluş, farklı alanlarda elde edilen katı atıkların (kentsel, endüstriyel,hayvansal, bitkisel) doğrudan yakılarak değerlendirilebileceği üretim faaliyetlerine sahiptir. Özellikle kentsel atıkların bir bölümü bu amaçla kullanılabilir.

5491 Sayılı Çevre Kanunu'nun 11. maddesinde "Büyükşehir belediyeleri ve belediyeler evsel katı atık bertaraf tesislerini kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmekle yükümlüdürler" hükmü yer almaktadır. Ancak ülkemizde çok sayıda küçük belediyenin bulunması nedeniyle, bu sistem, etkili ve ekonomik olmadığı gibi, maliyetlerin karşılanamaması, yeterli kaynak ve uygun teknolojinin bulunamaması ve genellikle de uygun katı atık yönetim pratiklerinin hayata geçirilmesinde ilerleme kaydedilememesi gibi problemlere yol açmaktadır. Benzer çevre sorunlarına sahip belediyeler tarafından ortaklaşa kurulan "Yerel Yönetim Birlikleri"nin uygulamaları; zaman ve kaynakların daha verimli kullanımı açısından önem taşımaktadır. Ayrıca, bölgesel kalkınma politikaları kapsamında, bölgesel ölçekli çevre sorunlarının çözülmesinde de "Hizmet Birliği Modeli"nin kullanılması öngörülmektedir (AYEP, 2008).

Çanakkale'de kentsel atıkların yönetimi, üç yönetim birliği faaliyetleri ile sürdürülmektedir;

- Çanakkale Belediyesi tarafından kurulan "Katı Atık Yönetim Birliği" (ÇAKAB). Birlik; Çanakkale Merkez, Lapseki Belediyesi ve Kumkale, İntepe, Kepez, Umurbey, Çardak belde belediyelerinin katılımıyla oluşturulmuş ve Birlik Tüzüğü Bakanlar Kurulu'nda onaylanmış ve karar Resmi Gazete'de 22/12/2004 tarihinde yayımlanmıştır. Atık Miktarı: 57.627 ton/yıl.

- Biga ve Çevresi Katı Atık Yönetim Birliği (BİGA ÇEV-BİR). Birlik; Biga, Çan, Yenice İlçe Belediyeleri ile Karabiga, Gümüşçay, Kozçeşme, Balıklıçeşme, Yeniçiftlik, Terzialan, Akçakoyun, Kaklım, Hamdibey, Pazarköy belde belediyelerinin katılımıyla oluşturulmuş ve Birlik Tüzüğü Bakanlar Kurulu'nda onaylanmış ve karar Resmi Gazete'de 05/11/2006 tarihinde yayımlanmıştır. Atık Miktarı: 65.371 ton/yıl.

- TROAS Katı Atık Yönetim Birliği. Çanakkale İl Özel İdaresi'nin de içinde bulunduğu birlik; Ayvacık, Ezine, Bayramiç, Bozcaada, Gülpınar, Küçükkuyu, Geyikli, Mahmudiye belediyelerinin katılımıyla oluşturulmuştur. Atık Miktarı: 37.762 ton/yıl (AYEP, 2008).

Bu birliklerin dışında kalan Gelibolu Belediyesi, Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi ile atık toplama faaliyetlerini sürdürmektedir. Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliği (ÇAKAB) diğer iki birlikten farklı olarak, Bölgesel Katı Atık Yönetimi Projesi kapsamında oluşturulmuştur. Bu proje, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda uluslararası bir konsorsiyum tarafından yürütülmüş ve proje bedelinin %71,5'i AB'den hibe ile karşılanmıştır. Proje, Birliğe üye belediyelerde ve kırsalında oluşan evsel katı atıkların Türkiye ve AB katı atık mevzuatına uyumlu olarak ayrı toplanması, taşınması, geri kazanılması, kompostlaştırılması, düzenli depolanması ve sızıntı sularının arıtılması bileşenlerini kapsayan bütünsel bir yönetim sistemidir. Proje kapsamında yeni inşa edilen katı atık depolama alanı 3 hücreden oluşmakta ve toplam kapasitesi 1.301.000 m^3'tür. ÇAKAB bünyesinde ayrıca ambalaj atıklarının ayrı toplandığı ve ayırma işlemlerinden geçirildiği bir tesis kurulmuş ve faaliyettedir (Şekil 8.22).



Şekil 8.22. ÇAKAB Katı Atık Depolama Alanı ve Ambalaj Atıkları Ayırma Tesisi (Çanakkale Belediyesi, 2013)

Çanakkale İli için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından açıklanan 2008-2012 yılları arasını kapsayan Atık Yönetimi Eylem Planına göre yapılacak çalışmalar Tablo 8.40'dav erilmiştir.

Tablo 8.40. Çanakkale Atık Yönetimi Eylem Planı (AYEP, 2008)

		Birim	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nüfus Projeksiyonu		**Kişi**	441.825	445.944	450.153	454.455	457.943	461.511
Atık Projeksiyonu		Ton/yıl	187.069	188.812	190.595	192.416	193.893	195.404
Biyobozunur Atık Projeksiyonu		Ton/yıl	102.888	103.847	104.827	105.829	106.641	107.472
Düzenli Depolama Tesisi	**Faaliyet Başlangıcı**	-						
	Hedef Nüfus	%				60	60	60
Biyobozunur Atıkların İşlenmesi		%					29	15
Yakma		Ton/yıl						
Düzensiz Depolama Alanlarının Rehabilitasyonu								
Ambalaj Atığı Projeksiyonu		Ton/yıl	28.060	28.322	28.589	28.862	29.084	29.311
Ayrı Toplanan Ambalaj atıklarının Miktarı		Ton/yıl				1.443	2.036	2.931
Ayrı Toplanan Ambalaj Atıklarının Ambalaj **Atığı Projeksiyonuna Oranı**		%				5	7	10

Tablo 8.40'da verilen Atık projeksiyonu ve Biyobozunur atık projeksiyonu değerlerine göre, biyobozunur evsel atıkların, toplam atıkların %55'ini oluşturduğu görülmektedir.

Çanakkale'de yeni depolama alanında toplanan katı atıkların oluşturduğu metan gazı, yakma tesisleri ile periyodik olarak yakılarak çevreye vereceği zarar en aza indirilmektedir. Söz konusu enerji potansiyelinin bertarafı yerine enerjiye dönüştürülebileceği, bu kapsamda tesislerin kurulmasının yararlı olacağı öngörülmekte olup ilgili çalışmalar yürütülmektedir.

Depolama sahasının üzeri kapatıldıktan sonra uygun teknoloji kullanılarak depo gazından enerji elde etmek mümkündür. Depolama sahası yaşlandıkça zaman içinde gaz oluşum hızı kademeli olarak düşmektedir (Yelmen ve Ark., 2010). Depo gazı fiilen işletildiği dönem boyunca ve bu süreye ek olarak 10-20 yıl boyunca üretilebilir. Depolama gazının %60'ı atık depolandıktan sonra 10 yıl içinde oluşmaktadır. Bu miktar 15-20 yıl içerisinde %90 seviyesine çıkmaktadır (Kiriş ve Saltabaş, 2009).

20 yıl süreyle ton başına elde edilebilecek çöp gazı üretim miktarı içerisinde bulundurduğu metan miktarına bağlı olarak 60-290 m^3/ton arasında değişmektedir. Atıktan elde edilecek gazın %50'si metandır (Özcan ve ark., 2011). Bu bilgiler dikkate alındığında belediyelerin düzenli katı atık depolama alanlarında önemli düzeylerde biyogaz üretilebileceği görülmektedir. Toplanan biyobozunur katı atık miktarına, diğer bir değişle katı atık yönetim birliğinin hizmet ettiği nüfusa bağlı olarak, yapılacak gazlaştırma yatırımları çevre dostu olmasının yanında ekonomik de olabilecektir. Faaliyetlerine 2010 yılında başlayan Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliği (ÇAKAB) tarafından toplanan biyokütleye konu olabilecek atıklar ve miktarları Tablo 8.41'de verilmiştir.

Tablo 8.41. ÇAKAB Yönetim Birliği Kapsamında Biyokütleye Konu Olabilecek Atıklar (Çanakkale Belediyesi, 2013)

Yıllar/Atıklar	Bitkisel Atık Yağ Ton/yıl	Atık Kağıt Ton/yıl	Atık Plastik Ton/yıl	Çöp (Evsel katı Atık) Ton/yıl
2010	34	1.660	511	62.462
2011	29	3.148	900	59.897
2012	32	3.250	1.000	62.311
Ortalama	**31**	**2.686**	**803**	**61.557**

Tablo 8.42'de ÇAKAB kapsamında toplanan atıkların ısıl kapasiteleri verilmiştir. Atık kağıt ve atık plastiklerin ısıl kapasiteleri olmasına rağmen geri dönüşüm olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 8.42. ÇAKAB Kapsamında Toplanan Atıklar ve Isıl Kapasite

Atıklar	Atık Miktarı ton/yıl	Birim ısıl değer* MJ/kg	Isıl Kapasite GJ/yıl
Bitkisel Atık Yağ	31	37,62	1.183
Atık Kağıt	2.686	9,15	24.579
Atık Plastik	803	19,9	15.989
Çöp (Evsel Katı Atık)	61.556	8,99	553.394
Toplam	**65.078**		**595.165**

* **Sallabaş ve ark., 2009**

Çanakkale il merkezinde atıklardan dolayı toplam ısıl kapasite 595.165 GJ/yıl'dır. Çanakkale'de atıksu arıtma sistemi tesisi halen yapım aşamasındadır ve faaliyete geçmediği için, kentsel atık olarak dikkate alınan atık çamur üretimi bulunmamaktadır. Bölgede kentsel atıkların değerlendirildiği bir tesisin olmaması önemli bir eksikliktir. Aysun Kavcar, bitkisel atık yağların bölge için önemli bir biyokütle potansiyeli olduğunu belirtmiş ve 2012 yılında atık yağ toplama lisansı bulunan firmalar için (Çanakkale dışından), çevre sağlığını düşünerek verdikleri destek kapsamında, Belediye tarafından Çanakkale Merkez ilçede 32.255 kg/yıl atık yağ toplandığını ifade etmiştir. 2013 yılı Eylül ayı sonrasında İl kapsamında bazı kampanyalar ile bitkisel atık yağ toplama faaliyetinin devam edeceğini bildiren Aysun Kavcar, 2012 yılı içinde toplanan atık yağ miktarının üzerine çıkılabileceğini ifade etmiştir. 1 L bitkisel atık yağın yaklaşık 1,1 L biyodizel yakıta dönüştürülebildiği dikkate alındığında, 2012 yılında toplanan 32 ton yağın yaklaşık 35 ton biyoyakıta dönüştürülebileceği sonucuna varılabilir. Dizel yakıta alternatif olan biyodizelin bu miktarlarda elde edilmesi bu biyokütlenin enerjiye dönüştürülerek çevreye ve ekonomiye katkısının kayda değer olacağı açıktır. Çanakkale Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü faaliyetleri arasında budama ve benzeri çevre düzenleme işlerinden elde edilen yeşil ve selülozik artıkların kompostlaştırılması da bulunmaktadır. Üretilen kompost miktarı 2011 yılında 50 ton, 2012 yılında 120 ton olmuştur. Kompost üretimi deneme aşamasında olup Birlik üyelerinin park ve bahçelerinde kullanılmaktadır (Çanakkale Belediyesi, 2013).

8.5.3.2. Balıkesir İli Mevcut Durumu

Balıkesir İli için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından açıklanan 2008-2012 yılları arasını kapsayan Atık Yönetimi Eylem Planına göre kurulması önerilen üç birlik aşağıda sıralanmıştır. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar Tablo 8.43'de verilmiştir. Tablo Balıkesir İlinin yıllara göre atık potansiyelini ortaya koymaktadır. Ancak Balıkesir'de mevcut durumda katı atık yönetimi, AB fonları aracılığıyla kurulan (Balıkesir Sürdürülebilir Çevre Yönetim Birliği) BAÇEYÖB'ün faaliyetleri ile sürdürülmektedir.

- Balıkesir Batı Katı Atık Yönetim Birliği. Birlik; Ayvalık, Edremit, Gömeç, Burhaniye, Havran Belediyelerinin katılımıyla oluşturulmuştur. Atık Miktarı: 99.797 ton/yıl.

- Balıkesir Doğu Katı Atık Yönetim Birliği. Birlik; Balıkesir Merkez, Balya, Bigadiç, Dursunbey, İvrindi, Kepsut, Savaştepe, Susurluk, Sındırgı belediyelerinin katılımıyla oluşturulmuştur. Atık Miktarı: 236.561 ton/yıl.

- Balıkesir Kuzey Katı Atık Yönetim Birliği. Birlik; Erdek, Bandırma, Gönen, Manyas, Marmara Adası, Karacabey (Bursa), M.Kemalpaşa (Bursa) belediyelerinin katılımıyla oluşturulmuştur. Atık Miktarı: 176.361 ton/yıl (AYEP, 2008).

Tablo 8.43. Balıkesir Atık Yönetimi Eylem Planı (AYEP, 2008).

		Birim	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nüfus Projeksiyonu		**Kişi**	1.047.980	1.059.123	1.070.504	1.082.128	1.091.835	1.101.750
Atık Projeksiyonu		Ton/yıl	443.715	448.433	453.252	458.173	462.283	466.481
Biyobozunur Atık Projeksiyonu		Ton/yıl	244.043	246.638	249.288	251.995	254.256	256.564
Düzenli Depolama Tesisi	**Faaliyet Başlangıcı**	-						
	Hedef Nüfus	%				20	40	40
Biyobozunur Atıkların İşlenmesi		%					29	35
Yakma		Ton/yıl						
Düzensiz Depolama Alanlarının Rehabilitasyonu								
Ambalaj Atığı Projeksiyonu		Ton/yıl	66.557	67.265	67.988	68.726	69.342	69.972
Ayrı Toplanan Ambalaj atıklarının Miktarı		Ton/yıl	19.967	23.543	27.195	30.927	34.671	38.485
Ayrı Toplanan Ambalaj Atıklarının Ambalaj **Atığı Projeksiyonuna Oranı**		%	30	35	40	45	50	55

Kentlerde; çöpler, geri dönüşüm atıkları (kağıt, plastik), atık yağlar, atıksu çamurları biyokütle için kullanılabilecek kaynaklardır. Toplanan kağıt ve plastikler üretimde kullanılmaktadır. Atık yağlar, biyodizel üretimi için değerlendirilmektedir. Çöpler ve atıksu çamurlarından biyogaz üretilebilir. Tablo 8.44'de Balıkesir il merkezinde biyokütleye esas olabilecek kentsel atıklar verilmiştir.

Tablo 8.44. Balıkesir İl Merkezinde Biyokütleye Esas Olabilecek Atıklar (Balıkesir Belediyesi, 2013)

Yıllar/Atıklar	Atıksu Çamuru Ton/yıl	Bitkisel Atık Yağ Ton/yıl	Atık Kağıt Ton/yıl	Atık Plastik Ton/yıl	Çöp (Evsel katı Atık) Ton/yıl
2007	6.070		851	280	85.680
2008	6.280	13,395	1.112	277	83.200
2009	6.348	26,540	1.348	381	83.621
2010	6.552	36,249	1.584	451	84.462
2011	6.072	28,740	1.317	436	84.883
2012	5.139	29,070	708	621	91.635
Ortalama	**6.077**	**26,799**	**1.153**	**408**	**85.580**

Balıkesir il merkezinde; atıksu arıtma tesisinde çıkan atıksu çamuru miktarı ortalama 6.077 ton/yıl, toplanan bitkisel atık yağ miktarı ortalama 26.799 ton/yıl, geri dönüşüm için toplanan atık kağıt miktarı ortalama 1.153 ton/yıl, geri dönüşüm için toplanan atık plastik miktarı ortalama 408 ton/yıl, toplanan çöp (evsel katı atık) miktarı ortalama 85.580 ton/yıl kadardır.

Tablo 8.45.'de Balıkesir il merkezinde oluşan ve toplanan atıkların ısıl kapasiteleri verilmiştir. Atık kağıt ve atık plastiklerin ısıl kapasiteleri olmasına rağmen geri dönüşüm için değerlendirilmektedir.

Tablo 8.45. Balıkesir İl Merkezinde Atıklar ve Isıl Kapasite

Atıklar	Atık Miktarı ton/yıl	Birim ısıl değer* MJ/kg	Isıl Kapasite GJ/yıl
Atıksu Çamuru	6.077	2,09	12.701
Bitkisel Atık Yağ	26,799	37,62	1.008
Atık Kağıt	1.153	9,15	10.545
Atık Plastik	408	19,90	8.119
Çöp (Evsel Katı Atık)	85.580	8,99	792.364
Toplam	**93.244,799**		**824.737**

*Sallabaş ve ark., 2009.

Balıkesir il merkezinde atıklardan dolayı toplam ısıl kapasite 824.737 GJ/yıl'dır. Toplanan atık yağların Bursa bölgesindeki bir firma tarafından satın alındığı belirtilmiştir. Toplanan çöpler, gerekli önlemleri alarak doğrudan yakılabilir veya biyogaz üretiminde kullanılabilir. Atıksu çamurları da biyogaz üretimi için değerlendirilebilir. Bölgede kentsel atıkların değerlendirilebileceği bir tesis bulunmamaktadır.

8.6. Türkiye'de Biyokütle Enerjisi ile İlgili Mevzuat

Biyokütlenin de içinde bulunduğu yenilenebilir enerjilerle ilgili 10.05.2005 tarih ve 5346 nolu "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" yayınlanmıştır. Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

Bu Kanun'da;
"Biyokütle: Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlar" şeklinde açıklanmaktadır.

Daha sonra aynı konu ile ilgili, 29.12.2010 Tarih ve 6094 sayılı Kanun ve 21 Temmuz 2011 Tarih ve 28001 Sayılı Resmi Gazete de Yönetmelik yayınlanmıştır. Bu Yönetmelikte; "Çöp gazı: Çöp dâhil diğer atıklardan enerji elde edilmesi amacıyla üretilen gaz" şeklinde tanımlama yapılmaktadır.

6094 sayılı Kanun ile "Biyokütleye Dayalı Üretim Tesisinde (çöp gazı dahil) üretilen elektriğe 13,3 cent/kWh fiyat uygulanacağı belirtilmektedir. Aynı Kanun'da Biyokütle Üretim Tesisinin Yerli Katkı için ilave bir teşvik uygulanacağı açıklanmıştır (Tablo 8.46.)

Tablo 8.46. Biyokütle Tesisleri İçin Yerli Katkı Teşvikleri

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi cent/kWh
Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	Buhar veya gaz türbini	2,0
	İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	Kojenerasyon sistemi	0,4

8.7. Öneriler

Sunulan istatistikler ve bilgiler dikkate alındığında TR22 Güney Marmara Bölgesi'nin biyokütle enerjisi bakımından oldukça zengin çeşitliliğe sahip olduğu görülmektedir. Geniş yelpazede ürün desenine sahip tarımsal ve hayvansal üretim, büyük ölçekli ormanlar, kentsel ve endüstriyel atıklar, bölgedeki başlıca biyokütle kaynakları olarak sıralanabilir.

Tarımsal üretim faaliyetleri incelendiğinde; zeytin, buğday, mısır, çeltik, ayçiçeği, domates ürünlerinin bölgeyi oluşturan Balıkesir ve Çanakkale illerinin her ikisi için de ön planda olduğu görülmektedir. Ayçiçeği üretiminde; Çanakkale'nin Gelibolu ilçesi, mısırda Balıkesir Merkez ilçesi, çeltikte Balıkesir'in Gönen ve Manyas ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ilçesi ön plandadır. Bu ilçelerdeki üretim miktarları dikkate alınarak bu ilçelerin yakınlarına biyokütle enerjisi üretecek tesislerin planlanması düşünülebilir. Ancak bu ürünlerin artıkları dikkate alınarak planlanabilecek tesislerin sürdürülebilir olabilmesi için, söz konusu artıkların çiftlik işletmeleri tarafından geleneksel yöntemler ile kullanılmaması gerekir. Ülkemizde bu artıklar, halen büyük oranda geleneksel olarak değerlendirilmektedir.

Tarım ürünlerinin tamamı, enerji üretimi amaçlı biyokütle olarak düşünülebilir. Ancak dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu ürünlerin gıda amaçlı kullanılma eğilimi vardır ve bu eğilim, temiz enerji kullanımı ile ilgili yaptırım ve teşviklere rağmen artarak devam etmektedir. Bu durum, enerji bitkileri olarak adlandırılan ve özel sübvansiyonlar gerektiren bitkiler için de geçerli olmaktadır. Örneğin Balıkesir ve Çanakkale'de biyodizel üretimi için önemli bir enerji bitkisi olan "kanola" üretiminde başlangıçta biyodizel üretimi hedeflenmiş olsa da, maliyet ve yemeklik yağ açığı gibi nedenlerle biyodizel üretimi yerine daha çok yemeklik yağ için kullanılmış ve kullanılmaktadır.

Tarımsal üretim faaliyetleri içerisinde zeytin üretimi bu bölge için önemli biyokütle kaynağıdır. Özellikle Balıkesir'in Edremit Körfezi ile Çanakkale'nin Ayvacık ve Ezine ilçeleri önemli bir yere sahiptir. Bu ilçeler civarına faaliyet gösteren zeytinyağı fabrikalarının atıkları (pirina ve karasu) enerji amaçlı kullanıma uygun biyokütle kaynaklarıdır. Bölgede bu atıklar, biyogaz üretimi ile ilgili tesisler kurularak enerjiye dönüştürülebilir. Özellikle birbirlerine yakın konumlanmış birden fazla zeytinyağı fabrikasının atıklarının değerlendirildiği tesisler, süreklilik ve yeterli atık bakımından fizibil olabilir.

Balıkesir'in %46'sı ve Çanakkale'nin ise %53'ü orman alanından oluşmaktadır. Orman Bölge Müdürlüğü tarafından yürütülen budama ve bakım faaliyetleri kapsamında her yıl önemli miktarlarda orman artıkları elde edilmektedir. Çoğunlukla geleneksel yöntemlerle (yakma) değerlendirilen

bu ürünler, kısmen odun kömürü ve toprak verimini artırmaya yönelik kompost üretimi içinde kullanılmaktadır. Bu yöntemler yerine orman ürünlerinden odun kömürü ve gaz yakıtların elde edilebildiği modern tesislerin kurulumu için TR22 Bölgesi uygun bölge olabilir.

Son yıllarda hayvansal üretim artıklarının modern yöntemlerde enerjiye dönüştürüldüğü biyogaz tesisleri, Ülke genelinde teşvik ve destekler ile yaygınlaştırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalar ve yatırımların birçok destek kuruluşu için öncelikli konular arasında olduğu şu süreçte, TR22 bölgesinin hayvansal üretim potansiyeli dikkate alınarak söz konusu desteklerin alınabilmesi için girişimler yapılabilir. Özellikle büyükbaş hayvan varlığının yoğun olduğu Balıkesir'in Merkez ve Bigadiç ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ve Çan ilçeleri civarlarında biyogaz tesisleri planlanabilir. Kanatlı hayvan varlığının yoğun olduğu Balıkesir'in Bandırma ve Gönen ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ilçesi civarlarına biyogaz tesislerinin planlanması uygun olabilir. Gönen'de, bir biyogaz tesisi kuruluş aşamasındadır. Bu tesis örnek alınarak yaygınlaştırılabilir. Küçükbaş hayvan üretimi, Balıkesir Merkez, Dursunbey, Gönen, İvrindi, Sındırgı ilçelerinde ön plana çıkarken, Çanakkale'de ise Bozcaada ve Eceabat ilçeleri haricinde tüm ilçelerde yakın bir dağılım vardır. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı yetiştiriciliğinin her üçü dikkate alındığında Balıkesir Merkez ve Çanakkale Biga ilçeleri dikkat çekmektedir. Hayvansal üretimin yoğun yapıldığı bu ilçeler civarında biyogaz tesislerinin kurulması daha uygun olabilir. Önerilen bu değerlendirme yönteminin atıkları da, fermente gübre olarak ayrıca ekonomik değeroluşturmaktadır.

Son yıllarda sürekli olarak artan dünya nüfusunun gıda ve giyecek ihtiyaçlarının karşılanması için artan tarımsal faaliyetler ve sanayi üretimi nedeniyle ortaya çıkan atık miktarında da artışlar meydana gelmiştir. Çevreye ve insan sağlığına zarar veren bu atıklar, mikroorganizmalar vasıtasıyla kompost ya da biyogaza dönüştürülerek, ekonomik katma değer oluşturabilecek bir hammadde olarak değerlendirilebilir. TR22 Bölgesi'nde faaliyet gösteren belediye yönetimleri son yıllarda AB uyum süreci kapsamı ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı eylem planları dahilinde, geleneksel vahşi depolama yöntemi yerine, kentsel atıkların sınıflarına göre ayrılması için projeler üretmekte, düzenli depolama alanları oluşturmakta ve ayırma tesisleri kurmaktadırlar. Bu gelişim, bölgede kentsel atıkların önemli bir bölümünün enerji amaçlı biyokütle olarak kullanımını kolaylaştırmaktadır. Belediyelerin kentsel atık toplama alanlarında oluşan metan gazı çevreye vereceği zararın azaltılması için yakma tesisleri ile yakılmaktadır. Bu yöntemin yerine atıkların kompost ya da biyogaz olarakdeğerlendirilmesi uygun olacaktır. Her iki işlemde de mikroorganizmalar vasıtasıyla atıkların geri dönüşümü sağlanarak doğaya ve çevreye zarar vermeyen ekonomik değeri olan ürünler elde edilir.

Belediyeler son yıllarda çevre sağlığına katkı bakımından bitkisel kullanılmış (atık) yağ toplama faaliyetlerini sürdürmektedirler. Belediyelerin bu atık yağları toplama ve biyodizel üretme lisansları bulunmadığı için, lisansı bulunan özel kuruluşlar için toplanan bu atıklar, bu firmalar tarafından biyodizel üretimi için kullanılmaktadır. Belediyeler ilgili lisansı edinerek bu faaliyeti kendi adına yürütebilir ve üretilen biyodizelin halk hizmeti için kullanıldığı projeler ile insanlar üzerinde çevre bilincinin yayılmasına hizmet edecek farkındalıklar oluşturulabilir.

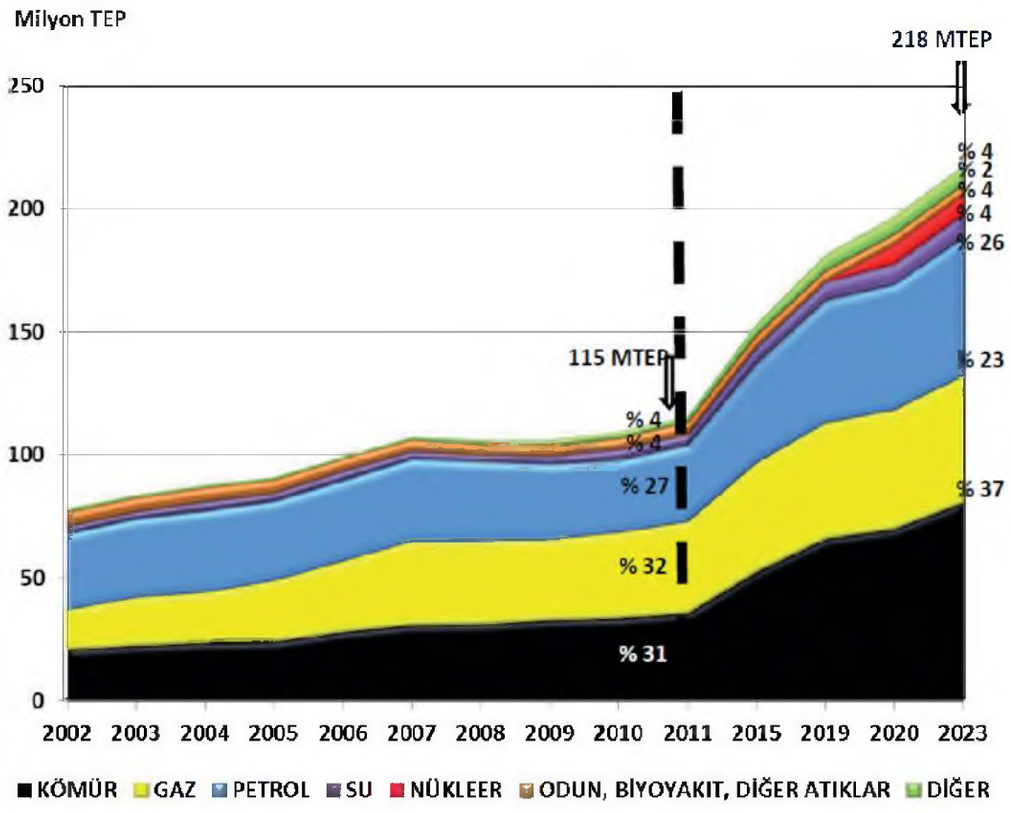
Özetle, TR22 Bölgesi'nde yıllar öncesine dayanan geleneksel yöntemlerle değerlendirilen biyokütle kaynaklarının modern yöntemler ile değerlendirilmesi, ekonomik, çevresel ve sosyolojik açıdan sürdürülebilirliğe ve kalkınmaya önemli katkılar sağlayacaktır. Modern yöntemlerle donatılan biyokütle enerji sistemlerinden elde edilecek ürünler, tarım, hayvancılık ve çeşitli endüstriyel sektörlerin enerji gereksinimlerinin karşılanmasında belirli katkılar sağlayacaktır. Tarım ve hayvancılık

faaliyetlerinin yoğun olduğu TR22 Bölgesi'nde, şehir merkezlerinde ve kırsal kesimde yürütülmekte olan farkındalık çalışmalarının ilgi ve dikkat çekici projeler ile hızlandırılabileceği öngörülmektedir. Söz konusu proje ve faaliyetler, ulusal ve yerel teşvik-kalkınma kuruluşları tarafından verilecek destekler ile biyokütle kaynaklı sektörün gelişimini hızlandıracaktır. Bu amaca hizmet edebilecek önemli bir faktör de, kuşkusuz eğitimdir. Biyokütle ve modern yöntemler ile geri kazanımı konusunda farkındalık oluşturma için planlanacak proje ya da diğer faaliyetler kapsamında, bilim insanları, sivil toplum örgütleri, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör temsilcilerinin katkı sağlayacağı kentsel ve kırsal bölge odaklı organizasyonlar düzenlenmelidir.

8.8. Türkiye'nin Biyokütle Enerjisinde 2023 Hedefi

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2013 yılı bütçe raporunda, 2023 yılında Türkiye birincil enerji talebinin yüzde 90 oranında artarak 218 milyon TEP'e ulaşması beklenmektedir. Bu projeksiyonda yenilenebilir enerjinin payının %30'a çıkarılması ve toplam birincil enerji talebi içersinde biyokütle kaynakları oranının %2 olması öngörülmektedir (Şekil 8.23).

Rapora göre Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır. Aynı şekilde ülkemiz, dünyada 2002 yılından bu yana elektrik ve doğal gazda Çin'den sonra en fazla talep artış hızına sahip ikinci büyük ekonomi olmuştur (Anonim, 2012g). Söz konusu projeksiyonlar, bu eğilimin orta ve uzun vadede de devam edeceğini göstermektedir.



Şekil 8.23. Türkiye'nin Enerjide 2023 Hedefleri (Anonim, 2012g)

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın enerjide 2023 hedefleri kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem dikkat çekmektedir. "Yenilenebilir enerjinin payının %30'a çıkarılması, her yıl en az 5 milyar dolar enerji yatırımının gerçekleştirilmesi, özel sektörün payının %75'e çıkarılması ve tüm termik potansiyelimizin harekete geçirilmesi" gibi hedefler, özümüzdeki süreçte Türkiye'deki diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte biyokütle kaynaklarının modern teknikler ile enerjiye dönüşüm olanaklarının artırılacağı ve özel teşebbüslerin çeşitli kaynaklarca destekleneceğinin göstergesidir.

TR22 Bölgesi, biyokütle kaynakları bakımından oldukça zengin bir çeşitliliğe sahiptir. Bu potansiyelin yaratıcı çözümler ve modern teknikler ile değerlendirilmesi, Türkiye 2023 enerji projeksiyonunda TR22 Bölgesi'nin rolünü güçlendirecektir. Özellikle tarımsal, hayvansal, orman ve kentsel atıklarından enerji elde edilmesi üzerine yürütülecek çalışmalar artırılmalı ve girişimlere sağlanan destekler ile özendirilmelidir.

9. HİDROJEN ENERJİSİ

Yaşam kalitesinin bir göstergesi olan teknolojinin temeli enerjidir. Enerjinin ise en çok fosil yakıtlardan elde edilebilir olması ve bu kaynakların bir gün tükeneceği ve bunun da artık çok uzak olmadığı gerçeği ortadır. Enerji ve ona olan gereksinimin sürekli artmasıyla alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi büyümektedir. Fosil kaynaklı enerjilerin sınırlı olması (petrol, kömür vb) ve bunların çevreye olan olumsuz etkileri (green house, hava kirliliği), su kullanımının artması ve sudan elde edilen enerjilerin yeterli olmaması, güneş, rüzgar, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi her geçen gün artırmaktadır. Bilim adamları tüm hızıyla hiçbir zaman tükenmeyecek yenilenebilir enerji kaynaklarına arayışlarını sürdürmektedir. Günümüzde artan enerji ihtiyacından dolayı alternatif enerji kaynakları için araştırmalar dramatik bir şekilde artmıştır. Son yıllarda hidrojenin (H_2) özellikle çevre dostu ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir olmasından dolayı bu alandaki çalışmalar yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Hidrojen bir enerji taşıyıcısıdır ve diğer enerji kaynaklarından bazı farklılıklar göstermektedir. Çünkü bu kaynaklar kullanılarak hidrojen elde edilebilir, depolanabilir ve gerektiğinde kullanılabilir. Örneğin jeotermal, rüzgar ve güneş enerjilerinden doğrudan elektrik üretilebilir. Üretilen bu elektrik ileride hidrojen üretiminde kullanılabilir ve bu enerjiler depolanarak istenildiğinde enerjiye dönüştürülebilir.

H_2'nin ısı enerjisi gerektiren her alanda kullanımı, atık olarak dışarıya sadece su buharını yan ürün olarak vermesi ve petrol esaslı yakıtlara göre ortalama 1,33 kat daha verimli bir yakıt olması nedeniyle H_2 üretimini artırmak ve onu temel enerji kaynağı olarak kullanmak için son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Hidrojen geleneksel olarak hidrokarbonlardan ve sudan üretilebilmektedir. Hidrokarbonlardan H_2 üretildiği zaman yanma ürünü olan CO_2 sera etkisi yaratarak ekolojik sistemi tehdit etmektedir. Ayrıca proton-değişim membranları ve yakıt hücreleri gibi son yıllarda oldukça spesifik ve verimli hidrojen enerjisi üretebilen sistemler bile, kaynak olarak doğal gaz kullanıldığında ortaya çıkan eser miktardaki CO, kullanılan elektro katalizörleri zehirleyerek aktivitelerini yitirmelerine neden olmaktadır. Fosil kaynaklarının sınırlı olmasından ve yeryüzünün yaklaşık olarak dörtte üçünün (~%70) su ile kaplı olmasından dolayı, hidrojen için temel kaynağı olarak suyun değerlendirilmesine yönelik çok ciddi çalışmalar yapılmaktadır. H_2 gibi enerjilerin depolanmasında, özel uygulamalar için, yüksek enerji yoğunluğunda depolama kapasitesi olan materyaller kullanılmaktadır. Çevre dostu, temiz ve yüksek verimli enerjilere olan ilgi, bunların günlük elektronik cihazlarda ve taşımacılıkta güç kaynağı olarak kullanılabilmesi nedeniyle küresel olarak sürekli artmaktadır. Öte yandan H_2 evrendeki en fazla bulunan elementtir. Yıldızların çoğu

hidrojenden oluşmuştur. Bunlar sürekli nükleer füzyona olarak kullanılabilmesi nedeniyle küresel olarak sürekli artmaktadır. Öte yandan H_2 evrendeki en fazla bulunan elementtir. Yıldızların çoğu hidrojenden oluşmuştur. Bunlar sürekli nükleer füzyona girerek çok büyük enerji açığa çıkararak helyum oluştururlar. Güneşin kütlece %80'i H_2'dir. H_2'nin yer kabuğundaki derişimi 1,400 mg/kg düzeyindedir. Dünyadaki bütün hidrojen, bileşikler halinde bulunur ve en çok bulunduğu bileşik sudur ve suyun da kütlece %11,1'i hidrojendir (Lide, 1994).

Dünyada kütlece en fazla bulunan elementler arasında 15. sırada olmasına rağmen, hidrojen bütün elementlerden daha fazla bileşik oluşturur. Bütün mineral asitlerin bileşiminde, amonyak, doğal gazlar, hidrokarbonlar ve çok büyük sayıda organik bileşikler, basit alkoller ve kompleks proteinlerde dahi hidrojen vardır. H2 endüstriyel olarak çok önemli uygulama alanlarına da sahiptir. Bunlara örnek olarak Haber prosesi ile endüstriyel öneme sahip olan amonyak (NH3) üretimi, yağların ve doymamış karbonların hidrojenlenmesi, ham petrolün hidrokraking prosesi ve çeşitli kimyasal reaksiyonlarda indirgenme ajanı olarak kullanılması da sayılabilir. Ayrıca, hidroklorik asit, metanol ve metal hidrürlerin üretimi, gaz kromatografisinde taşıyıcı gaz olarak kullanımı, hava balonlarında ve hava taşıtlarında doldurucu gaz olarak kullanılır. Hatta termonükleer reaksiyonlarda bile kullanılmaktadır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün vermiş olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir.

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre %33 daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık 3 kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tarzda depolanan enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi örneğin toplu taşıma araçları için-yakıt piline dayalı otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesine bağlıdır (Lide, 1994).

Tablo 9.1. Dünya Genelinde Bir Yılda Üretilen Hidrojenin Sektörlerde Kullanım Miktarları

Sektör	Yıllık Kullanım Miktarı (m^3)
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 veya Sıvı hidrojen Üretimi	6.000

Hidrojen yakıtı ve hidrojen enerjisi teknolojisi; hidrojen üretim teknolojisi, hidrojenin taşınması ve depolanması teknolojisi, hidrojen kullanım teknolojisi alt bölümlerine ayrılır. Bu alt bölümlerin tümünde önemli gelişmeler sağlanmış olup, uygulanabilir teknoloji birikimi bulunmaktadır. Uygulamanın yaygınlaştırılmasının önündeki engeller, ekonomik faktörler ve mevcut enerji sistemleri ile geleneksel motorların demodeleşmesinin doğurabileceği stratejik sakıncalardır. Ancak, çevresel koşullar bir an önce kullanımının başlamasını zorunlu kılmaktadır (Lide, 1994).

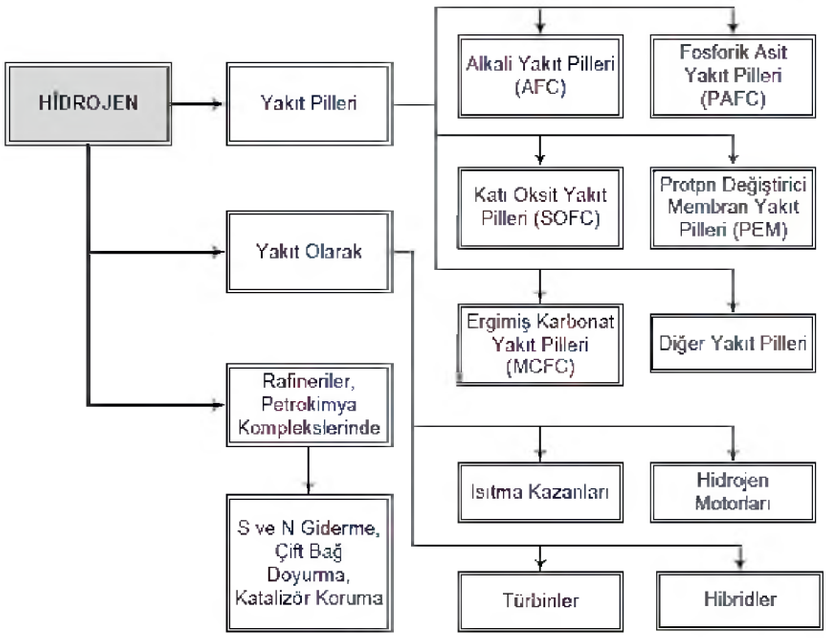
Hidrojen su içinde bol bulunan bir maddedir ve yerli enerji kaynakları ile üretimi mümkündür. Kullanım verimi yüksek bir yakıt olup çeşitli amaçlar için kullanılabilmektedir. Motor ya da gaz türbini ile bir jeneratörü tahrik ederek veya yakıt pili olarak kullanılarak, yüksek bir verimle elektrik üretilebilir. Taşıtlarda; basınç altında, sıvı halde ve metal hibrit şeklinde depo edilerek motor yakıtı olarak yararlanılır. Kimya endüstrisinde hammadde olarak kullanılır[75]. Hidrojen çevre dostudur. Çevre etkisini de içeren efektif maliyeti diğer yakıtlardan düşüktür. Yanma sonucunda sadece su buharı meydana gelir. Yanma ısısı oldukça yüksektir ve zehirleme etkisi yoktur. Boru ve tankerlerle taşınabilir. Üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanılması durumunda, bu kaynakların kesintili olma sorununa da çözüm getirir. Hidrojenin yukarıda sıralanan özellikleri gösteriyor ki yeni yüzyıl Enerji-Ekonomi-Ekoloji (kısaca 3E) uyumu açısından hidrojen çağı olacaktır.

Hidrojenin yakıt olarak kullanımına ilişkin düşüncüler 1820'lere kadar inmekte ise de, bu düşüncenin gerçekleşmesine yönelik çalışmalar 150 yıl sonra olabilmiştir. 1970'li yılarda hidrojene bir enerji taşıyıcısı olarak bakıldığı pek söylenemez. O yıllarda hidrojen enerjisi, hidrojen ekonomisi ve hidrojen enerji sistemi gibi kavramlar, henüz enerji literatürlerin de yer almıyordu. Ancak, roket yakıtı olarak hidrojen kullanılıyor, hidrojen üzerindeki çalışmalar gizlilik içinde yürütülüyordu.

1974 yılında ABD Florida da Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından Enstitü Direktörü Türk bilim adamı Nejat Veziroğlu başkanlığında düzenlenen Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansın (THEME), hidrojen enerjisi kullanımı açısından bir başlangıç noktası oluşturmuştur. Hidrojen enerji sisteminin yanı sıra, birbirleri ile bağlantılı biçimde enerji ve çevre sorunlarının tartışıldığı bu uluslararası forumda, Uluslararası Hidrojen Enerjisi Birliği (IHEA)'nin kurulması kararlaştırılmıştır. Bugün IHEA'nın dışında çeşitli ülkelerde 11 hidrojen enerjisi örgütü bulunmaktadır. 1974'teki THEME Konferansının ardından iki yılda bir olmak üzere Dünya Hidrojen Enerji Konferansları yapılmaktadır[76].

[75] Assesment of the Economic Impact of the Canadian Hydrogen and Fuel Cell Sector, Ference Weicker & Company, BC Ministry of Small Business, Technology and Economic Development, March 26, 2010.

[76] Industry Review 2010, Fuel Cell Today.



Şekil 9.1. Hidrojen Enerji Çevrimi[77]

9.1. Hidrojenin Elde Edilmesi

Hidrojen üretiminde kullanılan çeşitli kaynaklar ve teknolojiler vardır; doğalgaz, kömür, benzin, metanol veya biyokütleden ısıyla; bakteriler ve alglerden fotosentezle; elektrik veya güneş ışığı ile suyu parçalayarak hidrojen üretilebilir.

Bugün hidrojen üretiminin çoğu fosil hammaddelerden yapılır. Dünya hidrojen üretiminin %48'i doğal gazdan (%90'dan fazlası metandır), %30'u rafineri ürünlerinden, %18'i kömürden ve kalan %4'ü de suyun elektroliziyle elde edilmektedir. Bunların dışında geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan yeni hidrojen üretim prosesleri de vardır. Hidrojen üretim metotları hammaddeye, elde edilmek istenen hidrojen miktarına ve saflık derecesine göre değişir. Yeni geliştirilmekte olan yöntemler de dikkate alındığında hidrojen üretim teknolojileri üç grup altında toplanabilir:

Fosil Hammaddelerden: Kömürün Gazlaştırılması, Buhar Reformingi, Ototermal Reforming, Termal Disosiyasyon.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından: Suyun Elektrolizi, Fotoelektroliz, Suyun Termal Parçalanması, Biyokütle Gazlaşması

Atık Gaz Akımlarından: Rafineriler (buhar veya metanol reforming fabrikaları proses gazı gibi) ve kimyasal madde fabrikaları (amonyak veya metanol sentezi gibi) gibi işletmelerde hidrojence zengin atık gazlardaki hidrojeni arıtma78.

[77] Hidrojen Enerjisi Teknolojisinin Dünyada Gelişimi,http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_teknolojisi.aspx, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2013.
[78] The Institute of Applied Energy, http://www.iae.or.jp/e/group/hydrogen.html, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2013.

9.2. Hidrojen Enerjisinin Dünya'daki Mevcut Durumu

Bir enerji taşıyıcısı ve yakıt olarak hidrojenin taşıdığı potansiyel, yaklaşık 200 yıldan beri bilinmektedir. 1805 yılında Isaac de Rivaz tarafından icat edilen erken içten yanmalı motor, hidrojenle çalışmaktadır. Bundan yaklaşık 90 yıl sonra Alman mucit Rudolf Diesel, toz haline getirilmiş kömürü (karbon ve hidrojen) kullanan dizel motoru icat etmiş ve mükemmelleştirmiştir. Gelecek bilimci Jules Verne, hidrojenle ilgili görüsünü Gizemli Ada adlı romanında ortaya koymuştur. Jules Verne'nin kitabının basımından yüzyıl sonra, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler enerji, ekonomi ve çevre güvenliği sorunlarına potansiyel çözüm olarak, hidrojen ekonomisinin evrimini hızlandırmayı kabul etmişlerdir. (URAK, 2010, s. 819).

1974 yılında ABD Florida'da, Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından düzenlenen 'Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı' (THEME), bu konuların yayılması ve hidrojen enerjisi kullanımına başlangıç oluşturması açısından önemlidir. Bu toplantı ile Uluslararası Enerji Birliği (IHEA) kurulmuştur. Bugün söz konusu örgütün dışında, çeşitli ülkelerde ona yakın hidrojen enerjisi örgütü bulunmaktadır. Ayrıca, on bir kez Dünya Hidrojen Enerji Konferansı (WHEC) toplanmıştır.

Yakıt olarak hidrojen kullanan ilk uçak ABD'de 1956 yılında denenmiştir. Eski Sovyetler Birliği'nin hidrojenle uçan ilk uçağı ise 1988 yılında yapılmıştır. ABD Lockheed firması hidrojenle çalışan kargo uçağı geliştirmiştir. Bu konuda Alman-Rus işbirliği ile air-bus tip uçak geliştirme projesi olup, Japonya'da hidrojenli hipersonik uçaklar geliştirilmesi üzerinde durulmaktadır. Halen uzay mekiğinde ve uzay araştırma roketlerinde yakıt olarak hidrojen kullanılmaktadır.

Ballard, BMW, Buick, Daimler Benz, Ford, G.M., Honda, Mazda, Suzuki, Toyota gibi otomobil firmalarının 1990 öncesi deneme ve demonstrasyon amacıyla ürettikleri hidrojenli araçlar vardır. %15 - 20 hidrojen ve %80 - 85 doğalgaz karışımı hythane olarak adlandırılmakta olup, bu yakıtla çalışan otobüs, 1993 yılında Kanada Montreal'da denenmiştir. MAN firması içten yanmalı doğal gaz motorundan geliştirdiği tek sıra üzerinde altı silindirli hidrojen motorunu MAN SL 202 otobüsüne uygulamıştır. MAN D 25 66 Diesel motoru da hidrojene uyarlanmış olarak bir diğer test otobüsünde kullanılmıştır. Almanya'da bu tür test ve gösterim otobüsleri 1994 yılından bu yana piyasaya sürülmüş bulunmaktadır. Hidrojenin eşsiz bir özelliği, ekzotermik kimyasal reaksiyon altında, bazı metal ve alaşımlarla kolayca büyük miktarlarda hibrit biçimine dönüşebilmesidir. Değişik tip hibritler geliştirilmiş olmakla birlikte, kütlesi hafif olanlar tercih edilmektedir. Hibritlere ısı verildiğinde hidrojen serbest kalmaktadır. İlk kez Mercedes firması tarafından metal hibritli bir deneme aracı yapılmıştır. Halen Japonya'da Tokyo Electric Company tarafından kurulan 11 MW'lık elektrik santralı Rokko adasının elektrik ve ısı ihtiyacını karşılamakla birlikte, kapasiteleri 50 ile 500 MW arasında değişen yüzlerce yakıt pilli tesis bulunmaktadır. Sadece Tokyo'da şehrin elektrik ihtiyacının 40.000 kW'lık bölümü hidrojen enerji sistemlerinden sağlanmaktadır[79]. Almanya'da Münih havaalanında çalışan otomobil ve otobüslerin hidrojen enerjisi kullanması yönündeki projenin yanı sıra Neurenburg yakınlarında mini bir hidrojen enerji sisteminin kurulduğu bir program yürütülmektedir. Solar-Wasserstoff-Bayern burada güneş hidrojen tesisi, depolama sistemi ve hidrojen kullanma sistemleri kurmuştur. Brezilya ve Güney

[79] Survey of Energy Resources,http://www.worldenergy.org/publications/survey_of_energy_resources_2007/default.asp

Amerika'da en büyük hidrogüç tesisi Haipu'dur. Burada elektrolitik hidrojen gazı üretilmektedir.

Taşıtlarda hidrojenin içten yanmalı motorlar veya yakıt pilleri aracılığıyla kullanımı konusunda da, Daimler-Benz şirketinin sıfır salımlı minübüsü, BMW, Dodge, Buick, Suzuki firmalarının deneme otomobilleri, Macchi-Ansoldo'nun ve MAN firmasının SL202 otobüsleri, Kanada demiryollarının Lokomotifi ile Almanya, Avustralya ve Kanada donanmaları için imal edilen denizaltılar sayılabilir. Mercedes-Crysler firması, büyük şehirlerde çevre kirliliğini önlemek için, 30 adet hidrojen ile çalışan 70 kişilik toplu taşım araçlarını 10 Avrupa başkentinde, her türlü iklim ve arazi şartlarında denemektedir. Bu araçlarda sistem elektrik motoru ile hareket eder, motor, piston, krank ve şanzıman yoktur. Amerika'nın Duffy Boats firması elektrikle çalışan ilk tekneyi geçtiğimiz aylarda üretmişlerdir. Her biri 1,5 kW gücünde 4 yakıt piliyle hareketlendirilmiş olan bu tekne yakın gelecekte, sahillerde, nehirlerde, kanal ve boğazlarda yani ulaşımın su üzerinde yapıldığı her yerde taksi görevini görecektir.

Değişik senaryolara göre 2025 yılında dünya genel enerji tüketiminin ulaşacağı düzey12.000 -16.000 MTEP olarak tahmin edilmektedir. Aynı yılda dünyada 1.500 - 2.600 MTEP hidrojen enerjisinin kullanılması planlanmaktadır. Böylece, göz önüne alınan etüt periyodu (2000 - 2025 dönemi) sonunda, dünya birincil enerjisinin %9 - 21 açıklığı arasında ki bir bölümü hidrojene dönüştürülerek kullanılabilecek demektir. Bu oran daha çok %10 olarak öngörülmektedir (URAK, 2010).

9.3. Hidrojen Enerjisinin Türkiye'deki Mevcut Durumu

Türkiye'nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu (1993) kapsamında, hidrojen teknolojisine kısaca değinmekle birlikte, resmîleşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin adı geçmemektedir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından saptanan, 1993-2003 yılı ulusal bilim ve teknoloji politikasında hidrojen yakıtına yer verilmemiştir. Hidrojen konusu üniversitelerimiz ve araştırma kuruluşlarımızda çok sınırlı bir biçimde ele alınmaktadır.

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde hidrojen alanında uluslararası enerji ajansı programları kapsamında çalışma başlatılmak istenmişse de, söz konusu işbirliği 1996 yılında kesilmiştir. Şimdi, Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UNIDO) desteği ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) projesi kapsamında, İstanbul'da Hidrojen Enstitüsü kurulması konusu gündemdedir. 20-22 Kasım 1996 tarihinde Viyana'da yapılan 16. UNIDO Endüstriyel Kalkınma Kurulu Toplantısı'nda UNIDO işbirliği ile ülkemizde ICHET kurulması kararı alınmıştır. Buna göre, UNIDO hukuksal çerçevesinde özerk bir kurum olarak çalışacak ve ICHET İstanbul'da kurulacaktır. ICHET'in tasarlanan amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında hidrojen teknolojileri köprüsünü oluşturmak, hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulamalı AR-GE çalışmalarını yapmaktır. ICHET'in işlevi; kısa ve uzun dönemli eğitim vermek, bilimsel toplantılar düzenlemek, danışmanlık hizmetleri sunmak ve benzeri kuruluşlarla işbirliği oluşturmak biçiminde belirlenmiştir. Merkezin çalışma konuları; hidrojen enerjisi politikaları, hidrojen ekonomisi, enerji ve çevre, hidrojen üretim teknolojileri, hidrojen depolama teknikleri, hidrojen uygulamaları ve demostrasyonlar olacaktır. Türkiye, ilk 5 yıllık dönem için arazi, tesis, ilk yatırım ekipmanı ve işletme faaliyetlerini finanse etmek üzere 40 milyon ABD doları verecektir. ICHET projesi Türkiye'nin hidrojen çağına tutarlı biçimde adım atmasını sağlayacak, Türkiye'ye avantaj kazandıracak önemli bir girişimdir.

Türkiye'de hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilecek olası kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve adım atılması gereken nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişme sürecinde ve teknolojik geçiş aşamasındaki ülkeler açısından, uzun dönemde fotovoltaik güneş-hidrojen sistemi uygun görülmektedir. Fotovoltaik kanallardan elde olunacak elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üreten bu yöntemde, 1 m3 sudan 108,7 kg hidrojen elde olunabilir ki, bu 422 litre benzine eşdeğerdir. Türkiye'nin hidrojen üretimi açısından bir şansı, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz'in suyunun %90'ı anaerobiktir ve hidrojen sülfür (H2S) içermektedir[80].

Hidrojen Sülfür, Karadeniz dip sularında meydana gelen aşırı kirlenme sonucunda oluşmuştur. H2S'ün bulunduğu Karadeniz dip suları oksijen bakımından oldukça fakirdir. Hidrojen sülfürün bulunduğu kısımlarda hiç oksijen bulunmadığından bu kısımlarda canlı varlıklara rastlanmamaktadır. Hidrojen sülfür için söylenmesi gereken en önemli özellik Hidrojen Sülfürün yüksek oranda toksik içermesi ve ağır bir kokuya sahip olmasıdır. Hidrojen Sülfürün çevresel zararlarını azaltmak için bu madde bileşenlerine ayrılmalıdır. Ayrışma sonucu ortaya çıkan bileşenler gaz formdaki kükürt ve hidrojendir.

Karadeniz; Bulgaristan, Gürcistan, Romanya, Rusya, Türkiye ve Ukrayna gibi ülkelerden gelen akarsularla beslenmektedir. Ayrıca Avrupa ve Asya'daki akarsu havzalarında bulunan toplam 21 ülkeden 2.300.000 km2'lik geniş bir bölgenin tüm kirlenme etkileri Karadeniz'e taşınmaktadır. Karadeniz, diğer denizlerden izole edilmiş ve sadece Marmara Denizi vasıtasıyla Ege Denizine açılmaktadır. Karadeniz'de su sirkülasyonunun olmaması yaklaşık 150 – 200 metre derinliğin altında oksijensiz bir tabakanın oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca Karadeniz'de tuz miktarı diğer denizlere oranla daha az olup, boğazın alt kısmından Karadeniz'e tuzlu su akışı mevcuttur. Bu durum Karadeniz'de yaşayan balıkların ve diğer deniz canlılarının ölmesine neden olmaktadır. Aşırı kirlilik neticesinde ve tuz yoğunluğu sebebiyle canlıların ölmesi sonucu meydana gelen birikimler sonucunda dip sularında H2S konsantrasyonunun artmış olması muhtemeldir. Ayrıca Karadeniz'in orta bölgelerinde su yüzeyinden yaklaşık 100 m derinliğe inildiğinde Hidrojen Sülfür tabakasına rastlanacaktır. Kıyı kesimlerde H2S 'e ulaşım derinliği minimum 170 m'dir. Karadeniz ortalarına kurulacak olan platformlar sayesinde H2S'in yüzeye çıkarılma maliyeti azaltılmış olacaktır. Zonguldak, Samsun, Sinop, Giresun açıklarında H2S'e ulaşmak daha kolaydır (Veziroğlu, 2004).

Ayrıca H2S'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edebileceğimiz enerji ile rahatlıkla bileşenlerine ayırabiliriz. Bu bağlamda Karadeniz–Güneş–Rüzgâr Hidrojen Enerji Sistemi Projesi (KGRHES) dikkate alınması gereken bir projedir. Karadeniz üzerindeki güneş enerji potansiyeli; Kıyıda yıllık 19.664 saat güneşlenme süresi ve ortalama 10,32 MJ/m².gün'dür. Kıta sahanlığı genişliğine bağlı olarak bu değerler %20 kadar azalma göstermektedir. Temmuz ayında ise güneş ışınım yoğunluğu 25,13MJ/m².gün düzeyine çıkabilmektedir. Karadeniz'de rüzgâr hızının yıllık ortalama değeri karasal kesimde 5 m/s düzeyine ulaşmakta olup deniz yüzeyinde bu değer daha üst seviyelere çıkmaktadır. Ülkemizin rüzgâr enerjisi bakımından zengin bölgelerinden biri olan Sinop'ta, meteorolojik ölçüm yüksekliğinde yıllık ortalama rüzgâr hızı 4,7 m/s'dir. Sinop'ta pik enerji 9 - 10 m/s sınırlarında 76,45 KWh/m^2 olup, esme saat sayısı 143 h/yıl'dır. 50 kWh/m^2 enerji yoğunluğu üzerindeki üretimin kapsadığı rüzgâr hızları 4 - 13 m/yıl düzeyindedir. Bu rüzgâr aralığının kümülatif rüzgâr aralığı 682 KWh/m^2, esme saat sayısı da 8.731 h/yıl kadardır. Dolayısıyla bu aralık enerji üretim aralığının %72'sini kapsamaktadır. Gerek güneş enerjisi ve gerekse rüzgâr enerjisi için ölçülen bu değerler

[80] Fuel Cells for Portable Power: Markets, Manufacture and Cost Revised Final Report for Breakthrough Technologies & U.S. Fuel Cell Council Submitted January 13, 2003 by Darnell Group Inc.Corona, California, U.S.A.

(KGRHES) projesi için uygundurlar. Karadeniz'den 10.000 ton sülfit üretiminin yapılabileceği düşünüldüğünde, böyle bir projenin Karadeniz İşbirliği kapsamında ele alınabileceği öngörülebilir.

Karadeniz dip sularında bulunan toplam H_2S potansiyeli dikkate alınarak elde edilecek hidrojen miktarları düşünüldüğünde bu durum bölge açısından özel bir önem arz etmektedir. Karadeniz dip sularından hidrojen sülfürün %100 ayrıştırılması sonucu 268,823 milyon ton hidrojen elde edilmesi mümkündür. Bir evin yıllık enerji ihtiyacı yaklaşık 3600 kWh olduğunu kabul edecek olursak ve Karadeniz Bölgesi'nde yaklaşık 10 milyon ailenin yaşadığı düşünülürse, bu kitlenin yıllık enerji ihtiyacı toplamı 3,6 x 1010kWh olacaktır. Bu enerji ihtiyacının tamamının sadece ve sadece Karadeniz dip sularından elde edilecek hidrojen yakıtından karşılanması durumunda bu Bölge'nin yaklaşık olarak 180 yıllık enerji ihtiyacının karşılanacağı düşünülmektedir. Fosil kökenli veya yenilenebilir enerji kaynaklarının Bölge'deki enerji ihtiyacını belli oranda karşılayacağını düşünecek olursak bu durumda dip sularından elde edilen hidrojenden Karadeniz Bölgesi'nin 350 yıllık enerji ihtiyacının karşılanabileceği tahmin edilmektedir. Günümüz koşullarında 1 kWh elektrik enerjisi kullanımı için 0,112 USD ödeneceği dikkate alınırsa, H_2S rezervine bağlı olarak Karadeniz dip sularından elde edilecek olan hidrojenin ekonomik değerinin yapılan hesaplamalar sonucunda yaklaşık 715 milyar USD olduğu tahmin edilmektedir (Veziroğlu, 2004).

9.4. TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde Hidrojen Üretimi

Balıkesir ve Çanakkale den oluşan TR22 Güney Marmara Bölgesinde hidrojen üretimi ve depolanması ile ilgili olarak, Çanakkale ili ilçelerinden Bozcaada da Hidrojen Enerji Üretim Tesisi örnek çalışma olarak verilebilir. Böyle bir tesisin kurulması ve projelendirilmesi fikrinin ilk temelleri; 2003 yılında İstanbul'da Birleşmiş Milletlere bağlı Uluslararası Hidrojen Enerji Teknolojileri Araştırma Merkezi (UNIDO-ICHET)'in kurulmasıyla başlamıştır. 2008 yılının Temmuz ayında hidrojen enerjisi üretimi ve depolanması çalışmaları için Bozcaada pilot bölge seçilmiş ve çalışmalara başlanmıştır. 07 Ekim 2011 tarihinde Bozcaada'da hidrojen enerjisi üretimi gerçekleştirildi. Böylece; dünyadaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı Hidrojen Adaları Programı bir Türk adasında uygulamaya sokulmuş oldu. Üretilen hidrojenin sabit veya mobil sistemlerde enerji kaynağı olarak kullanılması ilk hedef olmuştur. Bu amaçla hidrojenin güvenli bir şekilde depolanmasına yönelik çalışmalara dikkatler çekilmiştir. Tesis, Bozcaada kaymakamlık binası arazisinde yer almaktadır.



Şekil 9.2. Bozcaada hidrojen üretim ve depolama tesisi

Sistem aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

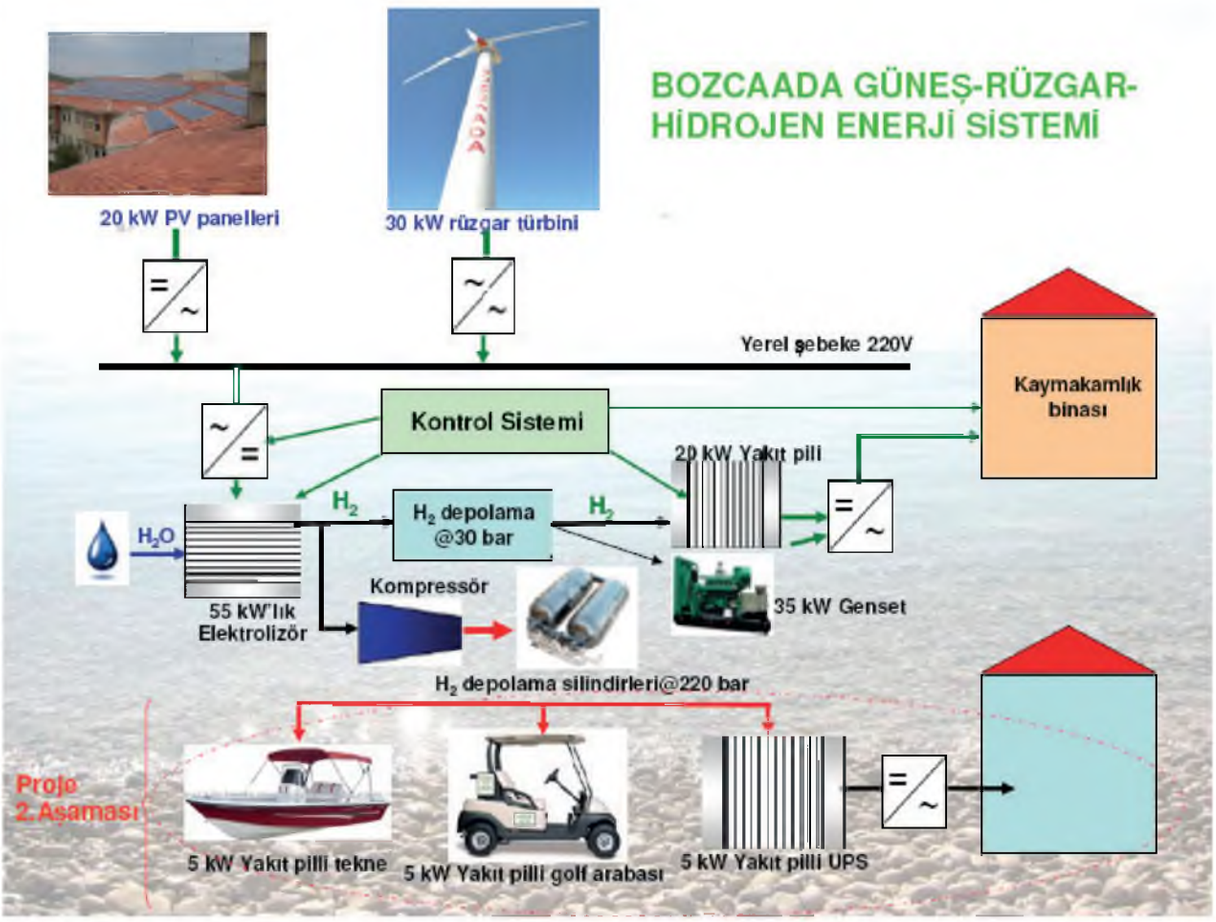
- Konteyner içinde 11 Nm3/h ve 30 bar alkali elektroliz ünitesi
- Konteyner içinde 21 kW'lık PEM yakıt pilleri
- Konteyner içinde H2 kompresörü (8 Nm3/h ve 20 bardan 220 bara)
- Konteyner içinde H2 içten yanmalı jeneratör (40 kW H2 içten yanmalı motor, 35 kW senkron jeneratör)
- 30 bar, 120 Nm3/h H2 depolama tankı
- 720 Nm3/h depolama kapasitesine sahip 200 bar H2 silindirleri

Sistem 20 kW'lık güneş panelleri ve 30 kW'lık rüzgar türbini ile beslenmekte olup gerektiğinde şebeke elektriğini de kullanabilmektedir. Herhangi bir su kaynağından alınan suyun öncelikle ters ozmos ile minerallerinden ayrılarak elektroliz işlemine tabi tutulmasıyla H2 ve O2 üretilmektedir. Üretilen H2 depolanırken O2 atmosfere salınmaktadır. Sistemin toplam gücü 55 kW'tır. ICHET ve İTÜ tarafından yapılan ortak çalışmalar sonucunda 5 kW yakıt pilli golf arabası, 5 kW yakıt pilli UPS ve 5 kW yakıt pilli tekne uygulamaları da hayata geçirilmiştir. Ayrıca sistemde üretilen enerji kaymakamlık binasında da test amaçlı kullanılabilmektedir.



Şekil 9.3. Bozcaada Kaymakamlık Binası

Bölge üniversiteleri başta olmak üzere hidrojen üretimi, depolanması ve enerji üretimi konularında çalışmalar yapmak isteyen ülkemizdeki araştırmacılar için iyi bir laboratuardır. Destek ve teşvikler ile etkin kullanım olanaklarının artacağına inanılmaktadır. Hidrojen enerjisi araştırma ve projelerinin geniş bir dökümü, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Türkiye Masası'nın yürütücülüğünde gerçekleştirilen bir çalışmada özetlenmiştir[81].



Şekil 9.4. Bozcaada Güneş – Rüzgar – Hidrojen Enerji Sistemi (Tabakoğlu, 2012)

10. DENİZ ENERJİSİ

10.1. Dünyada Deniz Enerjisi

Dünyada okyanus ve denizlerden enerji elde edilmesine yönelik çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmesine rağmen, henüz istenilen düzeyde bulunmamaktadır ve konuyla ilgili araştırmalar hızla devam etmektedir. Gelecekte, fosil yakıt olarak bilinen enerji kaynaklarında yaşanabilecek sıkıntılar nedeniyle, yenilenebilir ve çevre dostu olarak adlandırılabilecek diğer doğal kaynaklara yönelme zorunluluğu gündeme gelmiştir. Denizlerden enerji elde edilmesine yönelik çalışmalar arasında, günümüzde en gelişmiş yöntemlerin başında Gel-Git

[81] Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, http://enerji.comu.edu.tr/belgeler/tc_iklim_degisiklgi_birinci_ulusal_bildirimi.pdf, Erişim Tarihi: 01 Ağustos 2013.

akıntılarından yararlanılan sistemler gelmektedir. Örneğin Japonya'da 2001 yılı kaynaklarına göre, Gel-Git akıntılarından yaklaşık 25 milyon kW'lik enerji üretiminin gerçekleştirildiği, bunun da yıllık 219 milyar kWh'lik bir üretime karşılık geldiği bildirilmektedir (Kiho 2001). Deniz akıntılarından elde edilebilecek enerji yoğunluğunun da rüzgar gücünden elde edilebilecek enerji üretiminden yaklaşık 1.000 kat daha fazla olabileceği ve bundan da henüz yeteri kadar yararlanılmadığı belirtilmektedir (Shiono ve diğ.,2002). Dolayısıyla, deniz kökenli enerji kaynakları arasında günümüzde en yaygın olarak kullanılmakta olan Gel-Git akıntılarındaki enerji potansiyelinin dahi henüz yeterince yararlanılmadığı söylenebilir. Deniz kıyıları 8.200 km civarında olan Türkiye kıyılarının %20'sinden yararlanarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli için yapılan tahmini değer, ülkemiz enerji ihtiyacının yaklaşık %13'ünü karşılayabilecek olan 18,5 milyar kWh olarak bildirilmektedir (Uygur ve diğ., 2006).

Deniz kökenli enerji kaynakları; gel-git akıntıları enerjisi, dalga enerjisi ve deniz termal enerji dönüşümü (OTEC-Ocean Thermal Energy Conversion), akıntı Enerjisi olmak üzere başlıca 4 ana grupta incelenebilmektedir. Bunlardan ilk 3 grupta belirtilen deniz enerji kaynakları ile ilgili çeşitli araştırmalara rastlanılmakla birlikte, deniz akıntı sistemlerinden enerji üretimi için, denizler arasında boğaz yoluyla su akışı bulunan sınırlı sayıdaki bölgelerde potansiyel olması nedeniyle üzerinde fazla durulmamış olduğu görülmektedir.

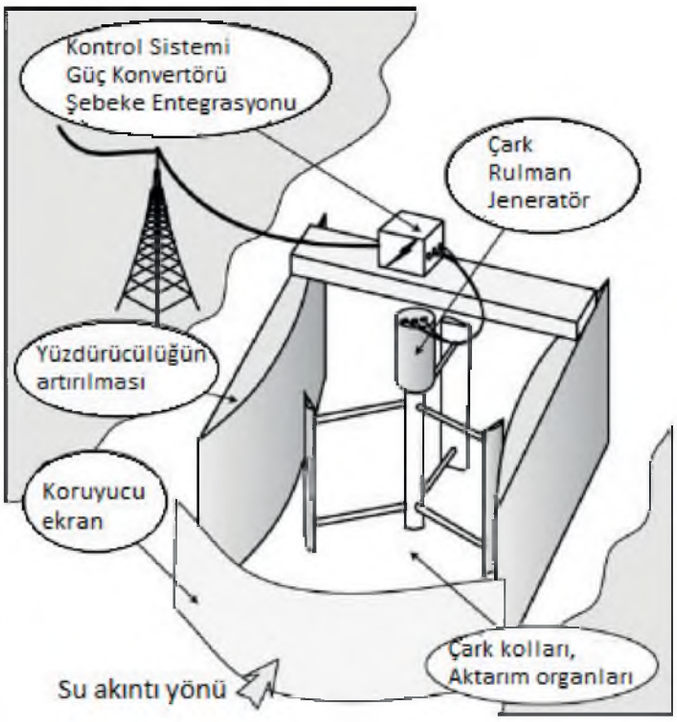
Dünyamızın dörtte üçlük bölümünün denizlerle kaplı olduğu ve dünyaya ulaşan güneş enerjisinin büyük kısmının denizler tarafından emildiği göz önünde tutulursa, denizlerimizin büyük bir solar kollektör olduğu kabul edilebilir (Moreno ve diğ., 2008). Deniz enerjileri ile ilgili proje aşamasında olan dünyada birçok araştırma çalışmaları bulunmaktadır. Araştırmalarda güvenilir sonuçlar elde edebilmek için zaruri olan deniz saha çalışmaları için yüksek düzeyde bütçeye ihtiyaç duyulmaktadır. Denizlerde farklı sektörlerin ortak kullanım hakları bulunması nedeniyle ve özellikle deniz enerjisi üretim sistemlerinin yerleştirilebileceği offshore sahalar aynı zamanda deniz trafiğine açık olan sahalar olması nedeniyle, araştırma sahalarının oluşturulmasında zorluklarla karşılaşılmaktadır. Araştırma ve uygulama sahalarının yetersizliği gibi sorunların yanı sıra, kaynak yetersizliği, kullanılacak teknolojilerin henüz tanımlanmamış olması araştırma faaliyetlerini yavaşlatmaktadır.

Bununla birlikte, potansiyel olarak belirlenmiş deniz sahalarında özellikle enerji üretim sistemlerinde en verimli şekilde kullanılabilecek türbinlerin yapısal özelliklerinin belirlenmesi ve üretim sistemlerinin tasarımının yapılması, günümüzdeki çalışmaların ana konularını oluşturmaktadır.

Denizlerden enerji üretimi için deniz ortamına yerleştirilecek tam teşekküllü ve aynı zamanda sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji üretim sisteminden bahsedilebilmesi için, hidrodinamik gücün mekanik güce dönüşümünü sağlayan ünitenin yanı sıra, elektrik elektronik birimi (powerelectronics), sistemin denize konuşlandırılması (deployment), deniz tabanına çapalama (mooring) ve çevresel su parametrelerinin takibi (environmental monitoring) gibi bir alt-sistem ile birlikte planlanması gerekmektedir (Şekil 10.1).

10.1.1. Gel-Git Akıntıları Enerjisi

Gel-Git ile deniz seviyesinde önemli derecede değişimlerin görüldüğü bölgelerde uygulanabilecek yöntemlerdendir. Bu yöntemde, denizin hemen kenarında bulunan doğal veya yapay gölet veya benzeri bir yapıya deniz suyu, oluşan seviye farkına göre denizden gölete veya tersi yönde doğal haliyle akarken, türbinler üzerinden geçirilmektedir ve bu şekilde enerji üretimi gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 10.1. Hidrokinetik Enerji Konvertör Sistem Taslağı (Khan ve Diğ., 2008)

Gel-Git enerjisi için dünyada elverişli olan sayılı alanlarda tahmini potansiyelinin 100.000 MW düzeyinde olduğu bildirilmektedir (Hartkopf, 1999). Dünyada az sayıda santralin Gel - Git enerjisi ile çalıştığı, bunlardan ticari olarak çalışan iki santralden birisi, 240 MW'lık Fransa-St.Malo'daki La Rance santrali, diğeri ise Kanada'daki 16 MW güçte çalışan Annoapolis santralidir. Bunun dışında Çin'de 1961-1989 yılları arasında faaliyet gösteren 9adet santralin bulunduğu belirtilmektedir. Bu santrallerden ikisinin 5,0 ve 3,2 MW güçte olduğu ve toplam 9 santralin 10,97 MW güce sahip olduğu kaydedilmiştir. Yine Rusya- Kislaya'da da aynı şekilde gel git enerjisi ile çalışan ve 2 MW gücünde olan bir santralin de bulunduğu bildirilmektedir (Graw, 1995).

Yapılan hesaplamalara göre, okyanuslardaki Gel-Git hareketleriyle günlük 3.000 TWh enerji kapasitesinin mevcut olduğu ve bunun %2'sinin (60 TWh) elektrik enerjisine dönüştürülebileceği belirtilmektedir. Gel-Git enerjisinden, Fransa ve Rusya'da 400 kW-240 milyon kW kapasitelerinde yararlanıldığı kaydedilmektedir (MMO, 2008). Şekil 10.2'de dünyada çeşitli bölgelerde metre cinsinden Gel-Git akıntıları mesafeleri verilmiştir. Çevre dostu ve tükenmez bir enerji kaynağı olarak görülen ve yüksek potansiyel olarak belirlenen Gel-Git enerji kaynaklarının olumsuz tarafı ise, kesikli enerji sağlayan, yani enerji kaynağından sadece günün belirli saatlerinde enerji temin edilebilmektedir. Ayrıca dünyada enerji üretilebilecek kadar büyük ölçekte Gel-Git'lerin oluştuğu bölgel-

er sınırlıdır. Bu özelliklere bağlı olarak üretim için yatırım maliyetleri de diğer alternatif kaynaklara oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (İnan, 2001).



Şekil 10.2. Dünyadaki Ortalama Gel-Git Akıntı Mesafeleri (M) (Moreno ve Diğ., 2008)

Gelgit hareketlerinden elektrik üretmek için, alçalan ve yükselen gelgit arasındaki farkın en az 5 metre olması gerektiği ve yeryüzünde bu büyüklükte gelgitlerin bulunduğu yaklaşık 40 bölge bulunduğu bildirilmektedir (Demirtaş, 2010). Dolayısıyla, ülkemiz için Gel-Git akıntılarından enerji üretimi potansiyelinin düşük olduğu söylenebilir.

10.1.2. Dalga Enerjisi

Deniz yüzeyindeki hava hareketleri ile sıcaklık değişimlerine bağlı olarak oluşan rüzgar etkisiyle denizlerde görülen hareketlenme dalgaları oluşturur. Dünyanın birçok yerinde rüzgar sürekli dalgalar oluşturacak kadar düzenli ve sürekli estiğinden, dalga enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha bol ve yaygın güç elde etmeyi sağlayabilir. Günümüzde dalga enerjisinin kullanımı ticari olarak yaygın olmamakla birlikte, bu konudaki ilk çalışmalar 1799'a kadar uzanmaktadır. Bu konudaki ilk patent 1799 yılında Girard ve oğlu tarafından Fransa'da alınmış, 1855'ten 1973'e kadar sadece İngiltere'de alınan patent sayısı 340'a ulaşmıştır (Clément ve diğ. 2002). Dalga enerjisi üzerine bilimsel olarak yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının öncüsü Japonya'da Yoshio Masuda'nın 1940'larda başlattığı deneyler olmuş, 1970'lere kadar çeşitli prototipler geliştirilmiştir (JAMSTEC, 2008). Özellikle 1973'teki ham petrol krizi dalga enerjisi üzerine ilgiyi arttırmış ve 1974'te Edinburgh Üniversitesi'nden Stephen Salter'ın geliştirdiği günümüzde Edinburgh ördeği (Salter'sduck, noddingduck, Edinburgh'sduck) olarak bilinen buluş, dalga hareketinin %90'ının durdurarak bunun %90'ını %81 etkinlikle elektrik enerjisine dönüştürmeyi başarmıştır (University of Edinburgh, 2008). 1980'lerde ham petrol fiyatlarındaki gerileme ile dalga enerjisi üzerine ilgi ve yatırımlar azalmış, ancak günümüzde küresel ısınma ve iklim değişimi nedeniyle ilgi tekrar yenilenebilir enerji kaynakları ve dolayısıyla dalga enerjisi üretimi üzerine yoğunlaşmaya başlamıştır. Son yıllarda dalga enerjisi ile ilgili çalışmalar Avrupa'da büyük önem kazanmış ve yeni projeler geliştirilmeye başlanmıştır. Dünyadaki dalga enerjisi potansiyelinin 2.000 TWh/yıl olabileceği tahmin edilmektedir ve bunun da dünyadaki elektrik enerjisi üretiminin %10'una karşılık geldiği

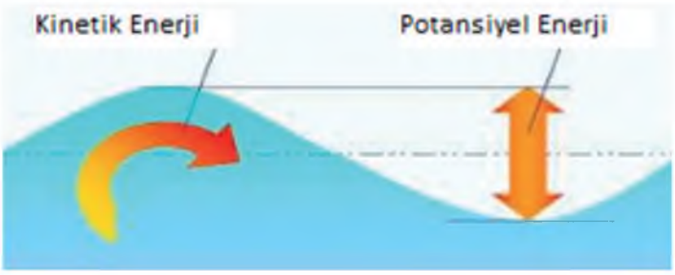
belirtilmektedir (Moreno ve diğ., 2008). Dalga enerjisi üretim sistemleri denizde oluşan dalgaların oluşturduğu kinetik enerjiye dayanmaktadır. Güneş tarafından üretilen rüzgarlar, enerjisini deniz üzerinde dalgalara dönüştürmektedir ve bu enerji tüm denizlerde okyanuslarda artarak önemli bir potansiyele ulaşmaktadır.

Şekil 10.3-10.4'te dalgaların oluşumu ve yayılımı şematik olarak tarif edilmektedir. Oluşan dalga çok az bir enerji kaybı ile binlerce km uzaklara taşınabilmektedir. Ancak, ters bir rüzgar etkisiyle ortaya çıkabilecek olan sürtünme nedeniyle enerji kaybı oluşabilmektedir. Kıyısal bölgede dalga enerjisi etkinliğinin daha düşük olduğu görülmektedir, bunu sığ bölgedeki derinliğe bağlı olarak deniz tabanı ile etkileşimden dolayı etki tepki prensibiyle açıklamak mümkündür.



Şekil 10.3. Dalga Oluşumu ve Yayılımının Şematik Tarifi (Moreno ve diğ., 2008)

Dalga enerjisinden elde edilen kinetik enerji, rüzgardan elde edilen kinetik enerjinin 1.000 katına eşdeğer olduğu, büyük ölçekli rüzgar enerji türbinlerine göre daha az görsel etkiye sahip olduğu aynı zamanda dalga enerji sistemlerinin işletim masraflarının da rüzgar enerji sistemlerine göre daha düşük olduğu belirtilmektedir. Gel-Git akıntı potansiyelinde olduğu gibi, dalga enerjisi potansiyeli de dünyada eşit dağılım göstermemektedir. En fazla dalga hareketi her iki yarımkürede ~30º ve ~60º enlemler arasında görülmektedir.



Şekil 10.4. Dalga Enerjisinin İki Hali (Moreno ve diğ., 2008)

Büyük ölçekli dalga enerji kaynakları Batı Avrupa sahilleri boyunca, Kanada ve ABD'nin Doğu ve Batı kıyıları boyunca ve Güney Amerika ile Avusturalya'nın Güney kıyıları boyunca görülmektedir (Şekil 10.5). Kaynak ölçümü ile ilgili çalışmalarda, kuzey-doğu Atlantik'te yaklaşık olarak 290 GW'lık bir enerji üretiminin elde edilebileceği ve Akdeniz kıyılarında ise yaklaşık olarak 30 GW'lık bir enerji üretiminin mümkün olabileceği görülmektedir (Moreno ve diğ., 2008). Dalga enerjisi ile çalışan ilk ticari enerji santralinin İskoçya'da kurulduğu ve 5 MW kapasiteye sahip olduğu belirtilmektedir (Moreno ve diğ., 2008). Yeryüzündeki dalga enerjisi potansiyelinin verildiği Şekil 10.5'te de görülebileceği üzere, İskoçya'daki enerji potansiyelinin diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Buradan hareketle diğer bölgelerdeki ve ülkemiz kıyılarındaki enerji üretim potansiyeli ile ilgili tahminlerde bulunmak mümkündür.



Şekil 10.5. Dünyada Dalga Gücü Seviyesinin Dağılımı (kW/m Tepe Yüksekliği) (Thorpe, 2001; CRES, 2003; Moreno ve diğ., 2008)

10.1.3. Dalga Enerjisi Dönüştürme Teknolojileri

Dalga enerjisini dönüştürme tasarımları, kıyı şeridi uygulamaları, kıyıya yakın uygulamalar ve kıyıdan uzak uygulamalar olmak üzere üç grupta incelenebilir (Tablo10.1).

10.1.4. Deniz Termal Enerji Dönüşümü (OTEC-Ocean Thermal Energy Conversion)

Deniz termal enerji dönüşümü, kısa adıyla OTEC sistemler, güneş ışınlarını elektrik gücüne dönüştüren bir enerji teknolojisidir. OTEC sistemler, deniz yüzeyindeki sıcaklık ile 1.000 m'ye kadar varan derinlerdeki sıcaklık farkından (en az 20°C'lik fark) yararlanmaktadır ve enerji dönüşümü Rankine çevrimi (Termodinamik döngü) esasına göre elde edilmektedir. OTEC sistemler esas itibarıyla, termal makine olarak da adlandırılabilir. Güneş ışınları etkisiyle ısınan yüzey suları ısı kaynağı görevi görürken, derin sular soğutucu olarak işlev görmektedir. Bu termal değişimi elektrik enerjisine dönüştürmek için yüzeydeki sıcak su bir başka akışkanın ısıtılması ve buhar basıncı uygulamasında kullanılır. Evaporasyon etkisindeki bu akışkan basınç oluşturur. Genleşme etkisiyle bu sıvı bir türbin jeneratörünü harekete geçirir ve daha sonra derinden gelen soğuk su ile tekrar yoğunlaşır ve bu döngü sürekli olarak devam eder. OTEC sistemlerinde, üretimin çevresel koşullardan etkilenmemesi ve sürekli aynı miktarda enerji üretilebilmesi sistemin avantajlı yönünü oluşturmaktadır. Dezavantajı ise, enerji üretimi için derinlerdeki suyun pompa masraflarının yüksek olmasıdır ve termodinamik verimliliğinin düşük olmasıdır.

Tablo 10.1. Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri

Uygulama Bölgesi	Yapı Tasarım	Avantaj	Dezavantaj	Örnek
Kıyı Şeridi	Kıyıda sabitlenmiş veya gömülü olarak uygulanır.	⊠Bakım ve inşası kolaydır. ⊠Derin su bağlantısı ya da uzun su altı kablosuna ihtiyaç duyulmaz.	⊠Dalga rejimi az güce sahiptir dolayısıyla kazanılan enerji düşük olabilir.	⊠Salınımlı su kolonu ⊠Daralan kanal sistemi ⊠Pendular
Kıyıya Yakın	10-15 m su derinliğe sahip bölgelerde uygulanır.	⊠Üretim kapasitesi rüzgar jeneratörü eklemesiyle arttırılabilir.	⊠İnşa maliyeti yüksek olabilir.	⊠Osprey ⊠WOSP 3500
Kıyıdan Uzak	40 m ve daha fazla su derinliğine sahip bölgelerde uygulanır.	⊠ Üretim kapasitesi yüksektir.	⊠ Uzun su altı kablolarına ihtiyaç duyulur.	⊠ Salter'sduck ⊠ McCabe dalga pompası ⊠ OPT dalga enerji dönüştürücüsü ⊠ Archimedes dalga salınımı ⊠ Pelamis

Günümüzde OTEC üretim sistemleri araştırma aşamasındadır. 1993 yılında, Hawai, Keahole Point'ta 50 kW'lık açık devre OTEC üretim istasyonu için bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak, 1999 yılında Natural Energy Laboratory tarafından bugüne kadar en büyüğü olarak kabul edilen OTEC kapalı devre test istasyonunda 250 kW'lık üretim denemeleri yapılmıştır (Moreno ve diğ., 2008).

10.1.5. Akıntı Enerjisi

Deniz kökenli enerji kaynaklarından 3'ü (gel-git akıntıları enerjisi, dalga enerjisi ve deniz termal enerji dönüşümü) ile ilgili çeşitli araştırmalara ve uygulamalara rastlanılmakla birlikte, deniz akıntı sistemlerinden enerji üretimi için, ancak denizler arasında boğaz yoluyla su akışı bulunan sınırlı sayıdaki bölgelerde potansiyel olması nedeniyle üzerinde fazla durulmamış olduğu görülmektedir.

Deniz akıntı enerjisi (DAE), boğaz akıntı sistemlerindeki kinetik enerjinin kullanılmasıyla elde edilen bir deniz enerji türüdür. Günümüzde yaygın kullanılmamasına rağmen, DAE'nin gelecekteki enerji üretimi için potansiyel enerji kaynakları arasında önemli yeri bulunmaktadır. Deniz akıntılarının öngörülebilirliği, rüzgar ve güneş enerjisine göre daha yüksektir[82].

Deniz akıntıları, dünya, ay ve güneş arasındaki yerçekimi etkileşiminden kaynaklanan gel-git akıntılarından tetiklenmekte ve bu şekilde oluşmaktadır. Diğer taraftan, sıcaklık ve tuzluluktaki bölgesel değişiklikler ve dünyanın kendi ekseni etrafındaki dönüşünden kaynaklanan Koriyolis etkisi de deniz akıntılarını etkilemektedir.

1980'li yıllarda DAE potansiyelini belirlemeye yönelik bazı araştırmaların başlatıldığı görülmektedir. Bu konudaki ilk çalışmalar İngiltere, Kanada ve Japonya'da başlatılmıştır. 2000'li yılların başlarında Avrupa'da 106 potansiyel alanlarda yapılan inceleme ve ölçümler sonucunda, yaklaşık olarak 50 TWh/yıl kadar bir enerji potansiyeli tahmin edilmiştir. Bu kaynağın başarıyla kullanılması halinde, 21. yüzyılda temin enerji üretimi sağlanırken ileri teknoloji ile yeni bir endüstrinin başlangıcı olacağı bildirilmektedir[83].

Yapılan araştırmalarda, DAE sistemlerinde su içerisine yerleştirilen türbin veya su çarkının verimli çalışması için deniz akıntı gücünün 4 knot üzerinde olması gerekmektedir (Bernitsas ve diğ. 2008). Bazı kaynaklarda verimli üretim için akıntı gücünün minimum 5 veya 6 knot olması gerektiği belirtilmektedir[84]. Bu da yaklaşık olarak minimum 2,57-3,08 m/s'lik akıntı hızına karşılık gelmektedir.

10.2. Türkiye'de Deniz Enerjisi

10.2.1. Türkiye'de Dalga Enerjisi

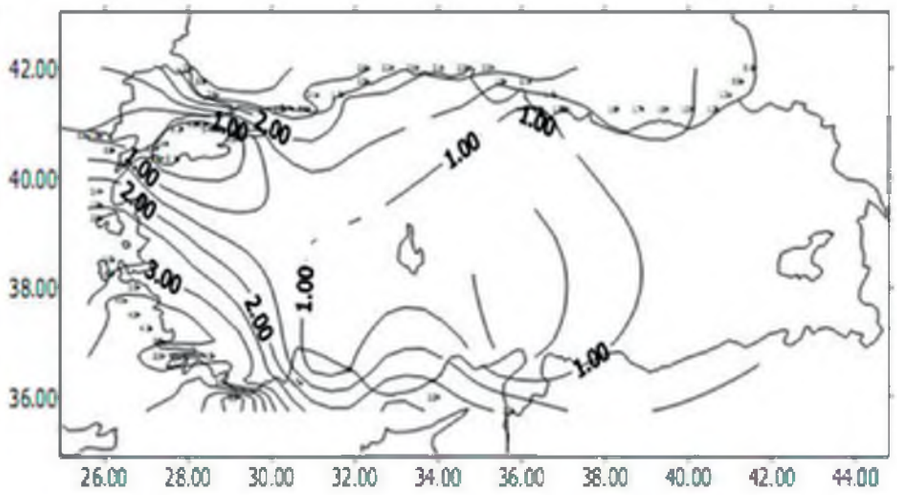
Ülkemizde Marmara Denizi hariç kıyı uzunluğunun 8.210 km olduğu düşünüldüğünde dalga enerjisi potansiyelinin geleceği göz ardı edilemez. Ancak kıyılardaki yerleşim alanları, turizm ve balıkçılık faaliyetleri, gemi trafiği, deniz altı tatbikat alanları göz önünde bulundurulduğunda bu potansiyelin sadece beşte birinin kullanılabilir olduğu görülmektedir (Yamak, 2006; Yılmaz ve Kösem, 2011).

Sağlam ve Uyar (2003), NATO TU WAVE projesi sonucunda oluşturulan "Türk Kıyı Rüzgarları ve Derin Dalga Atlası" verilerinden yararlanarak yaklaşık belirgin dalga yüksekliği (H), dalga periyodu (T), minimum enerji akışı için aylık ortalama, maksimum enerji akışı için aylık ortalamaların matematik ortalaması ve en büyük değerlerin en düşük olan değerlerini kullanarak Türk sularının kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari Dalga Enerji Potansiyelini belirlemişlerdir (Şekil 10.6-10.7).

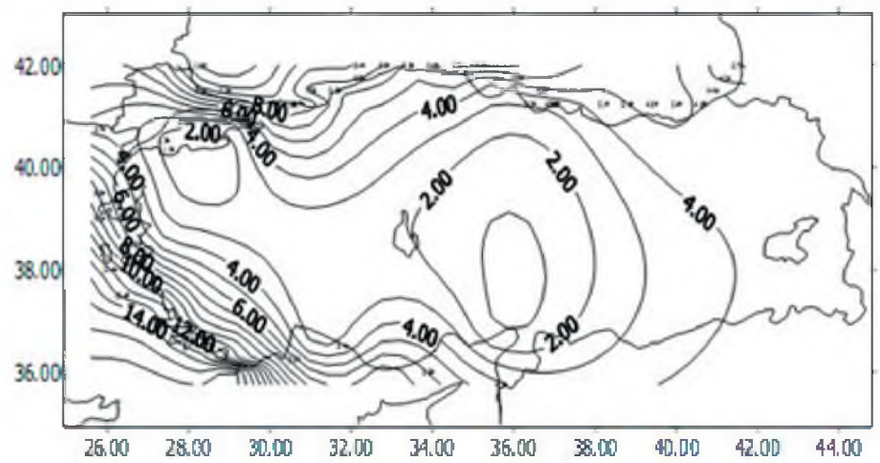
[82] Marine Current Power, http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_current_power, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2013

[83] Marine Current Power, http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_current_power, Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2013

[84] Fish Technology draws renewable energy from slow water currents, http://ns.umich.edu/new/releases/6842-fish-technology-draws-renewable-energy-from-slow-water-currents



Şekil 10.6. Türkiye Kıyılarında Asgari Dalga Enerji Seviyeleri (Sağlam ve Uyar, 2003)



Şekil 10.7. Türkiye Kıyılarında Azami Dalga Enerji Seviyeleri (Sağlam ve Uyar, 2003)

Türkiye'de dalga enerjisinden elektrik üretimi amacıyla ilk uygulama Adapazarı-Karasu ilçesinde Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi (TEMSAN) işbirliği ile 2007 yılında gerçekleştirilmiştir.

Bu bilgiler ışığında bölgelerin yıllık ortalama dalga enerji seviyeleri değerlendirildiğinde, rüzgar enerjisi potansiyellerine bağlı olarak ilk sıraları Ege ve Akdeniz kıyılarının aldığı Karadeniz'in ise bunları takip ettiği görülmektedir (Sağlam ve Uyar, 2003). Bölgesel ortalama dalga yoğunlukları incelendiğinde İzmir-Antalya arasındaki kıyı şeridinin dalga enerjisi çalışmaları için uygun olduğu belirtilebilir (Tablo 10.2) (Sağlam ve Uyar, 2003).

Tablo 10.2. Ülkemizdeki Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları (Sağlam ve Uyar, 2003)

BÖLGE	GÜÇ (kWh/m)
Karadeniz	1,96 – 4,22
Marmara Denizi	0,31 – 0,69
Ege Denizi	2,86 – 8,75
Akdeniz	2,59 – 8,26
İzmir-Antalya	3,91 – 12,05

10.2.2. Türkiye'de Akıntı Enerjisi

Yapılan araştırmalarda, DAE sistemlerinde su içerisine yerleştirilen türbin veya su çarkının verimli çalışması için deniz akıntı gücünün 4 knot üzerine olması gerekmektedir (Bernitsas ve diğ. 2008). Bazı kaynaklarda verimli üretim için akıntı gücünün minimum 5 veya 6 knot olması gerektiği belirtilmektedir[85]. Bu da yaklaşık olarak minimum 2,57-3,08 m/s'lik akıntı hızına karşılık gelmektedir.

Çanakkale Boğazı'nın akıntı sistemi birbiri ile ters yönde hareket eden 2 farklı akıntıdan oluşmaktadır; Karadeniz'den Ege Denizi'ne doğru hareket eden üst akıntı sistemi ve Ege Denizi'nden Karadeniz yönünde hareket eden alt akıntı sistemi. Boğazın daralma noktalarında ve deniz taban yapısına bağlı olarak birbirinden farklı fiziko-kimyasal özelliklere sahip olan bu 2 farklı akıntı suyunun daralma noktalarında birbiri ile karıştığı ve yön değiştirdiği veya üst akıntı hızının deniz taban yapısına bağlı olarak hız kazandığı bölgeler bulunmaktadır. Bu noktalarda akıntı hızının 4 knot üzerine çıktığı ve bazı bölgelerde 5-6 knot'a ulaştığı bilinmektedir. Ancak bu tür bölgeler sınırlı sayıdadır. Bununla birlikte Çanakkale Boğazı genelinde akıntı hızı ortalaması 2 knot'ı geçmemektedir. Dolayısıyla, türbin ve su çarkı esasına göre çalışan mevcut geleneksel teknolojilerin kullanımıyla Boğaz akıntı sisteminden yararlanarak enerji üretimi verimli görülmemektedir (Bernitsas ve diğ. 2008).

10.3. TR22 Güney Marmara Bölgesi'ndeki Potansiyel, Mevcut Durum, İleriye Dönük Projeksiyonlar ve Haritalar

Türk Boğazlar Sistemi (İstanbul Boğazı, Marmara Denizi, Çanakkale Boğazı) üst ve alt akıntıları üzerine yapılan ilk çalışmalardan biri Haziran-Ekim 1872 tarihleri arasında J.L. Wharton tarafından gerçekleştirilmiş, dolayısıyla Çanakkale Boğazı'nın akıntı potansiyeliyle ilgili ilk bilgiler de 1873 yılında "Proceedings of the Royal Society of London" isimli dergide yayımlanmıştır (Wharton, 1873). Bu çalışmada elde dilen bilgilerin çoğu günümüz bilgileriyle örtüşmektedir. Bu çalışmada Çanakkale Boğazı üst yüzey akıntısının ortalama hızının 1,5 knot olduğu belirtilirken bazı bölgelerde 3 knot'a kadar çıkabildiği, fakat Gelibolu taraflarında akıntı hızının 1 knot dolaylarında olduğu açıklanmıştır. Buna ek olarak en yüksek

[85] Fish Technology draws renewable energy from slow water currents, http://ns.umich.edu/new/releases/6842-fish-technology-draws-renewable-energy-from-slow-water-currents

akıntı hızının Kilitbahir-Çanakkale arasında olduğu ve bunun zaman zaman 4,5knot'a kadar ulaşabildiği belirtilmiştir. Bu çalışmada, oluşan her yüzey akıntısıyla beraber buna karşılık ters yönlü bir alt akıntı da olduğu belirlenmiş ve bu iki akıntı arasındaki mesafenin 18,3-27,5 m'ye kadar ulaşabildiği belirtilmiştir. Örneğin, Kumkale Seddülbahir arasında NE rüzgarla beslenen üst yüzey akıntısının yaklaşık 3 knot'a kadar ulaştığı ve 18,3-36,6 m derinlikte buna ters yönde 36 m'lik bir alt akıntı oluştuğu, 36 m derinliğin altındaki derinliklerde ise akıntının yüzey akıntısıyla aynı yönde olduğu belirtilmiştir. Gelibolu taraflarındaki alt akıntı sistemi incelendiğinde, yaklaşık 2,5knot'lık yüzey akıntısına karşılık 36-45 m'lik NE rüzgar yönünde bir alt akıntıyla karşılaşılmıştır. Dolayısıyla, potansiyel olarak faydalanılabilir iki akıntı enerji sisteminden bahsetmek de mümkündür.

Bir başlangıç olarak kabul edebileceğimiz bu çalışmadan sonra günümüze kadar hem Çanakkale Boğazı hem de Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın oşinografik özelliklerini belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmış ve akıntı özellikleri, iki yönlü su değişim modelleri incelenmiştir (Özsoy ve diğ., 1986; Sur, 1988; Oğuz ve Sur, 1989; Artüz ve diğ., 2007; Artüz ve diğ., 2009; Artüz ve diğ., 2011a,b; Artüz ve diğ., 2012). Özellikle 2007-2011 yılları arasında gerçekleştirilen Marmara Denizi ve değişen oşinografik şartlarının izlenmesi projesi TR 22 Güney Marmara Bölgesi akıntı sistemlerinin potansiyelinin

değerlendirilmesinde faydalanılabilecek bir çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır (Artüz ve diğ., 2007; Artüz ve diğ., 2009; Artüz ve diğ., 2011a,b; Artüz ve diğ., 2012). Buna göre Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi'nde seçilen çeşitli istasyonlarda elde edilen akıntı hızı ve yönü ile ilgili grafikler TR 22 Güney Marmara Bölgesi akıntı sistemlerinin potansiyelini ortaya çıkartmak açısından oldukça önemlidir (EK 1-38).

Grafikler değerlendirilerek TR 22 Güney Marmara Bölgesi akıntı sistemlerinin potansiyeli incelendiğinde Çanakkale Boğazı'nın iki ucundaki seviye farklarındaki değişimlerden meydana gelen akıntılar ki Karadeniz'deki su bütçesi fazlasının da buna etkisi vardır, Çanakkale Boğazı'nda rüzgarsız ortamda 50 cm/s'lik bir potansiyeli karşımıza çıkartmaktadır (Artüz ve diğ., 2007). Çanakkale Boğazı'ndaki potansiyel yüzey akıntıları Nara Burnu'na kadar olan bölgede genel olarak 1,5-2 knot, Nara'dan sonra ise genellikle bir kat daha hızlıdır. Gelibolu önlerinde 2 knot, Nara önlerinde 3 knot, Kilitbahir önlerinde ise zaman zaman 4 knot hıza ulaşan akıntı Boğaz çıkışında Ege Denizi'ne açılır (Artüz ve diğ., 2007).

Yukarıda sunulan bilgiler göz önüne alındığında (Şekil 10.8-10.45) ve DAE sistemlerinde suya yerleştirilen türbinlerin verimli bir şekilde çalışması için deniz akıntı gücünün 4 knot üzerinde olması gerektiği (Bernitsas ve diğ. 2008) ve Çanakkale Boğazı'nda akıntı hızının nadiren 5-6 knot'lık bir hıza ulaştığı gerçeğinden hareketle türbin ve su çarkı esasına göre çalışan mevcut geleneksel teknolojilerin kullanımıyla Boğaz akıntı sisteminden yararlanarak enerji üretiminin verimli görülmediği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, Boğaz'a göre nispeten yüksek dalgaların görüldüğü Kuzey Ege Bölgesi'nde dalga enerjisinden yararlanılabileceği düşünülmektedir.

10.4. Çanakkale Boğazı'nda Düşük Akıntı Hızında Enerji Üretiminde Yeni Teknolojilerin Kullanılabilirliği

10.4.1. VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy) Sistemi

Michigan Üniversitesi Bilim adamlarından Dr. M. Bernitsas, düşük akıntı hızlarında dahi yüksek enerji elde edilmesinin mümkün olduğunu VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy) üretim düzenekleriyle ortaya koymuştur. VIVACE sisteminde denizdeki balık sürülerinin hareketinden esinlenildiği görülmektedir. Burada potansiyel destrüktif vibrasyonlar sıvı akışına dönüşmekte ve temiz ve yenilenebilir enerji elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

VIVACE sisteminin kullanılması, 2 knot'tan (yaklaşık 2 mil/saat) daha düşük akıntılı sularda dahi enerji üretimini mümkün kılabilmektedir. Bernitsas ve diğ. (2008)'in VIVACE üretim sisteminin düşük hıza sahip akıntılarda çalışması nedeniyle doğal balıkların göç yollarına veya ortamdaki lokal balıkların davranışlarına olabilecek çevresel etkilerinin de asgari düzeylere indirgenebileceği düşünülmektedir.

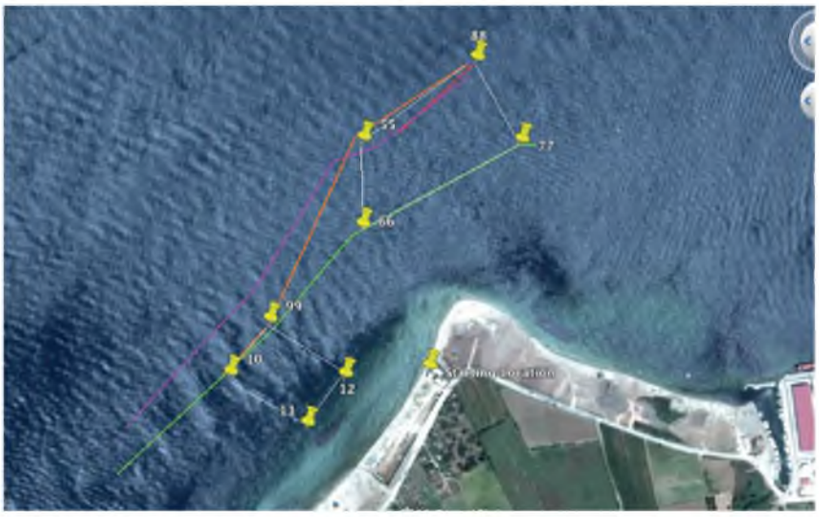
Bernitsas ve diğ. (2008)'nin hesaplarına göre, VIVACE enerji maliyetinin 5,5 cent/kWh olabileceği ve bu değerin de rüzgar enerjisi (6,9 cent/kW h), nükleer enerjisi (4,6 cent/kWh) ve güneş enerjisi (16-48 cent/kWh) maliyet değerleriyle karşılaştırıldığında VIVACE enerjinin oldukça verimli ve ekonomik değerde olduğu görülmektedir. Yine Bernitsas'a göre, okyanuslardaki potansiyel enerjinin sadece %0,1'lik bir kısmının kullanılması halinde, 15 milyar insanın enerji ihtiyacının karşılanabileceği öngörülmektedir.

TR 22 Güney Marmara Bölgesi akıntı sistemlerinin potansiyeli incelendiğinde Çanakkale Boğazı'nda akıntı hızının istenilen düzeyden daha az olması ve ortalama 2 knot akıntı hızında geleneksel enerji üretim sistemlerinin verimli çalışamayacağı, ancak VIVACE enerji üretim düzeneği ile 1,5-2 knot akıntı hızına sahip bölgelerde yaklaşık 3-5 kW'lık enerji üretilebileceği ve bunun da maliyetinin yaklaşık 5,5 cent/kW h olabileceği öngörülmektedir. Bu maliyet değerinin de günümüzdeki rüzgar enerji sistemlerindeki maliyete yakın bir değer olduğu bildirilmektedir (Schirber, 2008).

10.5. TR22 Güney Marmara Bölgesi'ndeki Yatırımlar

10.5.1. Mavi İda Deniz Akıntısından Enerji Üretimi Projesi

Çanakkale Boğazı'ndaki akıntı sisteminden yararlanarak enerji üretimi hedefleyen "Mavi İda" isimli bir firmanın girişimleri bu alandaki ilk çalışmaları oluşturmaktadır. Mavi İda Enerji Projesi, deniz üzerinde sabitlenmiş bir ana platformdan denize indirilen pervanelerin deniz akıntısıyla döndürülmesi ve platform üzerinde bulunan dişli grubunun çalıştırılarak enerji üretimi elde edilmektedir. Ön inceleme şeklinde yürütülmüş olan proje ileriki çalışmalara ışık tutması bakımından önem arz etmektedir. Çanakkale Mavi IDA1 enerji sistemi için gerekli izinler ve düzenli olarak yapılan fizibilite çalışmalarının ardından koordinatları belirlenmiş bir harita oluşturulmuştur (Şekil 10.8).

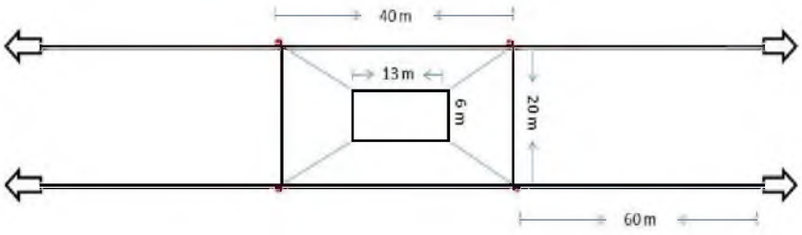


Şekil 10.8. Mavi IDA1 Yer Haritası (Özgün)

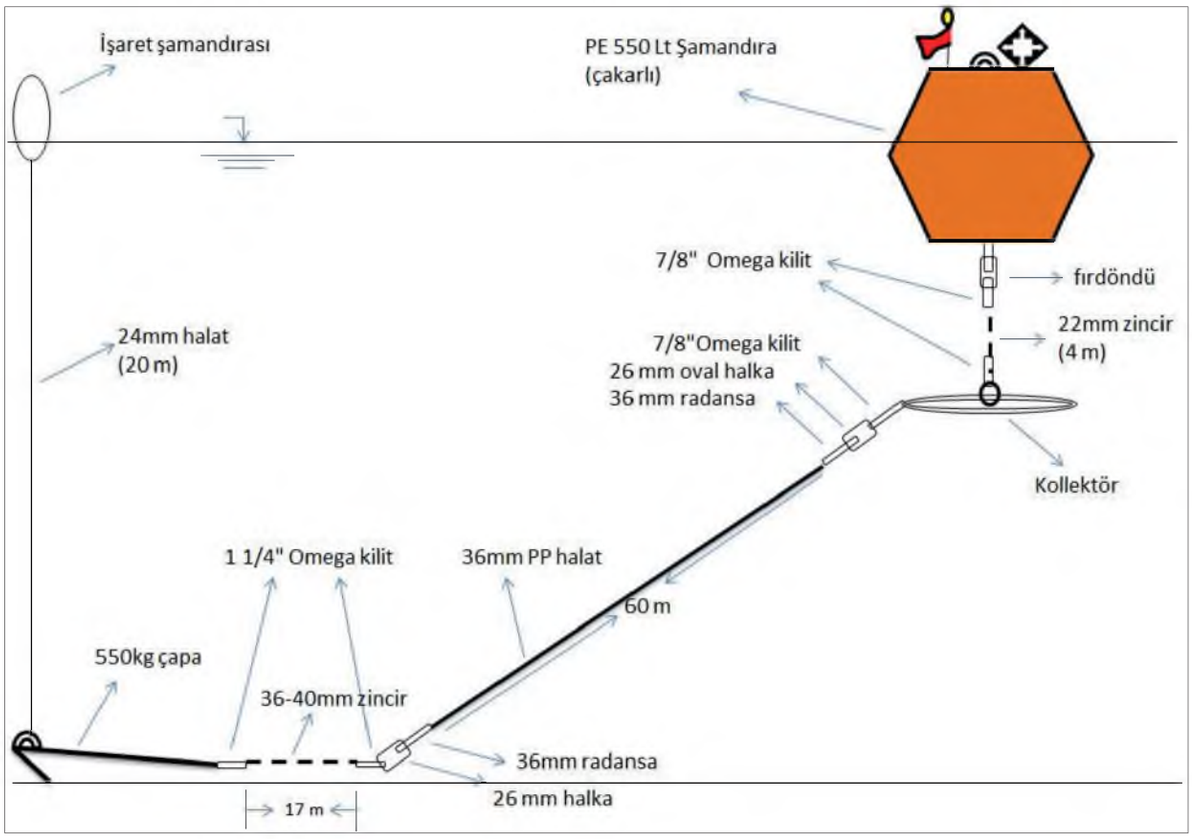
99 - 40° 6'14.65"N, 26°22'1.72" **E 11 - 40° 6'9.05"N, 26°22'4.51"E**
10 - 40° 6'11.74"N, 26°21'58.95" **E 12- 40° 6'11.72"N, 26°22'7.15"E**

10.5.1.1. Platformun Denize Yerleştirilmesinde Kullanılan Mooring (Çapalama) Sisteminin Tasarımı ve Kurulumu

İzinleri alınmış sahada koordinatlar dahilinde sistemin denizde güvenli bir şekilde kalmasını sağlayan çapalar yerleştirilmesi Şekil 10.9-10.10'da şematize edilmiştir.



Şekil 10.9. Çapa Hatları (Özgün)



Şekil 10.10. Çapalara Şamandıra Bağlanması (Özgün)

Koordinatlarla belirlenen yerlere atılmış olan çapalara, belirli mesafede güvenli halatlar ile şamandıraların bağlanması Şekil 10.11'de sunulmuştur.



Şekil 10.11. Mooring sistemde su üstü şamandıra hattı (Özgün)

10.5.1.2. Enerji Platformunda Kullanılan Materyal

Mavi İDA1 enerji sisteminin üzerine kurulmuş olduğu mooring sistemde birçok önemli materyalden faydalanılmıştır. Bunlar başta pulluk tipi çapalar, şamandıra, halatlar, çakar fenerler, zincirler, kancalar, kilit ve paslanmaz malzemelerden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan platform (Şekil 10.12, Mavi İDA1), katamaran özelliğinde olup, mooring-grid sistem içerisinde, sabitlenerek yüzerliliği sağlaması ve üzerinde çalışma yapılmasına olanak tanıyan bir platform kullanılmaktadır.

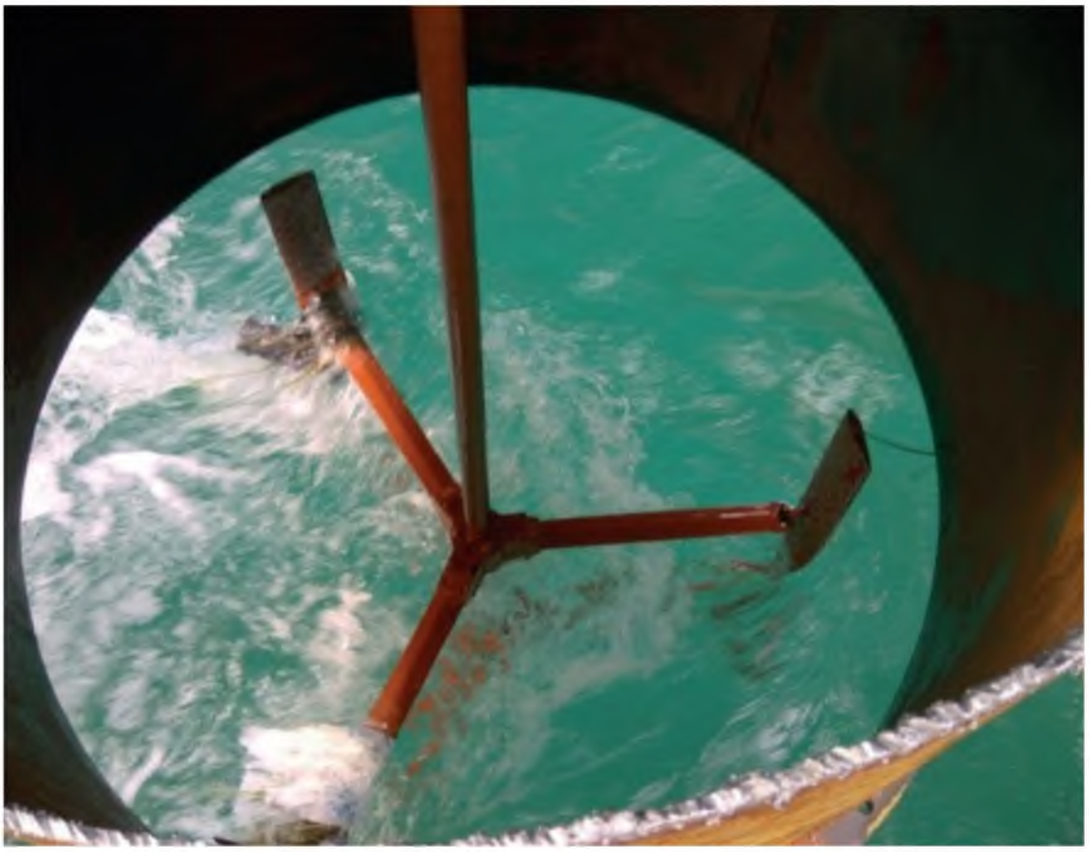


Şekil 10.12. Mavi İDA1, Yüzer Platform

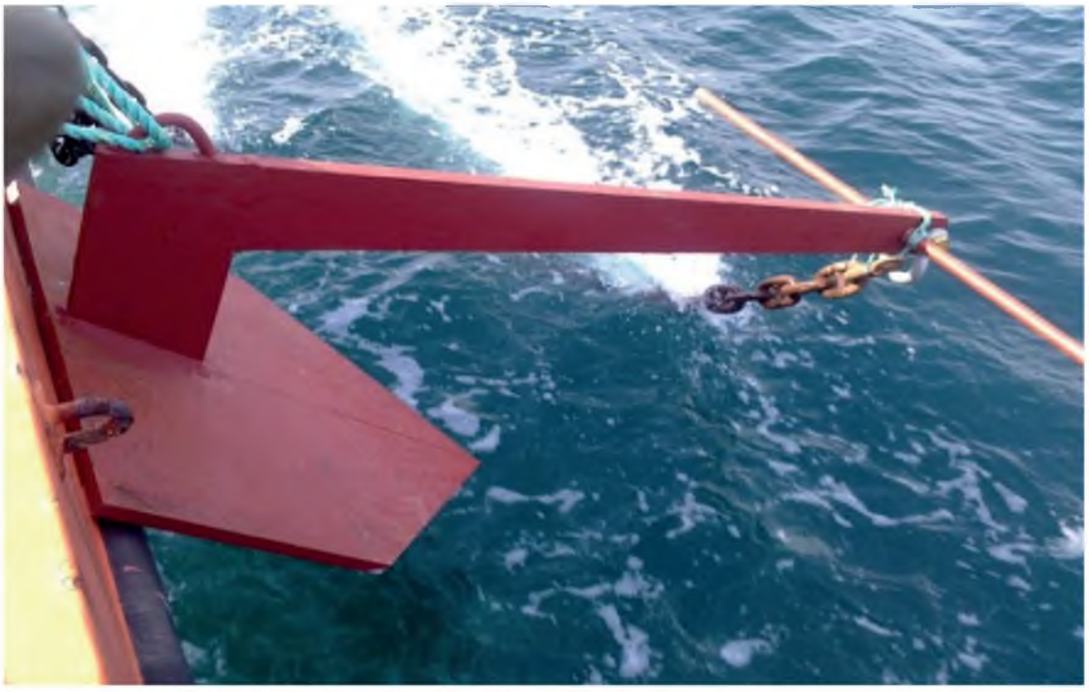
Şekil 10.13-10.17'de MAVİ İDA1 Enerji Platformunda kullanılan sistem elemanları görülmektedir.



Şekil 10.13. Katamaran, Tahrik Mili, Dişli Grubu, Alternatör, Sabit Yük, Silindir Tabla ve Ölçüm Grubu (Özgün)



Şekil 10.14. Kanat, Pervane Kolları (Özgün)



Şekil 10.15. Mavi İDA1 Enerji Sisteminde Kullanılan Çapa (Özgün)



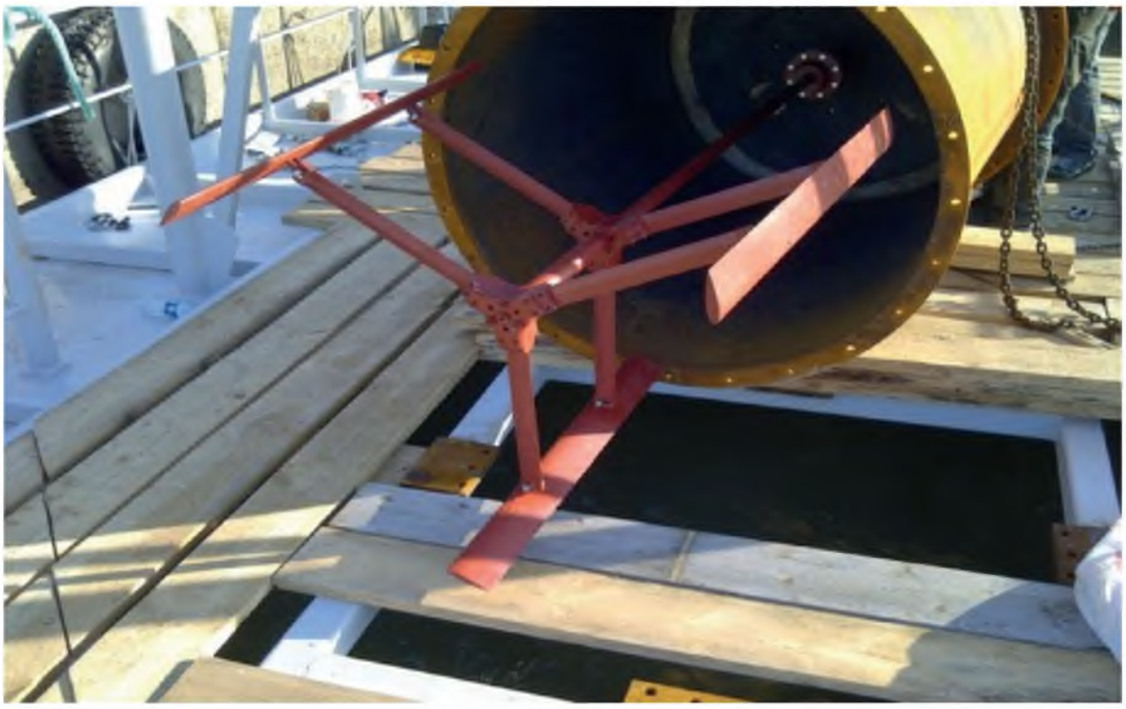
Şekil 10.16. Mavi İDA1 Enerji Sisteminde Kullanılan Şamandıra (Özgün)



Şekil 10.17. Mavi İDA1 Enerji Sisteminde Kullanılan Radansa ve Halatlar

10.5.1.3. Pervane (Kanat) Sistemi

Mavi IDA1 enerji projesinde üç kollu bir pervane sistemi kullanılmıştır (Şekil 10.18).



Şekil 10.18. Mavi IDA1 Pervane Sistemi (Özgün)

10.5.1.4. Ölçüm Grubu

Durağan ya da hareketli elektrik yüküne bağlanan cihazlara ölçüm grubu adı verilir. Şekil 10.19'da görüldüğü gibi akım enerji türbinine bağlı halde bulunan bir ölçüm grubu görülmektedir. Burada amaç portatif halde kurulmuş olan ve deneme aşamasında bulunan Mavi IDA1 platformunda akıntıdan ne kadar elektrik elde edildiği bilgileri ölçülmektedir.



Şekil 10.19. Ölçüm Grubu

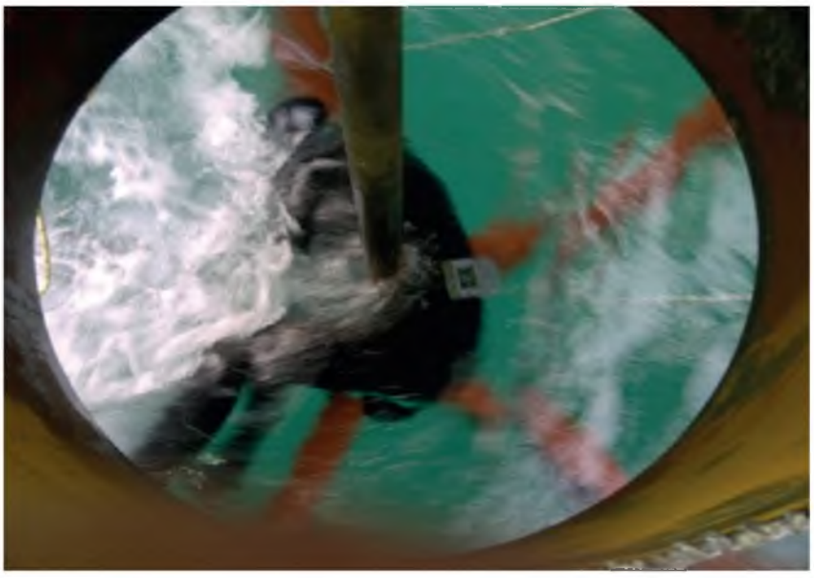
10.5.1.5. Platformda Enerji Üretimi ve Çalışma Prensibi

Sistem düşey eksenli bir türbin modelidir. Yani sistem akıntıya dik yönde olacak şekilde kurulmuştur. Burada amaç akıntının hangi yönden gelirse gelsin türbini çevirerek enerji akımını sağlaması ve aynı zamanda bakım tutum probleminin az olmasıdır (Şekil 10.20- 10.21, Düşey Türbin Modeli Mavi IDA1).

Düşey eksenli türbinlerin akış yönünden bağımsız olarak çalışması, kanatların akış yönüne göre değiştirilmesi gibi pahalı bir sistemin kurulmasına gerek bırakmaz. Ayrıca düşey eksenli türbin dişli kutusu ve jeneratör gibi ekipmanların su üzerinde yüzer platformlara yerleştirme olanağını sunar. Bu sayede bakım tutum masrafları ciddi şekilde azalır. Bu durum uzun vadede düşey eksenli türbinin enerji üretim maliyetinin oldukça düşmesini sağlar.



Şekil 10.20. Platformda Pervane Haznesinin Yerleştirilmesi (özgün)

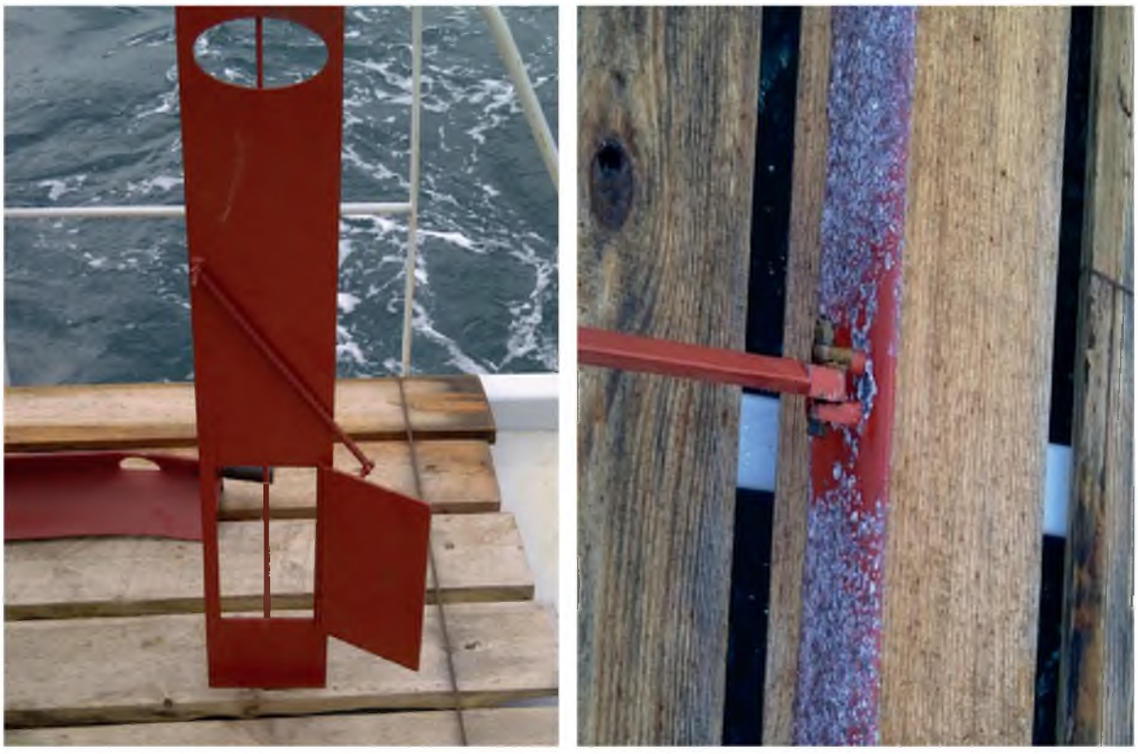


Şekil 10.21. Akıntı İçerisinde Pervanenin Dönüşü (Özgün)

10.5.1.6. Üretimi Etkileyen Önemli Faktörler

Söz konusu akıntıdan elde edilecek enerji olması, beraberinde ona etki edecek bazı faktörleri de getirmektedir. Akıntı, akıntı hızı, akıntı yönünün yanı sıra türbinde kullanılacak materyal ve pervaneler en önemli faktörlerdir. Kullanılacak malzemenin güvenilirliği, dayanıklılığı sistemin çalışmasında önemli rol oynamaktadır (Şekil 10.22, Pervane Modeli). Bu sistemler akıntının çok kuvvetli olduğu yerlere kurulmaları nedeniyle ayrılma, kopma eğiliminde

bulunabilir, dolayısıyla sistemin kurulumundaki sağlamlık çok önemlidir. Ayrıca sistemin atıldığı zeminin de bu konuda önemi büyüktür.



Şekil 10.22. Pervane Kolu (Özgün)

10.6. Türkiye'de Ulusal Politikalar, Destekler ve Mevzuat

Son yıllarda Türkiye'nin temel enerji politikaları içerisinde "Yenilenebilir kaynakların azami oranda kullanımının sağlanması" hedefler içerisinde yer almaktadır. Enerji piyasası rekabete dayalı ve şeffaf bir piyasa anlayışı çerçevesinde yeniden yapılandırılırken, yerli ve yenilenebilir kaynak potansiyelimizin tespiti ve kullanımı ile yeni enerji teknolojilerinden yararlanılması, enerji ve tabii kaynakların üretiminde ve kullanımında çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi önemli bir yer tutmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). Bu kapsamda 2005 yılında kabul edilen "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" içerisine 2010 yılında yapılan değişiklik (Değişik: 29/12/2010-6094/1md.) ile "dalga, akıntı enerjisi ve gel-git" ile ilgili bilgiler de eklenmiştir. Ancak, yenilenebilir enerji kaynağından elde edilecek enerjiye bağlı fiyat listesi cetveli (I Sayılı Cetvel) ve yurt içinde imalatın kapsamının tanımı, standartları, sertifikasy-

onu ve denetimi ile ilgili II Sayılı Cetvelde "dalga, akıntı enerjisi ve gel-git" enerjisiyle ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. Doğrudan "dalga, akıntı enerjisi ve gel319 git" enerjisiyle ilgili olmamakla birlikte T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynakları" üzerine çeşitli destekler verilmektedir. Bunlar içerisinde 5627 sayı ve 18/4/2007 tarihinde yürürlüğe giren "Enerji Verimliliği Kanunu" ve 28097 sayılı, 27/10/2011 tarihli "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik" kapsamında Endüstriyel İşletmelerde Verimlilik Artırıcı Projelerin (VAP) uygulanmasına yönelik yapılan destekler ve Endüstriyel İşletmelerde Gönüllü Anlaşma yapılarak enerji yoğunluklarının azaltılmasına yönelik yapılan destekler yer almaktadır. Bunların yanı sıra Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı'nın (TTGV) 2006 Ağustos ayında başlattığı 3 yeni destek programı ile Sanayi kuruluşlarının gerçekleştireceği Enerji Verimliliği, Yenilenebilir Enerji ve Çevre Teknolojileri alanlarındaki projelere destek sağlanması ve KOSGEB tarafından hedef kitlesinde yer alan işletmelerin, enerji verimliliği kapsamında alacakları etüt, danışmanlık ve eğitim hizmetlerine destek verilmesi hedeflenmektedir.

10.7. Öneriler

TR22 Güney Marmara Bölgesi akıntı sistemlerinin potansiyeli incelendiğinde Çanakkale Boğazı'nın iki ucundaki seviye farklarındaki değişimlerden meydana gelen akıntılar, Çanakkale Boğazı'nda rüzgarsız ortamda 1 knot'lık (yaklaşık 50 cm/sn) bir potansiyeli karşımıza çıkartmaktadır (Artüz ve diğ., 2007). Çanakkale Boğazı'ndaki potansiyel yüzey akıntıları Nara Burnu'na kadar olan bölgede genel olarak 1,5-2 knot (yaklaşık 1,5-2 mil/saat), Nara'dan sonra ise genellikle bir kat daha hızlıdır. Gelibolu önlerinde 2 knot, Nara önlerinde 3 knot, Kilitbahir önlerinde ise zaman zaman 4 knot hıza ulaşan akıntı Boğaz çıkışında Ege Denizi'ne açılır (Artüz ve diğ., 2007).

Sunulan bilgiler ışığında Deniz Akıntı Enerjisi (DAE) sistemlerinde suya yerleştirilen türbinlerin verimli bir şekilde çalışması için deniz akıntı gücünün 4 knot üzerine olması gerektiği (Bernitsas ve diğ. 2008) ve Çanakkale Boğazı'nda akıntı hızının nadiren 4 knot'lık bir hıza ulaştığı gerçeğinden hareketle türbin ve su çarkı esasına göre çalışan geleneksel teknolojilerin kullanımıyla Boğaz akıntı sisteminden yararlanarak enerji üretiminin verimli olmadığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy) adı verilen üretim düzenekleriyle düşük akıntı hızlarında dahi yüksek enerji elde edilmesi mümkün görülmektedir. VIVACE enerji üretim sistemi 2 knot'tan (yaklaşık 2

mil/saat) daha düşük akıntılarda enerji üretimine olanak sağlamaktadır. Enerji üretim maliyetinin 5,5 cent/kWh olabileceği tahmin edilen VIVACE sisteminde maliyetin rüzgar enerji sistemlerindeki maliyete (6,9 cent/kWh) yakın, ancak Nükleer enerjisi (4,6 cent/kWh) ve güneş enerjisi (16-48 cent/kWh) maliyet değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir (Schirber, 2008).

11. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği ve enerji ekonomisi gibi kavramlar, 1973 enerji krizinden sonra dünya gündeminde önemli şekilde yer almıştır. Bu krizinden sonra dünyada ucuz enerji devrinin sona erdiği kabul edilir. Bu tarihten sonra, ülkelerin enerji tasarrufu alanındaki çalışmalarını yoğunlaştırdığı, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışarak enerji ihtiyaçlarının bir kısmını kendi öz kaynaklarından sağlamaya uğraştıkları görülür. Bu tarihten itibaren enerji alanında yapılan çalışmalarda gelişmiş ülkeler önemli ilerlemeler sağlamış, gelişmekte olan ülkeler ve diğer ülkeler benzer başarıyı sağlayamamıştır. Avrupa'da konut ve sanayi sektöründe önemli başarılar sağlanmıştır.

Fransa gibi ülkeler, 10 yıl gibi kısa süre içerisinde konut ısıtmada kullanılan enerji miktarını yarı yarıya düşürmüştür. Ülkemizde bu tarihten itibaren ilgili standart ve yönetmeliklerde değişiklikler yapılmış, ancak uygulamada denetim yetersizliği nedeni ile başarı sağlanamamıştır. Enerji fiyatlarının ve toplumsal bilincin artması sonucunda, yalıtımın önemi anlaşılmış ve kısmen de olsa mantolama yapılmaya başlanmıştır.

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinin ve miktarının düşmesine yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Isıtma, aydınlatma ve ulaşım ihtiyaçlarımızı karşılarken, elektrikli ev eşyalarımızı kullanırken, kısacası günlük yaşantımızın her safhasında enerjiyi verimli kullanarak, ihtiyaçlarımızı kısıtlamadan aile bütçesine, ülke ekonomisine ve çevremizin korunmasına katkı sağlamamız mümkündür (Anonim, 2013).

Enerji verimliliği, "enerji ve enerji kaynaklarının, üretiminden tüketimine kadar olan süreçte en yüksek etkinlikte değerlendirilmesidir" şeklinde de tanımlanmaktadır. Enerji tasarrufu, enerji verimliliğine katkı yapan önemli bir parametredir. Enerji tasarrufu; enerjinin verimli olarak değerlendirilmesi amacıyla, üreticiler, dağıtıcılar ve kullanıcılar tarafından alınan tedbirler sonucunda belirli miktardaki üretimi ve hizmeti gerçekleştirmek için her aşamada enerji miktarındaki azalmadır (Hepbaşlı, 2010).

Bir işletmede enerji verimliliğini incelemek için öncelikle enerji taraması ve enerji etüdü yapmak gerekmektedir. Enerji taraması; enerji tüketen sistem veya tesisin derinliğine incelenmesidir (Gottschulk, 1996). Enerji etüdü; bir enerji yönetim programının yürütülmesindeki ilk aşamadır. Dökümantasyona dayalı araştırma, inceleme ve enerjinin nerede ve nasıl kullanıldığını veya atıldığını belirlemek amacıyla yapılan bir analizden oluşur (Ciper, 2002).

Gayri safi milli hasıla (GSMH) başına tüketilen enerji miktarı olarak adlandırılan enerji yoğunluğu; enerjinin verimli kullanımının sağlanmasında düşürülmesi gereken en önemli göstergedir. Uluslararası Enerji Ajansının verilerine göre gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğu 0,09 - 0,19 arasında iken ülkemizde 0,38 olması ve azalma eğilimi göstermemesi, bu konunun ciddi olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu konuda uygulanacak politikaların, ekonomik gelişmeyi engellemeden, enerji kullanımı konusunda disiplinler arası bir yaklaşımın ortaya konmasını gerektirmektedir. Çünkü enerji verimliliği alanında yapılan çalışmalar, ülke ekonomisinin dünya piyasasında rekabetini arttırırken, tüketiciye daha ucuz mal ve hizmet sunma fırsatını da sağlar (Korucu, 2007).

Enerji verimliliği sağlamak için işletmelerde enerji yönetim programı uygulanmalıdır. Enerjiyönetimi, karları maksimuma çıkarmak (giderleri minimuma düşürmek) ve rekabet konumlarını arttırmak için enerjinin akılcı ve etkin kullanımıdır (Hepbaşlı, 2010).

11.1. Dünyada Enerji Verimliliği

Dünya'da 1990 ve 2010 yılları arasında enerji kullanan çeşitli sektörlerin enerji kullanım payları, yenilenebilir enerjinin üretim ve tüketim payları ve CO2 göstergeleri hazırlanmıştır. CO2 değeri ülkelerin enerji tüketimlerinde bir parametre olarak kabul edilmektedir. Tablo 11.1.'de Dünya'da Enerji verimliliği/CO2 göstergeleri verilmiştir (Anonim 2013).

Dünya'daki elektrik üretimi içinde yenilenebilir elektrik üretim kapasitesi payı,2000-2010 yılları arasında %24,5'den %25,7'ye yükselerek %1,2'lik bir artış göstermiştir. Dünya'daki brüt elektrik tüketimi içinde yenilenebilir brüt elektrik tüketiminin payı, 200-2010 yılları arasında %19,1'den %19,8'e yükselerek %0,7'lik bir artış göstermiştir.

Tablo 11.1. Dünya'da Enerji Verimliliği/CO2 Göstergeleri[86]

Enerji Verimliliği/CO_2 Göstergeleri	Birim	1990	2000	2005	2008	2009	2010	1990/10 (%/yıl) *	2000/10 (%/yıl) *
				Dünya					
Temel Göstergeler									
Birincil enerji yoğunluğu (satın alma gücü paritesinde)	koe/$05p	0,248	0,212	0,204	0,193	0,193	0,193	-1,2	-0,9
Geleneksel yakıtlar hariç birincil enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,222	0,190	0,184	0,174	0,173	0,174	-1,2	-0,9
AB yapısına göre ayarlanmış birincil enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,231	0,188	0,177	0,166	0,165	0,165	-1,7	-1,3
Nihai enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,166	0,136	0,128	0,121	0,121	0,121	-1,6	-1,2
2005 GDP yapısından itibaren nihai enerji yoğunluğu [2]	koe/$05p	0,163	0,136	0,128	0,121	0,124	0,123	-1,4	-1,0
AB ekonomik yapısına göre ayarlanmış nihai enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,161	0,132	0,124	0,117	0,116	0,116	-1,6	-1,3
Nihai/birincil yoğunlukların oranı	%	72,5	70,4	68,9	69,0	69,0	69,2	-0,2	-0,2
CO_2 yoğunluğu [1]	kCO2/$05p	0,566	0,468	0,456	0,435	0,432	0,435	-1,3	-0,7
Kişi başına CO_2 emisyonu [1]	tCO2/cap	3,82	3,65	3,98	4,16	4,04	4,23	0,5	1,5
Sanayi									
Sanayinin enerji yoğunluğu (katma değer)	koe/$05p	0,202	0,159	0,151	0,149	0,151	0,151	-1,4	-0,5
İmalatta enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,321	0,230	0,214	0,210	0,214	0,215	-2,0	-0,7
Çeliğin birim başına tüketimi	toe/t	0,510	0,451	0,439	0,430	0,449	0,401	-1,2	-1,2
Çelik üretiminde elektrik sürecinin payı	%	27,6	33,9	31,9	30,8	28,5	29,0	0,2	-1,5
Enerji üretiminde endüstriyel kojenerasyonun payı	%	2,93	2,64	2,50	2,29	2,24	2,22	-1,4	-1,7
Sanayideki CO_2 yoğunluğu (katma değer) [1] [3]	kCO2/$05p	0,473	0,373	0,358	0,349	0,359	0,360	-1,4	-0,4
Sanayide kişi başına düşen CO_2 emisyonu [1] [3]	tCO2/cap	0,877	0,763	0,825	0,885	0,856	0,915	0,2	1,8
Ulaşım									
GSMH'de ulaşımda enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,043	0,040	0,038	0,035	0,035	0,035	-1,0	-1,3
Karayolu ulaşımı enerji tüketiminde biyoyakıtların payı	%	0,777	0,829	1,22	2,62	3,06	3,32	7,5	14,9
GSMH'de ulaşımda CO_2 yoğunluğu [1]	kCO2/$05p	0,109	0,100	0,094	0,086	0,086	0,084	-1,3	-1,7
Ulaşım sektöründe kişi başına düşen CO_2 emisyonu [1]	tCO2/cap	0,734	0,780	0,817	0,821	0,802	0,818	0,5	0,5
Konut									
Konutlarda kişi başına düşen ortalama elektrik tüketimi	kWh/cap	487	592	652	690	699	731	2,0	2,1
Elektrikli hanelerin ortalama elektrik tüketimi	kWh/dw	3307	3291	3361	3444	3367	3471	0,2	0,5
Kurulu kapasite başına güneş enerjili su ısıtıcıları	m2/khab	2,96	8,21	17,1	29,1	33,0	n.a.	13,5	16,7
Konut sektöründe hane başına CO_2 emisyonu [1]	tCO2/dw	1,49	1,18	1,12	1,10	1,07	1,10	-1,5	-0,7
Hizmetler									
Hizmet sektöründe enerji yoğunluğu (katma değer)	koe/$05p	0,024	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	-0,7	0,0
Hizmet sektöründe elektrik yoğunluğu(katma değer)	kWh/k$05p	105	115	123	122	124	126	0,9	0,9
Hizmet sektöründe çalışan başma birim tüketim	toe/emp	0,708	0,602	0,616	0,607	0,596	0,590	-0,9	-0,2
Hizmet sektöründe çalışan başına birim elektrik tüketimi	kWh/emp	3077	3267	3522	3605	3576	3546	0,7	0,8
Hizmet sektörünün CO_2 yoğunluğu (katma değer) [1]	kCO2/$05p	0,039	0,027	0,025	0,023	0,023	0,023	-2,6	-1,6
Hizmet sektöründe çalışan başına CO_2 emisyonu [1]	tCO2/emp	1,15	0,757	0,718	0,678	0,654	0,645	-2,8	-1,6
Tarım									
Tarım sektöründe enerji yoğunluğu (katma değer)	koe/$05p	0,078	0,058	0,057	0,050	0,049	0,048	-2,4	-1,9
Tarım sektöründe CO_2 yoğunluğu (katma değer) [1]	kCO2/$05p	0,189	0,139	0,136	0,114	0,109	0,106	-2,9	-2,7
Tarım sektöründe kişi başına düşen CO_2 emisyonu [1]	tCO2/cap	0,075	0,058	0,063	0,058	0,055	0,056	-1,5	-0,4
Enerji Dönüşümleri									
Toplam elektrik üretiminin verimliliği	%	37,0	38,9	38,6	39,2	39,4	39,4	0,3	0,1
Elektrik iletim-dağıtım kayıpları oranı	%	9,02	9,43	9,35	8,79	8,69	8,19	-0,5	-1,4
Termik santrallerin verimliliği	%	32,0	34,6	34,4	35,0	35,0	35,0	0,4	0,1
Yenilenebilir elektrik üretim kapasitesi payı	%	23,6	24,1	23,4	24,8	25,3	25,7	0,4	0,7
Yenilenebilir brüt elektrik tüketiminin payı	%	19,9	19,1	18,6	19,0	19,8	19,8	0,0	0,4

[1] Yakıt yanmasından kaynaklanan CO_2 [2] ana sektör tarafından [3] otoprodüktörler dahil olmak üzere

[86] EnergyEfficiencyIndicators, http:wec-indicators.enerdata.eu/, Erişim Tarihi: 01.04.2013

11.2. Türkiye'de Enerji Verimliliği

Doğal enerji kaynakların kıtlığı, enerjiye olan talebin artışı ve hammadde fiyatlarındaki yükselmeler sonucunda bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik önlemler alınmasını gündeme getirmiştir. Bu bağlamda enerjinin her noktada verimli ve etkin kullanılması ve israfının önlenmesi amacıyla, kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımıyla çalışmalar yürütülmektedir.

Türkiye, OECD ülkeleri arasında kişi başına en düşük enerji tüketimine sahip olmasına karşın, gelişme hızına bağlı enerji tüketimindeki artış nedeniyle önemli bir tasarruf potansiyeline sahiptir. Gerekli önlemler alınmaz ise Türkiye'nin nihai enerji tüketimindeki artışı, küresel enerji tüketimine ve sera gazı emisyonlarına önemli etkide bulunacaktır. Bu durum karşısında Türkiye, enerji temin güvenliğinin sağlanması, çevre sorunlarının azaltılması ve ekonomi üzerinde enerji maliyetlerinin yükünün azaltılması amacıyla enerji verimliliğine daha fazla önem vermeye başlamıştır. Bu çerçevede, 2007 yılında yasalaşan Enerji Verimliliği Kanunu, ülkemiz genelinde uygulanabilir tedbirleri, uygulamaları, destekleme mekanizmalarını ve yaptırımları kapsamaktadır (Anonim 2012).

Aşağıdaki Tablo 11.2'de Türkiye'nin Enerji verimliliği/CO2 göstergeleri verilmiştir (Anonim, 2013). Türkiye'deki elektrik üretimi içinde yenilenebilir elektrik üretim kapasitesi payı, 2000 - 2010 yılları arasında %41,1'ten %33,3'e düşerek %7,8'lik bir azalma göstermiştir. Türkiye'deki brüt elektrik tüketimi içinde yenilenebilir brüt elektrik tüketiminin payı, 2000 - 2010 yılları arasında, %25,0'den %26,4'e yükselerek %1,4'lük bir artış göstermiştir.

Tablo 11.2. Türkiye'de Enerji Verimliliği/CO2 Göstergeleri[87]

Enerji Verimliliği/CO_2 Göstergeleri		Türkiye							
	Birim	1990	2000	2005	2008	2009	2010	1990/10 (%/yıl) *	2000/10 (%/yıl) *
Temel Göstergeler									
Birincil enerji yoğunluğu (satın alma gücü paritesinde)	koe/$05p	0,119	0,123	0,108	0,112	0,116	0,115	-0,2	-0,7
Geleneksel yakıtlar hariç birincil enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,102	0,112	0,101	0,106	0,111	0,110	0,4	-0,2
AB yapısına göre ayarlanmış birincil enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,109	0,105	0,094	0,093	0,093	0,090	-1,0	-1,5
Nihai enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,086	0,087	0,077	0,076	0,077	0,074	-0,7	-1,6
2005 GDP yapısından itibaren nihai enerji yoğunluğu [2]	koe/$05p	0,087	0,087	0,077	0,077	0,079	0,076	-0,7	-1,3
AB ekonomik yapısına göre ayarlanmış nihai enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,076	0,074	0,066	0,065	0,065	0,063	-0,9	-1,6
Nihai/birincil yoğunlukların oranı	%	77,5	75,1	77,0	73,7	73,4	70,4	-0,5	-0,6
CO_2 yoğunluğu [1]	kCO2/$05p	0,291	0,318	0,271	0,289	0,296	0,278	-0,2	-1,3
Kişi başına CO_2 emisyonu [1]	tCO2/cap	2,27	2,99	2,97	3,45	3,32	3,36	2,0	1,2
Sanayi									
Sanayinin enerji yoğunluğu (katma değer)	koe/$05p	0,091	0,106	0,091	0,066	0,077	0,072	-1,2	-3,8
İmalatta enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,111	0,136	0,113	0,078	0,095	0,078	-1,7	-5,4
Kimya sanayisinde enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,159	0,107	0,159	0,063	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Çeliğin birim başına tüketimi	Toe/t	0,299	0,249	0,180	0,177	0,174	0,161	-3,0	-4,3
Çelik üretiminde elektrik sürecinin payı	%	52,5	63,5	70,8	73,8	70,1	71,7	1,6	1,2
Enerji üretiminde endüstriyel kojenerasyonun payı	%	5,46	4,01	3,12	2,85	2,24	2,06	-4,8	-6,5
Sanayideki CO_2 yoğunluğu (katma değer) [1] [3]	kCO2/$05p	0,284	0,325	0,258	0,159	0,195	0,177	-2,3	-5,9
Sanayide kişi başına düşen CO_2 emisyonu [1] [3]	tCO2/cap	0,631	0,929	0,858	0,590	0,643	0,652	0,2	-3,5
Ulaşım									
GSMH'de ulaşımda enerji yoğunluğu	koe/$05p	0,021	0,019	0,016	0,017	0,018	0,016	-1,4	-1,7
Karayolu ulaşımında eşdeğer araç başına ortalama tüketim	Toe/veh	1,84	0,720	0,485	0,494	0,476	0,451	-6,8	-4,6
Karayolu ulaşımı enerji tüketiminde biyoyakıtların payı	%	0	0	0	0,114	0,051	0,089	n.a.	n.a.
GSMH'de ulaşımda CO2 yoğunluğu [1]	kCO2/$05p	0,063	0,055	0,047	0,050	0,052	0,047	-1,5	-1,6
Ulaşım sektöründe kişi başına düşen CO_2 emisyonu [1]	tCO2/cap	0,491	0,516	0,512	0,594	0,581	0,571	0,8	1,0
Konut									
Konutlarda kişi başına düşen ortalama elektrik tüketimi	kWh/cap	162	359	435	536	523	561	6,4	4,6
Elektrikli hanelerin ortalama elektrik tüketimi	kWh/dw	695	1617	2569	3729	3845	2777	7,2	5,6
Kurulu kapasite başına güneş enerjili su ısıtıcıları	m2/khab	44,0	108	152	187	205	229	8,6	7,8
Konut sektöründe hane başına CO_2 emisyonu [1]	tCO2/dw	1,58	1,49	2,17	3,21	3,13	2,28	1,9	4,4
Hizmetler									
Hizmet sektöründe enerji yoğunluğu (katma değer)	koe/$05p	0,003	0,008	0,013	0,018	0,016	0,016	8,7	7,2
Hizmet sektöründe elektrik yoğunluğu(katma değer)	kWh/k$05p	39,3	78,2	88,8	98,3	101	103	4,9	2,8
Hizmet sektöründe çalışan başına birim tüketim	toe/emp	0,102	0,262	0,435	0,618	0,502	0,552	8,8	7,7
Hizmet sektöründe çalışan başına birim elektrik tüketimi	kWh/emp	1182	2498	2961	3326	3278	3576	5,7	3,7
Hizmet sektörünün CO_2 yoğunluğu (katma değer) [1]	kCO2/$05p	0	0,003	0,013	0,027	0,019	0,019	n.a.	20,3
Hizmet sektöründe çalışan başına CO_2 emisyonu [1]	tCO2/emp	0	0,110	0,423	0,903	0,609	0,654	n.a.	19,5
Tarım									
Tarım sektöründe enerji yoğunluğu (katma değer)	koe/$05p	0,031	0,040	0,042	0,066	0,068	0,065	3,8	5,0
Tarım sektöründe CO_2 yoğunluğu (katma değer) [1]	kCO2/$05p	0,093	0,113	0,116	0,182	0,191	0,179	3,3	4,7
Tarım sektöründe kişi başına düşen CO_2 emisyonu [1]	tCO2/cap	0,104	0,122	0,127	0,188	0,177	0,171	2,5	3,4
Enerji Dönüşümleri									
Toplam elektrik üretiminin verimliliği	%	44,8	45,0	51,0	47,4	48,0	50,5	0,6	1,2
Elektrik iletim-dağıtım kayıpları oranı	%	12,5	19,5	15,6	14,5	15,6	15,6	1,1	-2,2
Termik santrallerin verimliliği	%	32,6	38,1	44,0	42,7	42,7	43,0	1,4	1,2
Yenilenebilir elektrik üretim kapasitesi payı	%	41,6	41,1	33,4	33,0	33,7	33,3	-1,1	-2,1
Yenilenebilir brüt elektrik tüketiminin payı	%	40,4	25,0	24,6	17,4	19,6	26,4	-2,1	0,6

[1] Yakıt yanmasından kaynaklanan CO_2 [2] ana sektör tarafından [3] otoprodüktörler dahil olmak üzere

GSMH / Fiyatlar	Birim	1990	2000	2005	2008	2009	2010	1990/10 (%/yıl) *	2000/10 (%/yıl) *
Kişi başına düşen GSMH	k$05/ppa	7,81	9,41	11,0	11,9	11,2	12,1	2,2	2,5
Ortalama elektrik fiyatı	USc05/kWh	22,9	20,9	17,8	17,4	19,5	19,2	-0,9	-0,9
Motor yakıtlarının ortalama fiyatı	$05p/l	2,15	2,05	2,57	2,67	2,32	2,50	0,8	2,0

* Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH)

[87] EnergyEfficiencyIndicators, http:wec-indicators.enerdata.eu/, Erişim Tarihi: 01.04.2013

11.3. Etüt ve Eğitim Hizmetleri

Enerji verimliliği bilincini oluşturmak, enerji tasarrufu odaklarını ve miktarlarını tespit etmek, endüstriyel işletmeler ile kamu, ticari ve hizmet binalarında etkili bir enerji yönetim sistemi kurulmasına yardımcı olmak amacıyla sanayi ve binalar gibi son enerji tüketim noktalarında enerji verimliliği etüt çalışmaları ile mevcut durum ve tasarruf potansiyeli tespit edilmekte ve yapılan kurslar ile enerji yöneticileri yetiştirilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, enerji verimliliği çalışmaları kapsamında; son on yıl itibarıyla gıda, seramik, tekstil, demir-çelik, beyaz eşya, kâğıt ve kimya sektörlerinde olmak üzere 51 ön görüşme, 51 ön inceleme, 2 ön etüt ve 8 etüt olmak üzere toplam 112 çalışma yapılmıştır. Ayrıca 2005 - 2008 yılları arasında 7 kamu kurumuna ait toplam 14 binada enerji verimliliği etütleri ve Antalya'da 239 otelde enerji tasarruf potansiyelini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında, yıllık enerji tüketimi 1.000 TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmelerde, bünyesinde en az 50 faal işletme bulunan organize sanayi bölgelerinde, kurulu gücü 100 MW ve üzeri olan elektrik üretim tesislerinde, toplam inşaat alanı en az 20.000 m2 veya yıllık toplam enerji tüketimi 500 TEP ve üzeri olan ticarî ve hizmet binalarında ve toplam inşaat alanı en az 10.000 m2 veya yıllık toplam enerji tüketimi 250 TEP ve üzerinde olan kamu kesimi binalarında da enerji yöneticisi görevlendirilmesi gerekmektedir.

Bugüne kadar sanayi sektöründe, enerji yöneticilerine yönelik 2.602, bina sektöründe 1.900 kişi olmak üzere toplam 4.502 kişi eğitim sonunda sertifikalandırılmıştır. Yetkilendirilmiş Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketlerine (EVD) laboratuvar kullanım desteği verilerek, bu şirketler tarafından bina ve sanayi sektörüne yönelik düzenlenen eğitimlerin uygulama kısımlarında 1.459 kursiyer eğitilmiştir.

Sanayi ve bina sektörlerinde eğitim, enerji etüdü, verimlilik artırıcı proje hazırlama, uygulama ve danışmanlık hizmetlerini yürütmek üzere yetki belgesi almak isteyen şirketlerin sertifikalandırılmış eleman ihtiyacını karşılamak üzere 2011 yılında düzenlenen Etüt-Proje eğitimlerinde bina sektörüne yönelik çalışmalar yapmak üzere 90, sanayi sektörüne yönelik çalışmalar yapmak üzere de 89 kişi eğitilmiştir. Ayrıca, bölgesel işbirliklerinin geliştirilmesi amacıyla başta Türk Cumhuriyetleri olmak üzere, Asya, Orta Doğu ve Balkan ülkelerine yönelik uluslararası enerji yöneticisi eğitim programları düzenlenmektedir. Bu kapsamda 2005-2011 tarihleri arasında 25 ülkeden 248 kişinin katıldığı 14 eğitim programı düzenlenmiştir (Anonim 2012).

11.3.1. Sanayide Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi (UNDP-GEF)

Şubat 2011 tarihinde başlayan projenin amacı, enerji verimliliği önlemleri ve enerji verimli teknolojiler kullanarak etkin bir enerji yönetimi oluşturulmasında sanayi kuruluşlarını teşvik etmek suretiyle Türk sanayinde enerji verimliliğinin iyileştirilmesidir (Anonim 2012).

11.3.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi (UNDP/GEF)

Mart 2011 tarihinde başlayan bu projenin amacı ülkemiz bina sektöründe enerji verimliliğinin arttırılmasıdır (Anonim 2012).

11.3.3. Enerji Verimli Elektrikli Ev Aletlerinin Piyasa Dönüşümü Projesi (UNDP/GEF)

Aralık 2010 itibarıyla başlayan ve dört yıl sürecek olan Projenin amacı Türkiye'de enerji verimli elektrikli ev aletlerinin kullanımının yaygınlaştırılarak piyasa dönüşümünün hızlandırılmasıdır (Anonim 2012).

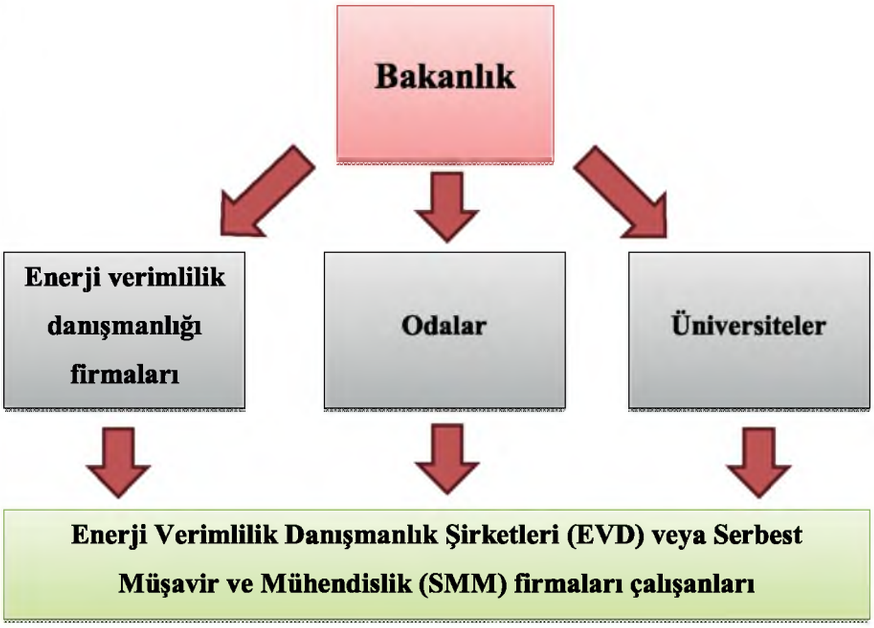
11.3.4. Hollanda-Türkiye İkili İşbirliği Çerçevesinde "Türkiye'de Enerji Verimliğinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Alt Yapısının Desteklenmesi" Projesi

Hollanda Ekonomik İşler Bakanlığı/NL Ajansı işbirliği ile "Türkiye'de Enerji Verimliliği İzleme ve Değerlendirme Alt Yapısının Desteklenmesi" projesi Ocak 2011 tarihinde başlatılmıştır. Proje, uzmanlık kapasitesinin geliştirilmesi, pilot proje uygulamaları, izleme ve değerlendirme ile ilgili metodoloji geliştirilmesi gibi faaliyetlerle Genel Müdürlüğün başlatmış olduğu izleme ve değerlendirme çalışmalarına destek sağlayacaktır (Anonim 2012).

11.3.5. Avrupa Enerji Şebekesi (European Energy Network: EnR) Üyeliği ve İşbirliği

Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması alanlarında, ulusal araştırmaların planlanması, yönetimi ve değerlendirilmesi veya yapılan programların yaygınlaştırılmasını amaçlayan European Energy Network (EnR) Avusturya, Bulgaristan, Hırvatistan, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya, İrlanda, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Romanya, Portekiz, Romanya, Slovakya, İspanya, İsveç, İsviçre, İngiltere gibi ülkelerden sonra Türkiye'de tam üye olmuştur (Anonim 2012).

BEP-TR yazılımını kullanarak Enerji Kimlik Belgesini üretecek olan uzmanların eğitim alarak bu eğitim sonrasında programı kullanabilmeleri için yetkilendirilmeleri gerekmektedir. Bunun için Bakanlık tarafından eğitimleri düzenleyen tebliğ 10 Haziran 2010 tarih ve 27607 sayılı Resmi Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe konulmuştur (Bayram 2011).



Şekil 11.1 Bep-Tr (Binalarda Enerji Performansı) Programı Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması, (Bayram , 2011).

11.4. TR22 Güney Marmara Bölgesi Enerji Verimliliği

TR22 Bölgesi (Balıkesir, Çanakkale), yenilenebilir enerji potansiyeli açısından oldukça zengindir. Fakat bu potansiyel yeteri kadar kullanılamamaktadır. Bölgede son zamanlarda rüzgar enerjisi santralleri kurulmuş ve faaliyete geçmiştir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidrolik enerji genel olarak sulama için, güneş enerjisi kısmen su ısıtma için, jeotermal enerji; yaygın olarak kaplıca ve bölgesel ısıtma için, biyokütle enerjisi ve pirina gibi uygun olan maddeler sadece yakacak olarak kullanılmaktadır.

11.5. Mevzuat

Türkiye'de 26510 sayılı ve 02.07.2007 tarihli Resmi Gazetede "Enerji Verimliliği Kanunu" yayımlanmıştır. "Bu Kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır" (Anonim, 2007).

Kanunun kapsamı:

1. Bu Kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsar.

2. Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemlerin uygulanması ile özellik veya görünümleri kabul edilemez derecede değişecek olan sanayi alanlarında işletme ve üretim faaliyetleri, yürütülen ibadet yeri olarak kullanılan, planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan, yılın dört ayından daha az kullanılan, toplam kullanım alanı elli metrekarenin altında olan binalar, koruma altındaki bina veya anıtlar, tarımsal binalar ve atölyeler, bu Kanun kapsamı dışındadır" (Anonim, 2007).

Kanun'da "Enerji verimliliği çalışmalarının ülke genelinde tüm ilgili kuruluşlar nezdinde etkin olarak yürütülmesi, sonuçlarının izlenmesi ve koordinasyonu amacıyla Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu oluşturulur." denmektedir. Türkiye'de, 28097 sayı ve 27 Ekim 2011 tarihindeki Resmi Gazete'de "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik" yayınlanmıştır.

"Bu Yönetmeliğin amacı; enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji

kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir." (Anonim 2011).

Yönetmeliğin Kapsamı:

"Bu Yönetmelik, enerji verimliliğine yönelik hizmetler ile çalışmaların yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasında üniversitelerin, meslek odalarının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi uygulamalarına, enerji yöneticileri ile enerji yönetim birimlerinin görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği ile ilgili eğitim ve sertifikalandırma faaliyetlerine, etüt ve projelere, projelerin desteklenmesine ve gönüllü anlaşma uygulamalarına, talep tarafı yönetimine, elektrik enerjisi üretiminde, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde enerji verimliliğinin artırılmasına, termik santrallerin atık ısılarından yararlanılmasına, açık alan aydınlatmalarına, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesine ve idari yaptırımlara ilişkin usul ve esasları kapsar." (Anonim 2011).

11.6. Öneriler

TR22 Bölgesi (Balıkesir, Çanakkale) yenilenebilir enerji kaynaklarından, güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle enerji kaynaklarının değerlendirilebilecek çok yüksek potansiyeli vardır. Bölge, hidroelektrik enerjisi açısından, mevcut kurulu güç göz önüne alındığında, Türkiye hidroelektrik üretiminde %0,03 pay ile çok küçük kapasiteye sahiptir. Planlanan hidroelektrik santralleriyle bu oran yaklaşık %0,16'ya çıkarılabilecektir. Bölgede su kaynaklarının tarımsal sulamaya yönelik değerlendirilmesi ağırlık kazanmaktadır. Yeni HES (hidroelektrik santralleri)'lerin ve mikro-HES'lerin tarımsal sulama ile birlikte planlanması durumunda, TR22 Bölgesi'nin hidroelektrik kapasitesinin biraz daha artacağı düşünülebilir.

TR22 Bölgesi, rüzgar enerjisi yatırımları, Türkiye'de işletmede olan toplam kurulu gücün %32'sini oluşturarak önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Bu gelişme, gelecekte de Bölge'nin enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanması ve ülkemizin enerji güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulun-

abilecektir. Bölge rüzgar enerjisi açısından çok uygun bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, Bölge'nin gelişiminde çok büyük bir katkı yapacağı düşünülebilir. Rüzgar türbinlerinde kullanılan yerli malzeme payının arttırılması, Bölge'ye ve Türkiye'ye ekonomik açıdan ve verimlilik açısından büyük katkı sağlayabilecektir. Ayrıca, hızlı bir şekilde artan rüzgar türbinlerinin sayısı, bunların işletilmesinde, bakımında ve onarımında çalışacak personeli de dikkate alındığında, bölgeye yeni istihdam alanı da sağlayacaktır. TR22 Bölgesi, jeotermal enerji kaynakları bakımından ülkemizin zengin bölgelerinden biridir.

Jeotermal kaynaklar, genellikle orta ve düşük entalpili olup ısıtma, seracılık ve termal tedavi gibi doğrudan kullanım alanları için uygun görünmektedir. Bölgede jeotermal enerjiden elektrik üretimi, sadece Çanakkale-Tuzla Bölgesi'ndeki 174^{0}C kuyu sıcaklığı olan jeotermal kaynakta yapılmaktadır. Bölgesel ısıtmada kullanılan jeotermal su genellikle reenjeksiyon yapılmadan 400C civarında bir sıcaklıkta iken deşarj edilmektedir. Deşarj edilen bu atık enerjiden, özellikle seracılık ve ısı pompası uygulamaları ile yararlanılabilir. Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı artacaktır.

Bölgede, yatay düzleme düşen yıllık güneş enerjisi, Balıkesir ili için 1.438 kWh/m2, Çanakkale ili için 1.435 kWh/m2'dir. Bölge'de, 1 kW anma gücündeki bir PV sisteminden Balıkesir ve Çanakkale illerinin her birinde yılda ortalama 1.064 kWh elektrik üretim potansiyeli olabilecektir. Çanakkale ilinde 184,80 kWp gücüne sahip güneş enerjisinden elektrik üretim sistemi bulunmaktadır. Güneş enerjisi açısından çok uygun olan TR22 Bölgesi'nde bu tür tesislerin sayısının arttırılması gerekmektedir. Küçük tarım ve sanayi işletmelerinde ve konutlarda kullanılmak üzere 1 kW-1 MW arasında güce sahip modüler güneş enerji sistemlerinin Bölge'de yaygınlaştırılması için bu yönde uygulamalı eğitim çalışmalarının, ilgili üretici kuruluşlarla birlikte, planlanması gerekir. Bölgenin tamamı, güneş kollektörlerinin sıcak su temininde kullanımı için oldukça uygundur.

TR22 Bölgesi, biyokütle enerjisi bakımından oldukça zengin çeşitliliğe sahiptir. Tarımsal ve hayvansal üretim, büyük ölçekli ormanlar, kentsel ve endüstriyel atıklar, bölgedeki başlıca biyokütle kaynakları olarak sıralanabilir. Tarımsal ve hayvansal artıklar büyük oranda geleneksel yöntemlerle kullanılmaktadır. Bu artıkların oluştuğu bölgelerin yakınlarına biyokütle enerjisi üretim tesisleri kurulmalıdır. Hayvansal artıkların, biyogaz üretiminden sonra gübre olarak değerlendirilmesiyle; hem toprak verimi arttırılabilir hem de enerji üretilebilir. Hayvansal üretimde önemli bir konumda olan TR22 Bölgesi'nde uygun yerlere biyogaz tesisleri kurulması, artıklardaki enerjinin daha verimli kullanımını sağlayabilecektir.

Zeytin üretimi, bu Bölge için önemli biyokütle kaynağıdır. Zeytinin yağa işlenmesiyle oluşan artıklar, pirina ve karasu, enerji amaçlı kullanıma uygundur. Pirina kurutularak doğrudan yakılabilir, karasu ise biyogaz üretiminde kullanılabilir. Zeytinyağı fabrikalarının yakınlarına kurulacak atıkların değerlendirildiği tesislerin, süreklilik ve yeterli atık bakımından, enerji verimliliklerinin daha yüksek olabileceği düşünülebilir. Bölge, kanola, aspir gibi biyoyakıt üretilebilecek bitkilerin yetiştirilmesi için de uygundur. Fakat günümüzde, biyoyakıtlar konusunda, mevzuat ve teşviklerle ilgili belirsizliklerden dolayı yeteri kadar talep olmamaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak daha sonraki yıllarda yapılacak yatırımların, ekonomik açıdan ve enerji verimliliği açısından, Bölge'ye katkı sağlayacağı düşünülmektedir. TR22 Bölgesi'nde, dalga enerjisi Çanakkale Boğazı'nın iki ucundaki seviye farklarındaki değişimlerde meydana gelmektedir. Bölgede dalga hızı 1 ile 4 knot arasında değişmektedir. Suya yerleştirilen su türbinleri ve su çarklarının verimli çalışması için 4 knottan daha

yüksek hız gerekmektedir. Bu nedenle Bölge'de, daha düşük hızlarda verimli çalışabilen VIVACE gibi sistemler kullanılmalıdır. Bu sistemlerde enerji üretim maliyetleri, yaklaşık 5,5 cent/kWh ile rüzgardan (6,9 cent/kWh) ve güneşten (16-48 cent/kWh) enerji üretim maliyetlerinden daha düşüktür. Enerji üretim maliyetleri göz önüne alındığında, değerlendirilebilecek bir durum olduğu görünmektedir.

TR22 Bölgesi'nde, Çanakkale Bozcaada Güneş-Rüzgar Hidrojen Enerji Sistemi bulunmaktadır. Güneş ve rüzgardan alınan enerji kullanılarak suyun elektrolizi yoluyla hidrojen üretimi ve depolanması gerçekleştirilmiştir. Enerji açısından 1 kg hidrojen, 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrole eşdeğerdir. Hidrojen fosil yakıtlara göre daha verimli yanan bir yakıttır. Fosil yakıtlar yakıldığında çevreye CO2, CO gibi kirletici gazlar atılır. Hidrojen yakıldığı zaman çevreye sadece su ve su buharı atılır. Hidrojen, fosil yakıtlara alternatif, ısıl değeri yüksek, çevre dostu bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlar yerine hidrojenin kullanılmasıyla CO2 göstergelerinde düşme olacaktır.

TR22 Bölgesi, özellikle rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjiler açısından çok yüksek potansiyele sahiptir. Verilen destek ve teşviklerle rüzgar enerjisinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Güneş enerjisi genelde sıcak su üretimi için kullanılmaktadır. Isınma ve elektrik üretimi için kullanımlar teşvik edilmelidir. Biyokütle, biyogaz üretimi veya doğrudan yakarak enerji üretimi için kullanılabilir. Sera ısıtması ve düşük sıcaklık uygulamalarında jeotermal enerjiden daha fazla yararlanılabilir.

TR22 Bölgesi'nde, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapılabilir. Üretilen bu elektrik enerjisiyle hidrojen üretimi mümkündür. Rüzgar enerjisi- hidrojen üretimi, rüzgar/güneş enerjisi - hidrojen üretimi, güneş enerjisi-hidrojen üretimi gibi birleşik sistemler planlanabilir. Böylece hem elektrik üretiminde, hem de yakıt üretiminde dışa bağımlılık azalır. Üretilen hidrojen, fosil yakıtların tüketildiği her alanda verimli bir şekilde kullanılabilir. Böylece, bölgenin ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretim ve tüketimi artacaktır. Hidrojenin yakılmasıyla, CO2 gibi kirletici gazlar oluşmayacağından dolayı, CO2 göstergeleri de düşecektir.

Enerji verimliliği ve enerji ekonomisi gibi kavramlar, 1973 enerji krizinden sonra dünya gündeminde önemli şekilde yer almıştır. Bu krizden sonra dünyada ucuz enerji devrinin sona erdiği kabul edilir. Bu tarihten sonra ülkelerin enerji tasarrufu alanındaki çalışmalarını yoğunlaştırdığı, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde de çalışarak enerji ihtiyaçlarının bir kısmını kendi öz kaynaklarından sağlamaya uğraştıkları görülür. Bu tarihten itibaren enerji alanında yapılan çalışmalarda gelişmiş ülkeler önemli ilerlemeler sağlamış, gelişmekte olan ülkeler ve diğer ülkeler benzer başarıyı sağlayamamıştır. Avrupa'da konut sektöründe ve sanayide önemli başarılar sağlanmıştır. Fransa gibi ülkeler 10 yıl içerisinde konut ısıtmada kullanılan enerji miktarını yarı yarıya düşürmüştür. Ülkemizde bu tarihten itibaren ilgili standart ve yönetmeliklerde değişiklikler yapılmış ancak uygulamada denetim yetersizliği nedeni ile başarı sağlanamamıştır. Halen enerji fiyatlarının (doğalgaz) artması nedeni ile vatandaşında olaylara sıcak bakması nedeniyle yetersiz de olsa kısmen mantolama yapılmaya başlanmıştır.

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşmesine yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Isıtma, aydınlatma ve ulaşım ihtiyaçlarımızı karşılarken, elektrikli ev eşyalarımızı kullanırken, kısacası günlük yaşantımızın her safhasında enerjiyi verimli kullanarak,

ihtiyaçlarımızı kısıtlamadan aile bütçesine, ülke ekonomisine ve çevremizin korunmasına katkı sağlamamız mümkündür (Anonim, 2013).

Enerji verimliliği, "enerji ve enerji kaynaklarının, üretiminden tüketimine kadar olan süreçte en yüksek etkinlikte değerlendirilmesidir" şeklinde tanımlamaktadır. Enerji tasarrufu, enerji verimliliğine katkı yapan önemli bir parametredir. Enerji tasarrufu; enerjinin verimli olarak değerlendirilmesi amacıyla, üreticiler, dağıtıcılar ve kullanıcılar tarafından alınan tedbirler sonucunda belirli miktardaki üretimi ve hizmeti gerçekleştirmek için her aşamada enerji miktarındaki azalmadır (Hepbaşlı, 2010).

Bir işletmede enerji verimliliğini incelemek için öncelikle enerji taraması ve enerji etüdü yapmak gerekmektedir. Enerji taraması; enerji tüketen sistem veya tesisin derinliğine incelenmesidir (Gottschulk, 1996). Enerji etüdü; bir enerji yönetim programının yürütülmesindeki ilk aşamadır. Dökümantasyona dayalı araştırma, inceleme ve enerjinin nerede ve nasıl kullanıldığını veya atıldığını belirlemek amacıyla yapılan bir analizden oluşur (Ciper, 2002).

Gayri safi milli hasıla (GSMH) başına tüketilen enerji miktarı olarak adlandırılan enerji yoğunluğu; enerjinin verimli kullanımının sağlanmasında düşürülmesi gereken en önemli göstergedir. Uluslararası Enerji Ajansının verilerine göre gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğu 0,09 - 0,19 arasında iken ülkemizde 0,38 olması ve azalma eğilimi göstermemesi, bu konunun ciddi olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu konuda uygulanacak politikaların, ekonomik gelişmeyi engellemeden, enerji kullanımı konusunda disiplinler arası bir yaklaşımın ortaya konmasını gerektirmektedir. Çünkü enerji verimliliği alanında yapılan çalışmalar, ülke ekonomisinin dünya piyasasında rekabetini arttırırken, tüketiciye daha ucuz mal ve hizmet sunma fırsatını da sağlar (Korucu, 2007).

Enerji verimliliği sağlamak için işletmelerde enerji yönetim programı uygulanmalıdır. Enerji yönetimi, karları maksimuma çıkarmak (giderleri minimuma düşürmek) ve rekabet konumlarını arttırmak için enerjinin akılcı ve etkin kullanımıdır (Hepbaşlı, 2010).

12. GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya yıllık enerji tüketimi artışı, dünya yıllık nüfus artışının yaklaşık 3,5 katıdır. Bunun ana nedeni insanların refah düzeyinin her geçen gün biraz daha artması ve buna bağlı olarak enerjinin insan hayatında artan bir hızla daha fazla yer almasıdır. Dünya ülkeleri konfor düzeyinin artmasına kısıtlama getirmeden enerji tüketimini azaltacak önlemleri almak zorunda kalmıştır. Ayrıca, enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan hidrokarbon yakıtların (fosil kökenli) yanması sonucu oluşan, çevreyi kirleten, sera etkisine neden olan CO2 ve diğer zararlı emisyonların miktarlarının atmosfere verdiği zararlar da dikkate alındığında bu miktarların azaltılması gerekmektedir. Küresel ısınma kavramı ile de ifade edilen bu olay, sera gazı salımlarının gerek ulusal ve gerekse uluslararası boyutları, etkileri ve yaptırımları göz önüne alındığında bir an önce çevre dostu, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesinin ve ağırlık verilmesinin gerekliliği açıktır.

Dünyada sınırlı rezervlerde bulunan ve fosil yakıtlar olarak isimlendirilen petrol, doğalgaz ve kömür yakıtlar tüketim itibariyle halen dünyanın en önemli enerji kaynaklarıdır. Ancak nüfus ve sanayileşmenin günümüzde hızlı bir şekilde artması bu kaynakların tüketimini de aynı hızda artırmaktadır. Artan tüketim, bu kaynakların yakın bir zamanda tükeneceğini ortaya koymakla birlikte, aynı zamanda çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir. Sınırlı kaynaklara sahip olan yakıtların tüketimlerindeki artışlar, yakıtların fiyatlarında da aşırı yükselmelere neden olmuştur. Özellikle, 1970'li yılların başından itibaren artan petrol fiyatları dünyada ucuz enerji devrinin sona erdiğini göstermiş ve dünya ülkelerinin ekonomilerini ciddi şekilde etkilemiştir. Ülkemiz gibi birçok ülkenin, enerji krizlerine bağlı olarak ekonomik krizler geçirmesine neden olmuştur. Bu ise dünya ekonomik politikalarında etkin olan gelişmiş ülkelerin, dış politikalarının enerji kaynaklarına ve nakil hatlarına hakim olma politikalarını geliştirmelerine sebep olmuştur. Kısaca enerji politikaları, dünya ülkelerinin dış politikalarını önemli şekilde değiştirmiştir.

Dünya ülkeleri, enerji krizlerinden daha az etkilenmek için, bu tarihten itibaren temelde üç ana konu üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Bunlardan birincisi; kendi öz enerji kaynaklarını değerlendirmek ve maksimum düzeyde kullanmak olmuştur. Özellikle; yeni, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarını en üst düzeyde kullanmayı amaçlamışlardır.

İkincisi; enerji tasarrufu alanında çalışmalar başlatmışlardır. Bu konuda sanayi ve konutlarda kullanılan enerji miktarlarının azaltılması ile ilgili önemli adımlar atılmıştır. Daha az enerji tüketen alet ve cihazların geliştirilmesine hız verilmiştir. Bu alanda yakıt yakma sistemlerinin geliştirilmesi, tasarruflu aydınlatma araçlarının geliştirilmesi, araç ağırlıklarının azaltılması gibi önlemler ön plana çıkmıştır. Üçüncüsü ise özellikle yüksek miktarda enerji tüketen entegre tesislerin ve kojenerasyon sistemlerinin kurulması ile kurulu tesislerin revize edilerek enerji geri kazanımlarının ön plana çıkarılmasıdır. Bu şekilde yüksek miktarda enerji tüketen sistemlerin verimliliği %50'lerden %85'lere çıkarılmıştır. Özellikle özel teşebbüs bu alanda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Entegre tesislerde, termik santrallerde, çimento sanayi gibi enerji yoğun tesislerde atık enerjinin geri kazanımı alanında önemli gelişmeler sağlamışlardır. Belirtilen bu üç alanda, gelişmiş ülkeler önemli başarılar elde etmişlerdir. Ülkemizin de aralarında yer aldığı gelişmekte olan ülkeler, bunlardan sadece bir kısmı üzerinde kısmı başarı elde etmişlerdir. Alınması gerekli önlemler, ülkemiz gibi birçok gelişmekte

olan ülkelerde sadece yazılı belgeler üzerinde kalmış, uygulamada önemli başarı sağlanamamıştır. Örneğin; ülkemizde çıkarılan TS 825 binalarda enerji tasarrufuna dair yalıtım yönetmeliği, Ocak 1980 tarihinden itibaren sürekli değiştirilmiş, ancak uygulanmasında başarı sağlanamamıştır. Sadece enerji fiyatlarının yükselmesi nedeniyle, vatandaşa gelen yüksek faturalar konutlarda ısı yalıtımını cebren teşvik etmiştir. Halen bu konuda bilinçli ve yeterli çalışmalar yapılmamıştır. Sadece son yıllarda kısmı bir düzelme söz konusu olmuştur. 1973 yılı enerji krizi ülkemizi daha fazla etkilemesine rağmen enerji konusunda alınan yanlış kararlar nedeniyle bilindiği gibi ülkemiz birçok sıkıntılar yaşamıştır. Bizden daha az krizden etkilenen Fransa ve diğer bazı Avrupa ülkeleri uygulamaya yönelik ciddi kararlar almış ve uygulamışlardır. Örneğin Fransa 1973-1983 yıllarında 10 yıl içerisinde konutlarda kullanılan enerji miktarını yarı yarıya düşürerek örnek gösterilen ülke olurken, ülkemiz konunun önemini yeni yeni anlamış ve uygulamaya geçirme çabası içerisine girmiştir.

Gelişmiş ülkeler 1970'li yıllardan sonra yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili çalışmalarına hız vermiş, uyguladıkları teşviklerle bugünkü seviyeye gelmişlerdir. Ülkemizde 1970'li yıllardan günümüze kadar maalesef mevzuat ve yönetmelikler teşvik yerine, bu konuda önemli sıkıntılar çıkarmış, özellikle özel teşebbüsün önünü tıkamıştır. Devlet enerji alanında tekel olmuştur. Son yıllarda çıkarılan kanun ve yönetmelik değişikleri ile çok önemli adımlar atılmış, bu alanda ülkemizde de kayda değer gelişmeler sağlanmış ve sağlanmaya da devam etmektedir. Özel teşebbüsün yatırım yapabilmesi için engellerin birçoğu kaldırılmış ve önemli teşvikler sağlanmıştır.

Ülkemizde, yukarıda ilgili bölümlerde de geniş şekilde yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı gibi son yıllarda gerek yasal düzenlemeler ve gerekse teşvikler ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar belirli ölçüde artmıştır. Bu artışlar bazı alanlarda rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisi gibi artış göstermesine rağmen, halen rüzgar enerjisi hariç yetersizdir. Özellikle biyoenerji (biyogaz, biyokütle), jeotermal, güneş, dalga enerjilerinden yeterli miktarlarda yararlandığımız söylenemez. Ayrıca, enerji tasarrufu konularında yapılan çalışmalar çok yetersiz kalmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile petrol, doğalgaz, kömür yakıtların tüketimlerinde önemli bir azalma olmamıştır ve olmayacaktır.

Bilindiği gibi petrol tüketimindeki yıllık yükselme eğilimindeki azalma, doğalgazın yaygın şekilde kullanımının artması ve petrolün yerini almasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak toplam enerji tüketimimiz her geçen yıl sürekli artmaktadır. Bu artış nedeniyle ülkemizde de dünyada olduğu gibi enerji türlerine göre tüketim oranlarını fazla değişmeyecektir. Bugüne kadar sadece doğalgazın kullanım oranı artmış, petrol oranı kısmen düşmüştür. Ülkemizde doğalgaz tüketimi her geçen gün büyük bir hızla artmakta ve elektrik enerjisinin üretiminde de en büyük payı doğalgaz çevrim santralleri almaktadır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji sektörüne yönelik makine-ekipman üreten işletmelerin ölçekleri genel olarak küçüktür ve küresel aktörler ile rekabet güçleri zayıftır. Bu sebeple, sektörde kullanılan tüm makine-ekipman ithal edilmekte bu da cari açığımıza olumsuz etki etmektedir. Bu durumu ülkemiz lehine dönüştürmek için yerli işletmelerimizin ölçeklerinin büyütülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, ülkemizdeki konutlar, apartmanlar, siteler, sanayi kuruluşları, kamu binaları ve kamunun ortak kullanıma açık alanlarının enerjisinin yerli makine-ekipman ile üretilen yenilenebilir enerjiden sağlanması teşvik edilmelidir. Böylece, küçük ölçekli yerli işletmelerimiz için büyük bir pazar açılmış olacak ve bu işletmelerin ölçekleri ile birlikte uzmanlıkları, kapasiteleri, teknolojileri ve markalaşma düzeyleri geliştirilebilecektir. Sonuçta daha büyük ölçekli üretim yapma kapasitesine sahip olarak küresel aktörlerle rekabet gücüne kavuşacak olan bu işletmeler, ülke içindeki lisanslı yenilenebilir

enerji yatırımlarını da gerçekleştirebilir hale gelecek, sonrasında ise yurt dışına yenilenebilir enerji makine-ekipmanı ihraç edebilecektir.

Bu hedefe ulaşılması için Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretilmesine İlişkin Yönetmeliğin Bağlantı noktası seçimiyle ilgili 13. Maddesinin 3. Fıkrasında belirtilen "AG seviyesinden bağlanacak üretim tesislerinin toplam kapasitesi, bu üretim tesislerinin bağlı olduğu dağıtım transformatörünün gücünün yüzde otuzunu (%30) geçemez." Maddesinin kaldırılarak yönetmeliğe tüm binalarda ve kamunun ortak kullanımına açık alanlarında yerli makine ekipman ile üretilen yenilenebilir enerji üretiminin teşvik edileceğine dair maddenin eklenmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya genelinde tüketim paylarına bakıldığında, üretiminde önemli artışlar sağlanmasına rağmen, dünya enerji tüketiminin yüksek olması ve tüketim hızının da sürekli artması nedeni ile bu oran çok az artmaktadır ve gelecekte de bu payın fazla artması beklenmemektedir. Maliyetleri göz önüne alındığında enerji rakamsal olarak değeri yüksek bir üründür ve mevcut enerji kaynakları günümüzde herhangi bir şekilde depolanamadığı için kaybolmaktadır. Bu kaynaklardan maksimum düzeyde yararlanılmalıdır.

12.1. Hidroelektrik Enerji

Yukarıda ilgili bölümde açıklandığı gibi, Dünya'da ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik üretiminde hidroelektrik enerji ilk sırada yer almaktadır. Doğrudan yağışlara bağımlı olması nedeniyle hidroelektrik enerji üretiminin güvenirliliğinin düşük olduğu kabul edilir. Buna rağmen dünyada diğer enerji kaynakları içerisindeki payı yaklaşık olarak 1/3 civarındadır. Ülkemizde, TEİAŞ tarafından yapılan 2012-2019 dönemini kapsayan elektrik üretim projeksiyonuna göre 2019 yılına kadar elektrik üretiminde hidroelektrik için yaklaşık %20'lik artış öngörülmektedir.

Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelini değerlendirmek ve hidroelektrik potansiyelin geliştirilmesi amacı ile 510 adet HES projesi yapımı planlanmıştır. Bu söz konusu durum gerçekleştiği zaman Türkiye 35.000 MW kurulu güç ile 125 Milyar kWh enerji üretmiş olacaktır (Görez, 2006; Gökdemir, 2012).

Türkiye'nin 2012 yılı toplam enerji üretiminin yaklaşık 239 milyar kWh civarında olduğu göz önüne alınırsa, Balıkesir ilinde üretilen hidroelektrik enerjisi ülkenin üretiminin %0,03'üne karşı gelmektedir. Çanakkale ilinde ise halen aktif bir HES bulunmamakla birlikte 1,8 MW güce sahip Bayramiç HES projesi planlama ve 6,5 MW'lık bir proje ön inceleme aşamasındadır. Yeni inşa edilecek hidrolik santrallerle Balıkesir ilinin 8 hidroelektrik enerji üretimi ülkenin enerji üretiminin ancak %0,14'ünü, Çanakkale ili ise %0,017'sini karşılayabilecektir. Bölgemizde, yağışların yüksek olmaması nedeniyle debisi yüksek nehirler bulunmamaktadır. Bu nedenle hidrolik enerji potansiyelinin bölgemizde diğer bölgelere göre az olduğunu söylenebilir. TR22 Güney Marmara Bölgesi su kaynaklarının tarımsal sulamaya yönelik değerlendirilmesi ağırlık kazanmakla birlikte, birincil enerji kaynaklarından enerji üretim ve nakil maliyetlerinin günden güne artması nedeniyle mikro-HES'lere yönelik çalışmaların da gündeme alınarak değerlendirilmesi yerinde olup, gerek ekonomik ve gerekse iş istihdamı yaratması yönünden de ayrı bir değer olacaktır.

12.2. Rüzgar Enerjisi

Bölgemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından en önde gelen enerji kaynaklarından biri rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi bilinen enerji kaynaklarının aksine, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini azaltan ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlı olmayan yerli ve potansiyelin olduğu bölgelerde her zaman kullanılabilen bir kaynaktır. Bunun yanı sıra istihdam alanı oluşturmakta ve çevre dostudur. Kullanımı yeni yönetmelik değişikleriyle her geçen gün katlanarak artmakta, çevremizde yeni yatırımcıların santraller kurduğunu görmekteyiz. Özel teşebbüs bu alanı yatırım için uygun gördüğünden karşılaşılan bazı sıkıntılara rağmen yatırımlar hızlı bir şekilde artmaktadır.

Türkiye rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi, 03/03/2001 tarih ve 24335 sayılı resmi gazete de yayınlanan "4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu", 04 /08/2002 tarihli ve 24836 sayılı resmi gazetede yayınlanan "Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği" ve esas olarak 10/05/2005 tarih ve 25819 sayılı resmi gazetede yayınlanan 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun"un kabul edilmesiyle birlikte, 2005 yılından sonra hızla artmıştır. 1998-2012 dönemi gerçekleşmiş verilere göre, 2006 yılında 51 MW olan kurulu güç kapasitesi çok hızlı (45 kattan fazla artarak) bir artış eğilimiyle 2012 yılında 2.312,12 MW düzeyine çıkmıştır. Bu, basit yasal düzenlemeler ile çok büyük kazanımlar sağlanabileceğinin bir göstergesidir ve bu düzenlemeler zaman zaman yeniden gözden geçirilmelidir.

Devletimizin 2023 yılı hedefi 20.000 MW rüzgar güç kapasitesine ulaşmaktır. Mevcut kurulu rüzgar gücümüzün bu seviyesine çıkarılması ve dünya standartlarına uygun yüksek verimli türbin üretiminin sağlanması için bazı hususlar önem taşımaktadır. Bu doğrultuda devlet tarafından teşviklerin artırılması, yatırım aşamasındaki bürokratik sürecin basitleştirilmesi ve kısaltılması, rüzgar ölçümlerine yönelik sorunların giderilmesi, mevcut rüzgar potansiyelimizden uzun vadede daha ucuz bir şekilde faydalanabilmemiz için çevresel duyarlılıkları da göz önüne alarak rüzgar enerjisi ile ilgili bilimsel, teknik ve uygulamalı araştırmaların teşvik edilerek gerekli teknolojik alt yapının oluşturulması ve rüzgar türbin teknolojisine daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir.

TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde, işletmelerdeki rüzgar santralleri toplam sayısı 18 adet olup toplam 749,80 MW kurulu güç ile Türkiye'de olan işletmelerdeki toplam kurulu gücün yaklaşık 1/3'ini oluşturmaktadır. Bölgede, toplam 126,50 MW kurulu güce sahip 5 rüzgar türbini santrali inşa halinde olup, bu santraller ülkemizde inşa halindeki toplam rüzgar santrali kurulu gücünün %21'ini oluşturmaktadır. İnşa halindeki bu yatırımların %15'i Balıkesir, %6'sı ise Çanakkale ilindedir. Mevcut kurulu rüzgar gücü ve yapım aşamasındaki tüm yatırımlar birlikte değerlendirildiğinde, Balıkesir ilinde toplam yatırımcı firma sayısı 11 adet, Çanakkale ilinde ise 8 adettir. Bu gelişmeler ile gelecekte de Bölge'nin enerji talebinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanması ve ülkemizin enerji güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunabilecektir. Bu alanda karşılaşılan noksanlıklardan birisi; Rüzgar türbinlerinin bakım onarım masraflarının yüksekliğidir. Bölgemizde bu konuda eğitim veren meslek liseleri ve üniversiteler konuya önem vermeli ve teknik personelin yetişmesine katkıda bulunmalıdır. Diğeri ise türbin ve donanımlarının geliştirilmesi ve test edilmesi için acilen AR-GE merkezlerinin üniversitelerde kurulmasıdır. Bu amaçla gerek teknik ve gerekse iş gücü sağlanmasına yönelik programlar ile atölyeler ve laboratuarların kurulmasına yönelik çalışmalar hızlandırılmalı ve desteklenmelidir.

12.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji kullanımında dünyada önemli bir yerimiz olmasına rağmen kullanım genellikle kaplıca ve ısıtma amaçlıdır. Ülkemizdeki kaynakların düşük entalpili kaynaklar olması nedeni ile elektrik üretimi sınırlıdır. Bölgemizde ise sadece Çanakkale Tuzla'da 7,5 MW'lık bir elektrik üretim tesisi bulunmaktadır. Ancak son zamanlarda orta entalpili kaynaklardan farklı akışkanların kullanıldığı yeni yöntemlerle elektrik üretim teknolojisi geliştirilmektedir. Bu yöntemin geliştirilmesi ve maliyetinin düşürülmesi ile elektrik üretimi de yapılabilecektir. Ülkemizde jeotermal kaynaklar ekseriyetle ısıtma (konut, sera) ve kaplıca amaçlı olmak üzere yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışma ve incelemeler, bu enerjinin çok savurgan ve bilinçsiz kullanımını göstermektedir. Yerden çıkan ucuz enerji olarak görülen bu kaynak, ısıtma amaçlı kullanılırken kullanılan konutların yalıtımsızlığı, hat kayıplarının fazlalığı, proje hataları ve tüketilen enerji miktarına göre ücret ödenmemesi, jeotermal kaynakların uygun şekilde tüketilmesine engel olmaktadır. Ayrıca; yüksek sıcaklıkta jeotermal suların dere yataklarına bırakılması, reenjekte olayının yok denecek kadar az olması, jeotermal potansiyele uygun kapasitede ısıtma yapılmaması, mevsimlere göre enerji tüketimi değişiminin dikkate alınmaması ve atık enerjinin seracılık, yerden ısıtma gibi alanlarda kullanımının planlanmaması önemli enerji kayıplarına neden olmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmalar, çok soğuk günlerde devreye girecek ek ısıtma sistemlerinin de devreye girmesi ile ısıtılacak konut sayısının iki kat artırılabileceğini göstermektedir. Jeotermal kaynaklar, geçiş mevsimlerinde (ilkbahar ve sonbahar) bölgemizde havaların ılık geçmesi nedeniyle verimli kullanılmamaktadır. Bu aylarda seracılığın ön plana çıkması ve/veya deniz turizminin bu tarihlerde sona ermiş olması nedeni ile bu potansiyelden, bu aylarda yaralanılması planlanmalıdır.

Kullanılan jeotermal enerjinin diğer enerji kaynaklarının kullanımını azalttığını dikkate alarak, bu kaynakların verimli kullanılması için teşvikler kadar önemli olan enerji kullanımının da disipline edilmesidir. Kullanılan tesislerde otomasyon sistemlerinin olmaması, yeterli teknik personelin bulundurulmaması ve ölçüsüz şekilde ısıtılacak konut sayılarının artırılması, ısıtma tesislerinin projelerindeki önemli noksanlıklarıdır. Bunlar jeotermal enerjinin hor kullanılmasının önemli birer ölçüleridir. Jeotermal kuyuların debilerinin bilinmeden projelerin yapıldığı, kuyuların büyük çoğunluğunda debi ölçerlerin olmaması bu alanda yapılacak önemli düzenlemelerin olduğunun açık göstergesidir.

12.4. Biyokütle Enerjisi

Ülkemizin ve özellikle bölgemizin bir diğer önemli alternatif enerji kaynağı biyokütledir. İlgili bölümde açıklandığı gibi biyokütle alanında TR22 Güney Marmara Bölgesi'nin biyokütle enerjisi bakımından oldukça zengin çeşitliliğe sahip olduğu görülmektedir. Geniş yelpazede ürün desenine sahip tarımsal ve hayvansal üretim, büyük ölçekli ormanlar, kentsel ve endüstriyel atıklar, bölgedeki önemli biyokütle kaynaklarıdır. Bölgenin tarımsal üretim aktiviteleri incelendiğinde; zeytin, buğday, mısır, çeltik, ayçiçeği, domates ürünlerinin her iki il için de ön planda olduğu görülmektedir. Ayçiçeği üretiminde; Çanakkale'nin Gelibolu ilçesi, mısırda Balıkesir Merkez ilçesi, çeltikte Balıkesir'in Gönen ve Manyas ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ilçesi ön plandadır. Bu ilçelerdeki üretim miktarları dikkate alındığında, bu ürünlerin saplarını değerlendirebilecek biyokütle enerjisi üretecek tesislerin planlanması düşünülmelidir. Bu artıkların kullanıldığı tesislerin sürdürülebilir olabilmesi için çiftlik işletmelerinde geleneksel yöntemler kullanılmamalıdır. Ülkemizde bu artıklar, halen büyük oranda geleneksel yöntemlerle değerlendirilmekte veya hiç değerlendirilmemektedir.

Gerek Avrupa'da gerekse ülkemizde üretimi teşvik edilen ve kısmi oranlarda kullanımı zorunlu tutulan biyodizel, Balıkesir ve Çanakkale illerinde üretilmesi için önceleri teşvik edilmiştir. Bu amaçla bir enerji bitkisi olan "kanola", başlangıçta biyodizel üretimi için desteklenmiş olmasına rağmen, maliyet ve yemeklik yağ açığı gibi nedenlerle biyodizel üretimi yerine daha çok yemeklik yağ için kullanılmış ve kullanılmaktadır. Yeniden enerji üretiminde de kullanımı teşvik edilmelidir.

Zeytin üretimi, Bölge için önemli biyokütle kaynaklarından birisidir. Balıkesir'in Edremit Körfezi ile Çanakkale'nin Ayvacık ve Ezine ilçeleri önemli üretim alanlarıdır. Bu bölgelerde faaliyet gösteren zeytinyağı fabrikalarının atıkları (pirina ve karasu) enerji amaçlı kullanıma uygun önemli biyokütle kaynaklarıdır. Bu atıklar, biyogaz üretimi ile ilgili tesisler kurularak enerjiye dönüştürülebilir. Özellikle birbirlerine yakın bulunan birden fazla zeytinyağı fabrikasının atıklarının değerlendirildiği tesisler, süreklilik ve yeterli atık bakımından uygulanabilir olabilecek ve Bölge'nin önemli çevre kirliliği sorunu ortadan kalkacaktır. Bu Bölge, aynı zamanda ülkemizin önemli orman bölgelerindendir. Orman Bölge Müdürlüğü tarafından yürütülen budama ve bakım faaliyetleri kapsamında her yıl önemli miktarlarda orman artıkları elde edilmektedir. Çoğunlukla yakılarak değerlendirilen bu ürünler, kısmen odun kömürü ve toprak verimini artırmaya yönelik kompost üretimi içinde kullanılmaktadır. Bu yöntemler yerine orman ürünlerinden odun kömürü ve gaz yakıtların elde edilebildiği modern tesisler kurulabilir.

Son yıllarda hayvansal üretim artıklarının modern yöntemlerle enerjiye dönüştürüldüğü biyogaz tesisleri, Ülke genelinde teşvik ve destekler ile yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalar ve yatırımların birçok destek kuruluşu için öncelikli konular arasında olduğu bu günlerde, TR22 Güney Marmara Bölgesi'nin hayvansal üretim potansiyeli dikkate alınarak, desteklerin alınabilmesi için girişimlerin yapılması gerekmektedir. Özellikle büyükbaş hayvan varlığının yoğun olduğu Balıkesir'in Merkez ve Bigadiç ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ve Çan ilçeleri civarlarında biyogaz tesisleri planlanmalı ve kurulmalıdır. Aynı şekilde; kanatlı hayvan varlığının yoğun olduğu Balıkesir'in Bandırma ve Gönen ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ilçesi civarlarına biyogaz tesislerinin planlanması yapılmalıdır. Bölgemizde sadece Gönen'de, bir biyogaz tesisi kuruluş aşamasındadır. Bu tesis, başarılı şekilde işletilmeli ve örnek gösterilerek tesislerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Hayvansal üretimin yoğun yapıldığı bu bölgelerde biyogaz tesislerinin kurulması uygun olacağı gibi önemli çevre kirliliğini ortadan kaldıracak, aynı zamanda kaliteli organik gübre elde edilecektir.

Sürekli olarak artan dünya nüfusunun, gıda ve giyecek ihtiyaçlarının karşılanması için artan faaliyetler ve sanayi üretimi nedeniyle ortaya çıkan atık madde miktarları da artmıştır. Çevreye ve insan sağlığına zarar veren bu atıklar, mikroorganizmalar vasıtasıyla kompost ya da biyogaza dönüştürülerek, ekonomik katma değer oluşturabilecek bir ham madde olarak değerlendirilebilir. Son zamanlarda, kentsel atıkların sınıflarına göre ayrılması için projeler üretilmekte, düzenli depolama alanları oluşturmakta ve ayırma tesisleri kurulmaktadır. Bu gelişim, Bölge'de kentsel atıkların önemli bir bölümünün enerji amaçlı biyokütle olarak kullanımını kolaylaştırmaktadır. Belediyelerin kentsel atık toplama alanlarında oluşan, metan gazının çevreye vereceği zararın azaltılması yakma tesisleri ile sağlanmaktadır. Bu yöntemin yerine atıkların kompost ya da biyogaz olarak değerlendirilmesi uygun olacaktır. Her iki işlemde de mikroorganizmalar vasıtasıyla atıkların geri dönüşümü sağlanarak doğaya ve çevreye zarar vermeyen ekonomik değeri olan ürünler elde edilebilir hale getirilmelidir. Belediyeler son yıllarda çevre sağlığına katkı bakımından, bitkisel kullanılmış yağ toplama faaliyetlerini sürdürmektedirler. Belediyelerin bu atık yağları toplama ve biyodizel üretme lisansları bulunmadığı için, lisansı bulunan özel kuruluşlar için toplanan bu atıklar, bu firmalar tarafından biyodizel üretimi için kullanılmaktadır. Konunun başarılı şekilde yürütülmesi için ilave önlemler alınmalıdır.

Özetle, TR22 Güney Marmara Bölgesi'nde yıllar öncesine dayanan geleneksel yöntemlerle değerlendirilen biyokütle kaynaklarının modern yöntemler ile değerlendirilmesi, ekonomik, evresel ve sosyolojik açıdan sürdürülebilirliğe ve kalkınmaya önemli katkılar sağlayacaktır. Modern yöntemlerle donatılan biyokütle enerji sistemlerinden elde edilecek ürünler, tarım, hayvancılık ve çeşitli endüstriyel sektörlerin enerji gereksinimlerinin karşılanmasında belirli katkılar sağlayacak, çevre kirliliğini azaltacak ve istihdam alanı oluşturacaktır. Bu amaca hizmet edebilecek önemli bir faktör de, kuşkusuz eğitimdir. Biyokütle ve modern yöntemler ile geri kazanımı konusunda farkındalık oluşturma için planlanacak proje ya da diğer faaliyetler kapsamında, bilim insanları, sivil toplum örgütleri, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör temsilcilerinin katkı sağlayacağı şehir ve köy odaklı organizasyonlar düzenlenmelidir.

12.5. Güneş Enerjisi

TR22 Güney Marmara Bölgesi, 39,10 – 40,70 derece kuzey enlemleri arasında yer aldığı halde, güneşlenme süresi uzun olduğu için yıllık güneş enerjisi miktarı bakımından başta Almanya olmak üzere birçok Avrupa ülkesini geride bırakmaktadır. Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi Enerji ve Nakil Enstitüsü Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi'nden (PVGIS) elde edilen verilere göre, yatay düzleme düşen güneş enerjisi miktarı TR22 Güney Marmara Bölgesi illerinden Balıkesir için 1.438 kWh/m² ve Çanakkale için ise 1.435 kWh/m²'dir. Bu değer Almanya'da ortalama 1.007 kWh/m²'dir. Ayrıca 1 kW anma gücündeki bir PV sisteminden (sistem yatay yerleştirildiğinde) Almanya'da yılda ortalama 762 kWh elektrik üretilebilirken, Balıkesir ve Çanakkale illerinin her birinde 1.064 kWh'lik elektrik üretim potansiyeli bulunmaktadır (Şekil 7.41). Toplam alanı 24.187 km^2

olan Bölge'nin güneyinde 500 km^2 uygun alanların içinde toplam 100 km^2'ye 20 dönüme 1 MW'lık PV modüllerinin kurulması durumunda Bölge 5.000 MW'lık GES kurulumu kazanmış olur. Bu değer Bölge'nin minimum GES potansiyeli sayılabilir.

Bununla birlikte, 14 Haziran 2012 tarih ve 28323 numaralı Resmi Gazetede yayınlanan Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 24/05/2012 tarih ve 3842 sayılı kararının g bendi uyarınca, "Tebliğ kapsamında standardına uygun olarak yapılan ölçümler sonucunda, yatay yüzeye gelen yıllık toplam güneş radyasyonu alt sınır değerini (1620 kWh/m2-yıl) sağlamayan lisans başvurularının kabul edilmemesine" karar verilmiştir. Bu durum pratikte güneş enerjisi lisans başvurularının sadece güney bölgelerde yoğunlaşması sonucunu doğurmuştur. Dolayısıyla, yılda ortalama 2751 saat güneşlenme süresi ve güneş enerjisi üretiminde dünya lideri olan Almanya ortalamasının yaklaşık bir buçuk katı kadar güneş enerjisi alan bölgemiz, uygulamada lisans alınabilecek bölgeler listesinin dışında kalmıştır.

Diğer taraftan Bölge'nin tamamı güneş kolektörlerinin sıcak su temininde yaygın kullanımı için oldukça uygundur. Küçük tarım ve sanayi işletmelerinde ve konutlarda kullanılmak üzere küçük (1 kW-1 MW arasında) modüler güneş enerji sistemlerinin Bölge'de yaygınlaştırılması için öncelikle bu yönde uygulamalı eğitim çalışmalarının, ilgili üretici kuruluşlarla birlikte, planlanması gerekir. Bu konuda; Çanakkale ili organize sanayi bölgesinde yer alan bir işletme tarafından kurulan ve 12 Mayıs 2013 tarihi itibarıyla elektrik üretimine başlayan, güneş enerjisi sistemi örnek uygulama olarak gösterilebilir. Sistem 770 adet 240 Wp güneş panelinden oluşmakta olup 184,80 kWp gücüne sahiptir. Bölge'ye ait bu konuda bir diğer örnek uygulama ise, Balıkesir ilindeki Pamukçu ve Aslıhantepecik ovalarının güneş enerjisi sistemiyle sulanması verilebilir.

Balıkesir ve Çanakkale illerinde yukarıdaki açıklanan potansiyele rağmen Güneş enerjisinden yeterli olarak yararlandığı söylenemez. Mutfak ve banyolarda kullanılan sıcak su ihtiyacının karşılanmasında dahi gerektiği şekilde kullanılmamaktadır. Özellikle yaz aylarında gelen düşük doğalgaz faturaları ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması toplumun bu enerji kaynağından yaralanmasını engellemektedir. Bu konuda kullanıcılara teşvik, üreticilere destek verilerek temiz ve tükenmeyen bu enerji kaynağından en iyi şekilde yararlanılmalıdır.

12.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, enerji taşıyıcı bir ara madde veya rüzgar ve güneşten elde edilen ve kullanılmayan fazla elektrik enerjisinin depolanmış şeklidir diyebiliriz. Hidrojen çok farklı yöntemlerle değişik maddelerden üretilmektedir. Yenilenebilir temiz enerji kaynakları dışında, diğer yollardan (örneğin; hidrokarbonlardan, asitlerin metallerle reaksiyona girmesi gibi) hidrojen üretilmesi hem çevreye zarar vermekte hem de fiyatları diğer yakıtlarla mukayese edilemeyecek kadar yüksek olmaktadır. Yenilenebilir temiz enerji kaynaklarından önce elektrik sonra elektroliz yolu ile hidrojen üretilmektedir.

Bölge'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, hidrojen üretimi açısından Bölge'ye avantajlar getirmektedir. Bölgemiz'de hidrojen enerjisi, kurulacak rüzgar türbinleri ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin ihtiyaç fazlası kısmından üretilebilecektir. Kaynağının bolluğu, deniz üzerinde rüzgarın daha kararlı ve düzgün esmesiyle denizden daha sağlıklı rüzgar enerjisi üretilebilir. Ayrıca Çanakkale Boğazı'nın bir vadi olarak rüzgarı yönlendirmesi ve Boğazdaki çift yönlü akıntılar da Bölge'ye enerji kaynağı avantajı getirmektedir. Özellikle Boğazdaki

üst akıntının birkaç yerde 3 m/s'ye varan hızlara ulaşması bu akıntıda, yeni yöntem ve teknolojilerde kullanılarak toplam 100 MW'a kadar enerji santrallerinin çalıştırılabileceğini göstermektedir. TR22 Güney Marmara Bölgesi bu konuda örnek bir uygulamaya sahiptir. Çanakkale ilinin Bozcaada ilçesinde, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalınma Örgütü (UNIDO) ortak kuruluşu Uluslararası Hidrojen Enerji Teknolojileri Merkezi (ICHET) tarafından "Bozcaada Hidrojen Adası Projesi" kapsamında hayata geçirilen ve taraflarca imzalanan bir protokolle, 2013 yılı başı itibarıyla Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'ne araştırma amaçlı devredilen tesis bu konuda bir örnek çalışma olarak gösterilebilir. Bu konuda araştırma ve çalışmalar yapan ulusal ve uluslararası araştırmacılara hizmet verebilecek ülkemizde ve hatta dünyada örnek bir proje olmasıyla da dikkate değer bir tesis olma özelliğine sahiptir ve desteklenmelidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kadar önemli, hatta daha fazla öneme sahip olan bir diğer konu enerji tasarrufu konusudur. Ülkemizde tüketilen enerjiden yüksek oranda tasarruf potansiyeli vardır. Ancak; bu alanda öncelikle ilgililer, konunun önemine vakıf değildir. Çünkü mevcut durumumuz bunun göstergesidir. Bu noksanlığımızın kabulü bizleri çözüm üretmeye götürecektir. Gelişmiş ülkelerdeki tasarruf önlemleri ile ülkemizdeki önlemler karşılaştırıldığında, kişi başına tüketilen yalıtım malzemesi miktarları, kişi başına tüketilen enerji miktarları ve enerji yoğunluğu değerleri karşılaştırıldığında bu konu daha açık ve net görülecektir. Enerji ile ilgilenen kurumların dahi, inşa ettikleri binalara bakıldığında, ısıtma ve soğutma yüklerinin maksimum seviyelerde ve bu nedenle tüketilen enerji miktarlarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, alanda teknik personelin sayı ve bilgi itibarıyla yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu alandaki noksanlıklar kısa zamanda giderilmeli ve enerji yönetiminde gerçek anlamda yetişmiş personel istihdam edilmelidir. Bir başka ifade ile bu konuda sorumlu olanlar öncelikle konunun önemine vakıf olmalıdır. Bir diğer önemli husus, kullanıcıların enerji konusunda bilgilendirilmesidir. Bu toplumun kesimi için geçerlidir.

Günümüzde doğal gaz artan hızla ülkemiz enerji tüketiminde yer almaktadır. Doğal gazla çalışan termik santrallerin gücü 17.170,60 MW'a ulaşmıştır. Lisans alıp yatırımı süren doğal gaz santrallerinin gücü de 17.263,20 MW'tır. Başvuru, inceleme-değerlendirme ve uygun bulma aşamasındaki doğal gaz santrallerinin gücü ise 33.158,25 MW'tır. Bu santrallerin de lisans alması durumunda doğal gazla çalışan santrallerin toplam kurulu gücü 67.592 MW'a ulaşacak; ve bu durumda 2023'e kadar elektrik üretiminde doğal gaz payının %30'a indirilmesi hedefi tutturulamayacaktır. Herşeyden önce yarın "Doğalgaz Krizi"nin yaşanması gözden ırak olmamalıdır. Bu nedenle; Yeni ve Yenilenebilir enerji kaynaklarını, çevresel hassasiyetler de göz önüne alınarak azami ölçüde kullanmak için gerekli tüm çalışmalar eğitim, teknik ve AR-GE boyutları ile birlikte planlanmalı, geniş ve etkili katılımlarla uygulanmaya konmalıdır. Uygulamalarda ve desteklemelerde; turizm sektörü, organize sanayi bölgeleri, tarım sahaları başta olmak üzere çevre-enerji-ekoloji ilişkisinin ağırlıkta olduğu alanlar öne çıkarılmalıdır. Bu doğrultularda planlar, programlar ve projeler teşvik edilmeli, özendirilmeli, desteklenmeli ve geliştirilmelidir.

12.7. Dalga ve Deniz Akıntı Enerjileri

Çanakkale ve Balıkesir illerinin bulunduğu bölgenin üç cephesinin de denizlerle çevrili olması, dalga ve deniz akıntılarından elde edilecek enerjiden yararlanılabileceği gibi bir izlenim vermektedir. Ancak bu alanda sadece Çanakkale ilinin Kepez mevkiinde bir şirketin, sualtı elektrik santralı kurmak amacıyla devletten 30 yıllığına kiraladıkları bölgede yapmış olduğu araştırmaya yönelik çalışmalar örnek olarak verilebilir. Çeşitli denemeler sonucunda küçük çaplı ilk elektrik üretiminin gerçekleştirildiği bu uygulama proje destekleri ile daha yüksek kapasitelere ulaşma çalışmalarını sürdürmektedir. Bu konuda yapılacak AR-GE çalışmaları desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Abu-Quadis M.,Okasha G., 1996.Diesel Fuel and Olive Cake Slurry, Atomization and Combustion.

Akkuş İ., 2002. Jeotermal Uygulamalar ve MTA, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeotermal Enerji ve Araştırma Merkezi, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları, s. 1–33, İzmir.

Altınbilek, D., 2008. Su Enerjisi: Zorluklar ve Fırsatlar. Su ve Enerji Konferansı, 25-26 Eylül 2008, Artvin.

Anonim: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 27.03.2013.

Anonim, 2004. Genel Enerji Kaynakları, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.

Anonim, 2007. Enerji Verimliliği Kanunu, 26510 sayılı ve 02.07.2007 tarihli Resmi Gazete.

Anonim, 2007. Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu. Ankara.

Anonim, 2009. Uluslar arası Yerel Yönetimler Sera Gazı Salımlarının Analizi Protokolü(IEAP), ICLEI, Ekim 2009. http://www.rec.org.tr/dyn_files/20/4865-seragazi-kitap.pdf

Anonim, 2011. 28097 sayı ve 27 Ekim 2011 tarihindeki Resmi Gazete, “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik”.

Anonim, 2011a. Türkiye Enerji Verileri 2011, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, ISSN : 1301-6318. www.dektmk.org.tr.

Anonim, 2011b. İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi, İzmir Kalkınma Ajansı.
Anonim, 2011c, IEA Bioenergy, Task 37.

Anonim, 2011d, Türkiye’de Hayvansal Atıkların Biyogaz Yoluyla Kaynak Verimliliği Esasında ve İklim Dostu Kullanımı Projesi (Türk-Alman Biyogaz Projesi) , DBFZ - Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig. www.biyogaz.web.tr,

Anonim 2011e. Diğer Enerji Kaynakları Tanımı ve Kaynakların Ülkemizdeki Mevcut Durumu, Biyokütle Enerjisi, http://www.angelfire.com/scifi/nuclear220/sec555.htm# BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Anonim, 2011f. Youth for Habitat Türkiye, Sürdürülebilir Enerji Eğitimi Kitapları, Biyokütle Enerjisi, http://www.habitaticingenclik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/BiyoKutle.Pdf, Erişim Tarihi: 17 Temmuz 2013.

Anonim, 2012. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç Ve Faaliyetleri Mavi Kitap, Ankara.

Anonim, 2012a. Enerji Raporu 2012, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, ISSN:1301-6318.

Anonim, 2012b. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu. Yayın No: MMO/589.

Anonim, 2012c. Türkiye Enerji Verileri 2012, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, http://www.dektmk.org.tr

Anonim, 2012d. BP-Biritish Petroleum , Dünya Enerji İstatistiksel Araştırması, http://www.bp.com/statisticalreview

Anonim, 2012f. Türkiye Orman Varlığı, 2012. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü.

Anonim, 2012g. 2013 Yılı Bütçe Sunumu , T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara. http://www.enerji.gov.tr/yayinler_raporlar/2023_Plan_ve_Butce_Komisyonu Konusmasi.pdf

Anonim 2013, Energy Efficiency Indicator, http:wec-indicators.enerdata.eu/, Erişim Tarihi: 01 Nisan 2013.

Anonim, 2013a, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr.

Anonim, 2013b, Biyosfer, Enerjide Çevreci Çözümler, http://www.biyosfer.com.tr

Anonim, 2013c,Doğuş Prina, http://www.dogusprina.com.tr

Artüz, M. L., Artüz, O. B., Aydın, A., Gülen, D., Torcu Koç, H., Akdemir, D., Aydemir, A., Sönmez, B., Üstün, F., Serter, U., Küçük, Ö., Bakacak, A., Uzun, D., Bulut, F. M. 2011a. Marmara Denizi'nin Değişen Oşinografik Şartlarının İzlenmesi Projesi (MAREM) 2009 senesi çalışma verileri (Ön Raporlar). Marmara Üni. Yayını, Kitap no: 799, ISBN 978-400-346-8. P. 288.

Artüz, M. L., Artüz, O. B., Gülen, D., Torcu Koç, H., Üzen, E., Aydemir, A., Sönmez, B., Akdemir, D., Bakacak, A. 2009. Marmara Denizi'nin Değişen Oşinografik Şartlarının İzlenmesi Projesi (MAREM) 2008 senesi çalışma verileri (Ön Raporlar). T.C. Piri Reis Üni. Yayını, Kitap no: 1, ISBN 978-605-60740-1-1. P. 271.

Artüz, M. L., Gülen, D., Aydın, A., Torcu Koç, H., Artüz, O. B. 2011b. Marmara Denizi'nin Değişen Oşinografik Şartlarının İzlenmesi Projesi (MAREM) 2010 senesi çalışma verileri (Ön Raporlar). Marmara Üni. Yayını, Kitap no: 800, ISBN 978-975-400-375-5. P. 305.

Artüz, M. L., Gülen, D., Aydın, A., Yalçın, B., Artüz, O. B. 2011b. Marmara Denizi'nin Değişen Oşinografik Şartlarının İzlenmesi Projesi (MAREM) 2011 senesi çalışma verileri (Ön Raporlar). Marmara Üni. Yayını, Kitap no: 803, ISBN 978-975-400-350-5. P. 312.

Artüz, M. L., Okay, I. A., Mater, B., Artüz, O. B., Gürseler, G., Okay, N. 2007. Bilimsel Açıdan Marmara Denizi. Türkiye Barolar Birliği Yayınları. ISBN 975-6689-89-8. P.

Aslan A.,Gönen Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminin Enerji ve Termoekonomik Verimliliğinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir 2010.

AYEP, 2008. Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012), Y.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Azbar, 2011. Biogas Potential Of Municipal Solid Waste And Some Agrowaste, Ege University, Bioengineering Department. Presentation of 1st Biogas Workshop Izmir 19.-20.10.2011.

Balıkesir Belediyesi, 2013. Balıkesir İli Kentsel Atık İstatistikleri, Balıkesir Belediyesi.

Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Karaca, C., Kaçıra, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., Güneş, K., Komitti, N., Barnes, I., Nieminen, M., 2005. Türkiye'de Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi Rehberi, LIFE 03 TCY/ TR /000061, Adana, Türkiye.

Başkan, A.E., 2010. Zeytinyağı İşletmelerinin Atıkları ve Değerlendirilme Yolları, Güney Ege Kalkınma Ajansı, Denizli.

Bayram, M.,Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması ve BEP-TR, İzolasyon Dünyası-Gündem, Mart 2011

Bernitsas M., Raghaven K., Ben-Simon Y., Garcia E.M.H., 2008. VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy):A New Concept in Generation of Clean and Renewable Energy From Fluid Flow. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 130: 041101-3.

BOBM, 2013. Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, 2013, Orman Ürünleri İstatistikleri.
BP, 2012. Statistical Review of World Energy, June 2012. BP, London.

BTİM, 2013. Balıkesir Tarım İl Müdürlüğü Kayıtlı Verileri. Tarımsal ve Hayvansal Üretim İstatistikleri

Çalışkan, M., 2010. Marmara BölgesiRüzgar Potansiyeli. EİEİ Genel Müdürlüğü Sunumu, Ankara.

Çalışkan, M. 2011. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar. Rüzgar Enerjisi ve Santralleri Seminer Sunumu. Rahmi Koç Müzesi Konferans Salonu: İstanbul.

Can, A., 2006. Türkiye'nin KrbondioksitProbleminin Sayısal Model ile İncelenmesi, ODTÜ, Ankara

Cegarra J.,Alburquerque J.A.,Gonzalez J.,Garcıa D.,A, 2000. Survey of Olive –Mıll Wastes in Spain Feasıbılıty of Composting. 1st International Workshop on Environmental Problems in Olive Oil Production and Solutions, Zeytinli-Balıkesir, s. 149-153.

Cipec 2002. Canadian Industry Program for Energy Conservation, Energy Efficiency Planning and Management Guide, National Resources Canada, Ottawa.

Clément 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., and Thorpe T., 2002. Wave energy in Europe: current status and perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 6 (5): 405–431.

Craig H., 1961.Standart for Reporting Concentrations of Deuterium and Oxygen-18 in Natural Waters. Science, 1961, 133, 1833–1834.

CRES, 2003. Wave Energy Utilization in Europa: Current Status and Perspectives Produced by Centre for Renewable Energy Sources, http://www.waveenergy.net/Library/WaveEnergyBrochure.pdf, 2003.

Çağlar KO., 1948. Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları. MTA B/11, 2, 1948, Ankara.

Çanakkale Belediyesi, 2013. Çanakkale İli Kentsel Atık İstatistikleri, Çanakkale Belediyesi.

ÇTİM, 2013. Çanakkale Tarım İl Müdürlüğü, Tarımsal ve Hayvansal Üretim İstatistikleri.

Dansgaard W. Stable İsotopes in Precipitation. Tellus, 1964, 16, 436–468.

Das, D. and Veziroglu, N. 2001. Hydrogen production by biological processes: a survey of literature. Int. Journal of Hydrogen Energy, 26, 13–28.

DBFZ, 2011. Deutches Biomasse Forchungs Zentrum,. Türkiye"de biyogaz yatırımları için geçerli koGulların ve potansiyelin değerlendirilmesi. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Alman Uluslararası Güçbirliği Kurumu (GIZ), Ankara, Turkey.

DEK-TMK, 2012. Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, Enerji Raporu 2012, s. 223. (http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjirapor2012.pdf)

DEK-TMK, 2012. Enerji Raporu 2012, 2012.

Demirtaş S., 2010. Avrupa Birliği ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Bunlardan Biyokütlenin Önemi. 46. Dönem AB Temel Eğitim Kursu. Sibel Demirtaş. Orman Genel Müdürlüğü Ankara-2010.

Dilemre A, Gökalp Y., Hakyol S., Sarp S., Orakcı A., 2006. Balıkesir İli Jeotermal Kaynakları Değerlendirme Raporu, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ocak 2006, Ankara.

DSİ, 2013. DSİ Balıkesir 25. Bölge Müdürlüğü, 2013.

EİEİ. 2010. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA). EİEİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Eisenlohr T., 1997. The Thermal Springs of The Armutlu Peninsula (NW Turkey) and Their Relationship to Geology and Tectonics in Active tectonics of Northwestern Anatolia–The Marmara Poly Project. Schindler C. and Pfister, M (eds.), vdf Hochschulverlag-AG an der ETH Zürich, 1997, 197–228.

Erlat, E., 2010. İklim Sistemi ve İklim Değişimleri. Genişletilmiş 2. Baskı. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 155, İzmir.

Erlat, E., ve Türkeş, M., 2013. Tropikal Kuşakta Gerçekleşen Volkanik Püskürmelerin Hava Sıcaklıklarına Etkisi. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayın No: 181, Bornova, İzmir.

Eroğlu V., 2008. Ülkemizde termal ve maden suları kaynakları ve kullanımı. Termal ve Maden Suları konferansı, 2–11, 2008, Afyonkarahisar.

ETKB 2011, Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Görünümü, Ankara.

ETKB, 2012. Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Görünümü. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Sunumu 2012, Ankara.

ETKB, 2013. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Sayın Taner Yıldız'ın, Bakanlığın 2013 Yılı Bütçesini TBMM Genel Kuruluna Sunuş Metni.

EU-GEE, 2012. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi, 2012.

Fırat G., 2009. Biyohidrojen Üretiminde Dinamik Analiz, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Gat N, Gonfiantini T., 1981. Stable İsotope Hydrology, Deuterium and Oxygen 18 in the Water Cycle. Technical reports series, 228, 1981, Vienna.

Gottschulk; C.M., 1996Industrial Energy Conservation, John Wiley and Sons Inc. Amerika, p. 121.

Gökdemir, Murat, 2012. Türkiyede HES Uygulamalarına Genel Bakış, İMO, 2012.

http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d8c5e9986a1c41b_ek.pdf?dergi=260.

Gören, C., 2013. Sera Gazlarının İzlenmesi ve Doğrulanması, TSE StandardEkonomik ve Teknik Dergi, yıl:52, sayı: 612, s. 80.

Görez, T., 2006. Türkiyenin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hidroelektrik, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Graw, K.-U., 1995. Wellenenergie – Eine hydromechanische Analyse, nstitut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen, Bergische Universität – Gesamthochschule Wuppertal, ISSN 0179-9444, 1995.

Grozdev, M., 2010. "Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010, s.27.

Günal, Ç.,2006.Küçük Tip Biyodizel Yakıt Reaktörlerinin Ekonomikliğinin Araştırılması. Yıldız teknik üniversitesi, Makine Mühendisliği Enerji Makineleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Harris, G. A., Torgovnikov, G., Vinden, P., Brodie, G. I., Shaginov, 2008. A. Microwave Pretreatment of Backsawn Messmate Boards to Improve Drying Quality: Part 1. Drying Technology, 26, , 579-584.

Hartkopf, Th.:Regenerative Energien, Vorlesungsmanuskript WS 98/99, S.5.12-5.17. Technische Universität Darmstadt.

Hepbaşlı A.,Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemleri, Schneider Electric, Ege Üniversitesi, 2010.

IEA, 2011. Solar Energy Perspectives, 2011.

IEA, 2012a. World Energy Outlook 2012. Executive Summary, International Energy Agency, Paris.

IEA, 2012b. World Energy Outlook 2012. Presentation to the Pres., International Energy Agency, 12 November 2012, London.

IEA, 2013. IEA-ETSAP ve IRENA Technology Brief E11, Solar Photovoltaics-Technology Brief, 2013.

IEA-SHC, 2012. IEA-SHC Programme, Solar Heat Worldwide Markets and Contribution to the Energy Supply 2010, 2012.

İlten N.,Vardar N., 2000, Balıkesir İlinde Pirina Üretim Kapasiteleri ve Pirinanın Yakıt Olarak Değerlendirilmesi. Zeytinli, Edremit, s.271-278.

İnan, D., (2001),Geçmişten Bugüne Enerji Kullanımı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara.

İZKA, 2012. İzmir Kalkınma Ajansı, İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi 2012, İzmir.

Kaliyan, N., Morey, R. V., 2010.Natural Binders and Solid Bridge Type Binding Mechanisms in Briquettes and Pellets Made from Corn Stover and Switchgrass. Bioresource Technology, 101, 1082-1090 .

Karayılmazlar S., Saraçoğlu N., Çabuk Y., Kurt R. 2011. Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13(19)- 63-75.

Khan MJ, Iqbal MT, Quaicoe JE. River current energy conversion systems: progress prospects and challenges. Renew Sustain Energy Rev 2008;12(8):2013–264.

Kiho, S. and Shiono, M., 1991. "Electric power generation from tidal currents by Darrieus turbine at Kurushima straits", Trans. I. E. E. ofJapan, Vol.l12-D, No.6, pp.530-538.

Kiriş A., Saltabaş F., 2009. Katı atık düzenli depolama sahalarında depo gazı (LFG) yönetimi ve İstanbul uygulamaları, Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu-TÜRKAY 2009, İstanbul, 15-17 Haziran.

Korucu, Y.,Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı Taslağı, Elektrik İşleri Etüd İdaresi, http://www.eiei.gov.tr. (erişim 24.01.2007).

Kumbaroğlu, G., ve Arıkan, Y., 2009. Farkındalık Yaratmak: Türkiye'nin CO2 Salımları, Ağustos 2009, İstanbul. http://aciktoplumvakfi.org.tr/pdf/turkiyenin-CO2-salimlari.pdf

Kurtuluş E.,Günerhan H., 2003. Pirinanın Yakıt Olarak Kullanımı ve Eldesi. Bitirme Çalışması, İzmir.

Le Treut, H., R., Somerville, U., Cubasch, Y., Ding, C., Mauritzen, A., Mokssit, T., Peterson and M. Prather., 2007. Historical Overview of Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Solomon et al. (eds.). Cambridge UniversityPress: Cambridge.

Lehtikangas, P.,2000. Storage on Pelletised Sawdust, Logging Residues and Bark. Biomass and Bioenergy, 19, 287-293.

Lide, D.R., 1994. Handbook of Chemistry and Physics, 75th Edition, D.R. Lide Ed., CRC Press, Boca Raton, USA, 1994.

Lund JW, Freeston DH, Boyd TL., 2005. World-Wide Direct Uses of Geothermal Energy2005. Proceedings World Geothermal Congress, 2005, Antalya.

Lund JW, Freeston DH., 2001. World-wide Direct Uses of Geothermal Energy 2000, Geothermics, 2001, 30/1, 29–68.

Malkoç, Y., 2007. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Profilimizdeki Yeri. EİEİ Genel Müdürlüğü ve Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Sunumu, Ankara.

Masuda, H., Higashitani, K., Yoshida, H. 2006, Powder Technology Handbook,3. Edition, , 401-503 OGM, 2008. Orman Genel Müdürlüğü, Aralık. http://www.ogm.gov.tr

MMO, 2008, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Oda Raporu-2008, Ankara.

Moreno N., Sallent R., Espi A., Bao D., Teillet Y., 2008. OCEAN CURRENT'S ENERGY, How to produce electrical energy thanks to the marine currents? Ocean Current's Energy, Renewable Energy Project 2008.

MTA, 2011.Kuyu Bitirme Raporu.Çanakkale-Biga-Kırkgeçit Jeotermal Etüt, Jeofizik ve ÇBK/8 Sıcak Su Sondajı, 2011.

MTA, 2005. MTA Genel Müdürlüğü, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Envanter Serisi 201, Ankara 2005.

MTA, 2011. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Araması Daire Başkanlığı, 2011 yılı faaliyet raporu, Ankara 2011.

Mutlu H, Güleç N., 1998. Hydrogeochemical Outline of Thermal Waters and Geothermometry Applications in Anatolia (Turkey). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1998, 85, 495–515.

Özcan M., Öztürk S., Yıldırım M., 2011. Türkiye'nin Farklı Kaynak Tiplerine Göre Biyogaz Potansiyellerinin Belirlenmesi,6. Enerji verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu. S:243-247, Kocaeli.

OGM, 2013. Orman Genel Müdürlüğü, Aralık 2013 http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Sayfalar/bıyokutlekapasıtesı.aspx#_ftnref1 Performance . Applied Energy, vol (54), 315-326.

Oğuz, T., Sur, İ. 1989. A two-layer model of water Exchange through the Dardanelles Strait. Oceanologica Acta, 12: 23-31.

OSİB, 2012. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2012-2023). Özkaldı, A., 2011. DSİ Genel Müdürlüğü. Hidroelektrik Enerji Üretiminde Özel Sektör, 2011.

Özsoy, E., Oğuz, T., Latif, M. A., Ünlüata, Ü. 1986. Oceanography of the Turkish Straits-First Annual Report, vol. 1, Physival Oceanography of Turkish Straits. Technical Report submitted to the İstanbul Water and Sewage Administration, Inst. Mar. Sci., Middle East Technical Univ., 108 p.

Öztürk, H.H., 2012. Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasad Yayıncılık. ISBN:978-975-8377-84-8.

Öztürk, M.G., Bilen, K.B., 2009, Kanola Yağı Metil Esteri ve Karışımlarının Dizel Motoru Performansına Etkisinin Deneysel incelenmesi. Int. J. Eng. Research & Development, 1(1), January 35-41.

Piper AM., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analyses. Transactions of American geophysical Unions, 1944, 25, 914–923.

REN21, 2012. Renewables 2012. Global Status Report, 2012.

REN21, 2013. Renewables 2013. Global Status Report, 2013.

Ryu, C., Finney, K., Sharifi, V. N., Swithenbank, J., 2008. Pelletised Fuel Production from Coal Tailings and Spent Mushroom Compost-Part I. Identification of Pelletisation Parameters. Fuel processıng technology, 89, 269-275.

Sağlam, M., Uyar, T. S. 2003. Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji ABD. 1-5 pp.

Sallabaş F, Soysal Y, Yıldız Ş, Balahorli V., 2009. Evsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri ve İstanbul'a Uygulanabilirliği. Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, İstanbul, s.1-7, 2009

Sarp S, Burçak M, Yıldırım T, Yıldırım N., 1998. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları ile Balıkesir-Havran-Derman Kaplıca Sahasının Detay Jeotermal Etüdü ve Gradyan Sondajları. MTA Raporu, 1998, 127, Ankara.

Schirber M., 2008. How Fishy Technology Could Power the Future. Date: 03 December 2008 Time: 01:18 PM ET, http://www.livescience.com/3102-fishy-technology-powerfuture.html).

Shiono M., Suzuki K., Kiho S., 2002.Output Characteristics of Darrieus Water Turbine with Helical Blades for Tidal Current Generations. Proceedings of The Twelfth (2002) International Offshore and Polar Engineering Conference Kitakyushu, Japan, May 26-31, 2002.

Sur, H. I. 1988. Numerical modelling studies of two-layer flows in the Dardanelles Strait and the Bay of Izmit. Ph.D., Thesis Inst. Mar. Sci., Middle East Technical Univ., p. 245.

Şahin, S. and Türkeş, M. 2013. Contemporary surface wind climatology of Turkey, Theoretical and Applied Climatology,113: 337-349.

Şener M. Gevrek Aİ.,2000. Distribution and Significance of Hydrothermal Alteration Minerals in the Tuzla Hydrothermal System, Çanakkale, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research 2000, 96, 215-218.

Tabakoğlu, G., 2012. Bozcaada Güneş-Rüzgar–Hidrojen Demostrasyon Projesi, 27 Aralık 2012.

Thorpe, T.W., Current Status and Developments in Wave Energy, Proc. of Conference on Marine Renewable Energies, pp.103-110, 2001.

TMMOB, 1995. Türkiyede Doğal Gazın Geleceği ve Politikalar, Uluslararası Doğal Gaz Kongresi, Yayın No: 179, Kasım-1995, s. 25.

TMMOB, 2012. Enerji Verimliliği Raporu, Elektrik Mühendisleri Odası, Ocak 2012, Ankara. http://www.emo.org.tr/ekler/db99a0f7088b168_ek.pdf

Tolay M., 2011. Katı Atıklardan ve Biyokütleden Enerji Üretimi Teknolojileri ve Entegre Katı Atık Yönetiminde Yatırım Fizibilite Çalışmaları, Tolay Enerji Taslak Çalışması.

TR22/12/DFD0011; Çanakkale İli (Biga Yarımadası) Jeotermal Kaynakları ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Biga Yarımadası Jeotermal Bilgi Sistemi, 2013, Çanakkale.

TS 266, Türk Standardları Enstitüsü Türk İçme Suyu Standartları, 1986, Ankara.

TÜBİTAK, 2011. Balıkesir İli Kullanılabilir Jeotermal Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi ve Gönen Bölgesel Isıtma Sisteminin Kullanım Verimliliğinin Artırılması Uygulama Örneği Projesi, TÜBİTAK 108M149. Aralık 2011, Balıkesir.

TÜİK, 2011.Türkiye İstatistik Yıllığı, 2011. Türk İstatistik Kurumu.

TÜİK, 2013, 2013 Verileri, Türkiye istatistik Kurumu.

TÜREB 2013, Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu, http://www.tureb.com.tr/attachments/article/206/Istatistik%20Raporu%202013_Statistics%20Report%202013.pdf

Türkeş, M., Kutiel, H. ve Hirsch-Eshkol T. R., 2003. Türkiye'de aylık kurak ve yağışlı koşullarla ilişkili deniz seviyesi basıncı desenleri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Bilimsel ve Teknik Sunumlar 2002, Seminerler Dizisi, 3, 59-78, Ankara.

Türkeş, M., ve Erlat, E., 2005. Türkiye'de Kuzey Atlantik Salınımı ile bağlantılı yağış değişikliklerinin 500 hPa seviyesindeki dolaşımla açıklanması. Ulusal Coğrafya Kongresi 2005 (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına), 29-30 Eylül 2005, Bildiriler Kitabı, 363-372: İstanbul.

Türkeş, M., and Erlat, E., 2006. Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey. Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics, 29, 117-135.

Le Treut, H., R., Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather., 2007. Historical Overview of Climate Change. In. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Solomon et al. (eds.). Cambridge University Press: Cambridge.

Türkeş, M. 2008a. İklim değişikliği ve küresel ısınma olgusu: Bilimsel değerlendirme. İçinde: Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi (ed. E. Karakaya): 21-57, Bağlam Yayınları No. 308: İstanbul.
Türkeş, M. 2008b. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. İklim Değişikliği ve Çevre 1: 45-64.

Türkeş, M., 2010. Klimatoloji ve Meteoroloji. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-4613-26-7, 650 + XXII sayfa: İstanbul.

Türkeş, M. 2011a. İklim değişikliğinin fiziksel bilim temeli: fiziksel iklim sistemi, kuvvetlenen sera etkisi, gözlenen ve öngörülen iklim değişimleri. In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: 135-151. Istanbul Technical University, 27-29 April 2011: İstanbul.

Türkeş, M. 2011b. Dünyada ve Türkiye'de iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. İçinde: II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Bildiri Kitabı (EK): 5-19. Ankara Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 22-25 Kasım 2011: Kızılcahamam.

Türkeş, M. 2012. Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme. İçinde: Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım (ed. N. Özgen): 1-42. Eğiten Kitap: Ankara.

Türkeş, M. 2013. İklim Değişiklikleri: Kambriyen'den Pleyistosene, Geç Holosen'den 21. Yüzyıla. Ege Coğrafya Dergisi (Baskıda).

TÜRSAT, 2012. Türkiye Rüzgar Enerjisi Santralleri Atlası. Ankara.

UEA, 2012. Dünya Enerji Görünümü 2012 World Energy Outlook 2012, http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/

UEA-TUSİAD, 2012. UEA Dünya Enerji Görünümü 2012 (IEA World Energy Outlook 2012) Raporu Türkiye Tanıtımı. TUSİAD Yayını: İstanbul.

Ulusoy Y. 2009. Analysis of biogas production in Turkey utilising three different materials and two scenarios. African Journal of Agricultural Research Vol. 4 (10), pp.996-1003, October 2009. http://www.academicjournals.org/AJAR.

URAK, 2010. Sürdürülebilir ve Rekabet Avantajı ile Elde Etmede Enerji Sektörü, Sektörel Stratejiler ve Uygulamaları, URAK-Uluslararası Rekabet Araştırmaları Kurumu, Editör: Doç. Dr. İ. Hakkı Eraslan, 2010, 819-823. I. Baskı.

Uygur İ., Demirci R., Saruhan H., Özkan A., Belenli İ., 2006. Batı Karadeniz Bölgesindeki Dalga Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 7-13.

Üçgül İ., Akgül G., 2010. Biyokütle Teknolojisi, Yekarum Dergi, 1(1), 3-11

ÜGİAD, 2004, Türkiye'nin enerji sorunları ve çözüm önerileri. Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Batıkent, Ankara).

Ültanır, M.Ö., 1995, Hidrojen enerjisi ve Türkiye'de hidrojene geçiş sorunları, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Bildirileri-1, s.549-563, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî komitesi, İzmir.

Varınca, KB., Gönüllü, MT., 2006. "Türkiye'de Günes Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlıgı Üzerine Bir Arastırma", UGHEK'2006: I. ULUSAL GÜNEŞ VE HİDROJEN ENERJİSİ KONGRESİ, Eskişehir, 21-23 Haziran 2006, s.270.

Veziroğlu, T.N., 2004. Karadeniz dip sularının hidrojen enerjisi potansiyeli, 5. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu İstanbul.

Veziroglu, T. Nejat and Barbir Frano,1998. Hydrogen Energy Technologies, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Viena.

Vijayaraghavan, K., Hemanathan, K., 2009. Biodiesel Production from Freshwater Algae. Energy Fuels, 23, 5448-5453.

WEC, 2010. Survey of Energy Resources, 2010.

Wharton, J.L. 1873. Observations on the currents and undercurrents of the Dardanelles and Bosphorus. Proceedings of the Royal Society of London. 21: 387-393.

Xu, Q., Pang, S. 2008, Mathematical Modeling of Rotary Drying of Woody Biomass. Drying Technology, 26, 1344-1350.

Yalçın T., 2007. Geochemical Characterization of the Biga Peninsula Thermal Waters (NW Turkey). Aquatic Geochemistry 2007, 13, 75-93.

Yamak, T. 2006. Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları Potansiyeli Ve Ekonomik Analizleri. T.C. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Uluslararası Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 141-146 pp.

YEKGM, 2012a. Türkiye Yenilenebilir Enerji Kaynak Potansiyeli Öngörü Verileri. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü (YEKGM), Ankara.

YEKGM, 2012b. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Öngörü Verileri. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü (YEKGM), Ankara.

Yelmen B., Öztekin S., Üstüner M.,2010. Türkiye'nin Biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi, 2. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, 04-05 Kasım.

Yıldız, M., 2006. Yüksek Lisans Tezi, Dünya'da ve Türkiye'de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Eylül 2006.

Yılmaz, Ö., Kösem, L. 2011. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Kullanımı ve Dışa Bağımlılığı. T.C. Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü. 45 pp.

İLGİLİ KANUNLAR ve YÖNETMELİKLER

Kanunlar

927 Sayılı Sıcak ve Soğuk Maden Suları İstismarı ile Kaplıcalar Tesisatı Hakkındaki Kanun, 30. 06. 1926, RGN: 408.

4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 03. 03. 2001, RGN: 24335.

5177 Sayılı Kanunla değişik 3213 Sayılı Maden Kanunu, 05. 06. 2004, RGN: 25483.

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 18. 05. 2005, RGN: 25819.

5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, 13. 06. 2007, RGN:26551.

6094 Sayılı Kanunla değişik 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 08. 01. 2011, RGN: 27809.

Yönetmelikler

04 Ağustos 2002 tarih ve 24836 sayılı Resmi Gazete, "Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği"

27 Ekim 2011 tarih ve 28097 sayılı Resmi Gazete, "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik".

4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, 31. 01. 2013, RGN: 28545.

5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği, 11. 12. 2007, RGN: 26727.

YARARLANILAN İNTERNET (WEB) ADRESLERİ

Cari Açık ve Nükleer Santral (!), Prof.Dr. Aleaddin Bobat,http://www.enerjienergy.com/artikel.php?artikel_id=403, Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.

Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik Enerji, http://www.mgm.gov.tr/files/imgtemp/hes-raporu-2402.pdf, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü – Balıkesir http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi25/balikesir.htm, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2013.

DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü / Balıkesir, Sulama Projeleri, http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi25/topraksu.htm, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2013.

DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü – Çanakkale, http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi25/canakkale.htm, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2013.

Dünyada Enerji Tüketimine Bağlı Karbondioksit Salımı, http://www.elektrikelektronikmuhendisi.com/2012/03/dunyada-enerji-tuketimine-baglikarbond-ioksit-salimi/, Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.

Dünya'da Petrol, http://www.pigm.gov.tr/dunyada_petrol.php, Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.

Dünyada Yıllık Ortalama Solar Radyasyon Akısı, http://www.soda-is.com/eng/map/maps_for_free.html#monde, Erişim Tarihi: 25 Mart 2013.

Edinburgh Wave Energy Project, University of Edinburgh, http://www.mech.ed.ac.uk/research/wavepower/EWPParchive/duck efficiency & survival notes.pdf, Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Enerji, 2014-2023, Özel İhtisas Komisyonu Ön Raporu, http://www.trakya.org.tr/uploads/ENERJI%20OIK%20FINAL%20RAPOR.pdf Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Fish Technology draws renewable energy from slow water currents,
http://ns.umich.edu/new/releases/6842-fish-technology-draws-renewable-energy-from-slowwater-currents,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Gazete Bilkent,
http://www.gazetebilkent.com/2013/03/19/sahiden-ruzgar-beles-degil-mi/
Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013

Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA),
http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Güneş Enerjisi ve Teknolojileri,
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx,
Erişim Tarihi: 10 Mart 2013.

MTA, Bölgemizde Jeotermal Enerji,
http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/balikesir/index.php?id=jeotermal-enerji,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

MTA, Haritalar,
http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.php?id=haritalar,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Photovoltaic Solar Electricity Potential in Euroean Countries,
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_cmsaf_opt/PVGIS_EU_201204_presentation.png,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

PVGIS, PV in Regions,
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Solid Biomass Barometer,
http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biomass.pdf,
Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2013.

T.C. Enrji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı,
http://www.enerji.gov.tr,
Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.

T.C. Enrji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Mevzuat,
http://www.enerji.gov.tr/index.php/mevzuat/5346,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

T.C. Enrji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
Enerji Verimliliği Alanında Teşvik ve Kredi Veren Diğer Kurum ve Kuruluşlar,
http://www.eie.gov.tr/verimlilik/d_kobi_en_ver_destek.aspx,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

T.C. Enrji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
Gönüllü Anlaşmalar,
http://www.eie.gov.tr/verimlilik/d_gon_anlasmalar.aspx,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

T.C. Enrji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Rüzgar Enerjisi,
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx
Erişim Tarihi: 08 Haziran 2013.

T.C. Enrji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP),
http://www.eie.gov.tr/verimlilik/d_VAP.aspx,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Türkiye Gelecek 5 Yılda Enerjide Yerli Üretime Ağırlık Verecek,
http://www.minute15.com/turkiye-cari-acigi-yerli-enerji-ile-kapatacak_67080.html
Erişim Tarihi: 17 Temmuz 2013.

Türkiye Global Işınım ve Solar Elektrik Potansiyeli,
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_TR.png,
Erişim Tarihi:10 Haziran 2013.

Türkiye'de ve Dünya'da Doğalgaz,
http://www.selcukgaz.com.tr/turkiyede_ve_dunyada_dogalgaz.asp,
Erişim Tarihi: 13 Nisan 2013.

Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli,
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli,
http://www.emo.org.tr/ekler/7267ca39f652c0d_ek.pdf,
Erişim Tarihi: 17 Nisan 2013.

Türkiye'nin İlk CSP Santrali, http://enerjienstitusu.com/2013/04/16/turkiyenin-ilk-kuletipi-gunes-santrali-mersinde/, Erişim Tarihi: 10 Eylül 2013.

http://www.energyworld.com.tr/root.vol?title=-quotkule-tipi-quot-gunes-santralikuruldu&exec=page&nid=527674, Erişim Tarihi: 10 Eylül 2013

Vakum Tüplü Güneş Enerji Sistemleri,
http://www.gunessistemleri.com,
Erişim Tarihi: 04 Mart 2013.

Wave Energy Research and Development at JAMSTEC,
http://www.web.archive.org/web/20080701162330/http://www.jamstec.go.jp/jamstec/MTD Whale/,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

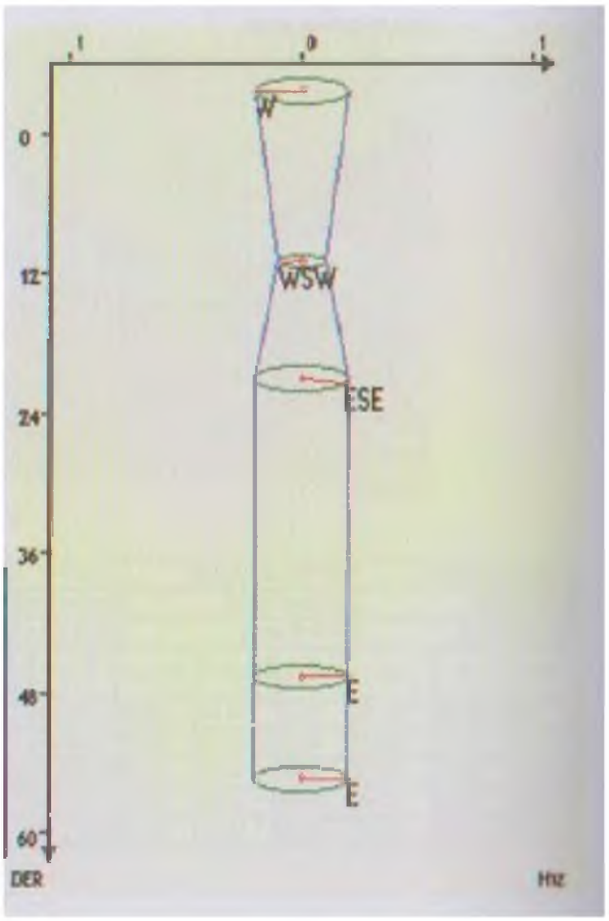
Wind Energy Barometer,
http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro201.pdf,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2012.

World Water Forum Raporu,
http://panel.stgm.org.tr/vera/app/var/files/w/w/wwftr-yenilenebilirenerjigelecegiveturkiye.pdf,
Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2013.

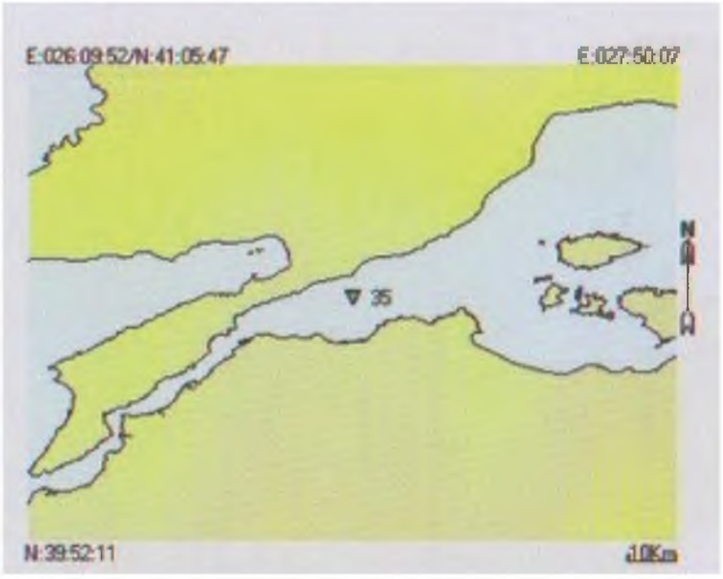
EKLER

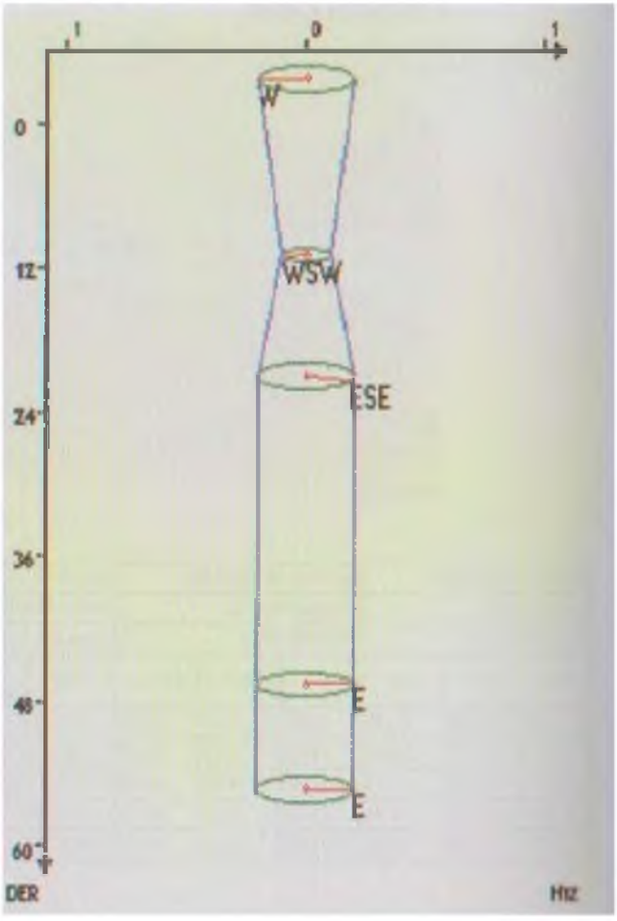
EK.1. MAREM2008-37 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':30'', E027º:00':00'', 57 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



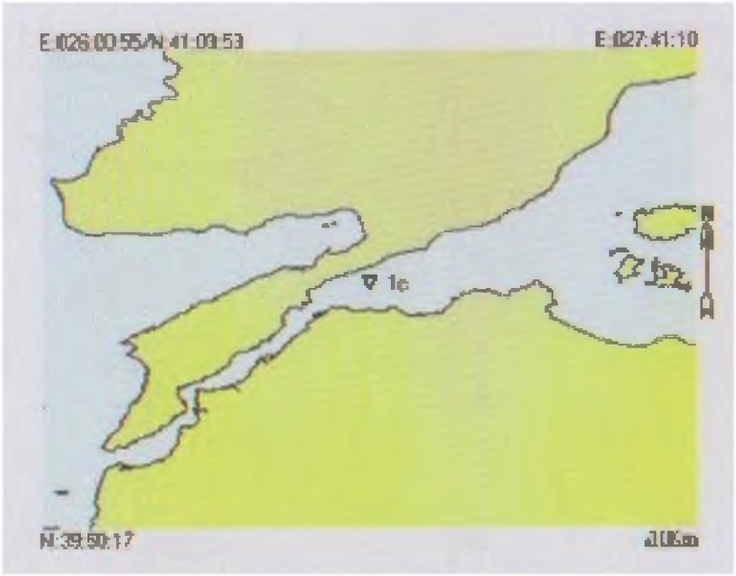


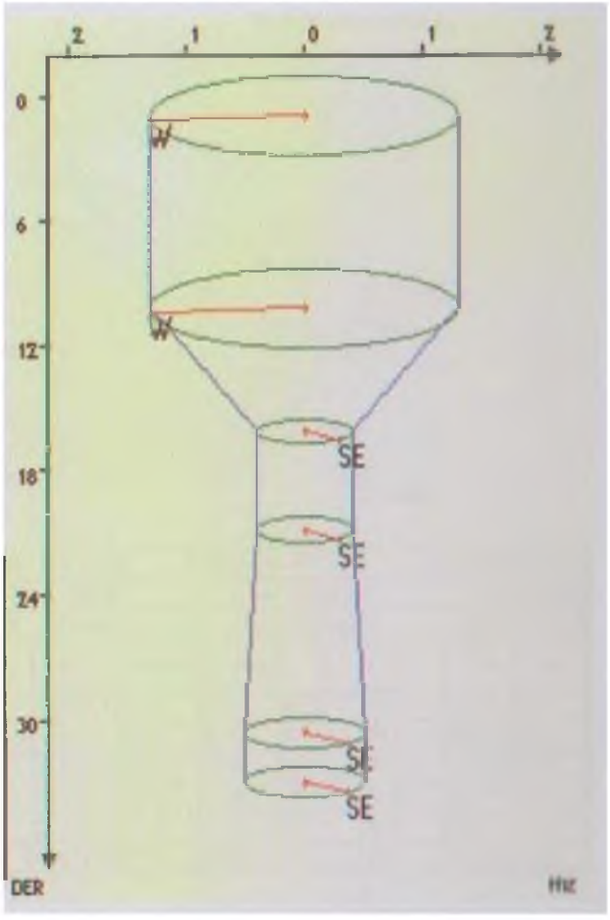
EK.2. MAREM2008-35 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:29':00'', E027º:00':00'', 55 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



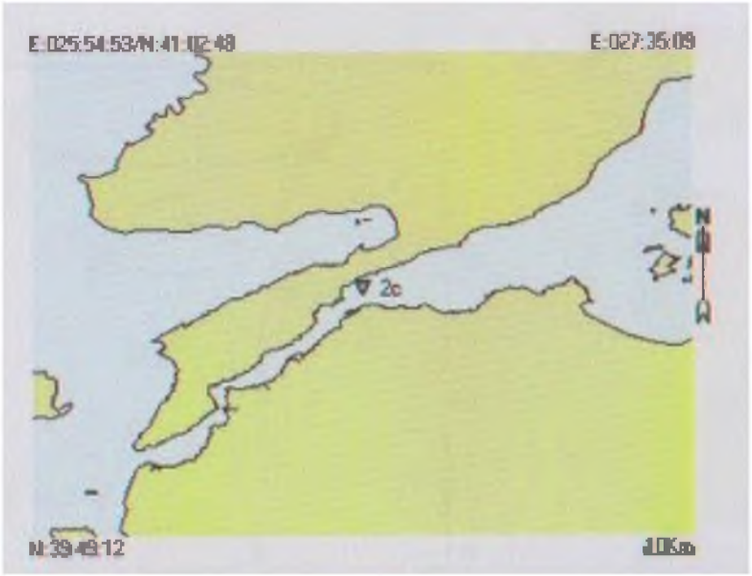


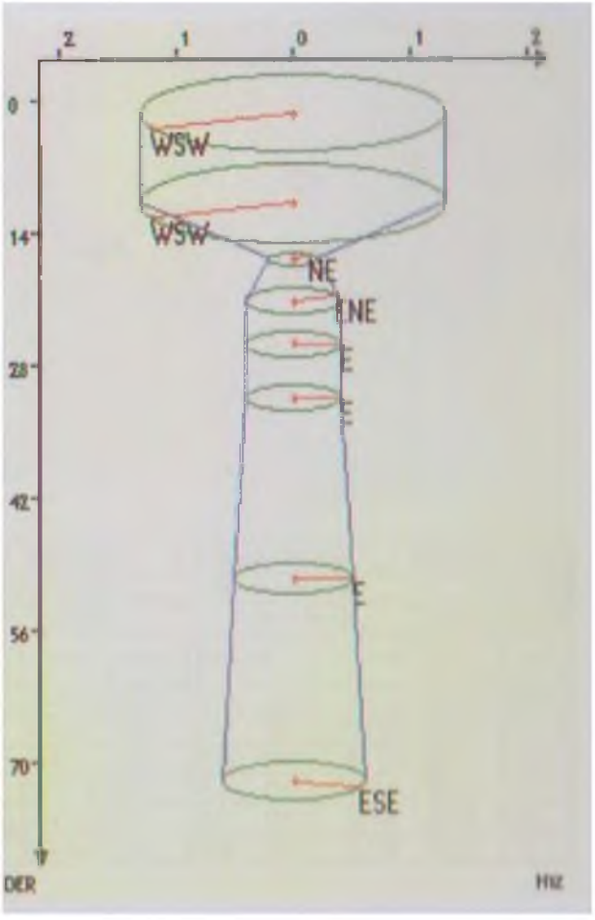
EK.3. MAREM2008-1c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:27':06'', E026º:51':03'', 31.5 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



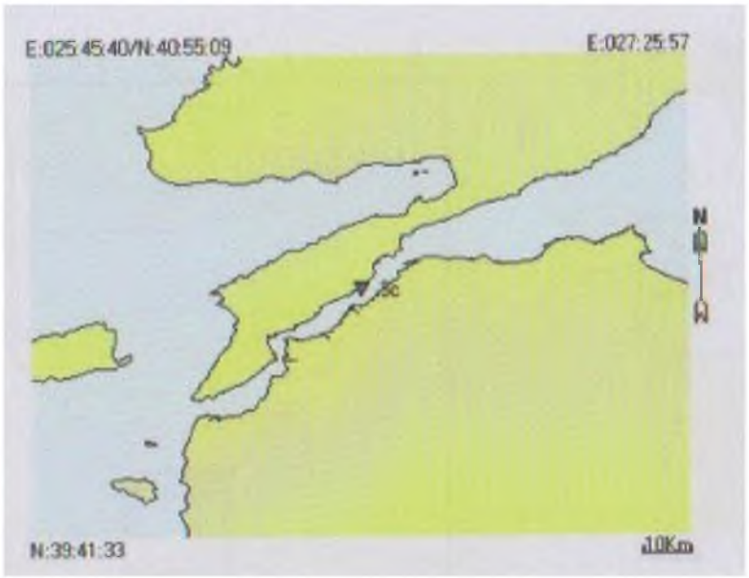


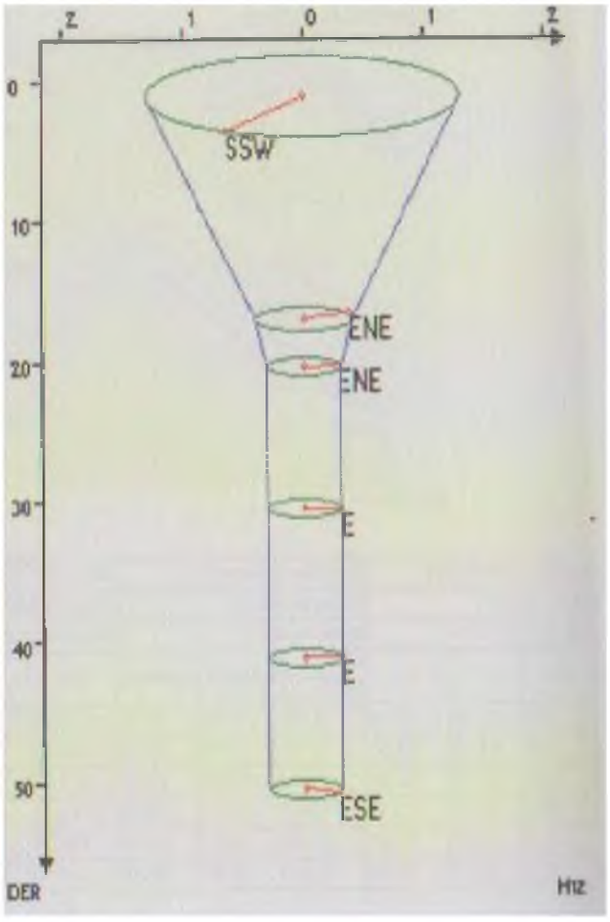
EK.4. MAREM2008-2c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:26':01'', E026º:45':01'', 70 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



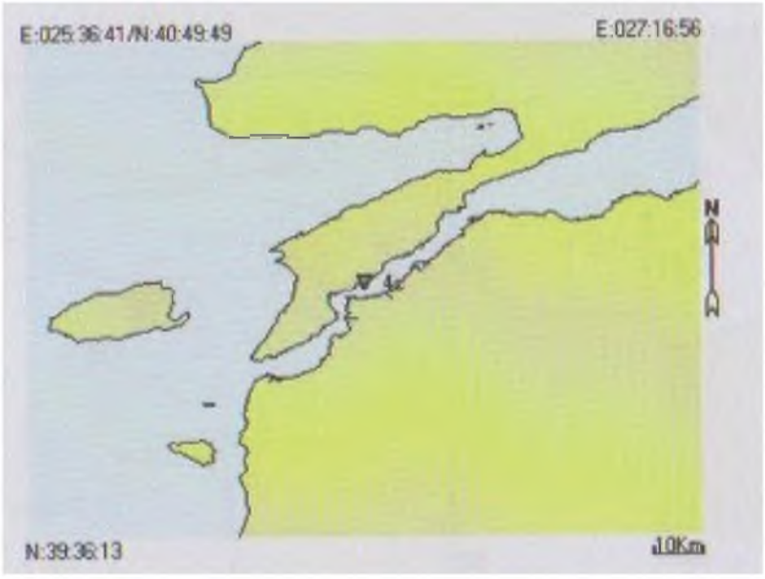


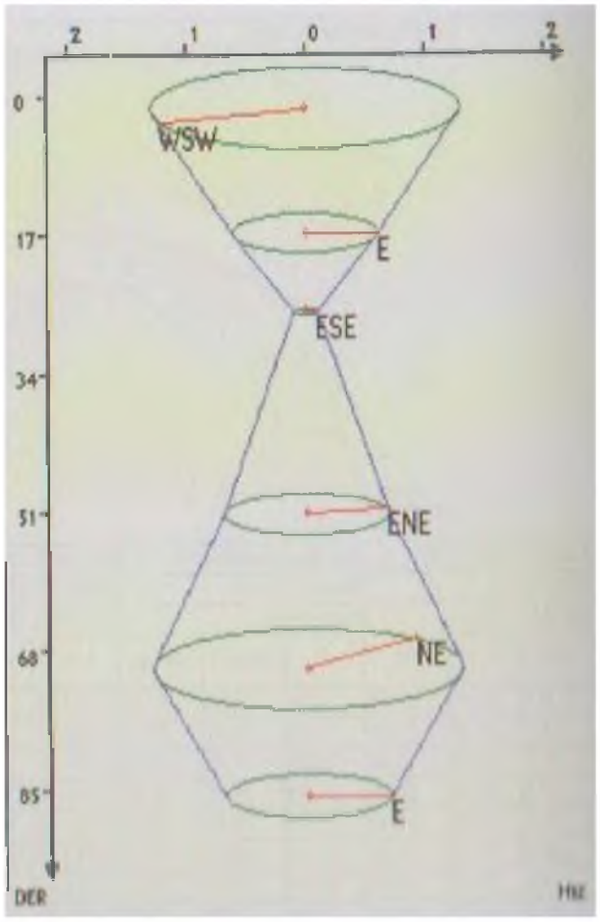
EK.5. MAREM2008-3c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:18':21'', E026º:35':49'', 62 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



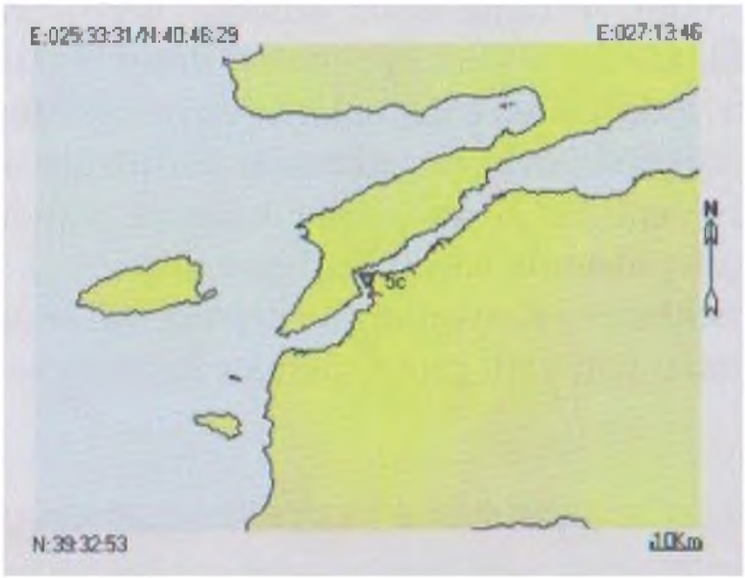


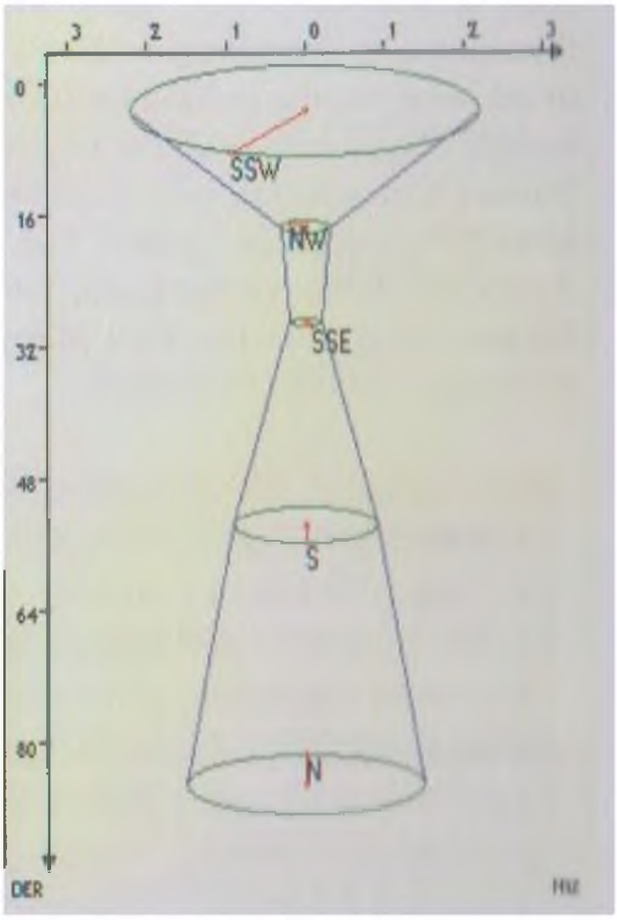
EK.6. MAREM2008-4c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:13':01'', E026º:26':49'', 81 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)





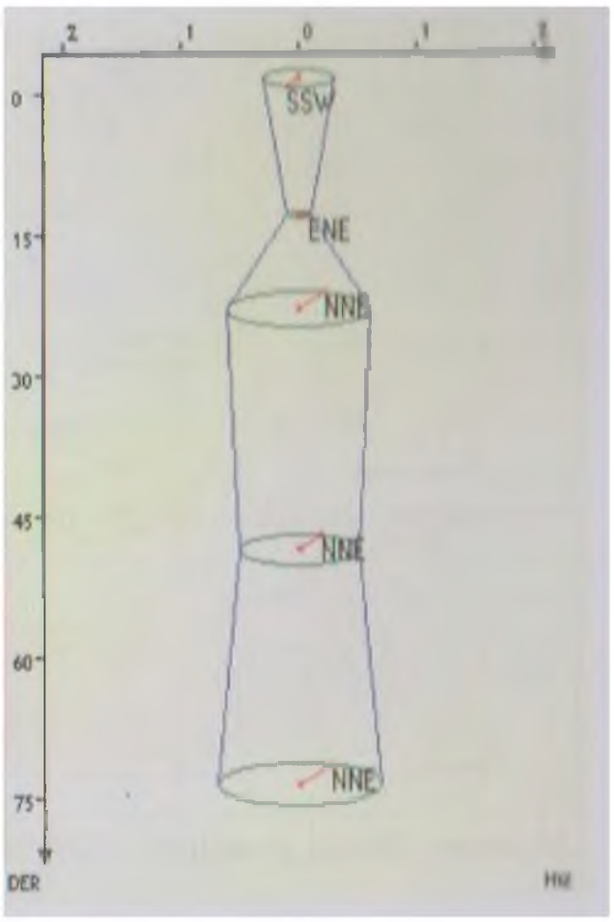
EK.7. MAREM2008-5c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:09':41'', E026º:23':39'', 81 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



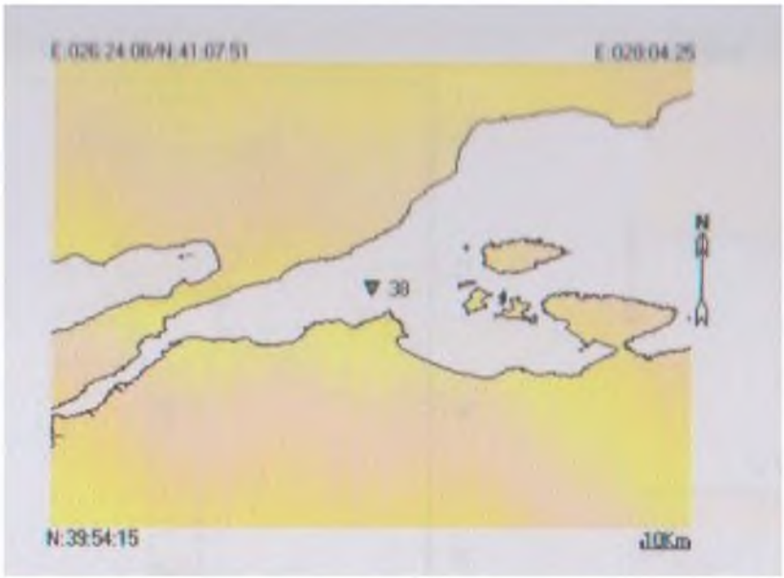


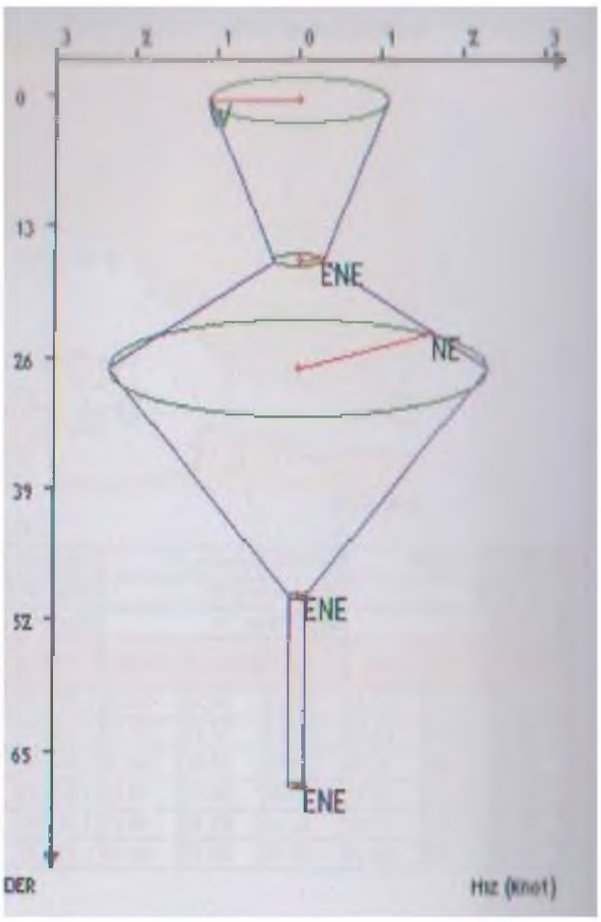
EK.8. MAREM2008-6c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:06':41'', E026º:21':19'', 76 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2009)



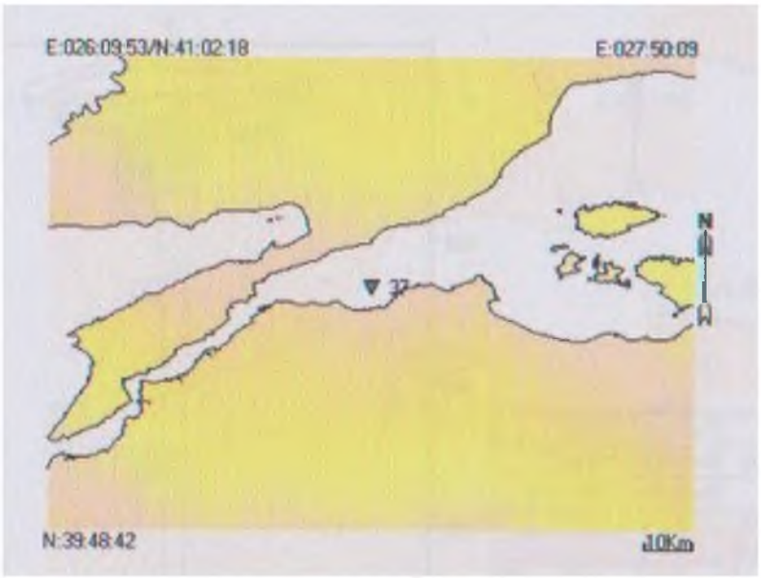


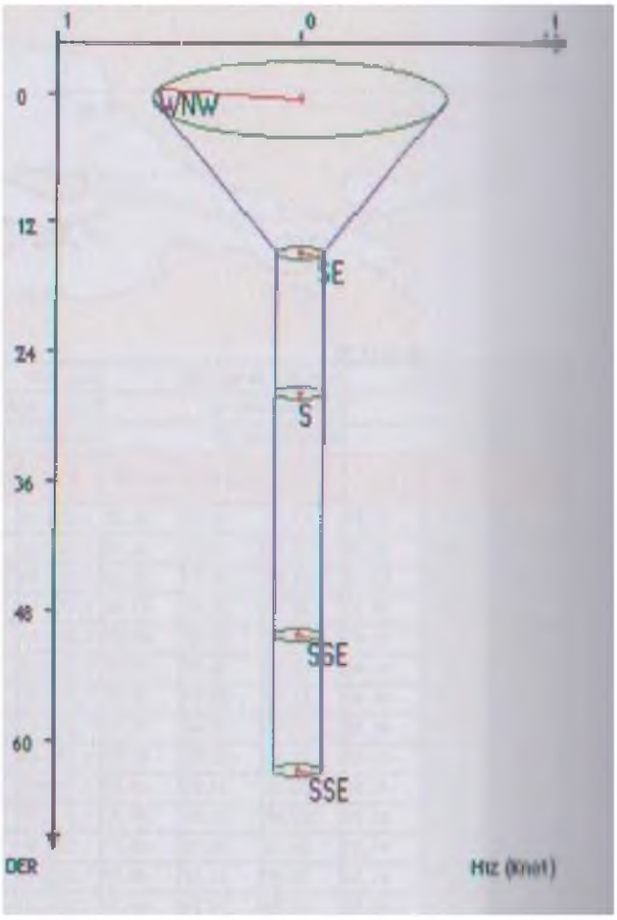
EK.9. MAREM2009Yaz-38 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:31':03'', E027º:14':17'', 66 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



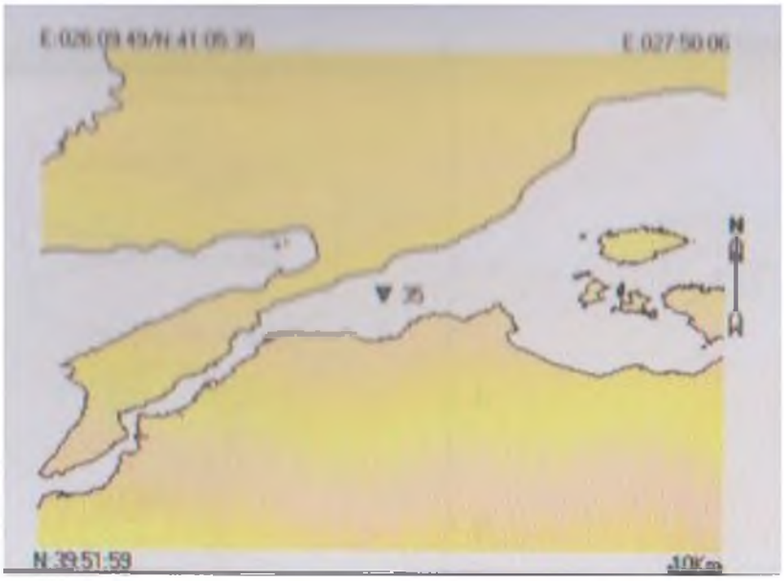


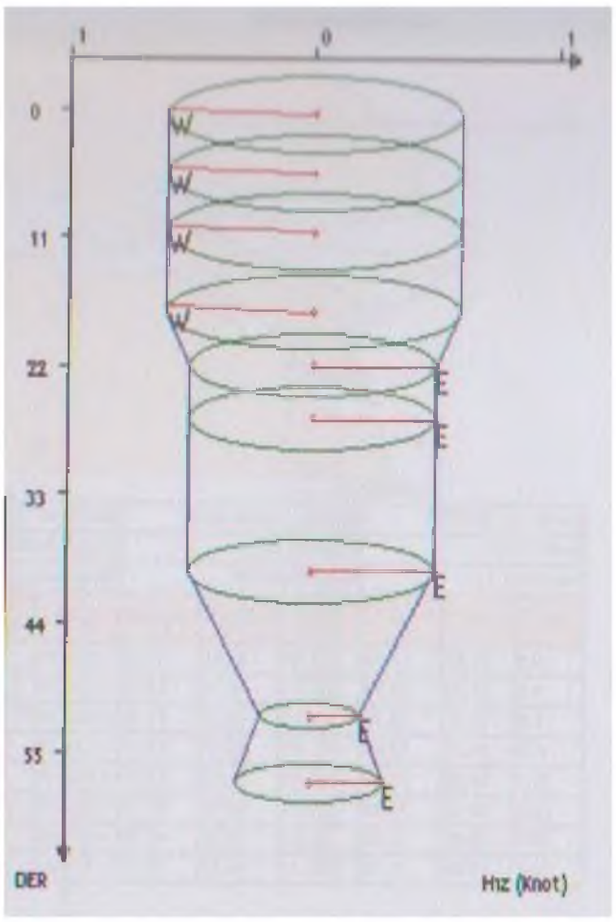
EK.10. MAREM2009Yaz-37 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':30'', E027º:00':01'', 60 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



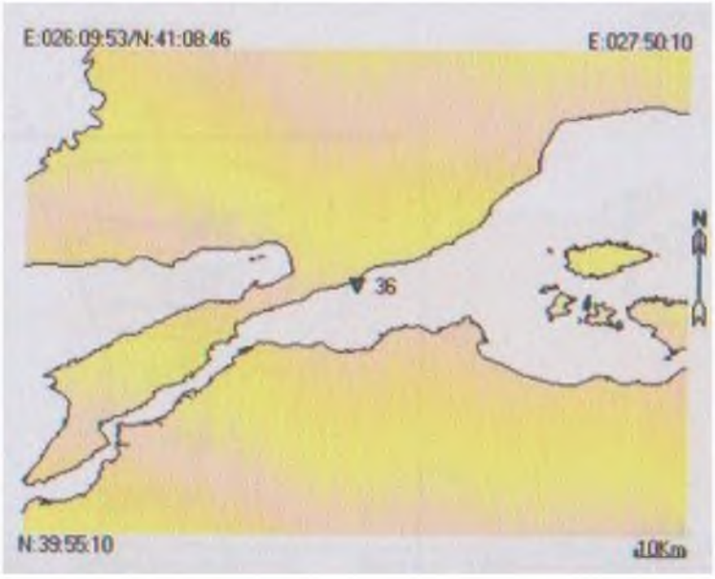


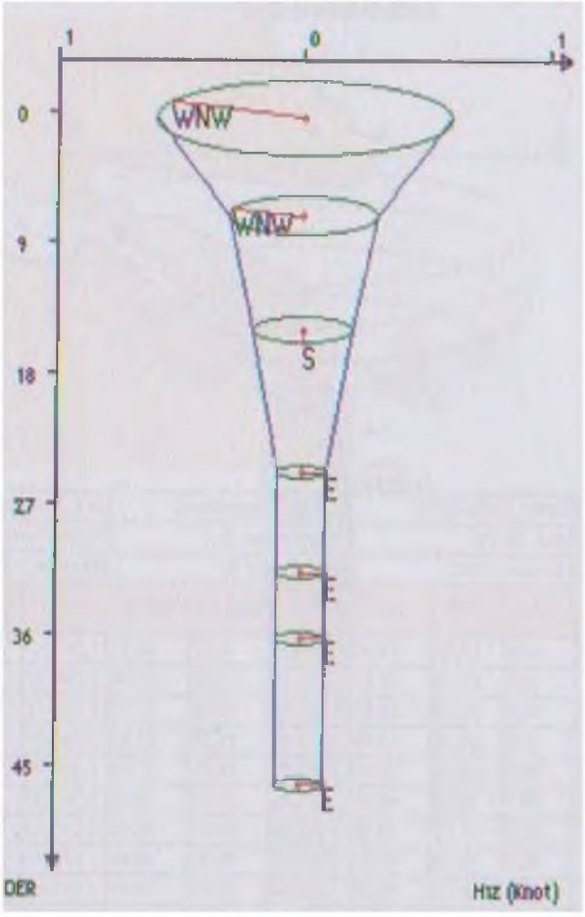
EK.11. MAREM2009Yaz-35 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:28':47'', E026º:59':58'', 55 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



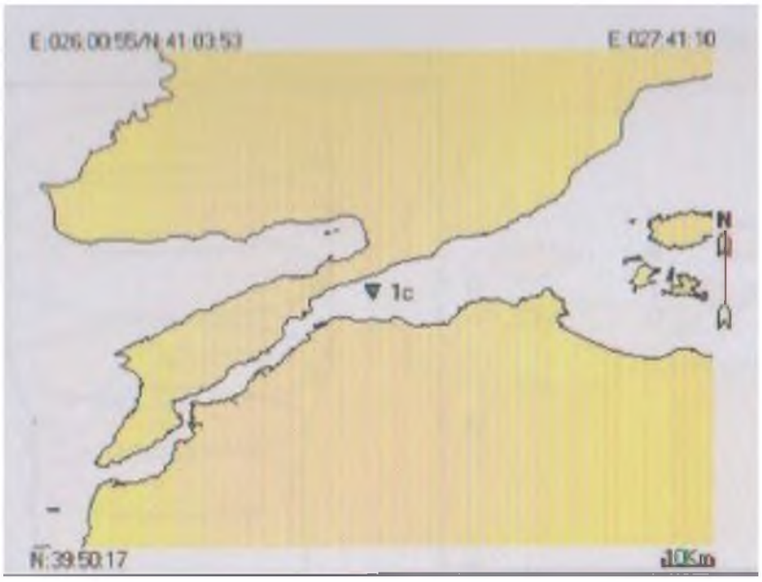


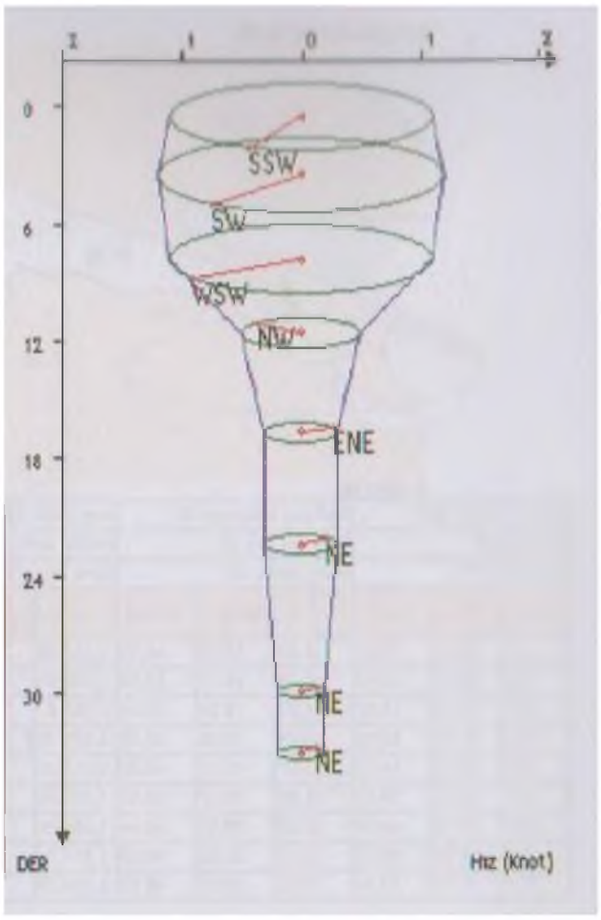
EK.12. MAREM2009Yaz-36 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:31':69'', E027º:00':02'', 44 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



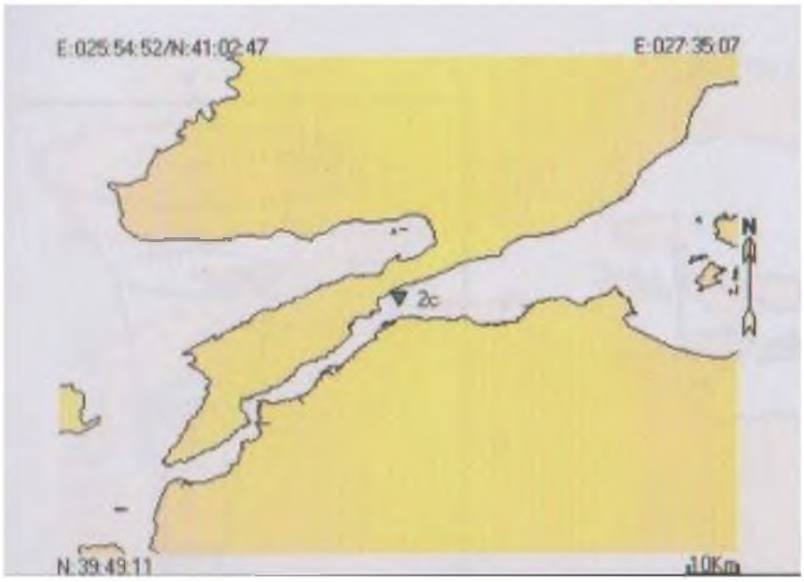


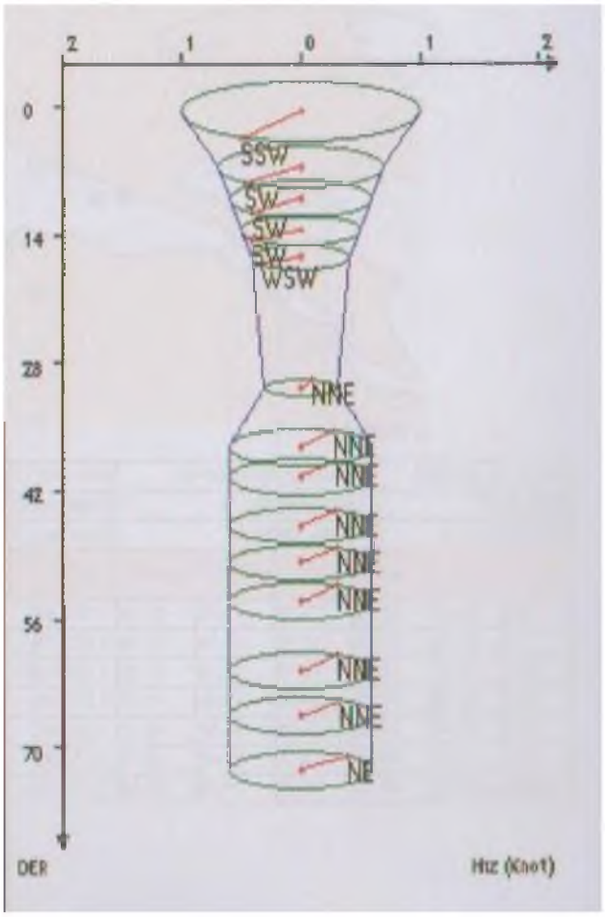
EK.13. MAREM2009Yaz-1c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:27':06'', E026º:51':03'', 31 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



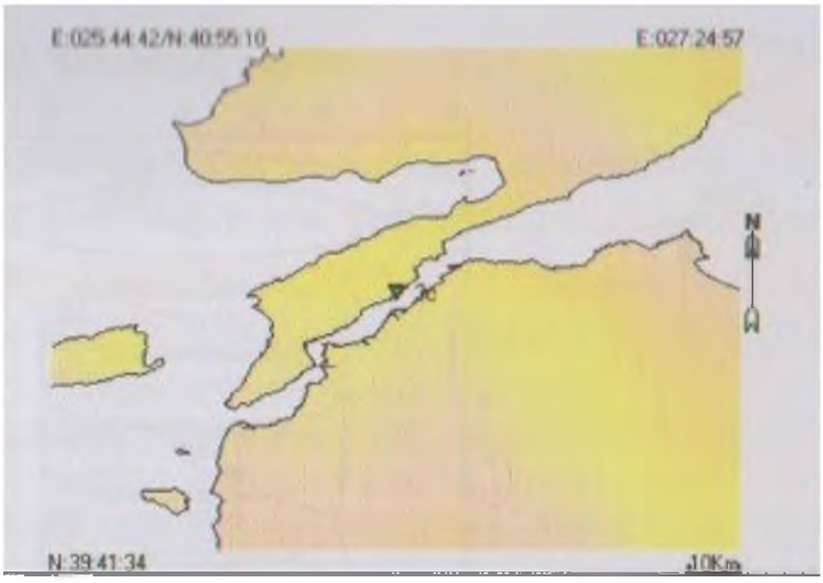


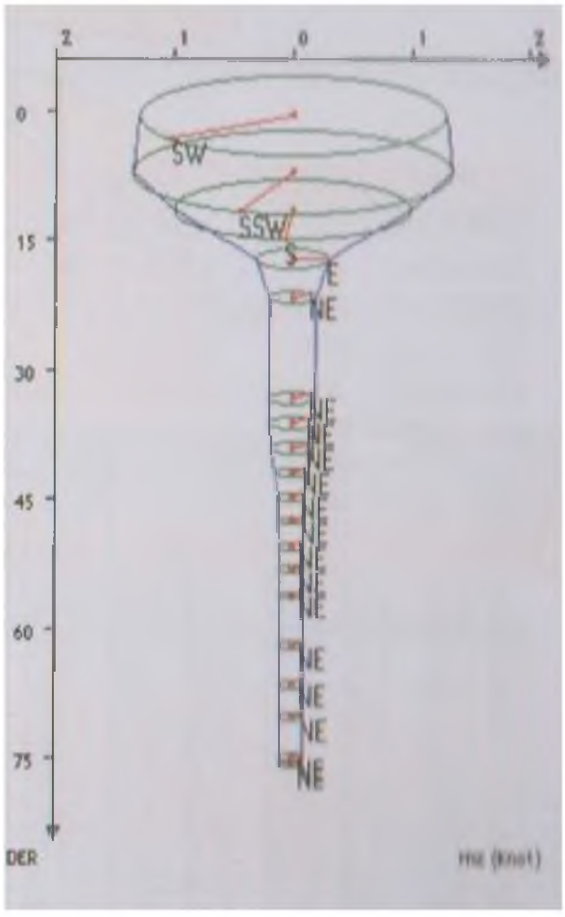
EK.14. MAREM2009Yaz-2c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':59'', E026º:45':00'', 72 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



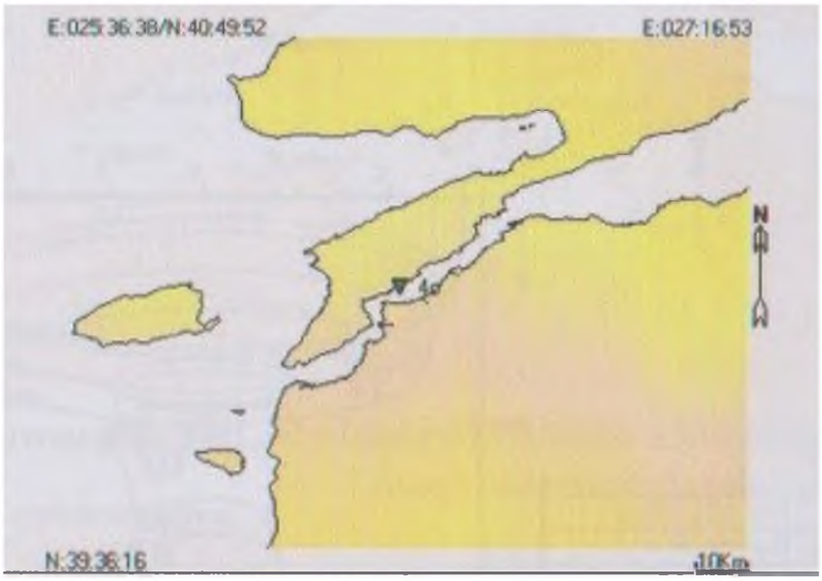


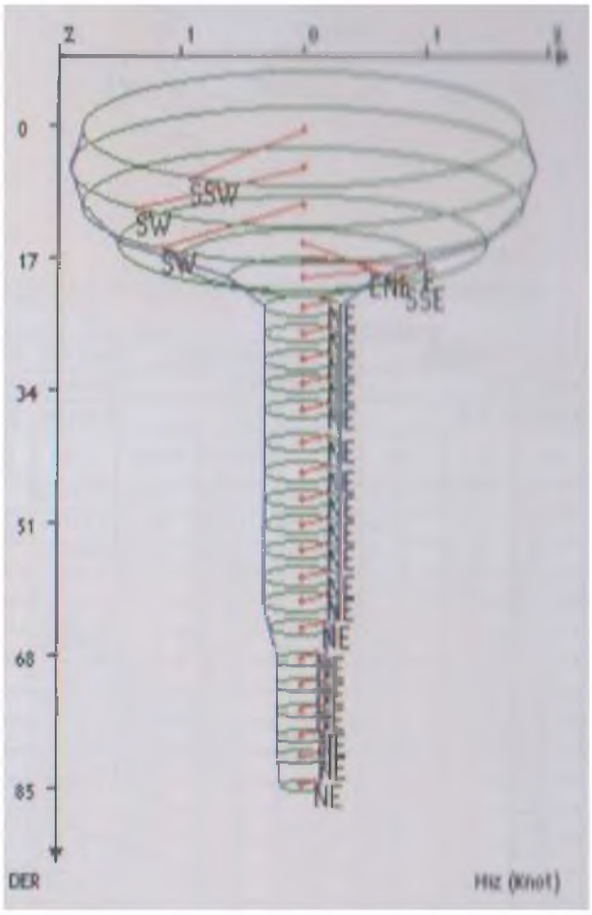
EK.15. MAREM2009Yaz-3c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:18':23'', E026º:34':50'', 86 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



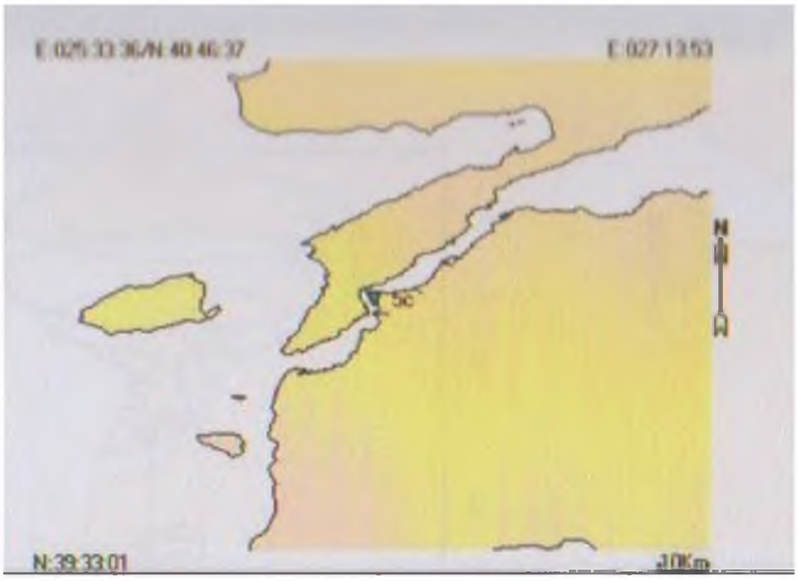


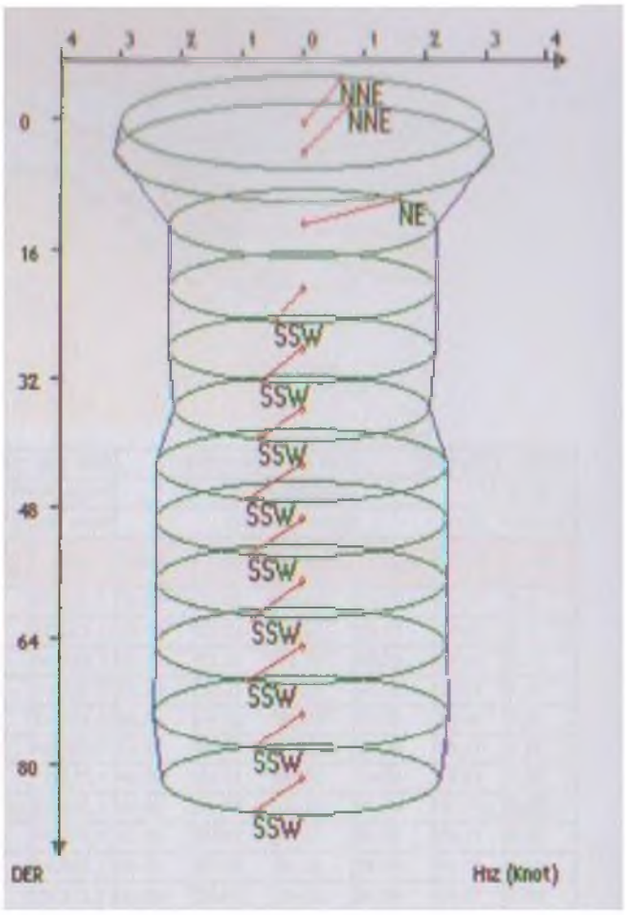
EK.16. MAREM2009Yaz-4c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:13':05'', E026º:26':46'', 87 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



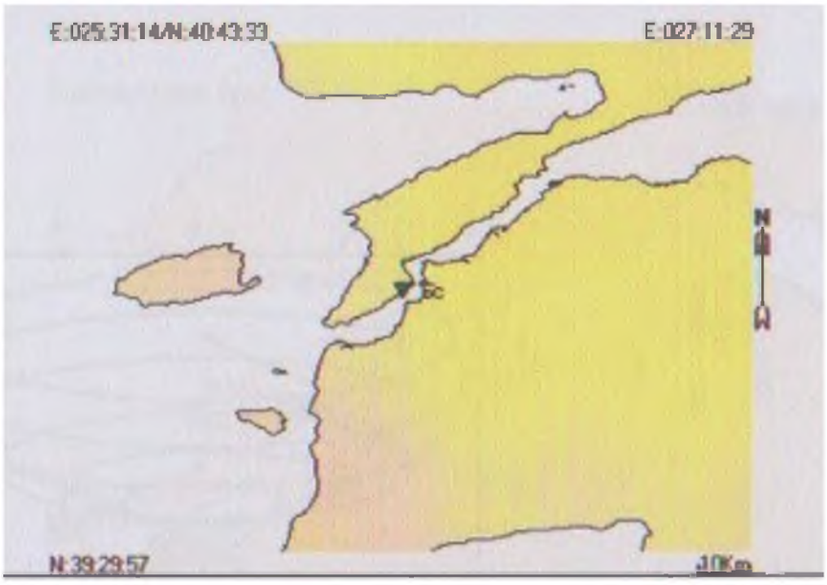


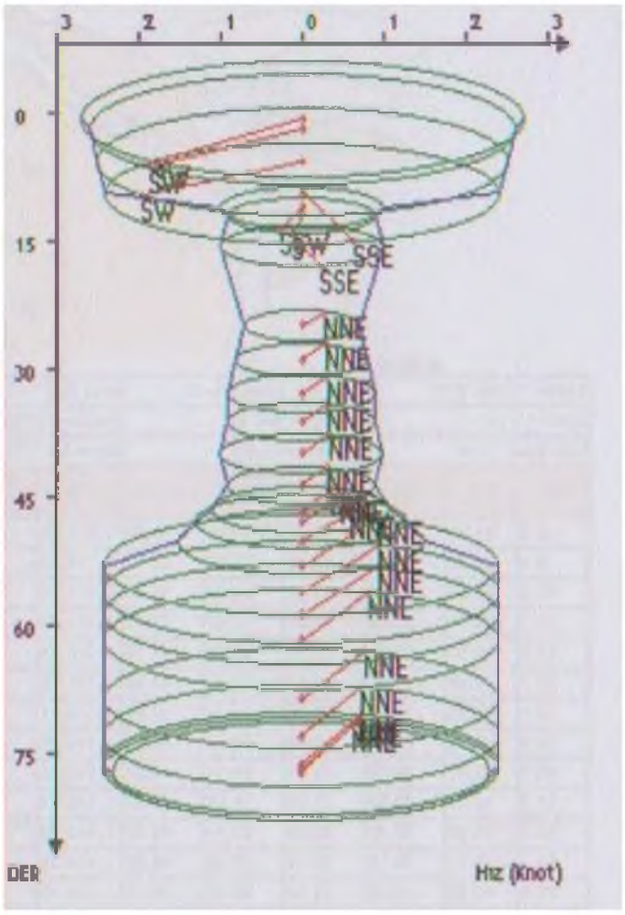
EK.17. MAREM2009Yaz-5c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:09':50'', E026º:23':45'', 80 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



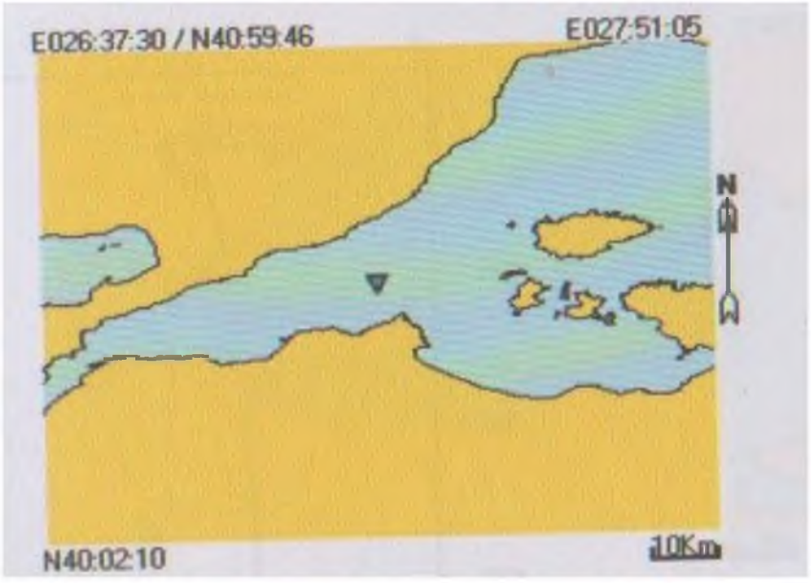


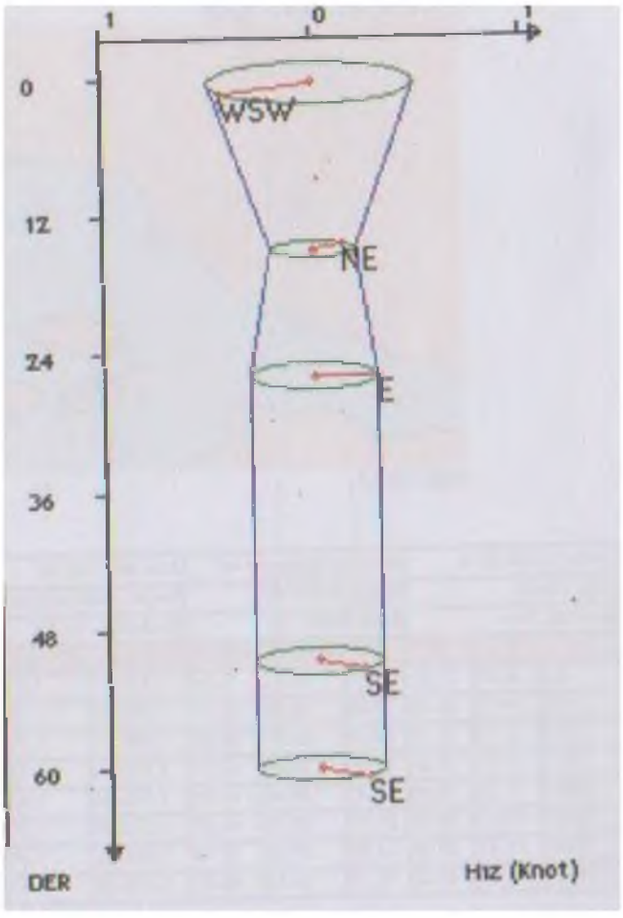
EK.18. MAREM2009Yaz-6c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:06':46'', E026º:21':22'', 61 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011a)



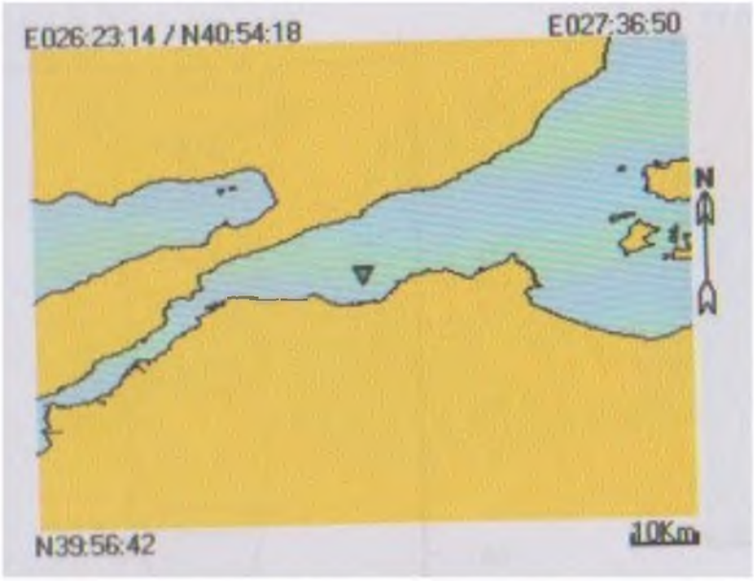


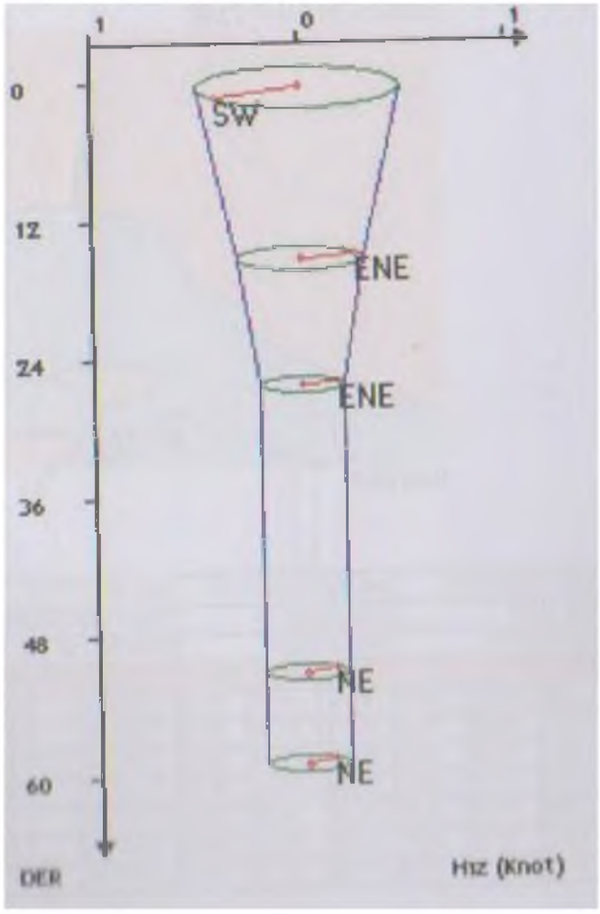
EK.19. MAREM2010Yaz-38 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:30':58'', E027º:14':18'', 65 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



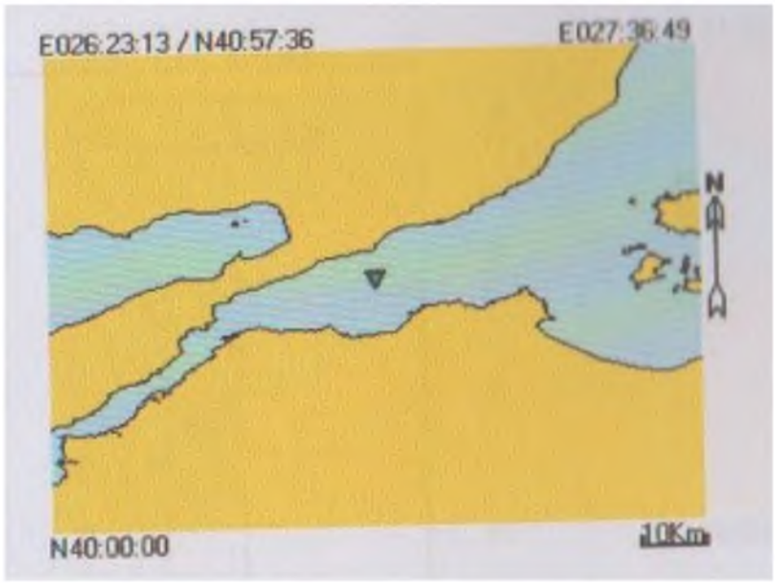


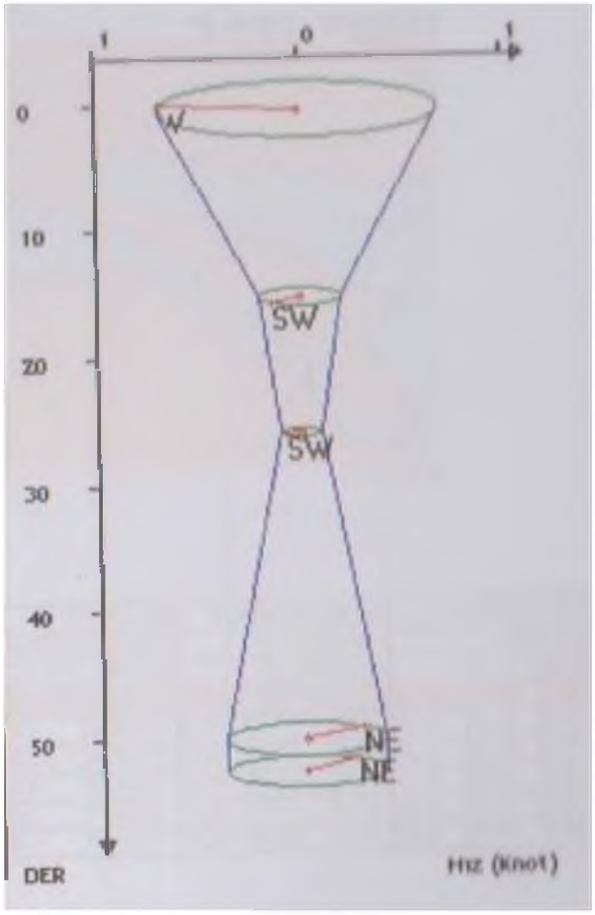
EK.20. MAREM2010Yaz-37 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':30'', E027º:00':03'', 60 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



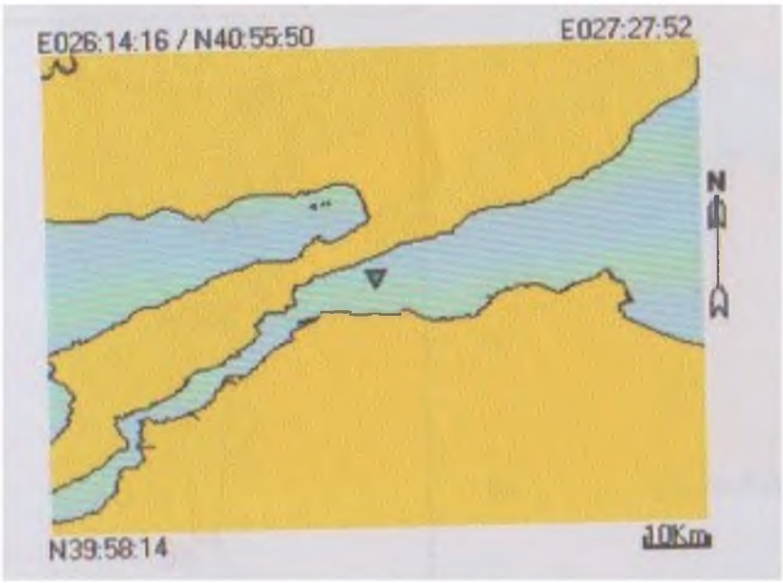


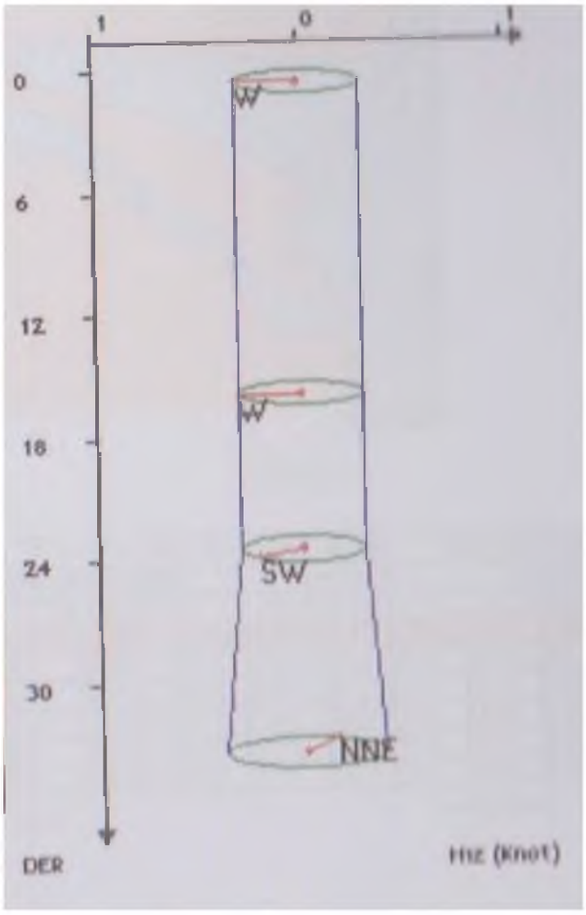
EK.21. MAREM2010Yaz-35 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:28':49'', E027º:00':01'', 56 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



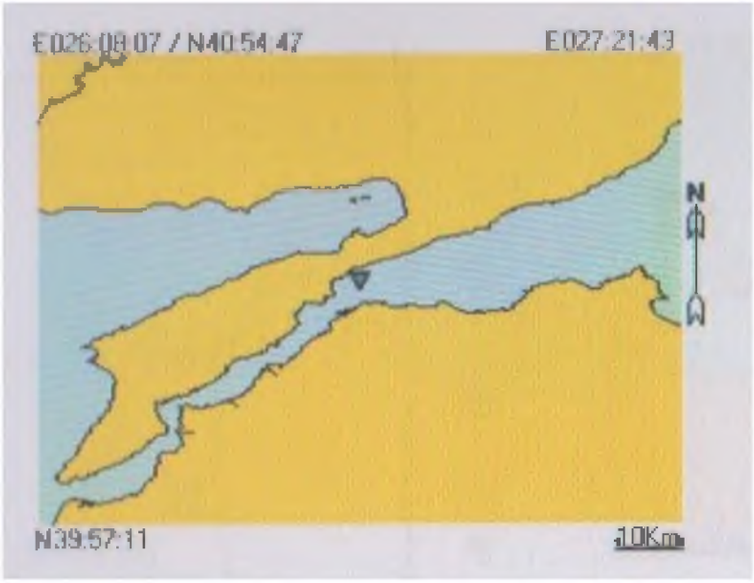


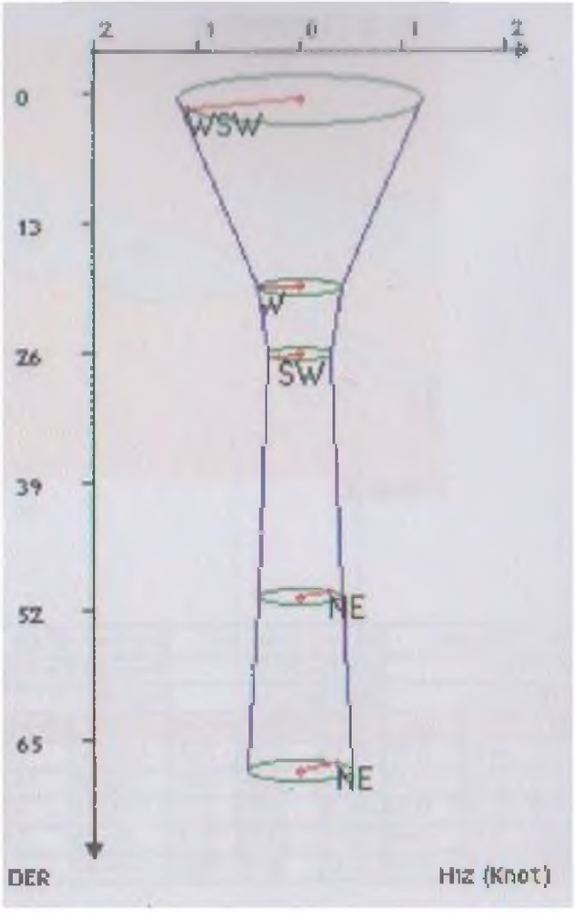
EK.22.. MAREM2010Yaz-1c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:27':02'', E026º:51':04'', 34 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



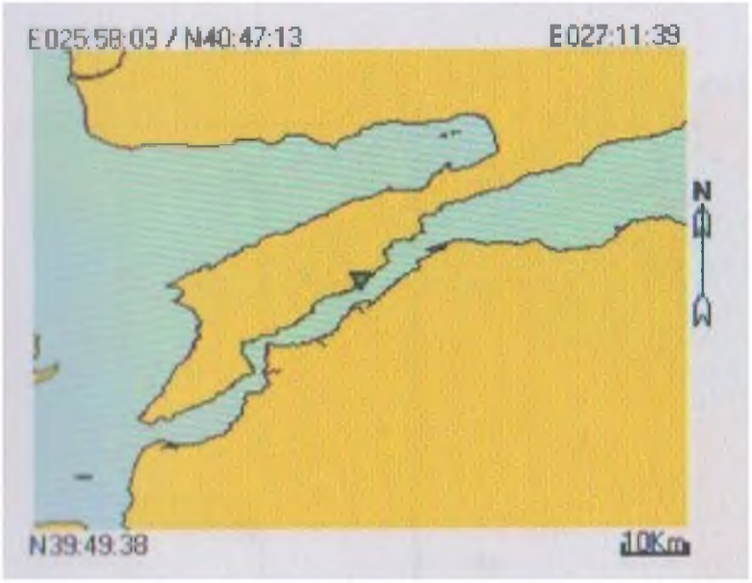


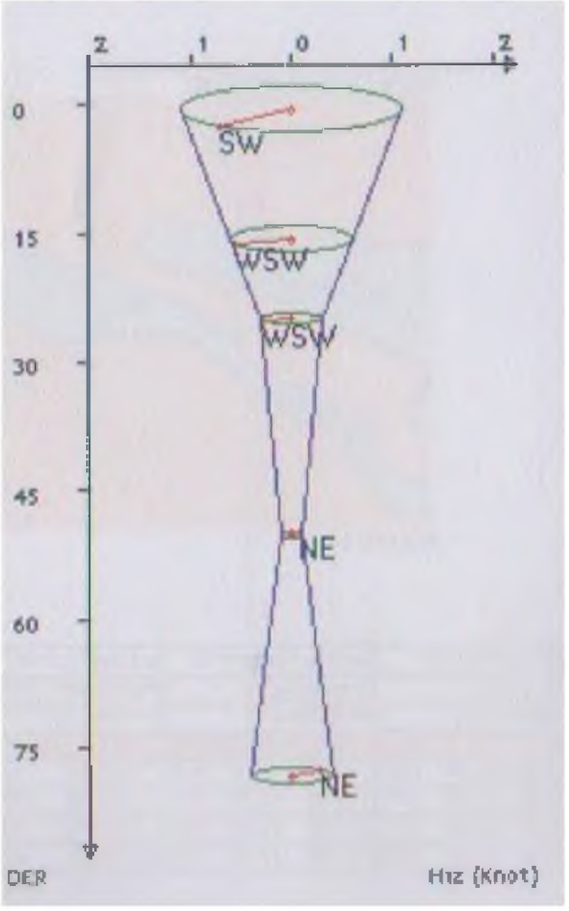
EK.23. MAREM2010Yaz-2c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':59'', E026º:44':56'', 69 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)





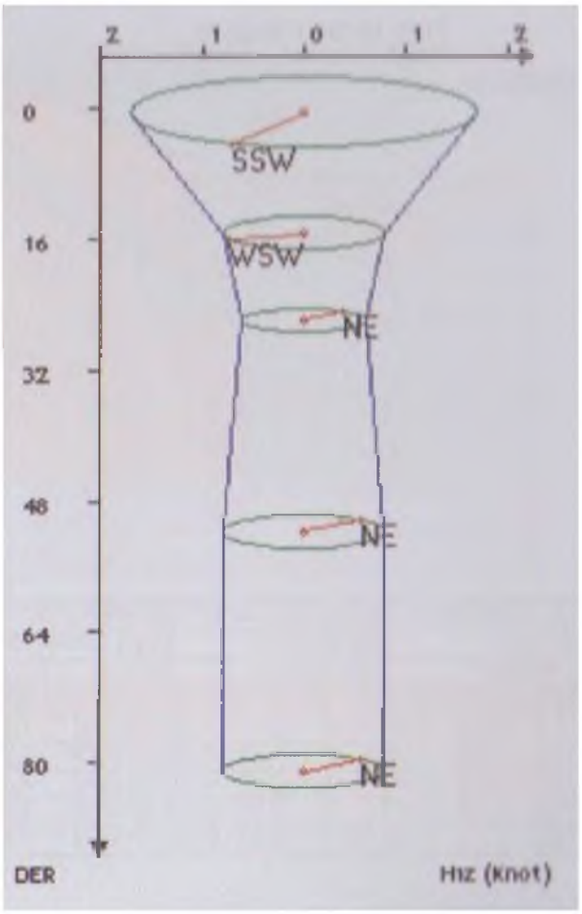
EK.24. MAREM2010Yaz-3c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:18':26'', E026º:34':52'', 80 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)





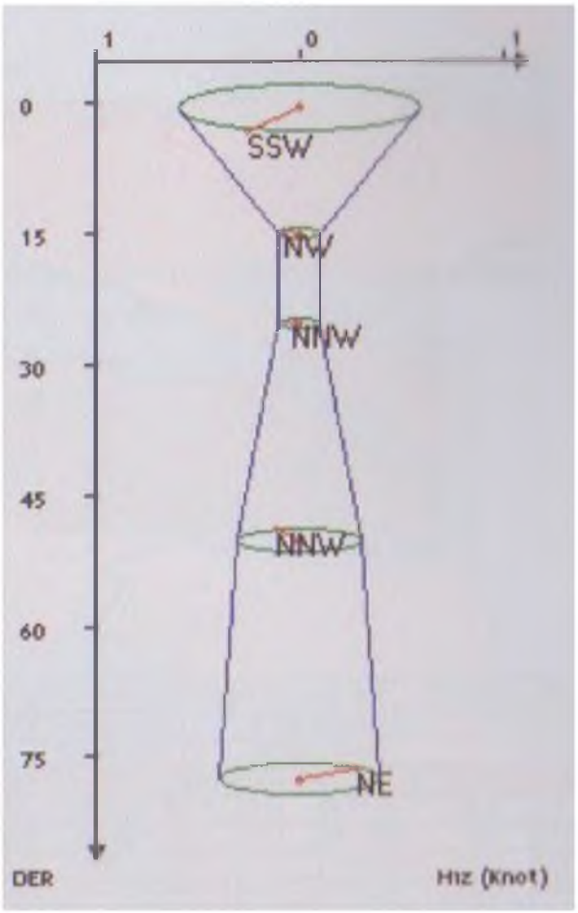
EK.25. MAREM2010Yaz-4c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:13':04'', E026º:26':50'', 89 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



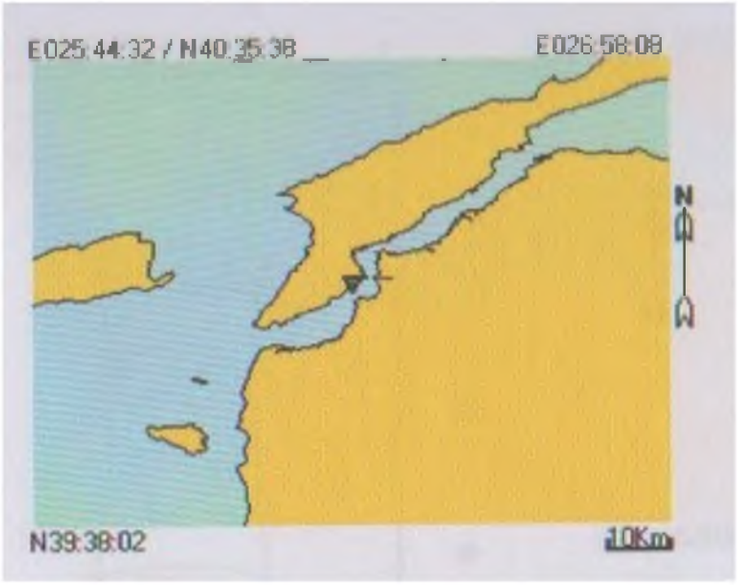


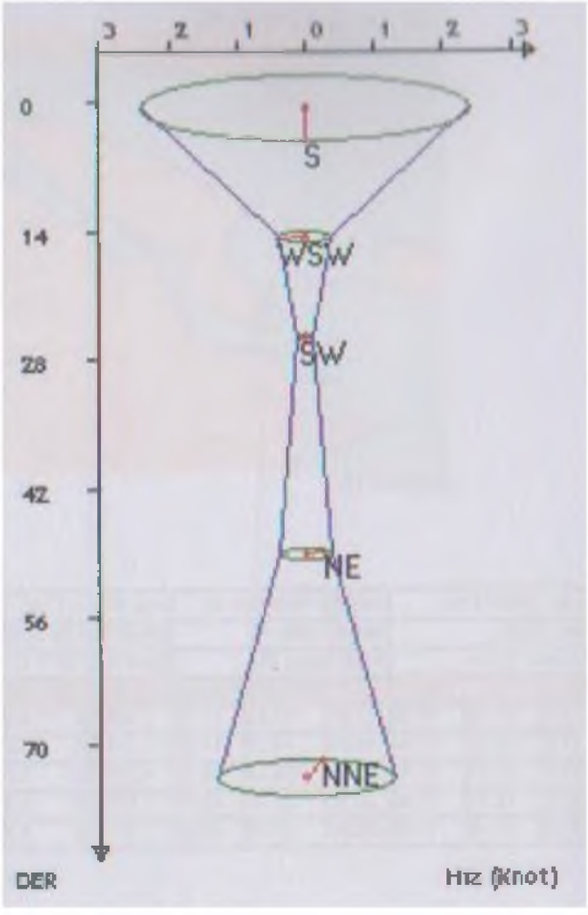
EK.26. MAREM2010Yaz-5c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:09':57'', E026º:23':43'', 80 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



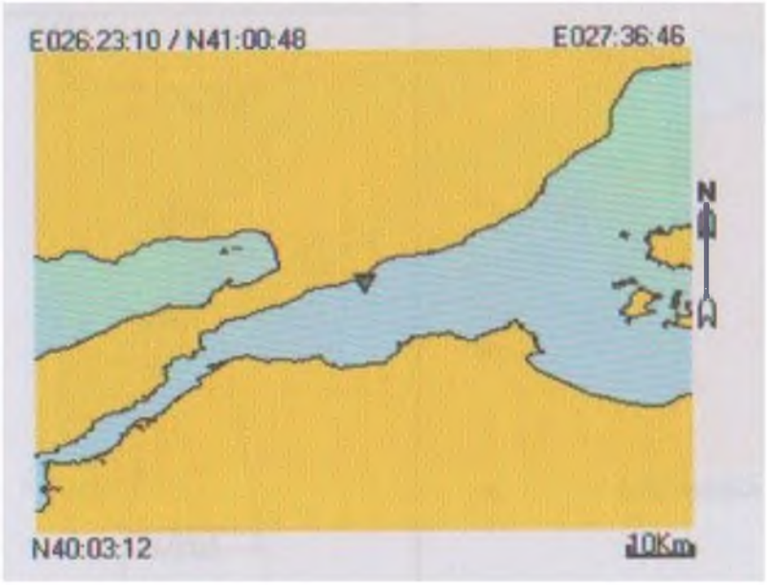


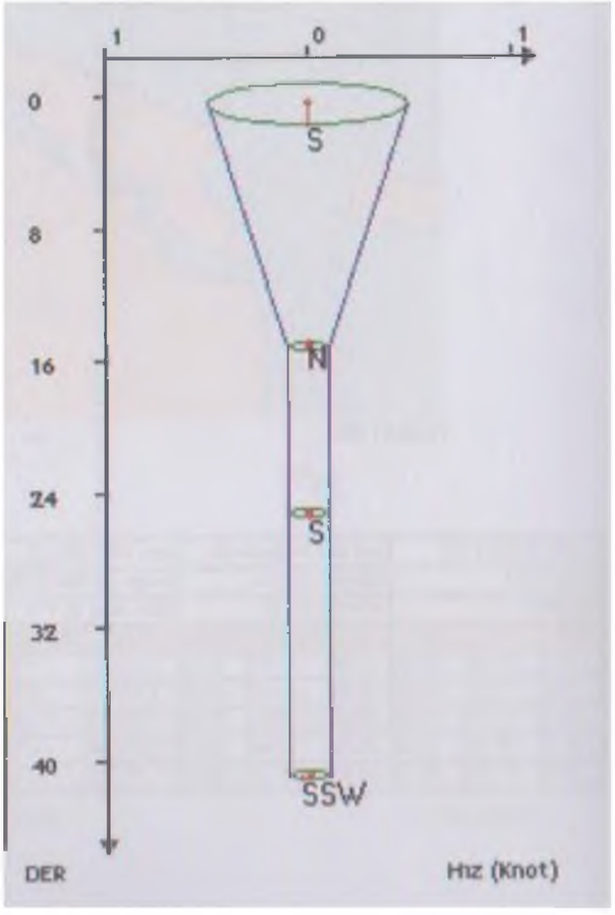
EK.27. MAREM2010Yaz-6c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:06':50'', E026º:21':21'', 77 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)





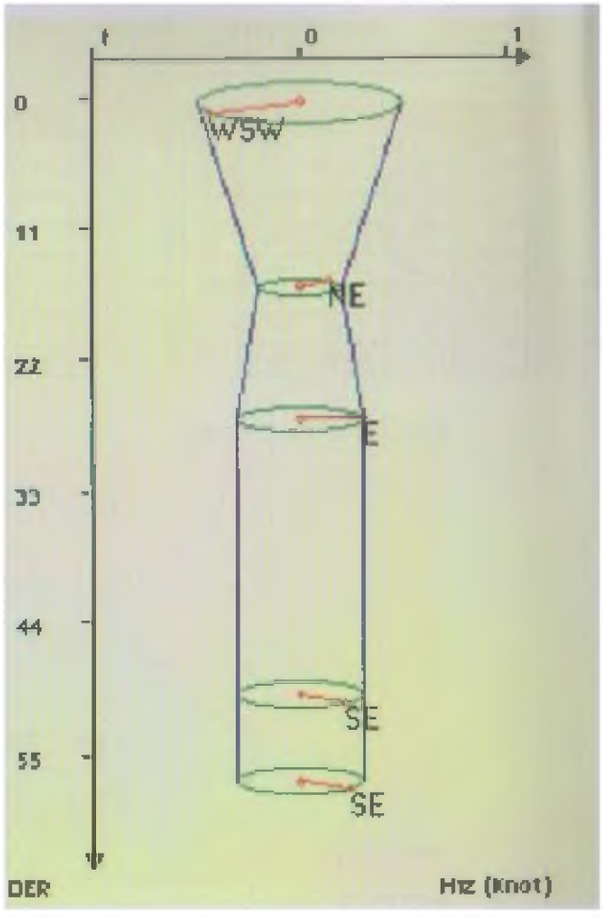
EK.28. MAREM2010Yaz-36 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:32':01'', E026º:59':59'', 43 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2011b)



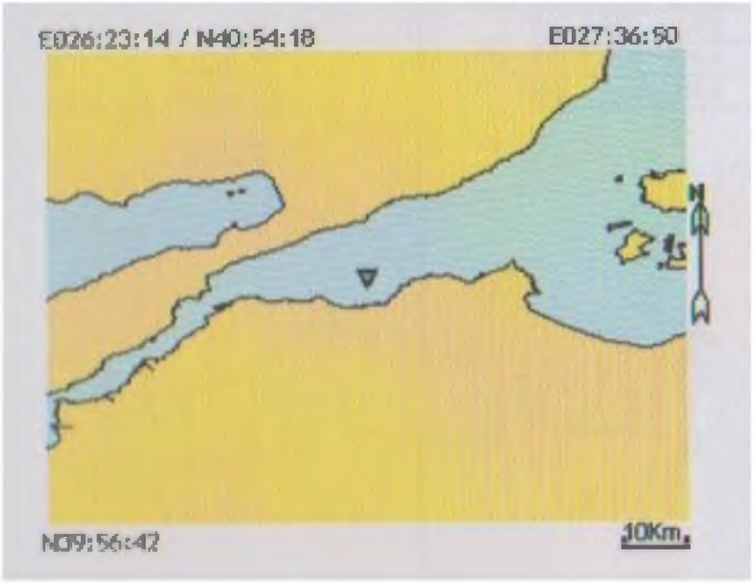


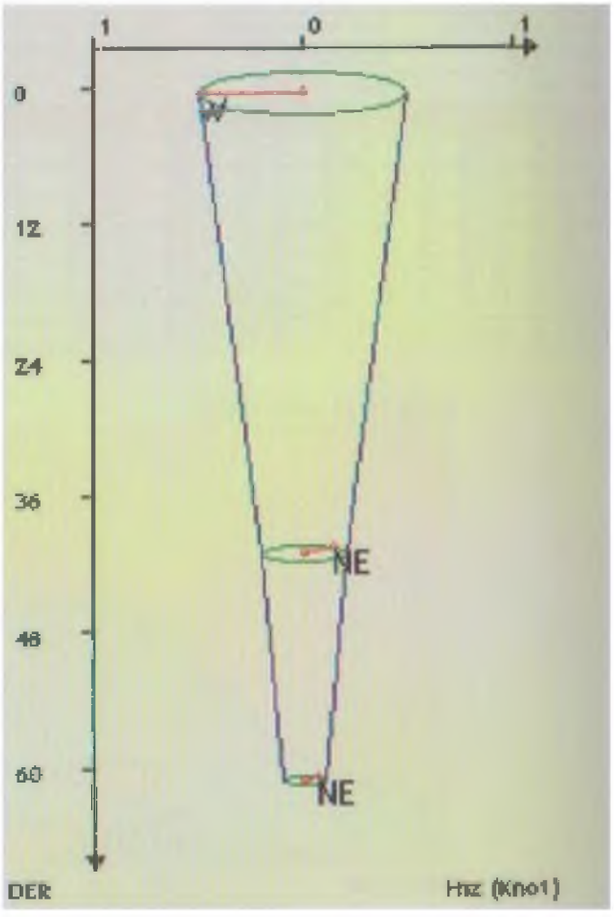
EK.29. MAREM2011Yaz-38 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:30':50'', E027º:14':23'', 65 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)



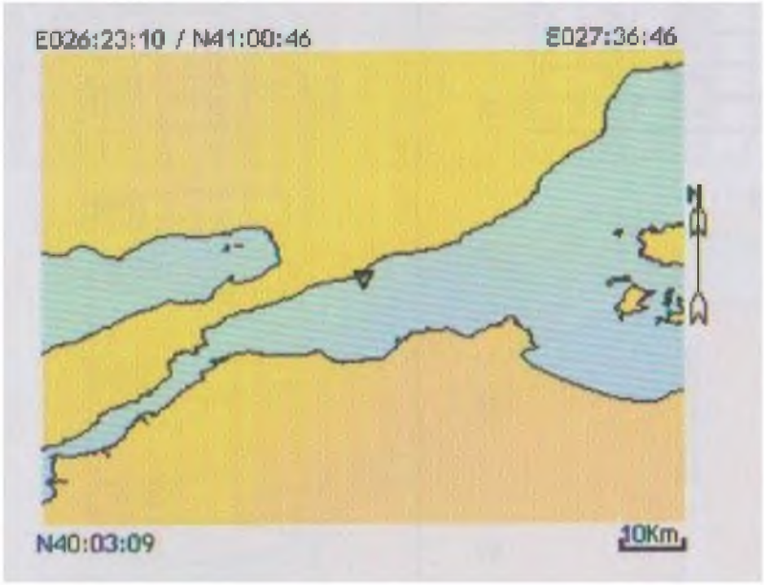


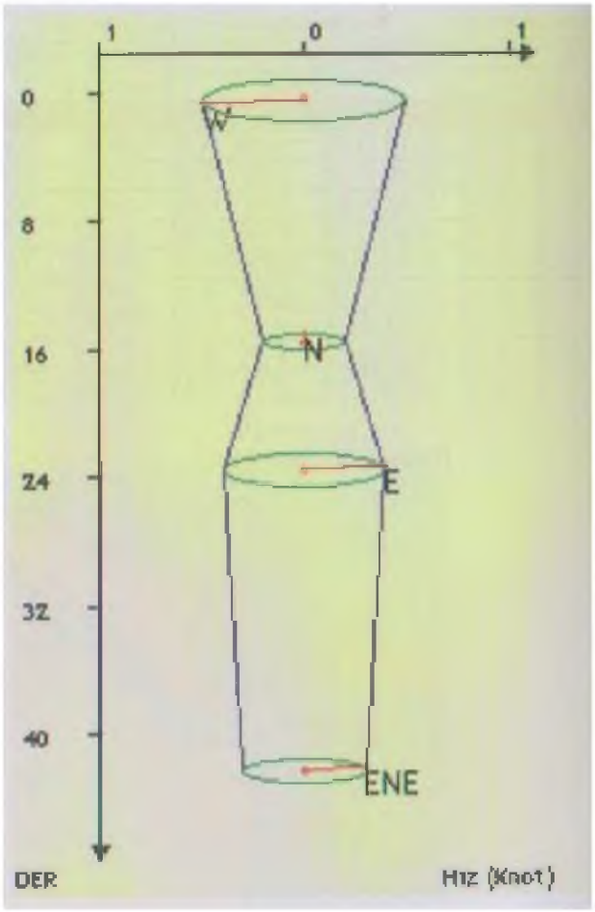
EK.30. MAREM2011Yaz-37 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':30'', E027º:00':03'', 62 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)



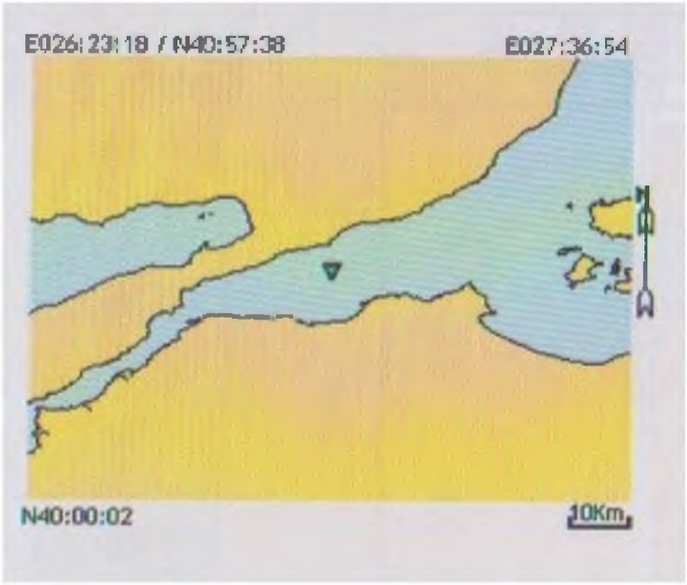


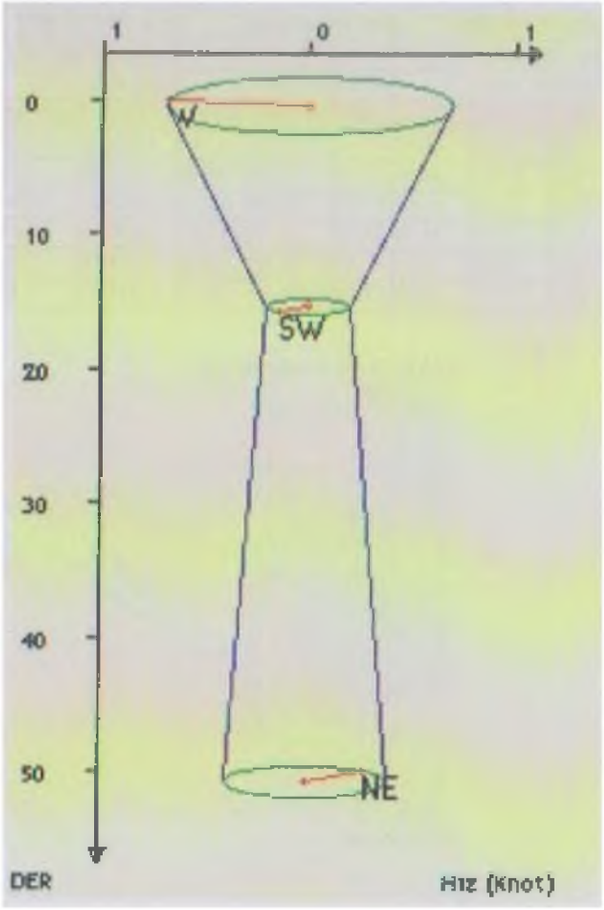
EK.31. MAREM2011Yaz-36 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:31':58'', E026º:59':59'', 44 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)



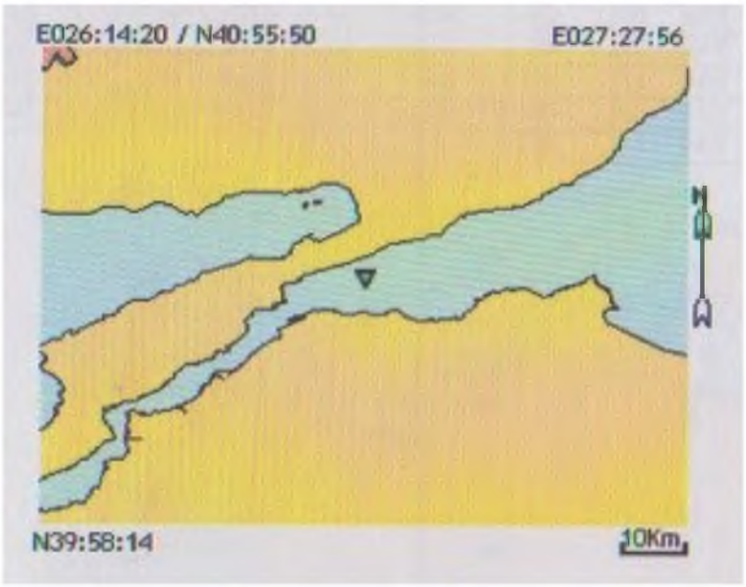


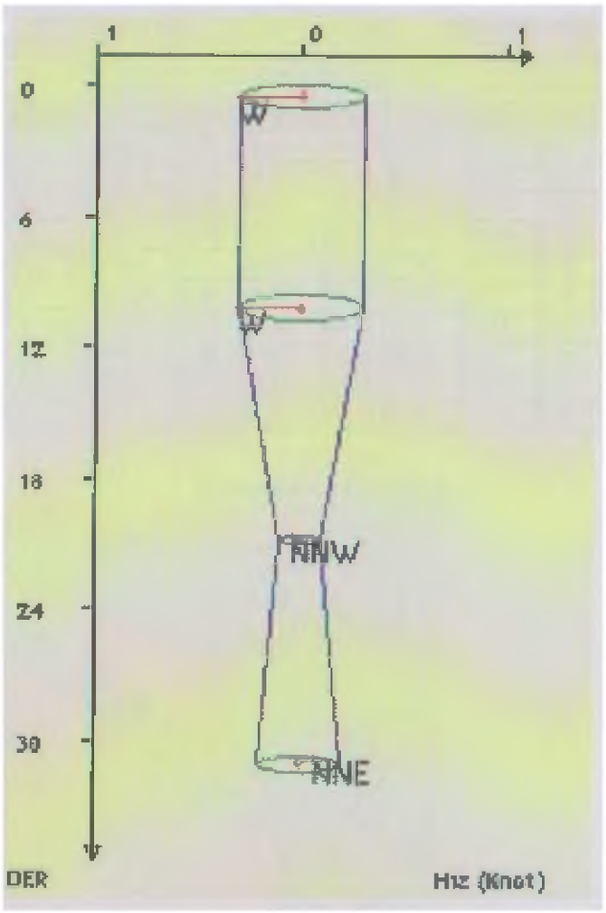
EK.32. MAREM2011Yaz-35 Nolu İstasyonun Konumu (N40º:28':50'', E027º:00':07'', 55 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)





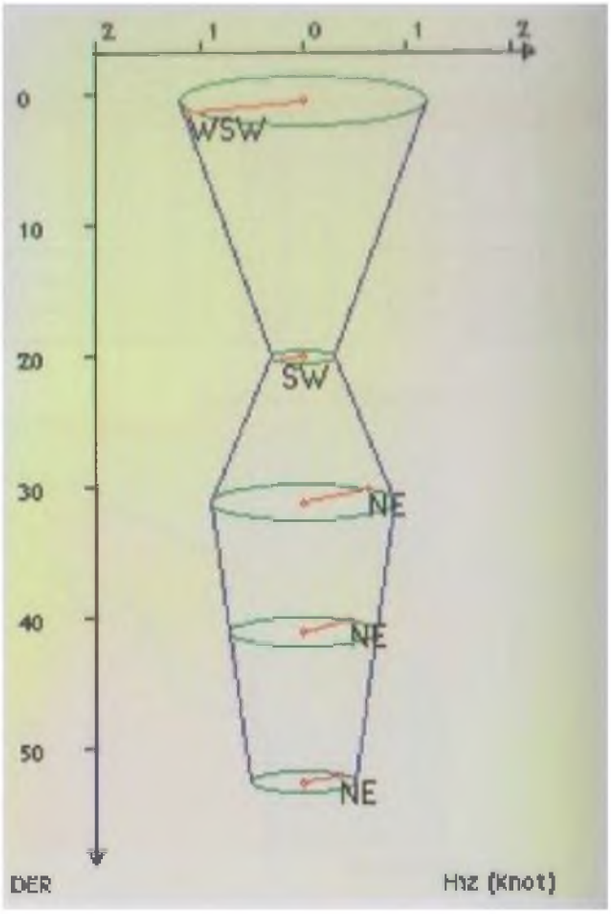
EK.33. MAREM2011Yaz-1c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:27':02'', E026º:51':09'', 34 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)



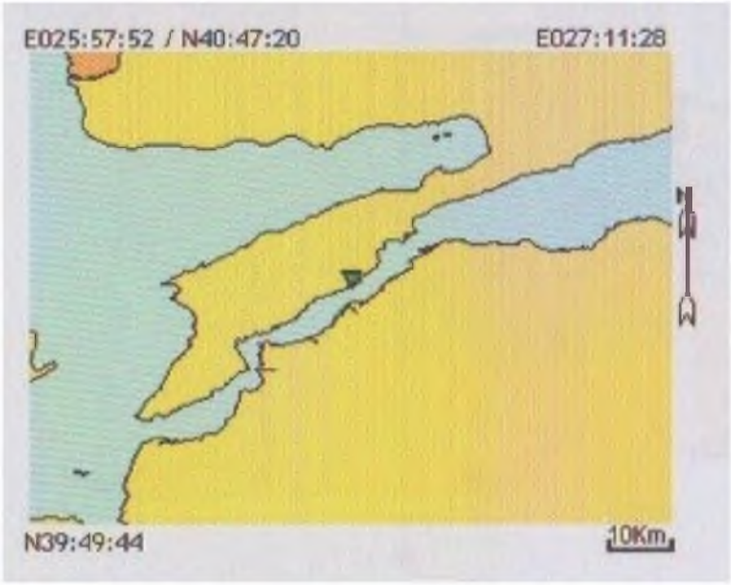


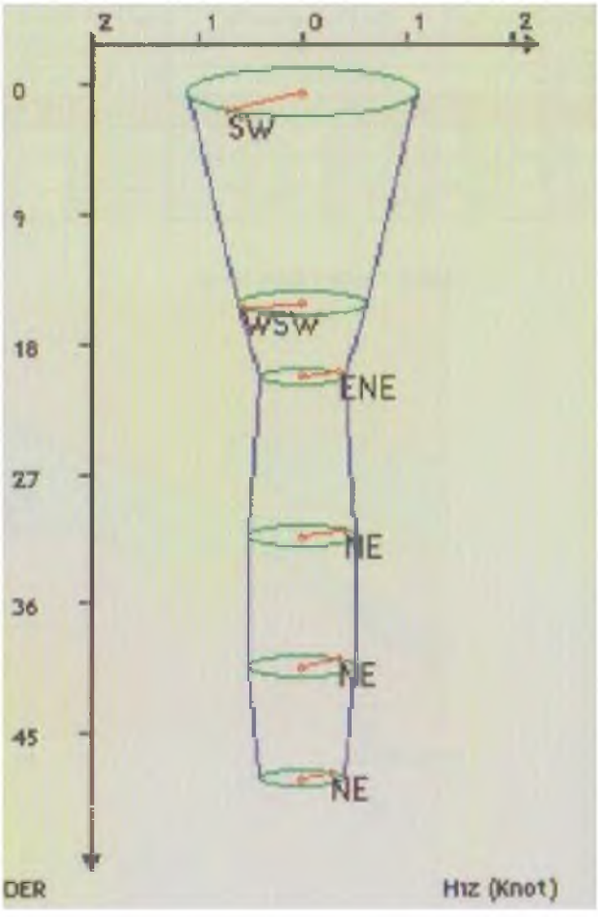
EK.34. MAREM2011Yaz-2c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:25':57'', E026º:44':54'', 69 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)





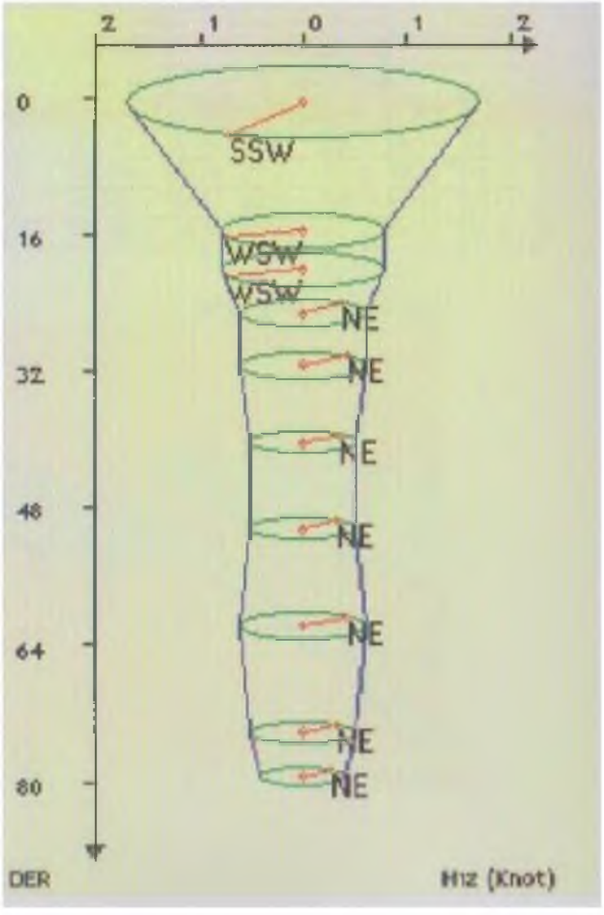
EK.35. MAREM2011Yaz-3c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:18':32'', E026º:34':40'', 81 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)



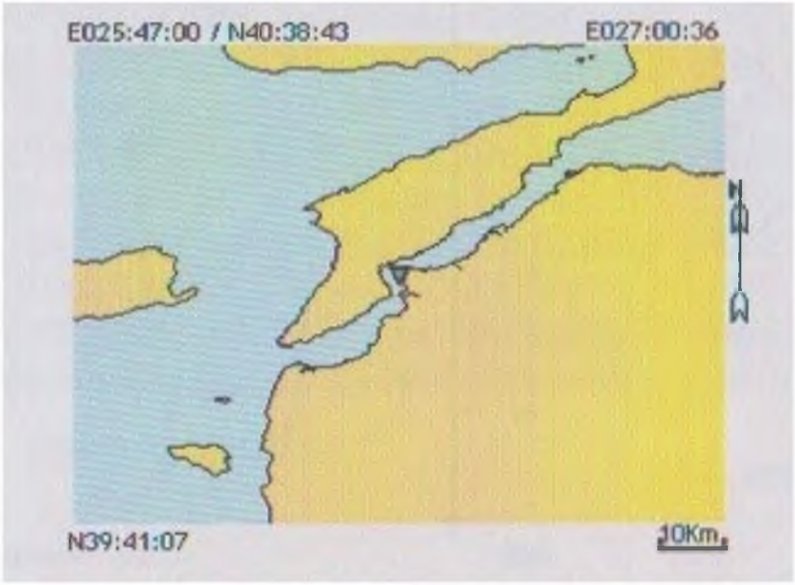


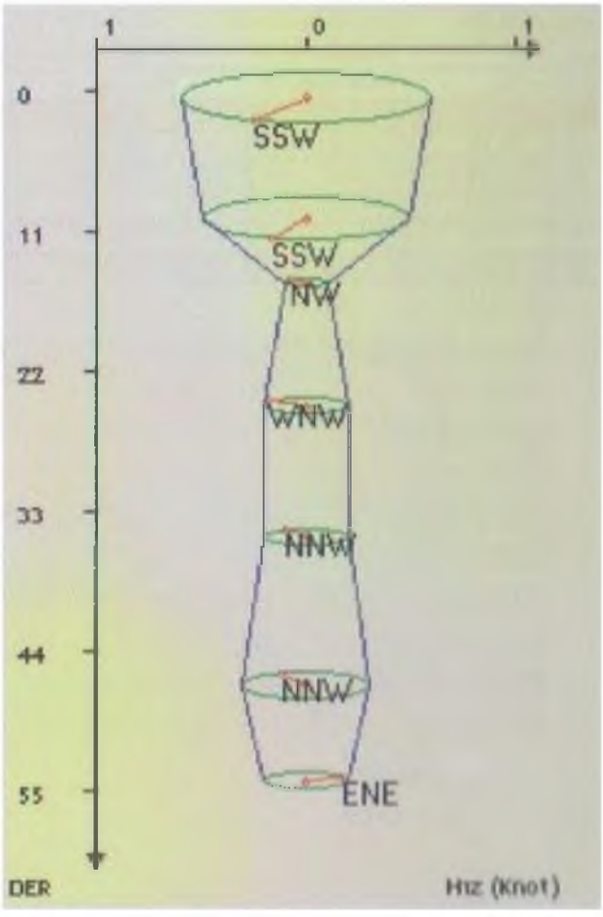
EK.36. MAREM2011Yaz-4c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:13':06'', E026º:26':47'', 87 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)





EK.37. MAREM2011Yaz-5c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:09':56'', E026º:23':48'', 76 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)





EK.38. MAREM2011Yaz-6c Nolu İstasyonun Konumu (N40º:06':54'', E026º:21':23'', 82 m Derinlik), Akıntı Yönü ve Hızı (Knot) (Artüz ve diğ., 2012)



