

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

DOKTORA TEZİ

TOPLAM ENERJİ ARZI İÇERİSİNDE YENİLENEBİLİR
ENERJİNİN PAYI VE OECD ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR
UYGULAMA

İREM YALKI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. ARZU İMREN

İstanbul, 2014



DOKTORA

TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı : İREM YALKI

Numarası : 2502090182

Anabilim/Bilim Dalı : İKTİSAT

Danışman : PROF. DR. ARZU İMREN

Tez Savunma Tarihi : 25.06.2014

Tez Savunma Saati : 11:00

Tez Başlığı : “ TOPLAM ENERJİ ARZI İÇERİSİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN PAYI VE OECD ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA ”

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 50. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜ'NE OYBİRLİĞİ / ÖYÇOKLUĞUYLA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. AHMET İNCEKARA	—	—
2- PROF. DR. YUSUF TUNA		KABUL
3- PROF. DR. ARZU İMREN		KABUL
4- PROF. DR. CEM SAATÇIOĞLU		KABUL
5- DOÇ. DR. HALİL TUNALI		KABUL

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. AHMET YÖRÜK	—	—
2- DOÇ. DR. YÜKSEL BAYRAKTAR		KABUL

ÖZ

TOPLAM ENERJİ ARZI İÇERİSİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN PAYI VE OECD ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

İrem Yalkı

Enerji; ekonominin en önemli girdisi ve ülkelerin politikalarını etkileyen öncelikli bir unsur olması dolayısıyla dünyanın ekonomik, sosyal ve siyasi düzenini belirlemedeki en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Enerji, tüm sektörlerin vazgeçilmez girdisi olduğu için gelişen teknoloji, artan nüfus ve yükselen hayat standartlarının da etkisiyle enerji talebi her geçen gün artış göstermekte ve yurt içi kaynakları hızla artan bu talebi karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Günümüzde, enerji talebinin karşılanmasında hala fosil yakıtlar hakimdir. Ancak fosil yakıtların rezervleri sınırlı olmakla birlikte coğrafi açıdan eşit dağılmadıkları için ülkeler arasında enerji kaynağına sahip olma bakımından orantısız bir dağılım söz konusudur. Bu durum ülkelerin enerji ithalatını zorunlu kılmaktadır. Enerji ithalatı her koşulda gerçekleştirilmesi gereken bir zorunluluk olduğu için ülkelerin ekonomilerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple ülkeler enerji bağımlılıklarının oranını düşürmek amacıyla yeni enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bu aşamada çevreci ve süreklilik arz eden yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada enerji bağımlılığını, dolayısıyla fosil yakıtların kullanımını azaltmak amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen OECD ülkelerindeki gelişmeler incelenerek; OECD ülkeleri için yenilenebilir enerjinin, enerji bağımlılığını ne yönde etkilediği ampirik olarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar; yenilenebilir enerjinin enerji bağımlılığı üzerinde herhangi bir etkiye sebep olmazken, fosil enerji kaynaklarının kullanımının ise enerji bağımlılığı üzerinde etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular; OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının arttırılmasına yönelik olarak uygulanan politikaların enerji bağımlılığını azaltmada yetersiz kaldığını, fosil enerji kaynaklarının ise halen mevcut durumda hakimiyetini koruduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji bağımlılığı, yenilenebilir enerji

ABSTRACT

THE SHARE OF RENEWABLE ENERGY IN TOTAL ENERGY SUPPLY AND AN ANALYSIS ON OECD COUNTRIES

İrem Yalkı

Energy is one of the leading factors that determine economic, social and political order in the world since it is the most fundamental input in the economy the primary element that affects a country's policies. Because energy is an irrevocable input, the demand for it increases in parallel with technological development, increasing population and higher standards of living. And consequently, domestic resources often become insufficient to meet high demand. Nowadays, fossil fuels are still the dominant resource that is used to meet energy demand. However, reserves of fossil fuels are limited and they are not distributed equally throughout the world. This unequal distribution causes countries to have different supply levels of fossil fuels and obliges them to import energy. Since importing energy is a necessity and it negatively affects economies, countries seek new energy resources in order to reduce their dependence on other countries' resources. In this context, the use of environmentalist and sustainable renewable energy resources rise to prominence. This study aims to analyze the experience of OECD countries that have tried to develop renewable energy resources with the intent of reducing their energy dependence and their use of fossil fuels. The study also aims to investigate empirically the effect of renewable energy resources on energy dependence for the selected OECD countries. The findings indicate that renewable energy resources have no impact on energy dependence of the selected OECD countries during the period under study. However, fossil fuels, as an energy resource do affect energy dependence in these countries. The results show that policies that aim at increasing the use of renewable resources in OECD countries have not been effective in reducing energy imports and thus energy dependence, and that the use of fossil fuels are still dominant.

Keywords: Energy dependence, renewable energy

ÖNSÖZ

Enerji hayatın devam edebilmesi için vazgeçilmez bir unsurdur. Yapılmak istenen her iş enerji gerektirmekte dolayısıyla günümüzde enerji kaynaklarına sahip olan ülkelerin dünya ekonomisine yön verme konusunda daha da etkili hale gelecekleri görülmektedir. Günümüzde hala en fazla kullanılmakta olan fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması dolayısıyla ülkeler yeni enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bu doğrultuda özellikle petrol krizi sonrasında yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada yenilenebilir enerjini OECD ülkelerindeki gelişimi ele alınarak, ithal enerji bağımlılık oranını azaltması üzerinde bir etkisi olup olmadığı incelenmiştir.

Tez çalışmamda beni her zaman destekleyen ve yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Arzu İmren'e sonsuz teşekkür borçluyum. Tezim sürecinde benden desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Cem Saatçioğlu'na ve Prof. Dr. Yusuf Tuna'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Bu süreçte her zaman yanımda olan çok değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Ayşenur Topçuoğlu'na teşekkürlerimi sunarım. Üniversite hayatımdan itibaren her zaman yanımda olan değerli hocam Özlem Göktaş'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamdaki önemli katkısından dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Uzun süren bu çalışma sürecinde her zaman yanımda olan Selda Görkey Aydınoglu'na ve beni her zaman desteklemesinin yanı sıra göstermiş olduğu anlayış ve sabrından dolayı Övünç Ahmet Berker'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
KISALTMA LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ.....	1
1. ENERJİ KAYNAKLARININ GENEL ÇERÇEVESİ.....	4
1.1. Enerji Tanımları.....	4
1.1.1. Enerji Nedir.....	4
1.1.2. Enerji Ürünleri.....	5
1.1.2.1. Birincil Enerji Ürünleri.....	5
1.1.2.2. İkincil Enerji Ürünleri.....	6
1.1.3. Enerji Kaynakları.....	7
1.1.3.1. Fosil (Tükenebilir) Enerji Kaynakları.....	7
1.1.3.1.1. Kömür.....	7
1.1.3.1.2. Petrol.....	8
1.1.3.1.3. Doğal Gaz.....	9
1.1.3.2. Nükleer Enerji.....	10
1.1.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	15
1.1.3.3.1. Güneş Enerjisi.....	17
1.1.3.3.2. Rüzgar Enerjisi.....	19
1.1.3.3.3. Hidro Enerjisi.....	23
1.1.3.3.4. Jeotermal Enerji.....	25
1.1.3.3.5. Biyoenerji.....	26
1.1.3.3.6. Dalga ve Gel-git Enerjisi.....	31

1.2. Enerji İle İlgili Önemli Kavramlar.....	33
1.2.1. Sürdürülebilir Enerji.....	33
1.2.2. Enerji Güvenliği.....	36
1.2.3. Enerji Verimliliği.....	38
1.2.3.1. Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği.....	39
1.2.3.2. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği.....	41
1.2.3.3. Konut Sektöründe Enerji Verimliliği.....	43
1.2.3.4. Bireysel Alanlarda Enerji Verimliliği.....	45
 2. OECD ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE POLİTİKALARI.....	 48
2.1. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	48
2.1.1. OECD Ülkelerinde Güneş Enerjisi.....	50
2.1.2. OECD Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi.....	54
2.1.3. OECD Ülkelerinde Hidro Enerji.....	56
2.1.4. OECD Ülkelerinde Jeotermal Enerji.....	58
2.1.5. OECD Ülkelerinde Biyoenerji.....	60
2.1.6. OECD Ülkelerinde Dalga ve Gel-git Enerjisi.....	61
2.2. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Politikaları.....	62
2.2.1. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Yatırımları.....	62
2.2.2. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki AR-GE Faaliyetleri.....	71
2.3. OECD Ülkelerinde Enerji Sektörü Bileşenleri.....	74
2.3.1. OECD Ülkelerinde Enerji Arzı ve Talebi.....	75
2.3.2. OECD Ülkelerinde Enerji İthalatı.....	77
2.3.3. OECD Ülkelerinde Enerji Kayıpları.....	78

3. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE UYGULAMA.....	81
3.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları.....	81
3.1.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	81
3.1.1.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	83
3.1.1.2. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi.....	87
3.1.1.3. Türkiye’de Hidro Enerji.....	90
3.1.1.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	92
3.1.1.5. Türkiye’de Biyoenerji.....	95
3.1.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları.....	97
3.1.2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları.....	98
3.1.2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki AR-GE Faaliyetleri.....	101
3.1.3. Türkiye’nin Enerji Sektörü Bileşenleri.....	103
3.1.3.1. Türkiye’de Enerji Arzı ve Talebi.....	103
3.1.3.2. Türkiye’de Enerji İthalatı	104
3.1.3.3. Türkiye’de Enerji Kayıpları.....	107
3.2. Uygulama.....	110
3.2.1. Uygulamanın Konusu ve Amacı.....	110
3.2.2. Literatür.....	111
3.2.3. Ekonometrik Model.....	113
3.2.3.1. Değişkenler ve Veriler.....	114
3.2.3.2. Metodoloji ve Ampirik Sonuçlar.....	116
SONUÇ.....	121
KAYNAKÇA.....	127

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Birincil ve İkincil Petrolün Karşılaştırılması.....	9
Tablo 2: Doğal Gazı Meydana Getiren Gazların Bileşim Oranları.....	10
Tablo 3: Ticari Amaç İle Kurulan İlk Nükleer Santraller.....	12
Tablo 4: Biyokütle Kaynaklarının Çevrim Yöntemleri, Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları.....	30
Tablo 5: Dünya ve OECD Ülkelerindeki Toplam Birincil Enerji Arzı Payları (%).....	49
Tablo 6: Dünya ve OECD Ülkelerindeki Toplam Birincil Yenilenebilir Enerji Arzı Payları (%)	50
Tablo 7: Ülkelerde Uygulanan Farklı Teşvik Mekanizmaları.....	68
Tablo 8: Türkiye’deki Toplam Birincil Enerji Arzı Payları (%).....	82
Tablo 9: Türkiye’deki Toplam Birincil Yenilenebilir Enerji Arzı Payları (%).....	83
Tablo 10: Türkiye’nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	84
Tablo 11: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Işınım ve Güneşlenme Süreleri.....	85
Tablo 12: Türkiye’nin Yıllık Toplam Güneş Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	85
Tablo 13: Türkiye’nin Bölgelerinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Rüzgar Hızı...87	
Tablo14: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	88
Tablo 15: Türkiye’deki Havzaların Su ve Enerji Potansiyeli.....	91
Tablo 16: Türkiye’de Doğrudan Isı Enerjisinin Kullanım Türlerine Göre Dağılımı..94	
Tablo 17: Türkiye’nin Elektrik Üretimine Uygun Jeotermal Enerjisinin Kurulu Güç Kapasitesi	94
Tablo 18: Türkiye’nin Biyokütle Kaynakları ve Potansiyeli.....	95

Tablo 19: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yurt İçi İmalat Türüne Göre Verilen Ek Destekler.....	99
Tablo 20: Enerji İthalatının Toplam Enerji İthalatındaki Payı.....	106
Tablo 21: Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü (GWh).....	107
Tablo 22: Türkiye Elektrik Enerjisi Şebeke Kayıplarının Yıllar İtibariyle Gelişimi.....	109
Tablo 23: Literatür Tablosu.....	111
Tablo 24: Özet İstatistikler (1995-2012) 28 OECD Ülkesi Değerleri.....	115
Tablo 25: Tek Yönlü Birim Etkiler Modeli (1995-2012) 28 OECD Ülkesi Değerleri.....	118

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Enerji Ürünleri.....	6
Şekil 2: Kömürün Temel Özellikleri.....	8
Şekil 3: Biyoenerji Yakıtlarının Sınıflandırılması.....	27
Şekil 4: Biyogazın Oluşum Süreci.....	29
Şekil 5: Yeni Yenilenebilir Enerji Yatırımları (milyar dolar).....	64
Şekil 6: Türkiye'nin Enerji Arz ve Talep Gelişimi (TEP).....	104
Şekil 7: Türkiye'nin Enerji İthalat ve İhracat Görünümü (TEP).....	105

KISALTMA LİSTESİ

DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EPA:	U..S. Environmental Protection Agency
EPDK:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
EREC:	European Energy Council
ETKB:	Enerji ve Tabi Enerji Bakanlığı
EWEA:	European Wind Energy Association
GE0:	Geothermal Education Office
IEA:	International Energy Agency
LEED:	Leadership in Energy and Environmental Design
MTA:	Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü
NHTSA :	National Highway Traffic Safety Administration
OECD:	Organization for Economic Cooperation and Development
OPEC:	Organization of the Petroleum Exporting Countries
TEP:	Ton Eşdeğer Petrol
TEDAŞ :	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ :	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TMMOB:	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TYDTA:	T.C. Başbakanlık Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı
TÜREB:	Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
SI:	International System of Units
UN:	United Nations
UNEP:	United Nations Environment Programme
USGBC:	U.S. Green Building Council
WB:	The World Bank
WCED:	World Commission on Environment and Development
WEC:	World Energy Council
YEGM:	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
ZEB:	Nearly Zero-Energy Buildings

GİRİŞ

Enerji; ekonomik ve sosyal gelişmişliğin bir göstergesi olmakla birlikte en temel insani bir gereksinimdir. Günlük yaşamın her alanında bireyin karşısına çıkan enerji; ayrıca sanayi, üretim ve ticari alanlarının da vazgeçilmez girdisidir. Ekonominin temel kuralı olan her kaynağın sınırlı olduğu ve bir gün tükeneyeceği kuramı enerji konusunda ayrı bir önem arz etmektedir. Bu durumun en temel sebebi enerjinin tüm sektörlerin başlıca girdisi olması ve günümüzde enerji olmadan hayatı devam ettirmenin imkansız olmasıdır. Dolayısıyla enerji, tüm ülkelerin politikalarında öncelikli olarak yer verdikleri bir konudur. Gelişen teknoloji, artan nüfus ve yükselen yaşam standartları gibi sebeplerle enerji ihtiyacı giderek artış göstermekte ve ülkeler günümüzde hala hakim olarak kullanılan fosil yakıtların rezervlerinin bir gün tükeneyeceği gerçeği ile birlikte yeni enerji kaynakları arayışına yönelmek zorunda kalmışlardır.

Enerji kaynakları; rezervlerinin sonlu olup olmamasına göre tükenebilir ve tükenmez kaynaklar olarak da sınıflandırılabilir. Tükenebilir kaynaklar, fosil yakıtlar gibi gelecekte tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalacak kaynakları ifade etmektedir. Tükenmez kaynaklar ise; rüzgar, güneş, jeotermal, hidro, okyanus, gel-git, biyoenerji gibi doğada var olan ve yenilenme hızı, tüketim hızından daha yüksek olan enerji kaynaklarıdır. Günümüzde fosil yakıtlar yaygın olarak kullanılmakta ve söz konusu kaynakların ülkeler arasında eşit dağılmaması sebebiyle her ülke kendi potansiyeli dahilinde alternatif enerji kaynakları arayışı içersindedir. Bu noktada çevreye olan bilincin artması ile birlikte nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları çevreci enerji kaynakları olarak ön plana çıkmaktadır.

Nükleer enerjinin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, reaktörün kullanım süresi tamamlandıktan sonra ortaya çıkan nükleer atığın çevreye zarar vermeden ne şekilde giderileceği sorunu ve günümüzde meydana gelen reaktör kazaları sebebinin yanı sıra nükleer reaktörlerin temel yakıtı olarak kullanılan uranyum ile daha az kullanılmakta olan plütonyum ve toryum izotoplarının da fosil yakıtlar gibi sona ereceği sorunu söz konusudur. Başka bir deyişle nükleer enerjinin de fosil yakıtlar

gibi tükenir bir kaynak olması sebebi ile bazı ülkeler enerji politikalarında nükleer enerjinin payını azalmaya çalışmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olan ülkeler ise; bu potansiyellerini değerlendirerek özellikle son yıllarda gelişen teknolojiler sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarının paylarını arttırmaya çalışmaktadırlar.

Özellikle son yıllarda ülkelerin; tamamen ülke politikaları bağlamında alternatif enerji kaynakları olarak nükleer, yenilenebilir veya her iki enerji kaynağına birden yönelmelerinin en önemli sebebi, coğrafi açıdan belirli bir bölgede toplanmış bulunan petrol ve doğal gazı sahip olmamaları sonucunda enerji ithalatlarının giderek artış göstermesidir. Söz konusu alternatif enerji kaynakları ile enerji ithalat bağımlılığını sonlandırmak mümkün olmamakla birlikte en azından giderek artan enerji talebi karşısında bu bağımlılığı az da olsa azaltmak amaçlanmaktadır. Fosil yakıtların kullanımının önüne geçmek dolayısıyla enerji ithal bağımlılığını azaltmak için OECD dışındaki ülkeler nükleer enerjiye öncelik verirken, OECD ülkelerinin yenilenebilir enerjiye öncelik verdikleri görülmektedir.

Bu çalışmada alternatif enerji kaynaklarından; yenilenebilir enerji kaynakları ele alınmaktadır. Bu amaçla tezin birinci bölümünde enerji kaynaklarının genel çerçevesi dahilinde enerji tanımlarına ve enerji ile ilgili önemli kavramlara yer verilmiştir. Enerji tanımları başlığı altında ilk olarak enerjinin genel tanımı yapılmış olup ardından enerji ürünleri açısından birincil ve ikincil enerji ürünlerinin farklarına değinilmiştir. Bu kavramlar açıklandıktan sonra enerji kaynakları çeşitlerine göre; fosil enerji kaynakları, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere her bir enerji türü ayrı ayrı alt dallarına ayrılarak incelenmiştir. Enerji ile ilgili önemli kavramlar başlığında ise ilk olarak literatürde sıkça bahsedilen sürdürülebilirlik kavramı açısından enerji ele alınarak enerjinin günümüzde neden sürdürülemez olduğu nedenleri ile açıklanmış ve sürdürülebilir enerjiye sahip olunabilmesi için izlenmesi gereken politikalara yer verilmiştir. Bir sonraki başlıkta; neredeyse tüm ülkelerin az ya da çok oranda enerji bağımlısı olması nedeniyle ortaya çıkan enerji güvenliğini kavramı üzerinde durulmuştur. Söz konusu kavramın daha önceki zamanlarda sadece enerji arz güvenliğini ifade ettiğine günümüzde ise sadece

bu bağlamda sınırlı kalınmayıp kavramın daha geniş kapsamlı anlamlara sahip olduğuna değinilmiştir. Birinci bölümün son başlığı olan enerji verimliliğinde ise; özellikle enerji kaynaklarını gerektiği kadar verimli kullanamayan ülkeler açısından yeni bir enerji kaynağına sahip olmaktan daha önemli bir konu olan enerji verimliliği; sanayi, ulaştırma, konut ve bireysel alanlarda olmak üzere her alan için ayrı ayrı ele alınmıştır.

Tezin ikinci bölümünde; tezin odaklanmış konusu olan yenilenebilir enerjinin OECD ülkelerindeki potansiyeli ve gelişimi ele alınmıştır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları çeşitleri ayrı ayrı incelenerek, hangi ülkede hangi kaynağın daha fazla üretildiğine detaylı olarak yer verilmiştir. OECD ülkelerinde uygulanmakta olan yenilenebilir enerji politikaları kapsamında bu alandaki yatırımlar araştırılarak teşvik mekanizmaları ile yatırım başlığı desteklenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla ve ne şekilde faydalanmak mümkün olur sorusuna cevap veren ve bu olguyu geliştiren AR-GE faaliyetlerine yine politika başlığında yer verilmiştir. Bu bölümde son olarak OECD ülkelerindeki genel enerji sektörü bileşenleri ele alınmış ve enerji arz- talep dengelerine değinilerek, ülkelerin enerji ithalatı ve enerji kayıpları görünümleri incelenmiştir.

Tezin üçüncü ve son bölümünde ise; birinci ana başlık altında, ikinci bölümde OECD için ele alınan tüm başlıklar Türkiye'ye uyarlanmıştır. İkinci ana başlıkta ise; OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji arzının, enerji bağımlılığını azaltmada etkili olup olmadığına dair yapılan ampirik çalışma yer almaktadır. Uygulama kısmında ilk önce literatür araştırması yapılarak, değişkenler tanıtılmış daha sonra uygulanan metodoloji açıklanarak sonuçlara yer verilmiştir.

Literatürde yenilebilir enerji konusunu çeşitli boyutlarıyla gerek teorik gerek uygulamalı olarak ele alan bir çok çalışma bulunmasına karşın bu konuyu enerji bağımlılığı çerçevesinde inceleyen çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu çalışma ise literatüre OECD ülkelerinin yenilenebilir enerji konusunu enerji bağımlılığı ekseninde ele alarak hem politika önerisi getirerek hem de ampirik bir çalışma ile destekleyerek katkı sağlamayı amaçlamıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNKLARININ GENEL ÇERÇEVESİ

1.1. Enerji Tanımları

1.1.1. Enerji Nedir

Kelime olarak “enerji”nin İngilizce dilinde ilk ortaya çıktığı on altıncı yüzyılda bilimsel hiçbir anlamı bulunmamaktaydı. Aristo tarafından kullanılan Yunan kökenli kelime, güçlü veya hareketli anlamlarında kullanılmaktaydı. Enerji kavramının modern anlamda kullanılmaya başlaması başka bir deyişle bilim adamları tarafından geliştirilerek; ısı transferi, cisimlerin hareketleri, makinelerin işleyişleri ve elektrik akışı gibi gözlemleri tanımlamak ve karşılaştırmak amacıyla kullanılması 1800’lü yılların başından daha öncesine dayanmamaktadır. Günümüzde standart bilimsel tanım olarak enerji; iş yapabilme kapasitesi, diğer bir ifade ile bir direnç kuvveti karşısında bir nesneyi hareket ettirebilmektir.¹

Herhangi bir nesnenin hareketini değiştirebilmek için kuvvet gerekmektedir. Uluslararası Birimler Sistemi’nin (International System of Units – SI) tanımlamasına göre kuvvet, kütlesi 1 kilogram (kg) olan bir cismin hızını saniyede 1 m/s arttırmak için o cisme uygulanan etkidir. Sabit hızdaki bir cismi hareket ettirmek için de kuvvete ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sebebi söz konusu cisimlerdeki sürtünme kuvvetinin aşılması gerekliliğidir.

$$- \text{Kuvvet (N)} = \text{Kütle (kg)} \times \text{İvme (ms}^{-2}\text{)}$$

Kuvvet ne zaman bir cismi hareket ettirse; bu durum, enerji sağlamasını gerektirmektedir. Enerji birimi joule; bir newtonluk bir kuvvetin, bir cismi bir metrelik mesafe boyunca hareket etmesine sebep olması neticesinde temin edilen enerji olarak tanımlanır.²

¹ **Energy Systems and Sustainability Power For a Sustainable Future**, 2bs., ed. Bob Everett, Godfrey Boyle, Stephen Peake and Janet Ramage, Oxford University Press, 2012, p.1.

² Gary Alexander and Godfrey Boyle “Introduction Renewable Energy”, **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2nd edition., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004, p.3.

- Enerji (Joule) = Kuvvet (Newton) x Uzaklık (Metre)

“Güç” ve “enerji” terimleri yakından bağlantılıdır ve bu sebeple genellikle karıştırılıp birbirleri yerine yanlış olarak kullanılmaktadırlar. Enerji, iş yapabilme kabiliyetidir. Birimi W (watt) olan güç ise, belirli bir işi yapmanın hızını ifade etmektedir.³

- Güç (W) = Enerji (J) / Zaman (s)

Enerjinin değişik formları bulunmaktadır. En temel düzeyde enerji çeşitliliği; kinetik, potansiyel, elektrik ve nükleer enerji olmak üzere dört grupta toplanmaktadır.⁴

1.1.2. Enerji Ürünleri

Enerji ürünleri, birincil enerji ürünleri ve ikincil enerji ürünleri olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

1.1.2.1. Birincil Enerji Ürünleri

Birincil kelimesi en eski veya orijinal anlamına gelmektedir ve tüm birincil enerji kaynaklarının ortak özelliği doğal enerji depoları veya enerji taşıyıcılarından meydana gelmeleridir. Fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğal gaz), bir zamanlar çevrelerinde onları yakıt haline dönüştürecek karbonu kullanan bitki veya küçük canlılardan meydana gelmektedir. Günümüzde biyokütle kaynakları (odun, ot, tohum, vb.) da aynı süreçten geçmektedir. Güneş, rüzgar ve dalga enerji kaynakları enerjilerini direk olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarından alırken; gel git enerjisi, eşsiz olarak, enerjisini ayın bağıl hareketi ile yeryüzünden elde etmektedir. Jeotermal ve nükleer enerji kaynakları ise, aslında milyarlarca yıl öncesinden beri kullandıkları enerji kaynaklarını depolamışlardır.⁵

³ Volker Quaschnig, **Renewable Energy and Climate Change**, IEEE Press, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2010, p.2.

⁴ Alexander and Boyle **a.g.e.**, p.4.

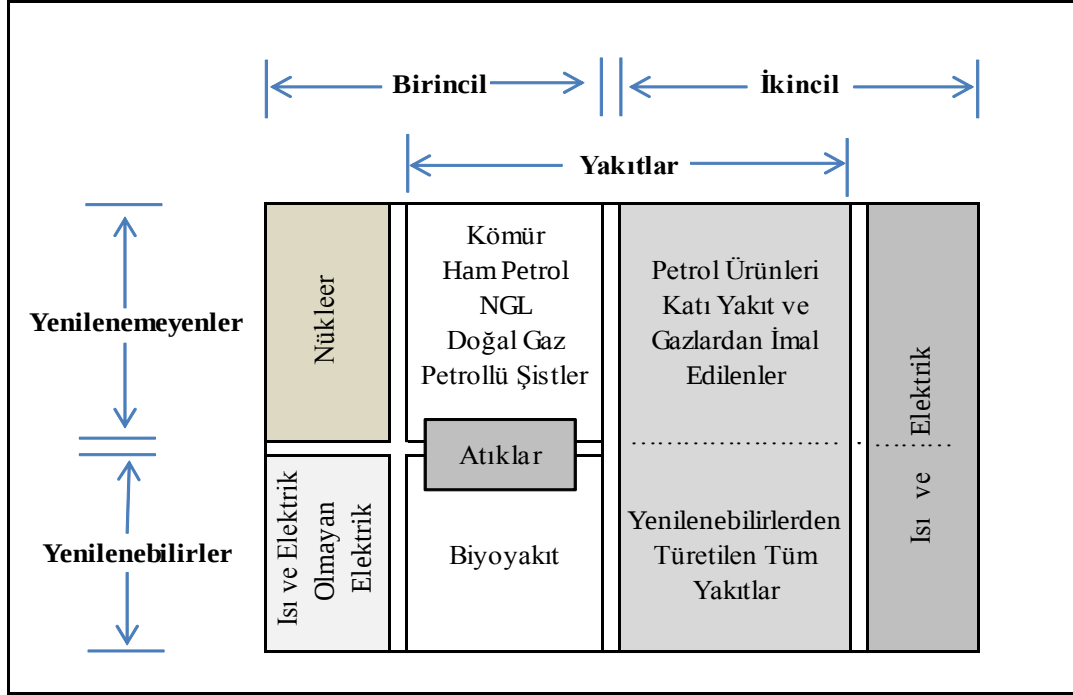
⁵ Bob Everett, vd., **a.g.e.**, p.36.

Doğrudan doğal kaynaklardan çıkarılan veya meydana gelen enerji kaynakları birincil enerji ürünleridir. Birincil enerji ürünlerini, fosil kökenli yakıtlar ve yenilenebilir enerji ürünleri olarak da ikiye ayırmak mümkündür.⁶

1.1.2.2. İkincil Enerji Ürünleri

Birincil enerji ürünlerden üretilen enerji ürünleri, ikincil enerji ürünleri olarak ifade edilmektedir. İkincil enerji ürünleri, birincil veya ikincil enerji ürünlerinin dönüştürülmesi sonucunda ortaya çıkan enerji ürünleridir.⁷

Şekil 1: Enerji Ürünleri



Kaynak: Enerji İstatistikleri El Kitabı, OECD, International Energy Agency, Eurostat, 2004, s.18.

Birincil ve ikincil enerji kaynaklarının sınıflandırılması detaylı olarak Şekil 1'de yer almaktadır.

⁶ Enerji İstatistikleri El Kitabı, OECD, International Energy Agency, Eurostat, 2004, s.18.

⁷ A.e., s.18.

1.1.3. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları genel olarak fosil (tükenbilir) kaynaklar, yenilenebilir (tükenmez) kaynaklar ve nükleer olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir.

1.1.3.1. Fosil (Tükenbilir) Enerji Kaynakları

1.1.3.1.1. Kömür

Yeryüzünde en fazla bulunan ve en eski fosil yakıt kömürdür. Jeolojik olarak, bazı kömür yataklarının yeryüzünde 400 milyon yılı aşkın süredir bulunduğu bilinmektedir.⁸ Kömür, uygun ortam ve şartlarda, bitki kalıntılarının zaman içerisinde kimyasal ve fiziksel etkiler ile değişimi sonucu oluşmaktadır.⁹ Kömür yataklarının oluşumunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler sadece aktif turba birikimlerinde meydana gelen kimyasal ve biyolojik süreçleri içermeyip aynı zamanda iklim, deniz seviyesine göre konum ve yerel jeolojik ortam gibi turbanın şekil ve formunu dolayısıyla kömür yataklarının yapısını da güçlü bir biçimde etkileyen önemli faktörleri de kapsamaktadır.¹⁰ Kömürün değişik oranlarda organik ve inorganik yapıcı ve bileşenler içeren tortul bir kayaç olmasından ötürü doğada; yapı, doku, bileşenler ve köken açısından birbiriyle tam anlamıyla özdeş iki kömür oluşmasının bulunması neredeyse imkansızdır.¹¹

Kömür, organik olarak ağırlıklı karbon, hidrojen ve oksijen ile daha az miktarda kükürt ve nitrojenden oluşmaktadır. Kömürü oluşturan inorganik maddeler ise, çeşitli oranlarda kül oluşturan bileşenleri içermektedir. İnorganik bileşenler, kömürün konsantrasyonunda yüzde çeşitli değerlere sahip olabileceği gibi milyar başına bir değere de sahip olabilmektedir.¹²

⁸ Roy D. Merritt, **Coal Exploration Mine Planning, And Development**, Noyes Publications, 1986, p1.

⁹ Larry Thomas, **Coal Geology**, John Wiley&Sons, Ltd., 2002, p.3.

¹⁰ Peter D. Warwick, "Coal System Analysis: A New Approach to The Understanding of Coal Formation, Coal Quality and Environmental Considerations, and Coal as a Source Rock for Hydrocarbons", **Coal System Analysis**, ed. Peter D. Warwick, Geological Society of America, Special Paper 387, 2005, p.3.

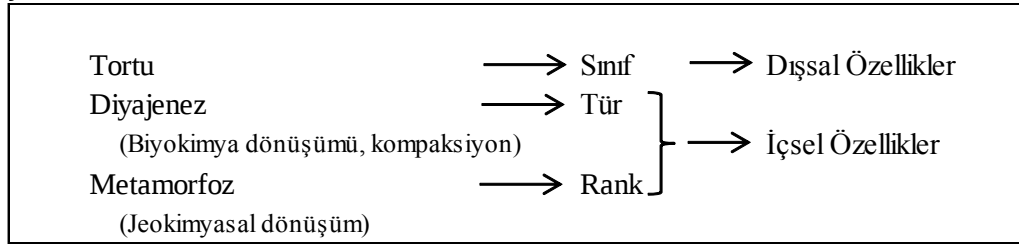
¹¹ Işık Özpeker, "Kömürün Oluşumu Petrografisi ve Sınıflandırılması", **Kömür Kimyası ve Teknolojisi**, ed. Orhan Kural, İstanbul, y.y., t.y..s.7.

¹² Bruce G. Miller, **Coal Energy Systems**, Elsevier Academic Press, 2005, p.1.

Bitki kalıntılarını kömüre dönüştüren jeokimyasal sürece kömürleşme denir.¹³ Kömürleşme sürecinde ortaya çıkan maddeler; çürüyen bitkiler, turba, linyit, bitümlü kömürler, semi antrasit, antrasit ve meta antrasit olarak sıralanmaktadır.¹⁴

Kömür oluşum süreci ile kömürün özellikleri arasında yakın bir bağlantı söz konusudur. Kömürün özellikleri içsel ve dışsal özellikler olarak iki sınıfa ayrılabilir. Dışsal özellikler, kömürleşme sürecinde kömürün hangi sınıfta yer alacağını belirleyen özelliklerdir. İçsel özellikler ise, organik maddenin kendi özellikleri tarafından belirlenmektedir. Kömürün türü (petrografik bileşimi) ve rankı (kömürleşme derecesi) içsel özellikleri oluşturmaktadır. Kömürün bu üç temel özelliği Şekil 2’de yer almaktadır.¹⁵

Şekil 2: Kömürün Temel Özellikleri



Kaynak: D.W.Van Krevelen, **Coal Typology- Physics- Chemistry- Constitution**, Elsevier, 1993, p.3.

1.1.3.1.2. Petrol

Petrol kelimesi Latince kaya anlamına gelen ‘rock’ ve yağ anlamına gelen ‘oleum’ sözcüklerinden türetilmiştir. Bu durumda petrol, kayada bulunan yağ olarak da tanımlanabilmektedir. Genel olarak petrol terimi, yer kürede bulunan çok sayıda gaz ve likit hidrokarbonları belirtmek için kullanılmaktadır. Rafine edilmiş ürünlerden ayırt edilebilmesi için genellikle sıvı petrol için ham petrol, gaz petrol için ise doğal gaz terimleri kullanılmaktadır.¹⁶

¹³ A.e., p.2.

¹⁴ D.W.Van Krevelen, **Coal Typology- Physics- Chemistry- Constitution**, Elsevier, 1993, p.2.

¹⁵ A.e., p.3.

¹⁶ **Introduction To Oil And Gas Technology**, ed. Francis A. Giuliano, New Jersey, Prentice Hall, 1989, p.27.

Birincil (ham) ve ikincil (rafine edilmiş) ürünleri içeren petrolün karşılaştırması Tablo 1’de yer almaktadır.¹⁷

Tablo 1: Birincil ve İkincil Petrolün Karşılaştırılması

Birincil Petrol Ürünleri	Ham Petrol	
	Doğal Gaz Sıvıları	
	Diğer Hidrokarbonlar	
İkincil Ürünler Rafineri Girdisi	Katki Maddeleri / Karıştırma Bileşenleri	
	Rafineri Hammaddeleri	
İkincil Petrol Ürünleri	Rafineri Gazı	Ulaştırma Motorini
	Etan	Isıtma Mazotu ve Diğer Mazotlar
	Sıvılaştırılmış Petrol Gazları	Artık Yakıt: Düşük Sülfür İçerikli
	Nafta	Res. Fuel: Yüksek Sülfür İçerikli
	Uçak Benzini	White Spirit + SBP
	Benzin Tipi Jet Yakıtı	Katı Yağlar
	Kurşunsuz Benzin	Bitum
	Kurşunlu Benzin	Parafin
	Gaz Yağı Tipi Jet Yakıtı	Petrol Koku
	Diğer Gaz Yağları	Diğer Ürünler

Kaynak: Enerji İstatistikleri El Kitabı, OECD, International Energy Agency, Eurostat, 2004, s.74.

1.1.3.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, hayvan ve bitki kalıntılarının (organik enkazların) milyonlarca yıl boyunca çürümesi sonucunda meydana gelmektedir. Zaman içerisinde organik enkazı kaplayan çamur ve toprak kayaya dönüşür ve söz konusu enkaz, bu yeni şekillenmiş olan kaya tortusu altında hapsedilir. Hapsedilmiş olan organik enkaz, basınç ve ısı değişimi ile birlikte kimyasının değişmesi sonucunda kömüre, petrole veya doğal gaza dönüşmektedir. Organik enkazın hangi fosil yakıtı dönüşeceği, enkazın doğasına ve bulunduğu yerin şartlarına bağlı olmaktadır.¹⁸

Renksiz, kokusuz ve havadan daha hafif bir gaz olan doğal gaz metan içeriği baskın olan gazların karışımından oluşmaktadır.¹⁹ Doğal gazı meydana getiren gaz karışımlarının değişim aralığı Tablo 2’de yer almaktadır.²⁰

¹⁷ Enerji İstatistikleri El Kitabı, a.g.e., s.74.

¹⁸ James G. Speight, **Natural Gas A Basic Handbook**, Texas, Gulf Publishing Company, 2007, p.3.

¹⁹ **Natural Gas: Fueling The Future**, ed. Carrie Fredericks, Greenhaven Press, 2007, p.18.

²⁰ Speight, a.g.e., p.5.

Tablo 2: Doğal Gazı Meydana Getiren Gazların Bileşim Oranları

Gaz	Bileşim	Değişim Aralığı
Metan	CH ₄	70-90 %
Etan	C ₂ H ₆	0-20 %
Propan	C ₃ H ₈	
Bütan	C ₄ H ₁₀	
Pentan ve Daha Üst Hidrokarbonlar	C ₅ H ₁₂	0-10 %
Karbondiyoksit	CO ₂	0-8 %
Oksijen	O ₂	0-0,2 %
Nitrojen	N ₂	0-5 %
Hidrojen sülfür, Karbonil sülfür	H ₂ S COS	0-5 %
Nadir Gazlar: Argon, Helyum, Neon, Ksenon	A, He, Ne, Xe	-

Kaynak: James G. Speight, **Natural Gas A Basic Handbook**, Texas, Gulf Publishing Company, 2007, p.5.

Fosil enerji kaynakları arasında, nihai kullanım sonucunda en düşük karbondiyoksit emisyonuna sahip olmasından dolayı doğal gaz en temiz fosil kaynaktır.²¹

1.1.3.2. Nükleer Enerji

Nükleer enerjinin ortaya çıkması ve geliştirilmesi diğer enerji türlerine göre çok daha uzun zaman almış ve bir sürü aşama sonucunda nükleer enerjiden faydalanılmaya başlanmıştır. En çok kullanılan fosil yakıtlar, yanma işleminin kimyasal sonucu olarak ortaya çıkmakta iken nükleer enerjiyi kullanabilmek için diğer tüm enerji türlerinin oluşumundan farklı bir kimyasal tepkime süreci söz konusu olmaktadır.

On dokuzuncu yüzyılın başlarında, John Dalton tarafından basit bir şekilde elementlerin atomlardan oluştuğunu ve atomların bölünmez olduğu şeklinde öne sürülmüş olan atom teorisinin 1890'lı yılların ortalarında gerçekleşen keşifler ile geçersiz kalan kısımları olduğu ortaya çıkmıştır. 1895 yılında Alman fizikçi Wilhelm Roentgen, crooks tüpleri ile deney yaparken tesadüfen katı nesnelerden geçebilen

²¹ K.Verfondern, "Safety Considerations On Liquid Natural Gas", **Natural Gas Research Progress**, eds. Nathan David and Theo Michel, New York, Nova Science Publishers, Inc., 2008, p.140.

görünmez bir enerji formunu keşfetmiş ve bu ışınları X bilinmeyen anlamına gelen X-ışınları olarak adlandırmıştır.²²

Fransız fizikçi Antoine Becquerel, uranyum içeren bir bileşiği siyah kağıda sarılı bir film üzerine yerleştirip güneş ışığı almasını engellemesine rağmen söz konusu bileşiğin yine de iz bıraktığını ve uranyumun enerji ürettiğini keşfetmiştir. Marie ve Pierre Curie, uranyumun tek başına tüm radyasyonu açıklayamayacağını araştırarak yeni radyasyon kaynakları toryum, polonyum ve radyumu bulmuşlardır. Marie Curie, daha sonra söz konusu elementlerin sahip oldukları radyoaktif özelliklerinin atomlarına bağlı olduğunu ve bu atomik özelliğin kesinlikle fiziksel durum veya kimyasal ayrılma gibi değişikliklerden etkilenmeyeceğini ortaya koyarak aslında yeni bir enerji türü olarak atom enerjisini keşfetmiştir. Ancak o zamanlarda atomun, elementleri meydana getiren en küçük bölünemeyen parçası oldukları görüşü hakim iken daha sonra atomun daha küçük parçalardan meydana gelmiş olduğu ortaya çıkmıştır.²³

1897 yılında İngiliz fizikçi Joseph John Thompson, atomdan daha küçük elektron adı verilen negatif yüklü parçacık keşfetmiştir. Daha sonra elektronun, atomun kimyasal karakterini oluşturan ve elektrik akışını sağlayan parçası olduğu keşfedilmiştir.²⁴

Ernest Rutherford, X-ışınları ile uranyumdan gelen radyasyon üzerinde çalışırken, ışınların alfa adını verdiği pozitif yüklü ve beta adını verdiği negatif yüklü serbest hareket eden iki bileşenden meydana geldiğini ortaya çıkarmıştır. Daha sonra ise 1900 yılında Fransız fizikçi Paul Villard tarafından gama ışınları keşfedilmiştir. 1919 yılında Rutherford ve Frederick Soddy, hızlı hareket eden alfa parçacıkları ile atomları bombardıman etmiş ve 1920'li yıllarda diğer nükleer reaksiyonlar da keşfedilmeye devam etmiştir. 1932 yılında İngiliz fizikçi James Chadwick, nükleer reaksiyonları kontrol etmek için kilit parçacığın nötron olduğunu keşfetmiştir. 1934 yılında İtalyan fizikçi Enrico Fermi, nötronlar ile uranyumu bombardımana tabi

²² Harry Henderson, **Nuclear Power A Reference Handbook**, Contemporary World Issues, Santa Barbara, Calif. : ABC-CLIO, 2000, p.1.

²³ A.e., p.2.; John Tabak, **Nuclear Energy**, Facts On File, New York, 2009, pp.14-16.

²⁴ Henderson, a.g.e., p.2.

tutarak sonucunda periyodik tabloda uranyuma yakın olan yeni radyoaktif izotopların oluştuğunu bulmuştur. Nükleer enerjinin ortaya çıkmasını sağlayan, uranyumun nötronlar ile bombardıman edilmesinin sonucunda sadece değişime uğradıklarını değil aynı zamanda ikiye bölündüklerini ifade eden fisyon süreci, Lise Meitner ve Otto Frisch tarafından fark edilmiştir.²⁵

2 Aralık 1942 tarihinde Enrico Fermi Chicago Üniversitesinde ilk kontrollü zincir reaksiyonu gerçekleştirilmiştir.²⁶ Fisyon veya atomun parçalanması süreci, öncelikle askeri amaçlı daha sonra ise bomba yapımı için kullanılmış olup elektrik üretmek amacıyla nükleer enerjinin kullanımı 1950’li yıllarda başlamıştır.²⁷ Nükleer enerjinin ticari amaçla kullanılmaya başladığı zamanlarda işletilen reaktörlerin başlıcaları Tablo 3’te belirtilmiştir.²⁸

Tablo 3: Ticari Amaç İle Kurulan İlk Nükleer Santraller

Reaktör	Reaktör Tipi	İşletilme Tarihi	Yakıt	Soğutucu	Moderator	Elektrik Üretimi
EBR-1	FBR		U235/238 Metal	Sodyum	-	45KWe
EBWR	BWR	1957-1967	Zenginleştirilmiş Uranyum Metal	Hafif Su	Hafif Su	4.5MWe
Dresden	BWR	1960-1978	Zenginleştirilmiş Uranyum Oksit	Hafif Su	Hafif Su	200MWe
Pathfinder	CRBR	1966-1967	Zenginleştirilmiş Uranyum Oksit	Hafif Su	Hafif Su	66MWe
Shippingport	PWR	1957-1982	Zenginleştirilmiş UO ₂	Hafif Su	Hafif Su	68MWe
Indian Point	PWR	1963-1976	Karışık UO ₂ -ThO ₂	Hafif Su	Hafif Su	275MWe
CVTR	PHWR	1963-1967	Doğal UO ₂	Hafif Su	Ağır Su	17MWe
Calder Hall	GCR	1956-2003	Uranyum Metal	CO ₂	Grafit	50MWe
THTR	HTGR	1987-1989	Karışık UO ₂ -ThO ₂	Helyum	Grafit	296MWe
Piqua	OCR	1963-1966	Zenginleştirilmiş Uranyum Metal	Organik Sıvı	Organik Sıvı	12MWe
Hallam	LMGMR	1963-1964	Molibden Uranyum Alaşımı	Sodyum	Grafit	75MWe
Fermi Unit 1	LMFBR	1966-1972	Molibden Uranyum Alaşımı	Sodyum	-	61MWe

Kaynak: Nuclear Engineering Handbook, ed.Kenneth D.Kok, CRC Press Taylor & Francis Group, 2009, p.4.

²⁵ A.e., pp.3-4.

²⁶ Everett, vd., a.g.e., pp..396-397.

²⁷ Tolga Yarman, Enerji Kaynakları, Okan Üniversitesi Yayınları, 2009, s.59.

²⁸ Nuclear Engineering Handbook, ed.Kenneth D.Kok, CRC Press Taylor & Francis Group, 2009, p.4.

Nükleer santrallerde serbest kalan büyük miktardaki enerjinin kaynağını atom çekirdekleri oluşturmaktadır. Nükleer fisyon sonucunda atom çekirdeği parçalanarak yeni iki izotop oluşmasının yanı sıra 2 veya 3 nötron serbest kalmaktadır. Bu bölünme sürecinde çok büyük bir enerji açığa çıkmaktadır.²⁹ Nötronların bir tanesi yeniden bir fisyon olayını başlatmak için yeterli iken açığa çıkan birden fazla nötron ile fisyon oranı artmaktadır. Bu oran denetim altına alınamaz ise ortaya çıkan enerji kontrol altına alınamayacak boyuta ulaşabileceği için söz konusu nötronlar nükleer reaksiyonlarda ya absorbe edilmekte ya da kontrol altında yeni bir fisyon reaksiyonu oluşumunda kullanılmaktadır.³⁰

Uranyum, nükleer reaktörlerin yakıtı için temel bileşen olmakla birlikte uranyumun yakıt çubukları içine yerleştirilmesi için ne şekilde işlem göreceği kullanılacak olan reaktör tipine de bağlı bulunmaktadır. Nükleer enerjinin oluşumu için kullanılan yakıt türü diğer yakıt türlerine benzememekte, birim başına fosil yakıtlardan daha fazla enerji üretmekte aynı zamanda nükleer silah yapımında da kullanıldığı için ayrı bir öneme sahip olmaktadır.³¹ Nükleer enerji üretiminde uranyum dışındaki diğer önemli izotoplar plütonyum ve toryumdur. Nükleer yakıt olarak kullanılan U-235 doğada bulunan tek fisil izotoptur ancak doğada çok az bulunmaktadır. Doğadaki her 1000 uranyum atomunun ancak 7'si U-235 iken üretken bir izotop olan U-238 izotopun sayısı 993 olmaktadır. Plütonyum (Pu-239) ise doğada direk olarak bulunmamakta ve reaktöre U-238 izotopundan dönüştürülmektedir. Üretken olan toryum (Th 232) izotopu ise reaktörde U-233 izotopuna dönüştürülmektedir.³²

Nükleer santrallerde kullanılan yakıt da aslında fosil yakıtlar gibi sonludur. Bu sebeple nükleer yakıtların içinde üretim sürecinde ortaya çıkan yanmamış plütonyum sıyrılarak (reprocessing) kazanılmalı ve kurulacak olan plütonyum reaktörlerinde tekrar yakıt olarak kullanılmalıdır. Bu süreç için yapılandırılan bu

²⁹ **Sustainable Nuclear Power**, eds. Galen J. Suppes and Truman S. Storvick, Elsevier Academic Press, 2007, pp.249-251.

³⁰ Geoffrey F. Hewit and John G. Collier, **Introduction To Nuclear Power**, Second Edition, Taylor & Francis, 1997, p.28.

³¹ Tabak, **a.g.e.**, p.43.

³² Mehmet Tombakoğlu, "Nükleer Enerji Üretim Teknolojilerinin Dünyadaki Geleceği ve Türkiye", **TMMOB 8. Enerji Sempozyumu**, Pan Ajans Danışmanlık Ltd.Şti., Ankara, 2012, ss.123-125.

reaktörlere hızlı üretken reaktörler adı verilmektedir. Klasik nükleer reaktörlerin devam süreci olarak hızlı üretken reaktörler devreye girdiği takdirde uranyum kaynakları yaklaşık olarak bire yüz oranında artacak ve dolayısıyla klasik kaynak yetmezliği sorunu söz konusu olmayacaktır. Ancak hızlı üretken reaktörlerinin sahip olduğu teknolojinin çok üst ve karmaşık olması dolayısıyla yaygın olarak kullanılamamaktadır.³³

Günümüzde çok çeşitli reaktör tipleri olmakla birlikte bu reaktörler geçmişte kurulan reaktörlerden türetilmişlerdir. Baskın reaktör tipi soğutucu ve moderator olarak su kullanan (light water reactor- LWR) hafif su reaktörüdür. Hafif su reaktörünün, basınçlı su reaktörü (pressurized water reactor - PWR) ve kaynar su reaktörü (boiling water reactor - BWR) olmak üzere iki türü ile birlikte dünyadaki nükleer reaktörlerin 85%'ini oluşturmaktadırlar. Geçmişte kullanılmış ve halen kullanılmakta olan başlıca reaktör türleri ise; basınçlı su reaktörü (pressurized water reactor - PWR), kaynar su reaktörü (boiling water reactor - BWR), geliştirilmiş kaynar su reaktörü (advanced boiling water reactor - ABWR), basınçlı ağır su reaktörü (pressurized heavy water reactor – PHWR), gaz soğutmalı reaktör (gas-cooled reactor – GCR), geliştirilmiş gaz soğutmalı reaktör (advanced gas-cooled reactor – AGCR), hafif su soğutmalı grafit soğutmalı grafit yavaşlatıcılı reaktör (light-water-cooled-graphite-moderated reactor – LWR), (reaktör bolshoy moshchnosty kanalny – RBMK), yüksek sıcaklık gaz soğutmalı reaktörler (high-temperature gas-cooled reactor – HTGR), sıvı metal soğutuculu hızlı üretken reaktör (liquid-metal fast breeder reactor – LMFBR) ve (heavy-water-moderated, light-water-cooled reactor – HWLWR) reaktörlerinden oluşmaktadır.³⁴

Nükleer enerjideki en önemli sorun ise enerji üretim süreci tamamlandıktan sonra ortaya çıkan nükleer atıkların ne şekilde zararsız hale getirileceğidir. Nükleer yakıtlar tabii tutuldukları işlemler sonucu radyoaktif bir yapıya dönüştükleri için radyoaktivitelerinin azaltılması gerekmektedir. Bu amaçla birkaç yıl, suyun radyasyon geçirmez olması ve nükleer yakıtlardan kaynaklanan radyasyonu soğurma

³³ Tolga Yarman, **Geçmişte ve Bugün Nükleer Enerji Tartışması**, Okan Üniversitesi Yayınları, 2011, ss.42-44.

³⁴ David Bodansky, **Nuclear Energy Principles, Practices, and Prospects**, Second Edition, Springer, 2004, pp.177-178.

(yutma) işlevi görmesi sebebiyle nükleer atıklar, reaktörün yanındaki su havuzlarında tutulmaktadır.³⁵ Radyoaktif maddenin etkisinin geçmesi için 10 yarılanma ömrünün geçmesi gerekmektedir. Nükleer yakıtların içinde en uzun yarılanma süresine sahip izotop plütonyum olup yarılanma ömrü yaklaşık olarak 25 bin yıldır. Dolayısıyla bir nükleer santralden çıkan plütonyum atığının radyoaktif özelliğini kaybetmesi için gerekli olan süre 250 bin yıl olmaktadır. Diğer nükleer yakıtların da yarılanma ömürlerinin çok uzun olduğu göz önünde bulundurulduğunda nükleer santrallerin işletim sürecinde hiçbir sorun olmasa bile enerji üretimi sonucunda ortaya çıkacak atıklar önemli bir sorun teşkil etmektedir. Yeryüzünde yüz binlerce yıldır her hangi bir jeolojik değişim göstermemiş olan ve bu şekilde devam edeceği ileri sürülen jeolojik oluşumlar yer almaktadır ve bu alanlara nükleer atıkların gömülmesi planlanmaktadır. Ancak, bu konu ile ilgili kesin bir sonuca varılmadığı ve önümüzdeki yıllarda oluşabilecek değişimler kesin olarak bilinemediği için bu konuda hiçbir yöntem tam olarak güven teşkil etmemektedir.³⁶

1.1.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları “doğanın kendi döngüsü içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanabilmektedir.³⁷ Yenilenebilir kaynaklar, zaman içerisinde doğal süreç gereği kendilerini yenilemekte olmaları sebebiyle tükenmeyen enerji kaynakları olarak da adlandırılabilir. Her ne kadar söz konusu kaynaklar fosil kaynakların tersine tükenmeyecek olsalar da bu kaynakların kullanılmasında geçen süre ile doğanın kendilerini tekrar yerine getirebilmesi için geçen süre arasındaki hızın korunması gerekmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynakları da, dünya üzerinde tekrar oluşsalar da bu oluşum milyonlarca yıl sürmektedir.³⁸ Dolayısıyla, yenilenebilir enerji; doğal süreçler ile

³⁵ A.e., p.85.

³⁶ A.e.,s.86. ile S. Altın ve H.Y.Kaptan, “Radyoaktif Atıkların Oluşumu, Etkileri Ve Yönetimi”, 2006. (Çevrimiçi) <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kaptan/files/s-altin.pdf> 1 Ekim 2013.

³⁷ Hakan Kum, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar”, Erciyes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları, Sayı:33, s.209.

³⁸ Anne Maczulak, **Renewable Energy: Sources and Methods**, Facts On File Inc.,2010, p.8.

elde edilen (güneş ve rüzgar gibi) enerjinin, tüketilme hızından daha hızlı bir şekilde tekrar yerine gelmesi şeklinde tanımlanabilmektedir.³⁹

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisinin ayrı bir yeri bulunmaktadır. Bunun sebebi, yenilenebilir enerji kaynaklarının çıkış noktasını ve büyüklüklerinin temelini güneş ışınlarının oluşturmasıdır. Güneş ışınları, dolaylı veya dolaysız olarak yenilenebilir enerji çeşitlerinin ortaya çıkmasında rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; doğrudan güneş enerjisi, dolaylı olarak güneş enerjisine bağlı ve güneş enerjisine bağlı olmayan yenilenebilir enerji kaynakları olarak da sınıflanabilmektedir.⁴⁰

- Güneş enerjisini doğrudan kullanan yenilenebilirler:⁴¹ Güneş ışınları, çeşitli teknolojiler kullanarak doğrudan enerjiye çevrilebilir. Güneş kolektörleri tarafından emilen güneş ışınları, sıcak su veya ısıtma amaçlı kullanılmakta aynı zamanda binalar, ısıtma ve aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanmasında güneş enerjisinin katkısını arttıracak olan “pasif güneş sistemleri” özellikleri ile tasarlanabilmektedir.

Elektrik enerjisi üretmek için güneş enerjisi, yüksek sıcaklıkta ısı sağlaması amacıyla ayna veya mercekler yardımıyla konsantre edilir. Güneş enerjisinden bu amaç ile faydalanma süreci “termal güneş enerjisi” olarak adlandırılmaktadır.

Güneş ışınları, binaların çatı veya cephelerine fotovoltaik modül monte edilerek, direk olarak elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir.

- Güneş enerjisini dolaylı kullanan yenilenebilirler:⁴² Güneş ışınları, diğer enerji formları yolu ile dolaylı olarak enerjiye dönüştürülebilmektedir. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının büyük bir kısmı, ısınma sonucu havaya su buharı katılmasına yol açan okyanuslar tarafından emilir. Su buharı yoğunlaşarak yağmur haline gelir ve nehirleri besler. Bu durumdan faydalanarak nehirlere türbin veya baraj yapılması sonucunda hidro güç ile enerji üretilebilmektedir.

³⁹ International Energy Agency (iea), (Çevrimiçi) <http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/>, 15 Kasım 2010.

⁴⁰ Alexander and Boyle **a.g.e.**, pp.11-14.

⁴¹ **A.e.**, pp.11-12.

⁴² **A.e.**, pp.12-13.

Güneş ışığı, tropikal bölgelere daha dik düşerken yüksek enlemlere daha eğik bir açıyla düşmektedir. Dolayısıyla; tropik bölgeler, kutup bölgelerine göre daha fazla ısınmaktadır. Sonuçta, kutuplara doğru büyük bir ısı akışı oluşmaktadır. Bu akım rüzgar türbinleri aracılığıyla enerjiye çevrilebilmektedir.

Rüzgarın okyanus üzerinde esmesi sonucunda oluşan dalgalardan, çeşitli cihazlar ile enerji üretmek mümkün olmaktadır.

Güneş ışınları, bitkilerdeki fotosentez aracılığıyla, daha karmaşık moleküllerin temelini oluşturmak için su ve atmosferik karbondioksiti karbohidrata dönüştürür. Bu şekilde biyoenerjinin oluşumunda dolaylı olarak yer almaktadır.

- Güneş enerjisine bağlı olmayan yenilenebilirler:⁴³ Genellikle dalga enerjisi ile karıştırılan ancak temelinde farklı olan gel-git enerjisinden enerji elde etmek için deniz seviyesinde meydana gelen yükselme ve alçalma farkından yararlanılmaktadır.

Yeryüzünün kendi içerisindeki ısı kaynağı olan jeotermal enerji türü de güneş enerjisine bağlı değildir. Sıcak kayaların, bazı yerlerde yeryüzüne çok yakın olması, yer altındaki su yataklarının ısınması yol açar. Bu şekilde elde edilen sıcak su veya buhar ısı amaçlı kullanılmasının dışında elektrik üretmek amacıyla da kullanılabilir.

1.1.3.3.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi füzyon sürecinde ortaya çıkan ışıma enerjisidir. Güneşin yüzeyinden yayılan enerjinin iki milyarda biri yeryüzüne ulaşmaktadır. Dünyaya güneşten gelen enerji 150 milyon km uzaklıktan gelmekte ve bu enerji bir yılda dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık 15 bin katına karşılık gelmektedir. Güneş enerjisinin atmosfer dışındaki ışıınım değeri yaklaşık 1.370W/m^2 olmakla birlikte söz konusu enerjinin yeryüzündeki dağılımı,

⁴³ A.e., p.13.

dünyanın şekli itibariyle büyük farklılıklar göstermektedir. Dünyaya gelen ortalama güneş enerjisi 0-1.100 W/m² dolaylarındadır.⁴⁴

Güneş ışınımının 50%'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşmaktadır. Bu ışınların 30% civarı dünya atmosferinden geriye yansıtılırken 20%'si de atmosfer ve bulutlar tarafından tutulmaktadır. Dünyaya ulaşan bu enerji sayesinde dünyanın ısısı yükselerek yeryüzünde yaşama ortamı sağlanmaktadır. Güneş ışınimleri, diğer enerji kaynaklarının oluşmasına da değişik faktörler aracılığıyla yardımcı olmaktadır.⁴⁵

1891 yılında metal üreticisi Clarence M. Kemp, termal güneş sistemleri ile ilgili dünyadaki ilk patenti almıştır. Bu sistem, suyu ısıtmak için çok basit bir depolama sisteminden ibaret olan bir sistemdir. 1909 yılında Kaliforniyalı William J. Bailey, güneş ısı kolektörlerini su depolama silindirlerinden ayıran bir optimal sistem kavramını ortaya çıkarmıştır. Güneş ısıtma sistemleri, bazı bölgelerde İkinci Dünya Savaşı'na kadar başarıyla pazarlanmıştır. Daha sonra ise fosil yakıtlarda ortaya çıkan rekabet dolayısıyla bu sisteme olan ilgi çöküş dönemine girmiştir. 1970 yıllarındaki petrol krizlerinden sonra termal güneş enerji sistemlerine olan ilgi tekrar ortaya çıkmıştır. Takip eden yıllarda hala sistemlerle ilgili bir takım sorunlar söz konusu iken günümüzde çeşitli sistem değişkenleri mevcut olmakla birlikte bu sistemler geçmişteki sistemlerden çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir.⁴⁶

Güneş enerjisinden yararlanmak için günümüzde en yaygın olarak kullanılan teknolojiler; konsantre termal ve fotovoltaik güneş enerjisi sistemleridir.⁴⁷

Konsantre güneş termal sistemlerinde, geniş alandaki güneş ışığının daha küçük bir alanda odaklanması için mercek veya aynalar ile izleme sistemlerinden yararlanılmaktadır. Küçük alanda odaklanan güneş enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülmekte kullanılmaktadır. Ayrıca, konsantre güneş termal sistemlerinde

⁴⁴ World Energy Council - Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, "Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi", Baskı: EKC FORM OFSET, Haziran 2009, ss.1-2.

⁴⁵ **A.e.**

⁴⁶ Quaschnig, **a.g.e.**, pp.116-117.

⁴⁷ Athanasios Angelis-Dimakis, Markus Biberacher, Javier Dominguez, Giulia Fiorese, Sabine Gadocha, Edgard Gnansounou, Giorgio Guariso, Avraam Kartalidis, Luis Panichelli, Irene Pinedo and Michela Robba, "Methods and Tools to Evaluate The Availability of Renewable Energy Sources", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 15, 2011, p.1184.

üretileen yüksek ısı, birleşik üretim amacıyla ısı ve buhar sağlamak için kullanılabilmektedir. Ancak, konsantre güneş termal sistemlerinin belirgin bulut örtüsünün bulunduğu bölgelerde kullanımının sınırlı olmasının yanı sıra söz konusu sistemler direk yalıtım gerektirmektedir. Konsantre ışın üretmek için ana yöntemler daha çok güneş çanağı, güneş enerjisi kulesi ve parabolik çanakdır. Her konsantrasyon yöntemi yüksek sıcaklık ve yüksek verimlilik üretme kapasitesine sahip olmakta birlikte güneşten ışığı alma ve ışığın odaklanması konularında ayrılmaktadırlar. Günümüzde yeni nesil yöntem güneş enerjisinin verimli dönüşümünü sağlayan gelişmiş malzemelere dayalı, modüler teknoloji, yüksek sıcaklıklarda üretme kapasitesine sahiptir.⁴⁸

Güneş pilleri birbirlerine hermetik olarak kapatılarak bir fotovoltaiik modül oluşturmaktadırlar. Bu fotovoltaiik modüller, depolama pili gibi, diğer bileşenler ile entegre olarak güneş fotovoltaiik sistemlerini oluştururlar. Güneş fotovoltaiik teknolojisi, yarı iletken cihazlar olan güneş pillerinden faydalanarak güneş ışınlarının direk elektriğe dönüşümünü sağlamaktadır.⁴⁹

1.1.3.3.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, dünyanın yüzeyinde hareket eden havadır. İki bitişik bölge arasındaki basınç farkı, rüzgarın oluşumuna neden olmaktadır.⁵⁰ Rüzgarların neredeyse tamamı, güneşten gelen ışınların yeryüzündeki farklı özelliklere sahip olan yüzeylere farklı değerlerde etki etmesi dolayısıyla ortaya çıkmaktadır. Güneşin ısıtma yoğunluğu en çok olduğu bölgeler ekvatora yakın olan bölgelerdir. Aynı zamanda en fazla ısınma gündüz oluşmaktadır. Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucunda rüzgarların yönlerinde de sapma meydana gelmektedir. Sıcak havanın yükselerek atmosferde dolaşması ve soğuk bölgelere doğru hareket etmesi sonucunda oluşan havanın bu büyük ölçekli hareketi, dünyanın rotası nedeniyle, koryolis kuvvetinden etkilenmektedir. Sonuç olarak büyük çaplı küresel bir sirkülasyon modeli söz

⁴⁸ Mustafa Omer, "The Future Of Energy: The Global Challenge", **Advances In Energy Research**, ed. Morena J. Acosta, New York, Nova Science Publishers, Inc., 2011, p.79.

⁴⁹ Varun, Ravi Prakash and Inder Krishnan Bhat, "Energy, Economics And Environmental Impacts of Renewable Energy Systems", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13, 2009, p. 2718.

⁵⁰ Dan Chiras, Mick Sagrillo and Ian Woofenden, **Power From The Wind**, (Technical Advisors: Robert Aram ve Jim Green), New Society Publishers, 2009, p.26.

konusudur. Dünya yüzeyinin tek düze olmaması, kara ve okyanus gibi çeşitliliklere sahip olması, küresel sirkülasyon modelinin küçük ölçekli boyutlara dönüşmesine yol açmaktadır. Bu eğilimler neticesinde bölgeler arasında belirgin iklim farklılıkları oluşmakta ve dolayısıyla rüzgarın şiddeti bölgeden bölgeye değişmekle birlikte günden güne de değişiklik göstermektedir.⁵¹

Rüzgar türbinleri, ilk defa 19. yüzyıl sonlarında elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1940 yılından 1950 yılına kadar ise iki çok önemli gelişme meydana gelmiştir. Birincisi, üç kanatlı rüzgar türbininin geliştirilmesi ikincisi ise, rüzgar türbinlerinde alternatif akım (AC) yerine doğru akımın (DC) geliştirilerek uygulanmaya başlanmasıdır.⁵²

Rüzgar türbinlerinin doğal yakıt kaynağı rüzgardır. Rüzgar hızında meydana gelen küçük değişiklikler, rüzgar tarlalarında ticari değeri yüksek değişikliklerin oluşumuna yol açmaktadır.⁵³

“Rüzgarın kinetik enerjisini mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere rüzgar türbini denir.”⁵⁴

Basit bir rüzgar türbini; rotora bağlı türbin kanatları, rotorun kendisi, şaft, jeneratör, kuyruk ve kuleden oluşmaktadır. Bazı kaynaklarda türbin kanatları ve rotor birlikte sadece rotor olarak da tanımlanabilmektedir. Rotor, jeneratöre şaft ile bağlıdır. Türbin kanatları ve rotor şaftı döndürür ve şaft da jeneratörü döndürerek elektrik üretilmesini sağlar.⁵⁵

Rüzgar türbinlerinin türlerine göre; dikey eksenli rüzgar türbinleri (vertical-axis wind turbines –VAWT) ve yatay eksenli rüzgar türbinleri (horizontal-axis wind turbines- HAWT) olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Yatay eksenli rüzgar

⁵¹ Tony Burton, Nick Jenkins, David Sharpe and Ervin Bossanyi, **Wind Energy Handbook**, Second Edition, John Wiley and Sons, Ltd, Publications, 2001, pp.10-11.

⁵² Fang Yao, Ramesh C. Bansal, Zhao Yang Dong, Ram K. Saket ve Jitendra, “Wind Energy Resources: Theory, Design and Applications”, **Handbook of Renewable Energy Technology**, ed. Ahmed F. Zobaa and Ramesh C. Bansal, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2011, pp.4-5.

⁵³ European Wind Energy Association (EWEA), **Wind Energy- The Facts A Guide To The Technology, Economics And Future Of Wind Power**, London, Earthscan, 2009, p.32.

⁵⁴ Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (EİE), “Rüzgar Türbini”, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_turbin.html 05 Mart 2012.

⁵⁵ Thomas E.Kissell, **Introduction To Wind Principles**, Prentice Hall, 2011, p.2.

türbini, düşey eksenli rüzgar türbinine göre daha etkindir ancak düşey eksenli rüzgar türbininin rüzgarı gerekli açıdan alması için gerekli olan yönlendiriciye ihtiyacı yoktur, yatay eksenli rüzgar türbinlerinin aksine rüzgarı her açıdan alma üstünlüğüne sahiptir.⁵⁶

İlk yel değirmenleri düşey eksenli yapıya uygun olarak kurulmuştur. Bu tür sadece küçük ölçekli donanımları kapsamaktadır.⁵⁷ Düşey eksenli rüzgar türbinlerinin çok fazla farklı modeli olmasına karşın en çok kullanılan iki ana türü bulunmaktadır. Bu türler Darrieus türbini ve Savonius türbinidir.⁵⁸

Düşey eksenli rüzgar türbinlerinin üstün yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:⁵⁹

- Jeneratör ve dişli kutusu gibi ekipmanlar zeminde olduğu için bakımı kolaydır.
- Herhangi bir yönden rüzgarı alabilir, dolayısıyla yönlendiriciye gerek yoktur.
- Basit bir kanat modeli olduğundan maliyeti düşüktür.

Düşey eksenli rüzgar türbinlerinin zayıf yönleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:⁶⁰

- Kendiliğinden başlama olayı olmadığı için, motoru başlangıç modunda çalıştırmak için jeneratör gereklidir.
- Türbin kanatlarının rüzgar ile dönerken enerji kaybetmesinden dolayı verimi düşüktür.
- Rüzgarın aşırı hızı karşısında kanatları kontrol altına almak zordur.
- Aerodinamik dönme kuvvetindeki salınım bileşeni yüksektir.

⁵⁶ A.e., p.6.

⁵⁷ S. Masoud Barakati, "Wind Turbine Systems: History, Structure, and Dynamic Model" **Handbook Of Renewable Energy Technology**, ed.Ahmed F.Zobaa and Ramesh C.Bansal, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2011, p.23.

⁵⁸ Kissell, a.g.e., p.6.

⁵⁹ Barakati, a.g.e., p.23.

⁶⁰ A.g.e., p.24.

Rüzgar türbininin en yaygın türü yatay eksenli rüzgar türbinidir. Bu tür türbinler, bir direk veya kulenin üzerine kurulmaktadır. Bir veya birden fazla kanada sahip olabilmektedir. Bu türde en yaygın olarak kullanılan yapı ise üç kanatlı olanlarıdır.⁶¹ Kulenin rolü ise rüzgar türbinin yerden yukarıda olmasını sağlayarak daha fazla enerji üretilmesine yardımcı olmaktır.

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin üstün yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:⁶²

- Yüksek verimlilik söz konusudur.
- Kanatların döndürülmesi kolaydır.
- Üretilen enerji oranına göre daha düşük maliyetlidir.

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:⁶³

- Jeneratörün ve dişli kutusunun kuleye kurulumu yapılmalıdır.
- Yönlendiriciye ihtiyacı olmasından dolayı düşey eksenli rüzgar türbinine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir.

Yatay eksenli rüzgar türbinleri kendi aralarında rüzgarı alma yönüne göre, rüzgarı önden alan türbinler (upwind turbine) ve rüzgarı arkadan alan türbinler (downwind turbine) olarak iki sınıfa ayrılır.⁶⁴ Rüzgarı önden alan türbinde, yapısı itibariyle, rotor rüzgarı direk olarak alırken rüzgarı arkadan alan türbinlerde rotor, kulenin rüzgar altı tarafına yerleştirilmektedir. Rüzgarı önden alan türbinde kule gölge problemi, rüzgar önce rotora geldiği için söz konusu olmamakla birlikte rotorun her daim rüzgara dönük olması gerektiğinden yönlendirme mekanizmasına sahip olmasını gerektirmektedir. Rüzgarı arkadan alan türbin yapısında ise kule gölge problemi olmakla birlikte yönlendirme mekanizmasına gerek olmadan da türbin kurulabilmektedir.⁶⁵

⁶¹ Kissell, **a.g.e.**, p.7.

⁶² Barakati, **a.g.e.**, p.24.

⁶³ **A.e.**, p.25.

⁶⁴ Kissell, **a.g.e.**, p.8.

⁶⁵ Barakati, **a.g.e.**, p.25.

Rüzgar türbinlerinin, rüzgarın derecesine göre dört temel işletimsel aşaması söz konusudur. Rüzgar, türbinin sürtünme direncini aşacak kadar esmez ise rüzgar türbini hareket etmez. Rüzgar hızı, saniyede 3m (saatte yaklaşık 10 km) civarına ulaştığında türbin dönmeye ve elektrik üretmeye başlar. Rüzgar hızı arttıkça, türbininden elde edilen elektrik miktarı, rüzgar türbinin üretebileceği en fazla miktara kadar artabilmektedir. Eğer rüzgar hızı daha da artış gösterirse rotor kanatları bu durum göz önünde bulundurularak yapılanması sebebiyle rüzgar türbinin zarar görmesini engellemektedir. Son olarak ise, fırtına gibi doğa üstü olaylarda (rüzgarın saniyede 20-25m hızı aştığı durumlarda), zarar görülmemesi için, türbin otomatik olarak kapanmaktadır.⁶⁶

1.1.3.3.3.Hidro Enerji

Su gücü, yüzyıllar boyunca önemli bir enerji kaynağı olmuştur. Su akışının orijinal kaynağı, yeryüzündeki okyanusların ısınmasına ve bu ısınma sonucunda buharlaşmaya yol açan güneştir. Buharlaşma, atmosferde nem bulutlarının oluşumuna yol açar ve sonunda yeryüzüne yağmur veya kar şeklinde geri düşer. Daha sonra dere ve nehirlerde akan su, su çarkları veya türbinleri kullanılarak enerji üretmek amacıyla kullanılmaktadır.⁶⁷

Su gücünden çok eski tarihlerden beri faydalanılmasına rağmen su gücünden elektrik üretilmesi 19. yüzyılın sonlarında başlamış ve geçen zaman zarfında teknik açıdan önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Bir su bendi, bendin ön ve arka tarafında yükseklik farkı oluşturmaktadır. Ortaya çıkan bu fark yerine kurulan güç tesisi sayesinde su, potansiyel enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren türbin boyunca akmakta ve elektrik jeneratörü ile bu enerji elektrik enerjisine çevrilerek elektrik enerjisi üretilmektedir.⁶⁸

Suyun enerji kaynağı olarak kullanılması esasen akış hacmi ve suyun yükü olmak üzere iki parametreye bağlı bulunmaktadır. Hemen hemen tüm hidroelektrik

⁶⁶ Dieter Seifried and Walter Witzel, **Renewable Energy The Facts**, London, Earthscan, 2010, p.102.

⁶⁷ Bob Everett, vd., **a.g.e.**, p.607.

⁶⁸ Mithat Zeki Dinçer ve Özgür Aslan, Sürdürülebilir Kalkınma, **Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi**, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul, 2008, s.88.

santralleri teknik ekipman yardımıyla doğal yükseklik farklılıklarını kullanmaktadır.⁶⁹

Hidroelektrik santraller; nehir tipi hidroelektrik santraller, depolamalı hidroelektrik santraller ve pompa depolamalı hidroelektrik santraller olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır. Nehir tipi hidroelektrik santraller, elektrik şebekesine temel yük sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu tip santrallerin enerji üretimi nehirdeki su seviyesine bağlı olmakta ve bu seviye ise sadece sezon zamanlarında az miktarda değişiklik göstermektedir. Depolamalı hidroelektrik santraller, genellikle dağlara ve yüksek bölgelere kurulmaktadır. Bu tip santrallerde, su kaynağı olarak eriyen kar suyu kullanıldığı için su elde edilmesi ile mevsimler arasında güçlü bir bağ söz konusudur. Diğer bir açıdan ise, depolamalı hidroelektrik santraller birkaç dakikada devreye girebilmeleri özelliği sayesinde şebekedeki gücü dengelemek amacıyla kullanılmakta ve bu sebeple de ani puant ihtiyacını karşılamakta önemli rol oynamaktadırlar.⁷⁰ Pompa depolamalı hidroelektrik santrallerinde, elektrik enerjisi üretimine katkıda bulunmayan saf enerji depolama tesisleri yer almaktadır. Enerji talebinin düşük ve enerjinin fazla olduğu dönemlerde, su yüksekte bulunan bir rezervuara pompalanarak burada depolanır ve enerji talebinin yüksek olduğu dönemlerde, pik saatlerde, enerji üreterek alt rezervuara veya nehre geri aktarılmaktadır. Bu tip hidroelektrik santraller, genellikle ters yönde çalışabilen pompalar gibi özel türbinler ile donatılmıştır. Bu santraller daha çok güç yükseltme, kısa süreli arzı karşılamak için enerji şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Dolayısıyla pompa depolamalı hidroelektrik santralleri, diğer hidroelektrik santraller türlerine göre daha pahalı olmaktadır.⁷¹

Hidro enerjinin; rüzgar ve fotovoltaik enerjilerine göre sabit, sürekli ve depolanabilir olmasından ötürü üstünlükleri söz konusudur. Dolayısıyla hidroelektrik santralleri enerji ihtiyacını karşılamak için temel yük olarak kullanılabilmekte ve

⁶⁹ Quaschnig, **a.g.e.**, p.197.

⁷⁰ Roland Wengenmayr, "Hydroelectric Power Plants Flowing Energy", **Renewable Energy Sustainable Energy Concepts for the Future**, eds. Roland Wengenmayr and Thomas Bürke, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, 2008, pp.22-25.

⁷¹ **A.e.**, p.25 ile Ayla Tutuş ve Suat Pasin, Pompa Depolamalı Hidroelektrik Santraller, Türkiye 10. Enerji Kongresi, (Çevrimiçi) http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/aylatutus.pdf 25 Mayıs 2012.

ayrıca göllerde depolanan su ise; enerji ihtiyacının en yüksek seviyesine eriştiği zaman, türbinler aracılığı ile saniyede üretime geçebilmektedir. Bu sebeple hidro enerji, yenilenebilir enerji kaynakları arasında çok esnek bir yapıya sahip olmaktadır.⁷²

1.1.3.3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi Yunanca yer anlamına gelen ‘geo’ ve ısı anlamına gelen ‘therme’ kelimelerden meydana gelmekte ve dolayısıyla yerkürenin ısısı anlamına gelmektedir.⁷³ Jeotermal enerji ise, “yerin derinliklerinden yüzeye doğru iletilen ısınn kullanılması” şeklinde tanımlanabilmektedir.⁷⁴

Jeotermal kaynaklar; kaynağın bulunduğu derinliğe, ısıya, kayanın kimyasına ve yer altı sularının miktarına göre bölgeden bölgeye çeşitlilik göstermektedir.⁷⁵

Jeotermal kaynaklar genellikle maddenin kendi yapısında bulundurduğu iç enerjisine başka bir deyişle entalpisine göre sınıflandırılmaktadır. Su ve buhar dereceleri 180-200⁰C’den yüksek ise yüksek entalpi (high enthalpy), 100-180⁰C arasında ise orta entalpi (medium enthalpy) ve 100⁰C’den düşük ise düşük entalpi (low enthalpy) olarak ifade edilmektedir.⁷⁶

Jeotermal teknolojileri, yerkürenin altında bulunan kayalardaki ve yeraltında sıkışmış halde bulunan buhar ve sıvılardaki enerjiyi kullanmaktadır. Bu kaynaklar öncelikli olarak ısı sağlamak veya elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır.⁷⁷

Doğrudan ısı kullanımı; jeotermal enerji kullanımındaki en eski, çok yönlü ve ayrıca en yaygın biçimidir. Mahal ve bölgesel ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri, tarım uygulamaları, su ürünleri uygulamaları, kağıt üretimi, yiyecek

⁷² Seifried and Witzel, **a.g.e.**, p.114.

⁷³ Geothermal Education Office-GEO, (Çevrimiçi) <http://geothermal.marin.org/pwrheat.html#Q1> 25 Nisan 2011.

⁷⁴ Ali Şahinci, **Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri**, İzmir, Reform Matbaası, 1991, s.2.

⁷⁵ Harsh Gupta and Sukanta Roy, **Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century**, Elsevier, 2007, p.11.

⁷⁶ Geoff Brown and John Garnish, “Geothermal Energy”, Introduction Renewable Energy”, **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2nd edition., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004, p.342.

⁷⁷ Adam Brown, Simon Müller and Zuzana Dobrotkova, **Renewable Energy Markets and Prospects by Technology**, Internatioal Energy Agency, 2011, p.21.

üretimi ve bazı endüstriyel uygulamalarda en iyi bilinen kullanım biçimleridir. Ayrıca ısı kullanımı amacı ile en yaygın olarak ısı pompalarından yararlanılmaktadır.⁷⁸ Jeotermal buharından ilk elektrik üretimi ise 1904 yılında İtalya'da Larderello'da gerçekleştirilmiştir.⁷⁹ Elektrik üretimi, hazne sıcaklığı 200°C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan gerçekleştirmekte iken günümüzde kullanılan teknoloji ile 150°C'ye kadar düşük hazne çıkışı akışında da elektrik üretimini mümkün kılmaktadır. Son yıllarda geliştirilen ikili (binary) çevrim sistemi ile buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanarak 70°C<T<80°C arasındaki sıcaklıktaki suların da elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir.⁸⁰

1.1.3.3.5. Biyoenerji

Biyoenerjinin asıl kaynağını kalıntılar (bütün çeşitleri) oluşturmaktadır. Kalıntılar, büyük ve yeterince faydalanılamayan potansiyel enerji kaynaklarıdır. Kullanım açısından, küçümseymeyecek ve göz ardı edilemeyecek olan daha iyi fırsatları temsil etmektedirler.⁸¹

Biyoenerji yakıtları katı, sıvı ve gaz şeklinde sınıflandırılmaktadır. Sıvı ve gaz formunda olan yakıtlar, ana ham maddenin fiziksel, kimyasal ya da biyolojik olarak dönüşümü sonucunda elde edilmektedir.⁸²

Biyoenerji yakıtlarının genel sınıflandırılması Şekil 3'te yer almaktadır.

⁷⁸ **Geothermal Energy: Utilization And Technology**, eds. Mary H. Dickens and Mario Fanelli, CNR-Institute of Geosciences and Earth Resources, New York, Earthscan, 2005, p.16. and William E. Glassley, **Geothermal Energy Renewable Energy and the Environment**, CRC Press, 2010, p.6.

⁷⁹ Gupta and Roys, **a.g.e.**, p.11.

⁸⁰ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- ETKB, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/jeotermal/14jeotermal_enerjinin_kullanim_alanlari.html 22 Eylül 2013.

⁸¹ Frank Rosillo-Calle, "Overview of Bioenergy", **The Biomass Assessment Handbook Bioenergy for a Sustainable Environment**, eds. Frank Rosillo-Calle, Peter de Groot, Sarah L. Hemstock and Jeremy Woods, Earthscan, London, 2007, p.6.

⁸² Bryan M. Jenkins, Larry L. Baxter and Jaap Koppejan, "Biomass Combustion", **Thermochemical Processing of Biomass Conversion into Fuels, Chemicals and Power**, ed. Robert C. Brown, John Wiley and Sons, Ltd., 2011, p.23.

Şekil 3: Biyoenerji Yakıtlarının Sınıflandırılması

Üretim Tarafı /Arz	Genel Gruplar	Kullanıcı Tarafı / Talep
Doğrudan Odun Yakıtları	Odun Yakıtları	Katı: Yakacak Odun, Odun Kömürü
Dolaylı Odun Yakıtları		Sıvı: Siyah Likör, Metanol, Pirolitik Yağ
Geri Kazandırılmış Odun Yakıtları		Gaz: Yukarıda Belirtilen Yakıtlardan Gazlaştırma ve Piroliz Yolu ile Elde Edilen Ürünler
Odun Türevi Yakıtlar		
Yakıt Bitkileri	Tarımsal Yakıtlar	Katı: Saman, Ot, Ekin Anızı, Pirina, Yukarıda Belirtilen Biyoyakıtlardan Elde Edilen Odun Kömürü
Tarım Ürünleri		Sıvı: Etanol, Ham Bitkisel Yağ, Metanol, Pirolitik Yağ
Hayvan Ürünleri		Gas: Biyogaz, Tarımsal Yakıtlardan Elde Edilen Pirolitik Gaz
Tarımsal-Sanayi Ürünleri		
Kentsel Ürünler	Kentsel Ürünler	Katı: Kentsel Katı Atık
		Sıvı: Arıtma Çamuru, Kentsel Katı Atıklardan Elde Edilen Pirolitik Yağ
		Gaz: Çöp Gazı, Kanalizasyon Gazı

Kaynak: Frank Rosillo-Calle, “Overview of Bioenergy”, **The Biomass Assessment Handbook Bioenergy for a Sustainable Environment**, ed. Frank Rosillo-Calle, Peter de Groot, Sarah L. Hemstock and Jeremy Woods, Earthscan, London, 2007, p.12.

Biyokütle, yosun dahil olmak üzere bitki ve ağaçlardan kaynaklanan tüm organik maddeler için kullanılan ve temelde güneş enerjisini toplama ve depolama amacıyla kullanılan bir terimdir. Biyokütle enerjisi ise biyokütlenin ısı, elektrik ve

sıvı yakıt gibi yararlı enerji formlarına dönüştürülmesini ifade etmektedir. Enerji kaynağı olarak biyokütle, karada yetiştirilen özel enerji bitkileri şeklinde direk olarak veya gıda, ahşap, kağıt ürünleri gibi diğer ürünlerin işlenmesi sırasında oluşan kalıntılardan da oluşabilmektedir.⁸³ Başka bir ifade ile biyokütle; enerjiye çevrilebilen besin ürünleri, besin artıkları, odun atıkları ve yan ürünleri, hayvan gübresi gibi organik maddelerden oluşmaktadır.⁸⁴

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özelliği çevreye zararlı olmayan kaynaklar olmasına karşın yenilenebilir enerjinin bir türü olan biyokütlenin yakıtla dönüştürülmesi esnasında atmosfere kirletici maddeler yaydığı görüşü tartışılmaktadır. Ancak biyokütle kaynakları bitki olarak yetiştir(il)dikleri süreçte atmosferden almış oldukları gazları, enerji kaynağı olarak kullandıklarında atmosfere geri bıraktıkları için atmosfere fazladan kirletici bırakmamaktadırlar. Bu durumda sadece söz konusu kirleticilerin açığa çıkmasında zaman açısından farklılık bulunmaktadır. Biyokütle gibi büyük bir kısmı bitki ve hayvan kalıntılarından meydana gelen fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılması sırasında açığa çıkan kirleticiler ise milyonlarca yıl önceki oluşumdan kaynaklandığı için çevre kirliliğine yol açmaktadır.⁸⁵ Yanan klasik biyokütlenin çevresel etkileri kömür ile karşılaştırıldığında zararı daha az ancak doğal gaz ile karşılaştırıldığında zararı daha fazla olmaktadır.⁸⁶

Biyolojik gereçlerden üretilen tüm yakıtlar, ısı amacıyla yakılmış veya alkol olarak işlenmiş olsalar da her iki dönüşüm sonucunda biyoyakıt olarak nitelendirilmektedirler. Bununla birlikte, bu kelime daha çok biyokütleden elde edilen sıvı yakıtları ifade etmek için kullanılmaktadır. Biyoyakıt türleri etanol, biyodizel,

⁸³ Mahenda S. Seveda, Narendra S. Rathore and Vinod Kumar, "Biomass as a Source of Energy", **Handbook of Renewable Energy Technology**, eds. Ahmed F. Zobaa and Ramesh C. Bansal, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2011, pp.324-325.

⁸⁴ Randy Schnepf, "Agriculture-Based Biofuels: Overview and Emerging Issues", **Biofuels Developments and Issues**, ed. Taylor C. Monahan, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2011, p.5.

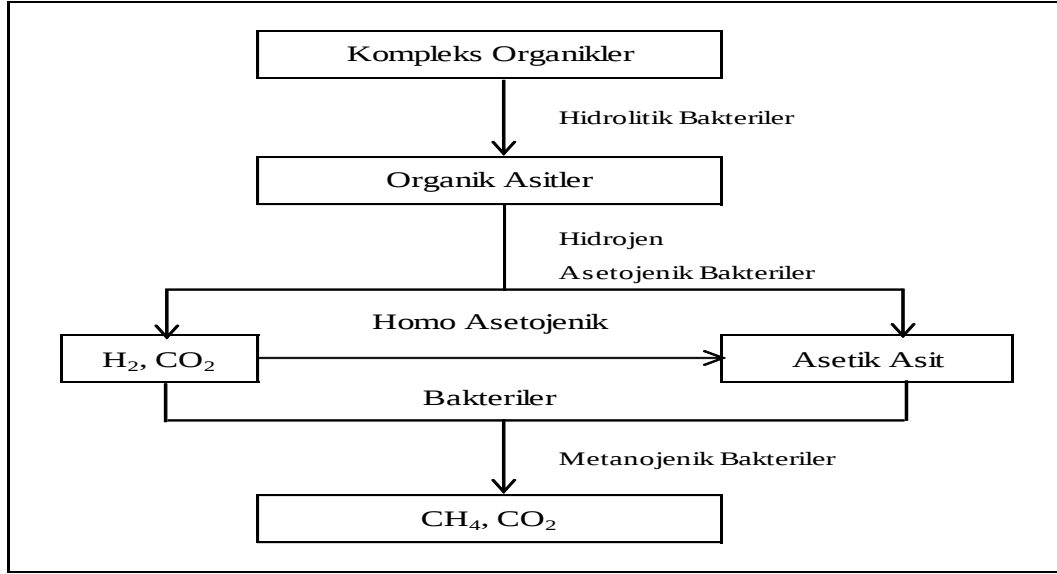
⁸⁵ İsmet Akova, "Dünya Enerji Sorunu ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı" **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi**, Sayı 11, 2003, s.65.

⁸⁶ David Pimentel, "Renewable and Solar Energy Technologies: Energy and Environmental Issues", **Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems Benefits and Risks**, ed. David Pimentel, Springer, 2008, p.4.

metanol, bütanol ve yeniden formüle edilmiş yakıtlar olmakla birlikte etanol ve biyodizel, biyoyakıtların temelini oluşturmaktadır.⁸⁷

Biyogaz, organik maddelerin bozunması veya ayrışması gibi süreçler sonucunda ortaya çıkan gazları ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir. Madde bozunduğu zaman Şekil 4'te görüldüğü gibi metan (CH_4) gazı ortaya çıkmaktadır.⁸⁸

Şekil 4: Biyogazın Oluşum Süreci



Kaynak: Mustafa Omer, “Development of Sustainable Energy Research And Applications”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds. W.H. Lee and V.G. Cho, Nova Science Publishers, Inc., 2010, p.402.

Gaz halindeki yakıtlar başka bir deyişle biyogazlar, anaerobik çürüme, piroliz, gazlaştırma ve çeşitli yakıt sentez ara yolları da kullanılarak, biyokütleden üretilmektedirler. Biyolojik dönüşüm ile biyokütleden anaerobik çürüme sonucunda ortaya çıkan biyogaz, başlıca metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) gazlarından oluşmakla birlikte az miktarda hidrojen sülfid (H_2S), amonyak ve diğer bazı bileşenleri de içermektedir. Metan yoğunluğu genellikle maddenin ve reaktörün yapısına bağlı olarak 40% ile 70% arasında değişiklik göstermektedir.⁸⁹ Biyogaz oluşumu çöp sahaları ve atık su arıtma tesisleri gibi alanlarda da

⁸⁷ Schnepfs, **a.g.e.**, pp. 5-6.

⁸⁸ Mustafa Omer, “Development of Sustainable Energy Research And Applications”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds. W.H. Lee and V.G. Cho, Nova Science Publishers, Inc., 2010, p.402.

⁸⁹ Jenkins, Baxter and Koppejan, **a.g.e.**, p.17.

gerçekleşebilmektedir. Çöp sahaları ve atık su tesisleri çürüten atıklardan biyogaz yayarlar. Bugüne kadar atık sanayi, yayılan bu gazları çevreye olan etkileri dolayısıyla kontrol altına almak üzerine odaklanmıştı. Ancak günümüzde söz konusu kaynakların gücünün ön plana çıkmasıyla birlikte elektrik üretimi için kurulan gaz türbinlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır.⁹⁰

Biyokütle kaynakları, kullanılan çevrim teknolojileri ile elde edilen yakıtlar ve bu yakıtların kullanım alanları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4: Biyokütle Kaynaklarının Çevrim Yöntemleri, Elde Edilen Yakıtlar ve Uygulama Alanları

Biyokütle	Çevrim Yön.	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman Artıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektirik Üretimi, Isınma
Tarım Atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, Ulaşım Araçları
Enerji Bitkileri	Doğrudan Yakma	Hidrojen	Isınma
Hayvansal Atıklar	Fermantasyon, Havasız Çürütme (Anaerobik Çürüme)	Metan	Ulaşım Araçları, Isınma
Çöpler (Organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz		Sentetik Yağ, Roketler
Enerji Ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün Kurutma
Bitkisel ve Hayvansal Yağlar	Esterleşme Reaksiyonu	Motorin	Ulaşım Araçları, Isınma, Seracılık

Kaynak: YEGM-Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx (Çevrimiçi: 07 Temmuz 2013)

Biyoenerji kaynakları içerisinde yaygın olarak bilinen ve ilk biyoenerji kaynağı olarak kullanılan yakıt türü odundur. Odunun yakıt olarak kullanımı, yetişmesi seneler süren ağaçların kesilmesine dayandığından ormanların azalması gibi çevreyi olumsuz yönde etkileyecek etkilere yol açmaktadır. Günümüzde bu durumun önüne geçmek için sadece enerji üretmek amacıyla enerji ormanları ve enerji bitkileri alanlarının oluşturulması söz konusudur. Dolayısıyla, biyoenerjiyi klasik ve modern olarak da ikiye ayrılmak mümkündür. Ağaç kesimi ile elde edilen odun ve hayvan atıklarından oluşan tezeğin yakılması ile ortaya çıkan enerjiler klasik

⁹⁰ Omer, **a.g.e.**, pp.393-394.

biyoenerji sınıfına girerken, sadece enerji üretmek amacıyla yapılandırılan enerji ormanları, enerji bitkileri ve ağaç endüstrinin atıkları sonucu ortaya çıkarılan biyodizel, etanol gibi yakıtlar modern biyoenerji kaynakları arasında yer almaktadır.⁹¹

Biyoenerjinin olumlu yönleri olduğu gibi bazı olumsuz yönleri de söz konusudur. Biyoenerjinin; hemen her yerde yetiştirilebilmesi, üretim ve dönüşüm teknolojilerinin iyi bilinmesi, her ölçekte enerji üretimi için elverişli olması, düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması, 5-35⁰ derece arasında geniş aralığa sahip sıcaklık gerektirmesi, depolanabilir olması, sera etkisi oluşturmuyarak atmosferdeki CO₂ dengesinin sağlanmasına yardımcı olması ve asit yağmurlarına yol açmaması olumlu yönleri arasında yer almaktadır. Biyoenerjinin olumsuz yönleri ise; düşük dönüşüm verimine sahip olması, tarım alanları için rekabet oluşturmaması ve su içeriğinin fazla olması şeklinde özetlenebilmektedir.⁹²

1.1.3.3.6. Dalga ve Gel-git Enerjisi

Dalga ve gel-git enerjileri, hidro enerji gibi sudan elde edilen enerjiler olmakla birlikte her bir enerji türü farklı şekillerde elde edilmektedir. Hidro enerji, hidro enerji bölümünde de belirtildiği üzere, güneşin nehirleri ve diğer akan su kaynaklarını meydana getiren iklim döngüsü sonucunda söz konusu kaynaklara kurulan hidroelektrik santraller vasıtasıyla enerji üretilmesidir. Buna karşılık gel-git enerjisi, ayın çekim kuvveti ile denizlerde oluşan etkileşim sonucu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla direk güneşe bağlı olmayan bir enerji türüdür.⁹³

Dalgalar, deniz ve okyanusların üzerinde rüzgarın esmesi ile ortaya çıkmaktadır. Dalga oluşumu rüzgara bağlı olmakta ve rüzgar oluşumu da yer yüzündeki farklı ısınma sonucu ortaya çıktığından dolayı olarak güneşe bağlı

⁹¹ Dinçer ve Aslan, **a.g.e.**, s.85.

⁹² **A.e.**, s.85.

⁹³ David Elliott “Tidal Power”, **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2nd edition., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004 ed. Godfrey Boyle, p.197.

olmaktadır. Bu şekilde bir sınıflandırma yapıldığı takdirde gel-git enerjisinin kaynağı aya dayanmaktadır.⁹⁴

Rüzgarın, deniz veya okyanus yüzeyi ile sürtünmesi sonucunda sudaki bağımsız su partikülleri harekete geçer ve bu şekilde rüzgar, yüzeye yakın su katmanlarını hızlandırır. Hava akımındaki dalgalanmalar, su yüzeyinin farklı bölgeleri arasında basınç farkı olmasına neden olmaktadır. Bu farklılıkları eşitlemek için yüzey yükselip alçalmakta ve dolayısıyla bu oluşan dalgalı yüzeydeki basınç farkı artarak daha yüksek ve yarı periyodik dalgalar oluşmaktadır.⁹⁵ Dalga yüksekliği ve periyodu, dalga enerjisinin elde edilmesindeki temel etkenler oldukları için direk üretilen enerjinin miktarını belirlemektedir. Dalga enerjisinin üstün yanı, her dalga seviyesinde üretimin gerçekleştirilebilmesidir.⁹⁶ Ancak dalga enerjisinden sadece düşük su seviyesine sahip kıyı bölgelerinde yararlanılabildiği için kullanım alanı sınırlı kalmaktadır.⁹⁷

Dalga enerjisi teknolojisi ile enerji elde etmek için kıyı şeridi, kıyıya yakın ve kıyıdan uzak bölgelerde olmak üzere üç teknik söz konusudur. Kıyı şeridi teknolojileri daha basit olup derin su bağlantılarına veya uzun su altı kablolarına gerek duyulmamaktadır. Kıyıda sabitlenmiş olarak ya da gömülü şekilde bulunmaları dolayısıyla kurulumu ve bakımı diğer tekniklere kıyasla daha kolay olmaktadır. Kıyıya yakın teknolojiler 10-25 metre su derinliklerinde faaliyet gösterirken kıyıdan uzak teknolojiler ise 40 metreden daha derin sularda kullanılmaktadır. Kıyı şeridi teknolojilerin aksine bu teknolojiye uzun su altı kabloları bulunmaktadır. Kıyı şeridi teknolojilerinde kullanılan dalga seviyesinin zayıf olmasından dolayı elde edilen enerji daha az olmaktadır.⁹⁸

Nehir ağzlarının üzerindeki uygun alana inşa edilen gel-git barajları, su geçitleri bulunan türbinleri kullanarak gel-gitlerin yükseliş ve düşüşünden enerji elde

⁹⁴ A.e., p.198.

⁹⁵ Kai-Uwe Graw, "Wave-Motion Power Plants Energy Reserves from The Ocean", **Renewable Energy Sustainable Energy Concepts for the Future**, eds. Roland Wengenmayr and Thomas Bührke, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGa, Weinheim, 2008, p.77.

⁹⁶ Ümran Tezcan Ün, "Dalga Enerjisi Teknolojisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu" **II.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/6a781dbfd8e524b_ek.pdf 30 Eylül 2013.

⁹⁷ Quaschnig, a.g.e., p.202.

⁹⁸ Tezcan Ün, a.g.e.

etmek amacıyla tasarlanmıştır. Su seviyesindeki farklılıklara bağlı olan oluşan potansiyel enerji, türbin boyunca hızlı hareket ederek kinetik enerjiye dönüştürülmekte, diğer ara işlemlerden sonra ise en son aşama olarak elektrik üretmek amacıyla jeneratöre aktarılmaktadır. Bu şekilde elektrik enerjisi elde edilmektedir.⁹⁹

1.2. Enerji İle İlgili Önemli Kavramlar

Enerji ile ilgili günümüzde ülkelerin enerji politikalarında özellikle yer verilen sürdürülebilir enerji, enerji güvenliği ve enerji verimliliği kavramlarına yer verilmiştir.

1.2.1. Sürdürülebilir Enerji

Sürdürülebilirlik kavramını tanımlamak için literatürde bir çok tanım olmakla birlikte sürdürülebilir kalkınma tanımı resmi olarak ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development- WCED) tarafından hazırlanan “Ortak Geleceğimiz” (Our Common Future), aynı zamanda “Brundtland Raporu” (The Brundtland Report) olarak da bilinen raporda yer almıştır. Rapora göre sürdürülebilir kalkınma “gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin bugünün ihtiyaçlarını karşılamak” olarak tanımlanmaktadır.¹⁰⁰

Sürdürülebilir kalkınma; ekonomik, toplumsal ve çevresel kalkınmanın kesişiminde yer almakta ve bu üç değerın birlikte hareket etmesi ile bir anlam ifade etmektedir.¹⁰¹ Enerji olmadan herhangi bir ekonomik, toplumsal ve çevresel kalkınmadan söz edilmesi mümkün olamayacağı için sürdürülebilir kalkınmanın en temel ve önemli unsuru enerjidir. Gelişmekte olan dünyanın büyümesini desteklemek ve dünyadaki yoksulluğu gidermek için enerjiye ihtiyaç vardır. Enerji

⁹⁹ Elliott, **a.g.e.**, p.203.

¹⁰⁰ Rıza Fikret Yılmaz, “Sürdürülebilir Kalkınmanın Ölçülmesi ve Türkiye İçin Yöntem Geliştirilmesi” T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Sosyal Sektörel ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Şubat 2011, Yayın No:2820, s.13. ile “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future” United Nations 1987.

¹⁰¹ United Nations Headquarters, “Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012”, New York, September 2012, Prep. John Drexhage and Deborah Murphy, International Institute for Sustainable Development –IISD, p.2.

olmadan sağlık, eğitim veya yapılması planlanan her hangi bir alandaki her hangi bir faaliyetin gerçekleştirilmesi mümkün olmadığı için sürdürülebilir kalkınmanın merkezinde enerji yer almaktadır.¹⁰²

Sürdürülebilir enerji üç ana nedenden dolayı politik, sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan büyük bir önem arz etmektedir.¹⁰³

- Gelişmekte olan ülkelerde ticari olarak karşılanamayan büyük bir enerji talebi söz konusu olup bu karşılanamayan talebin artarak devam etmesi beklenmektedir.
- Petrol, doğal gaz ve kömürü içeren geleneksel yakıt rezervlerinin gelecekte enerji talebini karşılamakta yetersiz kalacağı dolayısıyla enerji kaynaklarının küresel karışımının veya başka bir deyişle dünya üzerindeki enerji kaynaklarının dağılım oranlarının önümüzdeki dönemlerde değişiklik göstermesi beklenmektedir.
- Enerji seçenekleri, insan faaliyetleri tarafından meydana gelen iklim değişikliklerini sınırlamak amacıyla dünyadaki karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarını azaltmak için sınırlandırılmaktadır.

Çevresel, ekonomik ve jeopolitik sorunlar dikkate alındığında günümüzde enerjinin sürdürülebilir olmadığı görülmektedir. Enerjinin sürdürülemez olmasına yol açan sebeplerin nde gelenleri aşağıda yer almaktadır.¹⁰⁴

- Modern yakıtlar ve elektrik evrensel düzeyde eşit bir şekilde erişebilir seviyeye ulaşamamıştır. Bu durumun oluşumunda giderek birbirine bağlı hale gelen ahlaki, siyasal ve uygulanabilir boyutlar önemli rol oynamaktadır.
- Günümüzdeki mevcut enerji sistemi, yaygın bir ekonomik büyümeyi desteklemek için yeteri kadar ekonomik ve güvenilir değildir. Dünya nüfusunun üçte biri ticari enerjiye erişimden yoksunken başka üçte birlik

¹⁰² Andris Piebalgs, “Delivering Sustainable Energy for All”, in OECD, Development Co-operation Report 2012: Lessons in Linking Sustainability and Development, **OECD Publishing**, 2012, p.78..

¹⁰³ Everett, vd., **a.g.e.**, p.13.

¹⁰⁴ Dalia Streimikiene, “Monitoring Sustainable Energy Development”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds. W.H.Lee and V.G.Cho, Nova Science Publishers, Inc. New York, 2010, p.210.

kesim ise enerji kaynaklarının güvenilir olmaması nedeniyle ekonomik sıkıntı ve güvensizlik içindedir.

- Enerji üretiminin ve kullanımının olumsuz yerel, bölgesel ve küresel etkileri mevcut ve gelecek nesillerin sağlığını ve refahını tehdit etmektedir.
- Enerji kullanımı ile bağlantılı çevresel etkileri göz önünde bulundurmadan enerji hizmetlerini genişletme yollarını aramak insanlık açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Enerjinin sürdürülebilirliği için temel on gösterge bulunmaktadır. Bu göstergeler; CO₂ emisyonları, çevre kirleticiler, elektrik erişimi, yatırımlar, kamu sektörü yatırımı, yararlanabilirlik, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, bilginin niteliği ve katılımcı yönetimden oluşmaktadır.¹⁰⁵ Bu kavramlar sürdürülebilir enerjinin ülkeler açısından önemini bir kez daha ortaya koymakla birlikte önemli bir sorunu da beraberinde getirmektedirler. Bu önemli sorun enerjinin ne derece sürdürülebilir olup olmadığını belirlemekteki güçlütür.

Sürdürülebilir üretim yöntemleri, ihtiyaçların günümüzde karşılandığı gibi gelecekteki belirsiz dönemlerde de karşılanacağını garanti etmek amacıyla kaynakların kullanılmasını ifade etmektedir. Fakat gelecekteki taleplerin ne olacağı, kaynakların gelecekteki durumu gibi bir çok bilinmeyen kavram karşısında kesin bir bilgiye sahip olunması imkansız olduğu için sadece öngörü ve tahminde bulunulabilmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir enerji, ülkelerin enerji politikalarında öncelikli hedefler arasında yer alması gereken/yer alan bir kavram olmasına karşın enerjinin sürdürülebilir bir seviyeye ulaşp ulaşmadığını net bir biçimde ortaya koyacak veya sürdürülebilirlik kavramını ölçebilecek net bir yol mevcut değildir.¹⁰⁶

¹⁰⁵ Helene Connor, “Assessing the Energy Contributions to Sustainability” in OECD, Conducting Sustainability Assessments, **OECD Publishing.**, 2010, pp.112-113.

¹⁰⁶ Nathan Fiala, “Measuring Sustainable Energy: Getting The Numbers Right”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds. W.H.Lee and V.G.Cho, Energy Science, Engineering and Technology Series, 2010. p.701.

1.2.2. Enerji Güvenliği

Enerji güvenliği kavramına ilk kez 1865 yılında İngiliz iktisatçı ve mantıkçı William Stanley Jevons'un İngiltere'nin maden rezervleri politikasını eleştirdiği "The Coal Question" isimli eserinde dikkat çekilmiştir.¹⁰⁷ Jevons, o dönemin yakıtı olan kömür kaynağını İngiltere'nin ihraç etmesi durumunda, iç ve dış talebi karşılamakta ülkenin rezervlerinin yetersiz kalacağını ve kömür ihraç etmesinin mantıklı bir politika olmadığını görüşünü savunmaktadır. Bu görüşe dayanarak fosil yakıtların tükeneceği sorunu da ülkelerin politikalarında yer verilmesi gereken bir kavram olarak ortaya çıkmıştır.¹⁰⁸ Birinci Dünya Savaşı'nın eşığında First Lord of the Admiralty Winston Churchill tarihsel bir karar vererek İngiliz donanma gemilerinde güç kaynağı olarak kömür yerine petrol kullanılmasını kararlaştırmıştır. Bu kararın alınmasının ardındaki neden İngiliz filosunun müttefiki olan Alman filosundan daha hızlı olmasını sağlamaktır. Ancak bu durum, kraliyet donanması yakıtının Wales (Galler)'den temin edilen kömür yerine İran (Persia)'dan temin edilmesine ve güvenliği olmayan petrol arzına bağlı olmasına yol açmıştır. Bu şekilde enerji güvenliği bir ulusal strateji boyutu taşıyan bir kavram haline gelmiştir.¹⁰⁹ 1970'li yıllarda yaşanan petrol kriziyle birlikte enerji güvenliği kavramı ülkelerin politikalarında öncelikli olarak yer verdikleri bir konu olup her geçen dönemde artan bir öneme sahip olmaya devam etmektedir.¹¹⁰

Enerji güvenliği, farklı zamanlarda farklı kişiler için farklı anlamlar ifade etmektedir. Yüz yıl önce ifade edilen enerji güvenliği ile günümüzde sözü geçen enerji güvenliği ifadesinde büyük çaplı değişimler söz konusudur. Bu sebeple enerji güvenliği kavramı üzerinde yeniden düşünülmesi ve gözden geçirilmesi gereken bir konudur. Daha önce enerji güvenliği fiziksel olarak petrol arzını ifade etmekte iken günümüzde bu ifade eksik kalmaktadır. Enerji güvenliği kavramı ülkelere göre de farklılık göstermektedir. Enerji kaynaklarına sahip olmayan bir ülke için enerji arzı

¹⁰⁷ Volkan Ediger, "Enerji Güvenliği" **Enerji Güvenliği: Dünya ve Türkiye Paneli**, İstanbul Kültür Üniversitesi, Golden Medya Matbaacılık ve Tic. A.Ş., Ekim 2010, ss.41-42.

¹⁰⁸ William Stanley Jevons, "The Coal Question" Edition Used: London: Macmillan and Co., 1866. (Çevrimiçi) http://oilcrash.net/media/pdf/The_Coal_Question.pdf 10 Kasım 2013.

¹⁰⁹ Daniel Yergin, "Ensuring Energy Security", **Foreign Affairs**, Vol.85, No.2, pp.69-82.

¹¹⁰ William J. Nuttall and Devon L. Manz, "A New Energy Security Paradigm for the Twenty-first Century", **Technological Forecasting & Social Change** 75, 2008, p.1248.

güvenlik konusu iken enerji kaynakları açısından zengin olan ülkeler için ise enerji talebi güvenlik konusu olmaktadır. Enerji arz ve talebi söz konusu olunca doğal olarak, enerji ulaşım güvenliği konusu da ortaya çıkmaktadır.¹¹¹ Enerji güvenliği konusundaki bu etkilerin de dikkate alınmasıyla enerji güvenliği genel olarak *“enerjinin üretim, tüketim ve dağıtımının sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla enerji arz, talep ve naklinin yeterli miktar ve kalitede makul maliyet ve fiyatlarla çevre dostu bir şekilde kesintisiz olarak sağlanması”* şeklinde tanımlanabilmektedir.¹¹²

Enerji arz güvenliği, talebi karşılayabilecek miktarda ve karşılanabilecek bir fiyat ile fiziksel olarak enerji kaynaklarını temin edebilmektedir. Enerji arz güvenliği sorunu bir çok riskin yanı sıra fiyat riskini de içermektedir. Enerji arz güvenliği dönemsel olarak kısa ve uzun vadeli olarak farklı dönemlerde farklı sorunları da beraberinde getirmektedir. Enerji fiyatlarında meydana gelecek ani bir artış, enerji ithal eden ülkelerde enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan ötürü önemli ekonomik sorunlara yol açacaktır.¹¹³

Enerji talep güvenliği, rekabetçi piyasa fiyatları ile sabit veya düzenli talep doğrultusunda ülkenin sahip olduğu enerji kaynağını ihraç edebilmesi olarak tanımlanabilir. 2008 yılında OPEC ülkelerinde toplam ihracatın 75%’ini ve GDP’nin 35%’ini ham petrol ve doğal gaz oluşturmaktadır.¹¹⁴ 2011 yılının sonunda doğal gaz ve petrol rezervlerinin coğrafi dağılımı incelendiğinde Kuzey Amerika 10.2, Orta ve Güney Amerika 7.6, Afrika 14.7, OECD Avrupa 4.8, Asya Pasifik 16.4, Avrasya 62.9, Orta Asya 79.6 trilyon m³ doğal gaz ve Kuzey Amerika 39.4, Orta ve Güney Amerika 327.0, Afrika 128.6, OECD Avrupa 12.6, Asya Pasifik 50.1, Avrasya 127.0, Orta Asya 796.8 milyar varil petrol rezervine sahiptir. En fazla doğal gaz ve petrol rezervine sahip olan ve dolayısıyla enerji ihracatı da Orta Doğu bölgesinden yoğun

¹¹¹ OECD, “Energy Security and Competition Policy”, **OECD Journal: Competition Law and Policy**, Vol. 11/1.2010, pp.24-25.

¹¹² Ediger, “Enerji Güvenliği” **a.g.e.**, s.47.

¹¹³ International Energy Agency – OECD “Toward a Sustainable Energy Future”, 2001, p.76.

¹¹⁴ Jude Chukwudi Dike, “Measuring the Security of Energy Exports Demand in OPEC Economies” **Energy Policy** 60, 2013, p.594.

olarak yapıldığı için¹¹⁵ enerji talep güvenliği bu bölgedeki ülkeler açısından enerji arz güvenliğinden daha öncelikli bir konuma sahiptir.

1.2.3. Enerji Verimliliği

Verimlilik, belirli bir girdi miktarı ile daha fazla üretim yapılması olarak tanımlanmaktadır. Verimlilik terimi genel olarak emek faktörü ile ilişkili olarak düşünülse de günümüzde ekonomik gelişmenin itici gücü olarak tüm faktörler için söz konusudur. Özellikle enerji sektöründe enerji talebi ve sera gazı emisyonu dolayısıyla enerji verimliliği ayrı bir önem teşkil etmektedir.¹¹⁶

Enerji verimliliği sayesinde talep edilen enerjide bir değişiklik olmamakla birlikte söz konusu olan enerji daha etkin olarak kullanılmaktadır.¹¹⁷ Verimlilik artışı sonucunda tüketilmeyen enerji “yok enerji” (negajoule) olarak tanımlanmaktadır. Petrol tüketimi ile karşılaştırıldığında, söz konusu enerji büyüklüğünün günümüzdeki petrol tüketiminden daha fazla olması konunun önemi açıkça ortaya koymaktadır.¹¹⁸ Enerji verimliliğinin, tüm dünya için önem arz eden bir konu olmasından dolayı, özellikle gelişmiş ülkeler konu ile ilgili çalışmalarını yoğunlaştırmış durumdadırlar.

Avrupa Birliği İklim ve Enerji Politikası; rekabetçilik, sürdürülebilir gelişme ve arz güvenliği kavramları temel alınarak oluşturulmuştur. Rekabetçilik kavramı; iç pazar, Ar&Ge, temiz kömür, karbon tutma, alternatif yakıtlar, nükleer enerji ve enerji verimliliğini, sürdürülebilir gelişme; yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, Ar&Ge, nükleer enerji ve emisyon ticareti; arz güvenliği ise; uluslararası diyalog, Avrupa petrol ve doğal gaz stok yönetimi, enerji depolama ve rafineri kapasitesi, çeşitlendirme ve enerji verimliliğinden oluşmaktadır. Üç temel kavramın içeriklerinde tek ortak konu olarak enerji verimliliği yer almaktadır.¹¹⁹ Avrupa Birliği, bu kavramların yanı sıra enerji verimliliğini bir istihdam politikası olarak da

¹¹⁵ World Oil Outlook 2012, Organization of the Petroleum Exporting Countries, 2012, p.63.

¹¹⁶ Kerstin Enflo, Astrid Kander and Lennart Schön, “Electrification and Energy Productivity”, **Ecological Economics** 68, 2009, p. 2808.

¹¹⁷ A.Beril Tuğrul, “Temiz Enerji Açısından Enerji Kaynaklarının ve Kullanımının Değerlendirilmesi”, **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008**, s.42.

¹¹⁸ TMMOB Makine Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği**, Ankara, Ankamat Matbaacılık Ltd. Şti., Nisan 2008, s.15.

¹¹⁹ ENVER Enerji Verimliliği Derneği, “Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu; Yeşil Ekonomiye Geçiş” Iconomy Vezir Consultancy, Temmuz 2010, s.21.

görmektedir. Enerji verimliliğinin her alanı etkileyecek çok yönlü bir kavram olması dolayısıyla özellikle son yıllarda yayınlanan enerji strateji ve enerji raporlarında enerji verimliliğinin oldukça önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Öncelikli olarak etkilediği alanlar ise; enerji güvenliği, sera gazı üzerindeki olumlu etkisi, ekonomiye ve istihdama olan katkı şeklinde belirtilebilir.¹²⁰

1.2.3.1. Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği

Enerjinin, üretimin başlıca girdisi olması sebebiyle diğer sektörler ile önemli yapısal bağlantısı söz konusudur. Gelişmekte olan ülkelerdeki enerji talebi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, gelişmiş ülkelere göre daha güçlü olmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan bir çok ülkede ekonomik gelişme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin derecesini belirleyebilmek için kullanılan esneklik katsayısı gelişmekte olan ülkelerde bire yakın hesaplanmaktadır. Esneklik katsayısının bir olması, ekonomide meydana gelen 1%'lik büyüme sonucunda genel enerji talebinin de aynı şekilde 1% oranında artacağını ifade etmektedir. Gelişmiş ülkelerde ise, enerji tüketimi ile GSMH artışı arasındaki esneklik katsayısı birden küçük olmaktadır.¹²¹

Gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi gelişmekte olan ülkeler ile kıyaslandığında daha yüksek iken enerji yoğunluğu tam ters bir eğilim göstermektedir. Üretim sürecinde girdi olarak kullanılan enerjinin çıktıya veya katma değere katkısı olarak tanımlanabilen enerji yoğunluğu gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre daha yüksektir. Enerji yoğunluğundaki değişim hem sektörel hem de ürün karışımının çeşitliğinden kaynaklanabilmektedir. Kirli endüstrilerde enerji yoğun bir yapı söz konusu iken temiz endüstrilerdeki enerji yoğunluğunun daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla temiz sektörlerdeki enerji

¹²⁰ Tülin Keskin, “Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerjinin İstihdama Katkısı”, **II.Enerji Verimliliği Kongresi**, Ankara, Ankamat Matbaacılık San. Limited Şirketi, Nisan 2009, s.52.

¹²¹ Cem Saatçioğlu ve İsmail Küçükaksoy, “Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı:11, 2004, ss.19-20.

yoğunluğunda meydana gelen değişimlerin katkıları kirli sektörlerle göre daha düşük düzeyde kalmaktadır.¹²²

Gelişmekte olan ülkelerdeki sanayi sektöründeki gelişmeler daha fazla enerji talebine yol açmakta fakat söz konusu ülkelerin enerji kullanımında etkin teknolojiye sahip olmamaları nedeniyle çıktı başına enerji talebi, başka bir deyişle enerji yoğunluğu, artış göstermektedir.¹²³

Enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri ve atmosferdeki CO₂ emisyonunun yaklaşık 36%'sı imalat sanayinden kaynaklanmaktadır. İmalat sanayinin üçte ikisinden fazla paya sahip temel alt sektörlerini ise; kimya, petrokimya, demir-çelik, çimento, kağıt ve kağıt hamuru ile diğer mineraller ve metaller oluşturmaktadır. Enerji talebi gelişmiş ülkelerde durağan bir hale gelmiş olmakla birlikte gelişmekte olan ülkelerde hızlı bir artış göstermektedir. Bu durum neticesinde 1971- 2004 yılları arasında sanayi sektöründeki enerji kullanımında genel olarak 61% oranında artış gerçekleşmiştir. Bu artış hızıyla devam edilemeyeceği açıkça görülmekte ve bu durum tüm ülkelerin sanayi sektöründe enerjinin verimli kullanılabilmesi için gerekli önlemler alarak düzenlemelerin acil olarak yapılmasını gerektirmektedir.¹²⁴ Sanayi sektörünün yapısal olarak farklılıklar gösteren, çeşitli ve karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı, sanayi sektöründe uygulanması planlanan enerji verimliliği politikalarının başarılı olabilmesi söz konusu sektörlerle verilecek dolaylı veya dolaysız teşviklere sıkı sıkıya bağlı bulunmaktadır.¹²⁵ Nitekim yapılan çalışmalar sanayi sektöründe enerji ile ilgili gerekli enerji yönetimi uygulamalarının benimsendiği takdirde 40% oranında enerji tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koymaktadır.¹²⁶

¹²² Serap Türüt Aşık, Gül İpek Tunç ve Elif Akbostancı, "Türkiye İmalat Sanayinde Enerji Kullanımı ve Kirlilik", **İktisat, İşletme ve Finans**, Vol.23, No.262, 2008, s.5.

¹²³ Saatçioğlu ve Küçükaksoy, **a.g.e.**, s.20.

¹²⁴ IEA- International Energy Agency, "Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emmissions", 2007, p.15.

¹²⁵ Kanako Tanaka, "Review of Policies and Measures for Energy Efficiency in Industry Sector" **Energy Policy** 39, 2011, p.6533.

¹²⁶ Patrik Thollander, Sandra Backlund, Andrea Trianni and Enrico Cagno, "Beyond Barriers – A Case Study on Driving Forces for Improved Energy Efficiency in the Foundry Industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden", **Applied Energy** 111, 2013, p.637.

1.2.3.2. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği

Ulaştırma sektörü alt sistemleri; genel olarak karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu ve boru hatları taşıma faaliyetlerini kapsamaktadır.¹²⁷ Ulaştırma sistemleri içerisinde en fazla kullanılan sistem karayolu taşıma sistemi olduğu için yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak karayoluna yönelik olduğu görülmektedir.

Ekonomik, sosyal, siyasi, kültürel ve özellikle de teknolojik gelişmeler doğrultusunda günümüzde tüm dünyada sürdürülebilir kentiçi ulaşım oldukça kompleks ve karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Sürdürülebilir kentiçi taşıma planlaması sürecinde öncelikler ve tercihler tespit edilirken sadece ekonomik ve kültürel öncelikler değil aynı zamanda gürültü, çevre kirliliği, güvenlik, arazi kullanımı ve enerji unsurları da göz önünde bulundurulması gereken faktörler arasında yer almaktadır.¹²⁸ Özellikle karayolu taşıma sistemlerinde kullanılan enerji türünün neredeyse tamamının petrole dayalı olmasından dolayı taşıma sektöründe enerji verimliliği ayrı bir öneme sahiptir.

Dünya petrol kullanımında taşıma sektörünün payının her geçen gün arttığı göz önünde bulundurulduğunda, petrol tüketiminin taşıma sektöründe payı da sürekli artış göstermektedir. Dolayısıyla taşıma alanında enerji verimliliğinin artırılması amacıyla bir takım önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemlerden en kolay uygulanabilecek olanlar; toplu taşımacılığın özendirilmesi ve alt yapısının genişletilmesi, özellikle çevresel etkenler ve ulaşım kolaylığı açısından raylı sistemlerin yaygınlaştırılması, trafik yoğun saatlere göre toplu taşıma seferlerinin artırılması olarak sayılabilir.¹²⁹ Ancak bu önlemler taşıma alanında tasarruf sağlamaya yönelik olsa da sektör, yapısı itibarıyla araç ve yakıt teknolojileri gibi temel alanlara yönelik olan ve daha köklü çözümlere ihtiyaç duymaktadır.

¹²⁷ Cem Saatçioğlu, **Ulaştırma Sistemleri ve Politikaları Türkiye - Avrupa Birliği Uygulamaları**, Gazi Kitabevi, 2006, s.46.

¹²⁸ Cem Saatçioğlu ve Yaşar Yaşarlar, “Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği”, **KAÜ-İİBF Dergisi**, Cilt:3, Sayı:3, 2012, s.119.

¹²⁹ Kubilay Kavak, “ABD’deki CAFE (Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği) Standartlarının Değerlendirilmesi” , **II.Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı**, Ankara, AnkaMat Matbaacılık San. Limited Şirketi, Nisan 2009, s.69.

Ulaştırma sektöründe enerji verimliliği alanında istenilen seviyeye ulaşılabilmesi için ülkelerin enerji politikalarında eş zamanlı olarak uygulamaları gereken dört önlem bulunmaktadır. Bunlar önlemler; artan araç sayısı ile birlikte araç teknolojilerinin daha verimli hale getirilmesi, kilometre başına daha az yakıt kullanılması için sürücü davranışlarının değiştirilmesine yönelik çalışmalar, araç başına seyahat mesafelerin azaltılması ve ulaşımın kara yollarından ziyade en uygun alt sistemlere kaydırılması yönünde çalışmalar şeklinde özetlenebilir.¹³⁰

Yakıt verimliliği konusunda yapılan en eski çalışma ABD’de gerçekleştirilmiştir. CAFE (Corporate Average Fuel Economy – Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği) standartları, yakıt verimliliği konusunda dünyada ilk kez yapılan bir düzenleme olduğu için önem arz etmektedir.¹³¹ 1975 yılında kabul edilen “Enerji Politikası Koruma Yasası”nda “Otomotiv Verimliliğinin Arttırılması” başlığı altında binek araçlara ve hafif yük taşıtlarına CAFE standartları getirilmiştir. CAFE standartları ile ilgili düzenlemeler, tanımlar ve raporlardan Ulusal Karayolu Trafik Emniyeti İdaresi (NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration) sorumludur. CAFE standartlarının maksimum uygulanabilirlik düzeyinde olması için dört faktör göz önüne alınmaktadır. Bu faktörler; teknolojik fizibilite, ekonomik uygulanabilirliği, diğer standart yakıt ekonomisine etkisi ve ülkenin enerji tasarrufuna ihtiyacı olmasıdır.¹³² CAFE standartları zaman içinde incelenerek gerekli görülen alanlarda çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Bu standartlar, araçların yakıt verimliliğinin ne kadar önemli olduğu ortaya koymaktadır.

Günümüzde araç ve yakıt teknolojileri alanında hibrit ve elektrikli araç çözümleri ön plana çıkmaktadır. Ancak bu gelişmelerin hiç biri karşılaşılan sorunlar nedeniyle henüz sektörde yeterli bir paya sahip olamamıştır. Elektrikli araçların yaygınlaştırılmasının önündeki en önemli engel batarya teknolojilerindeki gelişmelerin beklentileri karşılayamaması sonucunda; maliyet, mesafe, hızlı şarj ve güvenlik endişelerinin giderilememesidir. Elektrikli araçlardaki maliyetlerin halen

¹³⁰ Kazunori Kojima and Lisa Ryan, “Transport Energy Efficiency Implementation of IEA Recommendations since 2009 and Next Steps”, **Energy Efficiency Series**, iea, 2010, p.10.

¹³¹ A.e., p.63.

¹³² NHTSA- National Highway Traffic Safety Administration (Çevrimiçi) <http://www.nhtsa.gov/cars/rules/cafe/overview.htm> 10 Ocak 2012.

çok yüksek olması (15-24 bin dolar) neredeyse araç maliyetinin yarı fiyatını oluşturması ise en önemli sebeplerin başında yer almaktadır.¹³³

Hidrojen enerjisinin yakıt olarak kullanılması, hidrojen enerjisinin çevreci ve özellikle ulaştırma açısından en verimli yakıt olarak görülmesi avantajına karşın elektrikli araçlarda olduğu gibi, maliyetinin hala yüksek olması dezavantajı sebebiyle günümüzde enerji verimliliği açısından yapılan çalışmaların ulaştırma alanında sonuçlara yansması açısından yetersiz kaldığı görülmektedir.¹³⁴

1.2.3.3. Konut Sektöründe Enerji Verimliliği

2013 yılında 7.136.796.000¹³⁵ olan dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık olarak 9 milyar dolaylarında (9.148.038.000) olması beklenmektedir.¹³⁶ Dünya nüfustaki beklenen bu artış ile paralel olarak konutlarda meydana gelecek artış sayısı doğrultusunda enerji tüketiminde ciddi bir artış beklentisi de kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum konutlardaki enerji tüketimi konusunda önemler alınmasını gerektirmektedir.¹³⁷

Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nde (The Energy Performance of Buildings Directive- EPBD) belirtildiği üzere, Avrupa Birliği'nin enerji tüketiminin 40%'ını binalarda tüketilen enerji oluşturmaktadır. Avrupa Birliği ile neredeyse eş değer bir orana sahip olarak Amerika'da ise 2010 yılında bu değer 41% iken Çin de ise 25%'tir. Gelişmiş ülkelerde binalarda tüketilen enerjinin oranı, sanayi ve

¹³³ Muhsin Mazman, Davut Uzun, Cem Kaypmaz ve Emre Biçer, "Elektrikli Araçlar İçin Enerji Depolama Çözümleri", **TMMOB- III. Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı**, MRK Baskı ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti., 2011, s.79.

¹³⁴ T. Nejat Veziroğlu, "Hydrogen Energy and Transportation", (Çevrimiçi) <http://www.icatconf.com/icat2000-2006/tr/2000/makaleler/pdf/3-%20Nejat%20Veziroglu%20-%20HYDROGEN%20ENERGY%20AND%20TRANSPORTATION.pdf> 5 Aralık 2013.

¹³⁵ Population Reference Bureau – PRB, **2013 World Population Data Sheet**, (Çevrimiçi) http://www.prb.org/pdf13/2013-population-data-sheet_eng.pdf 04 Kasım 2013.

¹³⁶ The World Bank (Çevrimiçi) <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTHEALTHNUTRITIONANDPOPULATION/EXTDATASTATISTICS/EXTNPSTATS/0,,contentMDK:21737699~menuPK:3385623~pagePK:64168445~piPK:64168309~theSitePK:3237118~isCURL:Y,00.html> 04 Kasım 2013.

¹³⁷ Visa, vd., **a.g.e.**

ulaştırma sektöründen daha fazla bir paya sahip olarak 20% ile 40% arasında değişiklik göstermektedir.¹³⁸

Konutların enerji performanslarını etkileyen belirli tasarım parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler; binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, binanın yönü, binanın formu, binayı çevreleyen kabuk elemanlarının ısı geçişini etkileyen fiziksel özellikleri, güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri olarak belirtilmektedir. Enerji verimliliği kapsamında bu parametreler doğru şekilde belirlenemediği takdirde binadaki mekanik ve elektrik sistemlerinden gerektiği ölçüde verim elde edilememektedir.¹³⁹

Konutlarda enerji verimliliği konusu ile birlikte yeşil bina (green buildings) kavramı ortaya çıkmıştır. Yeşil binalar çevreye duyarlı olmak ve kaynakları verimli kullanmak amacıyla; binanın tasarımı, yapımı, işletmesi, bakımı, yenilemesi ve yıkımı dahil binanın yaşam döngüsü ile ilgili her türlü aşamayı kapsamaktadır. Bu uygulamanın yaygınlaşarak klasik binaların yerini almasıyla birlikte dayanıklılık ve refah artışı etkileri ekonomi üzerinde de görülebilecektir. Yeşil binalar aynı zamanda sürdürülebilir veya yüksek performans binası olarak da tanımlanmaktadır. Yeşil binalar yapılı çevrenin, doğal çevre ve insan sağlığı üzerindeki genel olumsuz etkilerini azaltmak üzere tasarlanmıştır. Bu etkilerin azaltılması için yapılması gerekenler; enerji, su ve diğer kaynakların verimli kullanılması, insan sağlığının korunması ve çalışanların verimliliğini arttırmak ile atık, kirlilik ve çevresel bozulmanın azaltılması şeklinde üç temel başlık altında toplanmaktadır.¹⁴⁰ Yeşil binalarda, LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) sertifikasının alınabilmesi için gerekli koşullar önem arz etmektedir. LEED sertifikasına sahip olabilmek için gerekli tüm koşullar yeşil binaların çevreye olan duyarlılığı ve hem

¹³⁸ Ion Visa, Macedon D. Moldovan, Mihai Comsit and Anca Duta, "Improving the Renewable Energy Mix in a Building Toward the Nearly Zero Energy Status", **Energy and Buildings** **68**, 2014, p.73.

¹³⁹ Zerrin Yılmaz, "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", **Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı:91**, 2006, ss.8-10.

¹⁴⁰ U.S. Environmental Protection Agency (EPA) "Definition of Green Building" (Çevrimiçi) <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm> 10 Mayıs 2012.

enerji hem de diğer kaynaklardaki verimliliği açısından birbirleriyle örtüşen maddeleri içermektedir.¹⁴¹

Avrupa Birliği'ne üye olan ülkeler ise, Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nde belirtildiği üzere 31 Aralık 2020 tarihi itibarıyla yeni binaların tamamının sıfır enerjili binalar (nearly zero-energy buildings -ZEB), ve 31 Aralık 2018 tarihinden itibaren sonra kamuya ait binaların da sıfır enerjili binalar olmaları hükmü altında bulunmaktadır.¹⁴²

Konutlarda yapılabilecek enerji verimliliğinin yüksek olmasına karşın uygulamada bazı zorluklar bulunmakta ve sonucunda ise elde edilen verimlilik ile maliyeti arasındaki fark yok denecek kadar az olabilmektedir. Bu durumun başta gelen sebebi, konutlarda enerji verimliliği için konut sahiplerinin veya kullanıcılarının ek yatırım maliyetleri ödemeleri gerekmektedir. Ayrıca artan maliyetler, teşviklerin yetersiz olması, bilgi eksikliği ve inşaat sektörünün karmaşık yapısı bu alandaki önemli engeller arasında sayılmaktadır. Konutlarda enerji verimliliği politikaları belirlenirken sadece yeni konutlar için değil aynı zamanda mevcut konutları da kapsayan bir politika belirlenmesi gerekmektedir.¹⁴³

1.2.3.4. Bireysel Alanlarda Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği her alanda karşılaşılan bir kavramdır. Dolayısıyla sadece sanayi, ulaşım ve konut gibi alanlarda değil günlük hayatta da bireysel olarak katkı sağlama olanağı söz konusudur. Özellikle elektrikli ev aletleri bu alanda öne çıkmaktadır. Günlük hayatın vazgeçilmez parçası olan elektrikli ev aletleri enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Bu bağlamda Avrupa Birliği 2009 yılında yayınlamış olduğu 92/75/EEC sayılı enerji etiketleme direktifi ile önemli bir adım atmıştır. Bu direktife göre daha önce de bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar kabul

¹⁴¹ U.S. Green Building Council, "LEED" (Çevrimçi) <http://www.usgbc.org/leed> 10 Mayıs 2012.

¹⁴² Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performances of Buildings, **Official Journal of the European Union L153/13**, (Çevrimiçi) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> 4 Kasım 2013.

¹⁴³ International Energy Agency –iea, (Çevrimiçi) <http://www.iea.org/subjectqueries/buildings.asp> 10 Mayıs 2012.

edilmiş olup daha da detaylandırılmıştır. Bu direktifin temel amacı; elektrikli ev aletlerinde özellikle etiketleme ve ürün bilgilerinin sağlanması ile tüketicinin bilinçlenmesini sağlamak ve tüketiciyi enerji verimliliği en yüksek ürünü seçmeye duyarlı hale getirmektir. Bu direktifte AB üye ülkeleri sonuçlarının ayrıntılı açıklaması da yer almaktadır.¹⁴⁴ Etiketleme yönetmelikleri sonucundaki gelişmeler sayesinde Avrupa’da son yıllarda piyasaya sunulan ev aletlerinin verimlilik yapıları değişmiştir. Günümüzde üretilen buzdolaplarının 1990 yılında üretilenlere göre %75 daha verimli olduğu ve 1985 yılındaki çamaşır makineleri ise enerjide %44 suda ise %62 oranında daha tasarruflu çalışır bir yapıya sahip duruma gelmiştir.¹⁴⁵

Türkiye’de de benzer bir çalışma olarak 2002 yılında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından buzdolabı, çamaşır, bulaşık makineleri, elektrikli fırınlar ve floresan ampullerin enerji etkinliğini gösteren “Etiketleme Yönetmelikleri ve Tebliğleri” yayınlanarak 2003 yılında zorunlu olarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye’de yapılan bu çalışmanın etkin olabilmesinde, sadece etiketleme yönetmelikleri yeterli olmayıp halkı bilinçlendirilmeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır.¹⁴⁶ Günümüzde bireysel alanda enerji verimliliği konusunda önemli atılımlar yapılmakta olup özellikle küçük yaşlardan bireyleri bilinçlendirmek için orta okul ve lise sınıflarına bu konu ile ilgili ders açılması projesi önemli bir gelişmeler arasında yer almaktadır.

Tezin birinci kısmında, çalışma çerçevesinde herhangi bir bilgi eksikliğine sebebiyet vermemek amacıyla, enerji ile ilgili gerekli bilgilere yer verilmiştir. Tezin odak noktası olan yenilenebilir enerji ile ilgili kısımlara değinilirken diğer enerji kaynakları ile olan benzerlikleri ve farklılıkları net bir biçimde belirtilebilmek için bu kısımda tüm enerji kaynakları incelenmiştir. İlk olarak enerji türleri ayrı ayrı teorik olarak ele alınmış olup tüm enerji kaynaklarının ne şekilde ortaya çıktığı ve söz konusu kaynaklardan ne şekilde enerji elde edildiği açıklanmıştır. Bu bilgiler ışığında bir sonraki bölümde yer alan OECD ülkelerindeki yenilenebilir enerji kaynaklarından

¹⁴⁴ Survey of Compliance Directive 92/75/EEC (Energy Labelling)- Final Report, 2009, (Çevrimiçi) http://www.eceee.org/ecodesign/Energy_labelling_directive/Report_energy_labelling 11 Kasım 2013.

¹⁴⁵ Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Verimliliği, **a.g.e.**, ss.48-49.

¹⁴⁶ **A.e.**, ss.49-64.

bahsedilirken her bir enerji türünün özelliklerinin bilinmesi açısından bir alt yapı oluşturulmak istenmiştir.

Enerjinin politika ile ilgili kısımlarında bütünlük sağlamak amacıyla, politika ile ilgili önemli kavramların neyi ifade ettiğine yine birinci bölümde yer verilmiştir. Dolayısıyla sürdürülebilir enerji, enerji güvenliği gibi kavramların önemi bu kısımda vurgulanmıştır. Bu kavramların ortak noktası olan ülkelerin enerji çeşitliliğine yönelmeleri gerektiği ve bu doğrultuda özellikle yenilenebilir enerjinin ön plana çıkması ile çalışmanın ikinci kısmında OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına ve söz kaynakları arttırmak amacıyla OECD ülkelerin uyguladıkları politikalara yer verilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE UYGULANAN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI

2.1. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünya enerji arzında en yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları fosil kaynaklar olmakla birlikte 1973 yılında meydana gelen petrol krizi sonrasında söz konusu kaynaklara olan güvensizlik tüm ülkelerde kendini göstermiştir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının gündeme gelmesindeki en önemli etken olmuştur. 1980’li yıllarda petrol fiyatlarının düşmesine rağmen petrol kullanımı riskli olarak kabul edilmiş ve bu durum ülkeleri alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Günümüzde tüm ülkelerin enerji politikalarındaki temel amaç olan enerji güvenliği açısından, tekrar yükselmiş olan petrol ve doğal gaz fiyatları tehlike arz etmekte ve ülkelerin enerji çeşitliliğine gitmesindeki en önemli faktör olmaktadır. Bu etkenlerin yanı sıra 1990’lı yıllarda çevre bilincinin uluslararası platforma taşınmasıyla birlikte yenilenebilir enerjiye olan ilgi artmıştır. Enerji kaynak çeşitlendirilmesi; enerji güvenliği politikasının en önemli unsuru olmakla birlikte ithalat bağımlılığın azaltılmasına olan katkısı, temiz enerji kaynakları olması, yerel olarak talep edilen miktarda enerji ihtiyacını karşılamaya uygun bir yapısı olması, daha yaygın olarak kırsal ve dağınık yerleşim yerlerindeki enerji taleplerini karşılamaya uygun olması ve bu yerlerde önemli iş alanları yaratarak ülke istihdamına katkıda bulunması gibi önemli etkenler de yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm dünyada önemli bir yere gelmesinde etkili olmaktadır.¹⁴⁷

Enerji politikaları belirlenirken, ülkelerin öncelikli olarak yer vermesi gereken konuların başında sahip oldukları enerji kaynakları potansiyelinin doğru

¹⁴⁷ Mehmet Çağlar, “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK)”, **Türkiye 10. Enerji Kongresi**, 2006, s.1. (Çevrimiçi) http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/mehmetcaglar.pdf 10 Mart 2014.

olarak belirlemeleri gelmektedir. Ülkelerin enerji kaynakları tespit edildikten sonra söz konusu kaynakların geliştirilmesine yönelik yapılması gerekenler; yerli veya yabancı sektöre hangi alanlarda ihtiyaç duyulduğu, hangi kaynağın kamu veya özel sektör tarafından işletilmesinin gerektiğinin belirlenmesi, enerji kaynaklarının ülke enerji talebini karşılamaması durumunda yapılması gereken ithalat gibi önemli konularda strateji geliştirilmesi için ülkelerin enerji kaynakları potansiyelinin aynı zamanda enerji taleplerinin doğru tespit edilmesi şeklinde sıralanabilmektedir.¹⁴⁸

Tablo 5: Dünya ve OECD Ülkelerindeki Toplam Birincil Enerji Arzı Payları (%)

Enerji Kaynakları	Dünya/ OECD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Petrol	Dünya	35.0%	34.9%	34.4%	34.3%	35.0%	34.3%	34.0%	33.1%	32.9%	32.2%	31.5%
	OECD	40.9%	40.6%	40.7%	40.7%	40.5%	39.9%	38.4%	37.8%	37.2%	36.3%	36.3%
Doğal gaz	Dünya	21.2%	21.2%	21.2%	20.9%	20.6%	20.5%	20.9%	21.1%	20.9%	21.6%	21.3%
	OECD	21.3%	21.9%	22.0%	21.7%	21.8%	21.9%	22.9%	23.6%	24.2%	24.5%	24.9%
Kömür	Dünya	23.4%	23.5%	24.4%	25.1%	25.3%	26.0%	26.4%	27.0%	27.1%	27.3%	28.8%
	OECD	20.8%	20.4%	20.5%	20.5%	20.4%	20.5%	21.2%	20.4%	19.6%	20.2%	19.9%
Nükleer	Dünya	6.9%	6.8%	6.5%	6.5%	6.3%	6.2%	5.9%	5.8%	5.8%	5.6%	5.1%
	OECD	11.2%	11.1%	10.7%	11.0%	11%	11.1%	10.8%	11.1%	11.3%	11.0%	10.2%
Yenilenebilir	Dünya	13.5%	13.4%	13.3%	13.1%	12.7%	12.7%	12.4%	12.8%	13.1%	13.0%	13.0%
	OECD	5.7%	5.7%	5.6%	5.7%	5.9%	6.2%	6.5%	6.9%	7.3%	7.6%	8.2%
Diğer	Dünya	0.0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.4%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%
	OECD	0.1%	0.3%	0.5%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.4%	0.4%	0.5%

Kaynak: IEA Statistics “Renewables Information 2002-2013”, International Energy Agency

Tablo 5’te dünyadaki ve OECD ülkelerindeki toplam birincil enerji arz payları yer almaktadır. Tablo incelendiğinde günümüzde hala hakim olan enerji kaynaklarının fosil yakıtlar olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca 2000’li yıllardan sonra nükleer enerjinin payının düştüğü ve yenilenebilir enerjinin payının arttığı görülmektedir. Ancak yenilenebilir enerji içerisindeki en büyük pay Tablo 6’da görüldüğü üzere, biyoenerjiye ait olup bu enerji türü geleneksel olarak kullanılan odun gibi maddeleri de içermektedir. Dolayısıyla bu oranın azaltılarak diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının paylarının arttırılmasına yönelik politikalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

¹⁴⁸Necdet Pamir, “Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler”, ss. 57-58. (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/c6744c9d42ec2cb_ek.pdf 10 Ocak 2014.

Tablo 6: Dünya ve OECD Ülkelerindeki Toplam Birincil Yenilenebilir Enerji Arzı Payları (%)

Enerji Kaynakları	Dünya/ OECD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Güneş, Dalga	Dünya	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.5%	0.6%	0.8%	1.0%	1.2%	1.4%
	OECD	1.0%	1.1%	1.1%	1.0%	1.0%	1.0%	1.1%	1.2%	1.5%	2.0%	2.3%
Rüzgar	Dünya	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	1.0%	1.2%	1.5%	1.8%	2.2%
	OECD	1.0%	1.3%	1.6%	2.1%	2.5%	2.9%	3.6%	4.3%	4.9%	5.5%	6.6%
Jeotermal	Dünya	3.2%	3.0%	3.1%	3.2%	3.2%	3.1%	3.3%	3.7%	3.9%	3.9%	3.9%
	OECD	9.6%	8.2%	9.0%	8.9%	8.6%	8.3%	8.5%	8.5%	8.3%	7.5%	7.6%
Hidro	Dünya	16.4%	16.3%	16.2%	16.7%	17.4%	17.5%	17.7%	17.6%	17.7%	18.0%	17.6%
	OECD	34.8%	34.8%	35.1%	34.6%	33.4%	32.1%	30.2%	30.2%	29.3%	28.0%	27.7%
Biyoenرژی, Atıklar	Dünya	79.9%	80.1%	79.9%	79.4%	78.6%	78.1%	77.3%	76.7%	75.9%	75.2%	74.9%
	OECD	53.6%	54.6%	53.3%	53.4%	54.5%	55.7%	56.5%	55.8%	56.1%	57.1%	55.7%

Kaynak: IEA Statistics “Renewables Information 2002-2013”, International Energy Agency

OECD’de 2012 yılındaki en önemli gelişme yenilenebilir birincil enerji arzındaki güçlü büyüme olmuştur. IEA zaman serilerinin başladığı 1990 yılından bu yana yenilenebilir enerji arzı, toplam birincil enerji arzı içerisindeki en yüksek oran olan 8,5% değerine çıkmıştır. 2011 yılında 8,1% bu değer 2012 yılında 8,5% seviyesine yükselmiştir. 2009 yılındaki küresel durgunluk ve yavaşlamaya karşın büyüme gerçekleşmiş olup bu yükselişteki en büyük pay 2011 yılında 11% olan payını 11,8%’e çıkaran OECD Avrupa’ya aittir. Söz konusu artışın gerçekleşmesinde yenilenebilir enerji teşvik politikalarının önemli etkisi ile bulunmaktadır.¹⁴⁹

2.1.1. OECD Ülkelerinde Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinden fotovoltaik sistemleri (PV) veya termal enerjisi olmak üzere iki farklı teknoloji ile yararlanılmaktadır. Ülkelerin güneş enerjisi kullanımındaki teknolojileri ve değerleri kendi içinde değişiklik gösterdiği için bu bölümde her iki teknolojinin değerlendirilmesi ayrı ayrı ele alınmıştır.

OECD ülkelerinin toplamında 2012 yılında fotovoltaik sistemler ile 89 535 GWh elektrik üretilmiştir. Bu değer toplam yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin 4.2%’sine karşılık gelmektedir. 2012 yılında Almanya, güneş fotovoltaik elektrik üretimi için yüksek tarife uygulamasının da etkisi ile 2000

¹⁴⁹ IEA Statistics “Renewables Information 2013”, International Energy Agency, p.37.

yılında 60 GWh olan değeri 66.9% büyüme oranı ile 2012 yılında 28 000 GWh'a ulaştırmış olup en büyük güneş PV üreticisi konumuna sahiptir. Diğer büyük güneş PV elektrik üreticileri, 18 862 GWh ile İtalya, 12 802 GWh ile ABD, 10 129 GWh ile İspanya ve 4 532 GWh ile Japonya'dır. Söz konusu beş ülkenin toplam fotovoltaiik teknolojileri ile elektrik üretimleri OECD genelindeki payın 83 %'ünü oluşturmaktadır.

Bu ülkelerin toplam yenilenebilir enerji içerisindeki PV güneş enerjisi payları incelendiğinde ise İtalya'nın 7.73%, Almanya'nın 7.33%, İspanya'nın 5.86%, Japonya'nın 2.06%, Fransa'nın 1.76% ve ABD'nin 0.83% değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Mutlak bazda güneş PV ile elektrik üretimi az olmasına rağmen 1990 yılında 19 GWh'den yıllık ortalama 46.9% büyüme hızı ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı büyüme hızına sahip olarak 2012 yılında 89 535 GWh'a ulaşmıştır. 2000 yılından itibaren özellikle Avrupa Birliği'ne üye ülkelerdeki büyüme çok hızlı gerçekleşmiştir.

Güneş PV ile elektrik üretimi OECD bölgeleri bazında ayrıldığında en büyük payın 77.4% ile OECD Avrupa'ya ait olup bu sırayı 14.6% ile OECD Amerika'nın ve 8% ile OECD Asya'nın izlediği görülmektedir.¹⁵⁰

Büyüme hızları açısından ise; İngiltere en yüksek büyüme hızı olan 82.1% ile 2000 yılında 1 GWh olan üretim seviyesini 2012 yılında 1 327 GWh'a ulaştırmıştır. ABD'de ve Japonya'da da önemli artışlar söz konusu olmakla birlikte, diğer üretimi yüksek ülkeler ile karşılaştırıldığında söz konusu ülkelerin artış hızının daha düşük kalarak sırasıyla 42.5% ve 23.9% olarak gerçekleştiği görülmektedir.¹⁵¹

Güneş termal enerjisi; yenilenebilir ısı enerjisi veya elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılmaktadır.¹⁵² Güneş termal enerjisinin elektrik üretimi için tercih edilen bir kaynak olmadığı OECD ülkelerindeki sayılı ülke tarafından kullanılmasından da

¹⁵⁰ OECD Renewable Balance, Total Primary Energy Supply Statistics

¹⁵¹ Renewables Information 2013, **a.g.e.**, p.42.

¹⁵² Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü- YEGM, (Çevrimiçi)
http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx (08 Nisan 2014)

anlaşılmaktadır. Güneş termal enerjisinden elektrik üretimi 1980’li ve 1990’lı yıllarda büyüme göstererek 1998 yılında 887 GWh’a ulaşmış ancak sonraki yıllarda sabit kalmıştır. 1999 ve 2006 yılları arasında güneş termal enerjisinden elektrik üretiminin büyüme hızı neredeyse sıfırdır. ABD’nin bu alana ilgisi sonucunda 1999 yılında 527 GWh olan üretimi 2012 yılında 2 173 GWh’a çıkmıştır. 2007 yılından önce OECD ülkelerinde güneş termal enerjisinden elektrik üretimi çoğunlukla ABD ile Avustralya’daki küçük demonstrasyon tesisleri tarafından gerçekleştirilmiştir. 2007 yılında yeni bir güneş termik santralinin kurulması ile birlikte OECD ülkeleri içerisinde güneş termik elektrik üretimi yapan üçüncü ülke İspanya olmuştur. 2012 yılında İspanya’da güneş termik elektrik santrallerinden 1 174 GWh üretim gerçekleştirilmiştir. 2012 yılında OECD ülkelerindeki toplam güneş termal enerjisinden üretilen 3 953 GWh elektrik söz konusu üç ülke tarafından üretilmiştir.¹⁵³

Güneş termal enerjisinin sadece elektrik üretimi alanındaki kullanımı değil her alandaki kullanım amaçları dikkate alındığında ise OECD toplamında 1990 yılında 21 614 GWh olan değerin 2012 yılında 75 968 GWh’ye yükseldiği görülmektedir. Güneş termal enerjisini en fazla kullanan ülkelerin başında 2012 değerlerine göre 22 940 GWh ile ABD gelmektedir. İsrail 13 050 GWh üretim ile ikinci sırada İspanya ise 7 201 GWh ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bu sıralamayı Almanya, Türkiye, Japonya, Avustralya ve Yunanistan takip etmektedir. Söz konusu ülkeler için toplam yenilenebilir enerji içerisinde güneş termal enerjisi payları incelendiğinde ise İsrail’in çok yüksek bir değer olan 96.77% ile neredeyse tüm yenilenebilir enerji kaynağını güneş termal ile sağladığı görülmektedir. Diğer ülkelerin paylarının ise; Yunanistan 7.72%, Avustralya 4.40%, İspanya 4.16%, Türkiye 3.79%, Japonya 2.17%, Almanya 1.75% ve ABD 1.48% olarak daha küçük değerler olduğu görülmektedir.

¹⁵³ Renewables Information 2013, **a.g.e.**, p.43.

OECD bölgeleri açısından OECD Avrupa 39.29%, OECD Amerika 32.61% ve OECD Asya 28.09% değerleri ile güneş termal enerjisi üretimi birbirine yakın değerler ile dağılmaktadır.¹⁵⁴

Güneş enerjisine olan ilgi giderek artış göstermektedir. Dolayısıyla ülkeler yeni güneş santralleri inşa ederek faaliyete geçirmektedirler. Bu atılımlardan başında 13.02.2014 tarihinde ABD'nin dünyanın en büyük güneş santralini devreye sokması gelmektedir. Ivanpah Güneş Elektrik Üretim Sistemi tarafından Güney Kaliforniya'da Mojave Çölü'nde faaliyete geçen dünyanın en büyük güneş santrali, ABD'nin Enerji Bakanlığı Kredi Programları Ofisi yatırımları tarafından 1.6 milyar dolar ile desteklenmiştir.¹⁵⁵ Bilgisayarlar ile kontrol edilecek ve her biri 2.5 metrelik yükseklik ile 3 metre genişliğe sahip 300 bin ayna panel 139 metrelik bir kule merkezinde elektrik üretmek üzere yapılandırılmıştır. 210x400 cm boyutlarındaki aynalar ise bilgisayar kontrolü ile güneşin açısına göre hareketlere yön vererek 133 metre uzunluğundaki kulelere güneş ışığını yansıtmaktadırlar. Güneş ışığının etkisiyle buharlaşan su, türbinleri döndürmek için kullanılmakta ve bu sayede santrallerin bölgedeki 140 bine yakın eve de elektrik sağlaması hedeflenmektedir. Ivanpah güneş santralinde 392 MW elektrik üretilmesi planlanmaktadır.¹⁵⁶

Dünyanın faaliyete geçmiş olan en büyük güneş santrali ABD'de olmakla birlikte Türkiye'de Konya şehrinde Ivanpah Güneş Santrali'nden daha büyük bir güneş santrali kurulması için çalışmalara başlanmıştır. Türkiye Enerji Bakanı Taner Yıldız'ın yaptığı açıklamaya göre; Konya Karapınar Ayrancı Bölgesi'nde tarım arazisi olmayan güneş enerji potansiyeli çok yüksek olan alana 3 bin MW'lık güneş santrali kurulması planlanmaktadır. Bu santral için 6 milyar dolarlık yatırım yapılacağı belirtilmiştir. Bu projenin gerçekleşmesi durumunda dünyanın en büyük güneş santrali Türkiye'de faaliyet gösterecektir.¹⁵⁷

¹⁵⁴ OECD Renewable Balance, Total Primary Energy Supply Statistics

¹⁵⁵ U.S. Department of Energy, (Çevrimiçi) <http://www.energy.gov/articles/making-solar-power-history-ivanpah> 23 Mart 2014.

¹⁵⁶ Enerji Günlüğü, (Çevrimiçi) <http://enerjigunlugu.net/abd-dunyanin-en-buyuk-gunes-enerjisi-santralini-ku-7121.html> 23 Mart 2014.

¹⁵⁷ Enerji Enstitüsü, (Çevrimiçi) <http://enerjienstitusu.com/2014/04/25/bakan-yildiz-konyada-3000-mwlik-gunes-enerjisi-santrali-icin-calisma-yurutuluyor/> 27 Nisan 2014.

Güneş enerjisi alanındaki en önemli gelişmelerden bir diğeri ise; güneş enerjisinden çok yüksek bir oranda faydalanan İsrail'in kendi kendini temizleyen ilk güneş santrali projesini uygulamaya geçirmesidir. İsrail enerji şirketi Eccopia, tozun ve kirin sebep olduğu düşük verime yine güneş enerjisi ile çalışan robotlar aracılığıyla çözüm arayarak güneş santrallerine yeni bir boyut getirmiştir. Eccopia Kibbutz Ketura, güneş santrallerine robotları monte ederek dünyanın ilk kendi kendini temizleyen güneş santralini oluşturmuştur. Özellikle su açısından kıt olan bölgelerde daha da verimli olacağı ve bu uygulamanın verimi 35% oranında arttıracığı beklenmektedir. Güneş sistemine monte edilen ve her bir güneş paneli için çalışan 100 robot, her akşam ait oldukları paneli mikrofiber bezler ile ve hiç su kullanmadan kontrollü hava akımı ile dakikada 100 m² alanının temizliğini gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. Temizlik işlemi aynı saatte başlayıp aynı saatte sona ermek üzere programlanmış olup ayrıca daha önceki yıllarda yılda beş defa beşer gün süren temizlik süresini de üretime geri kazandırmaktadır.¹⁵⁸

2.1.2. OECD Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi

OECD ülkelerinde 2012 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin 17.2%'si rüzgar türbinleri tarafından üretilmiştir. OECD bölgeleri arasında en yüksek rüzgar enerjisi kullanımı 54.38% ile OECD Avrupa'ya ait olup 42.03% ile OECD Amerika bu değeri takip etmekte ve geriye kalan 3.59% gibi küçük bir oran ise OECD Asya'ya ait olmaktadır. 1990 ve 2012 yılları arasında rüzgar enerjisi yıllık ortalama 23.1% büyüme hızı ile 3.8 TWh'dan 371.9 TWh değerine yükselmiştir. Söz konusu büyüme hızı güneş fotovoltaik büyüme hızından sonra ikinci en büyük büyüme hızıdır. Rüzgar enerjisi kullanımının büyük ölçüde Avrupa'da hükümetler tarafından sübvansede edilmesi, OECD Avrupa'nın büyük payı oluşturmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebeple OECD Avrupa'daki büyüme hızı toplam OECD büyüme hızından daha yüksek bir değer olarak 28.8% seviyesinde gerçekleşmiştir. En yüksek büyüme hızına sahip olan Portekiz'de ise bu oran 52.2% olup 1990 yılında 1 GWh olarak gerçekleştirilen üretim 2012 yılında 10 258 GWh'e çıkmıştır. Mutlak anlamda ise en büyük rüzgar enerjisi üreticileri ABD, İspanya ve Almanya

¹⁵⁸ Alternatif Enerji, (Çevrimiçi) <http://www.alternatifenerji.com/kendi-kendini-temizleyen-ilk-gunes-santrali-israilde.html> 03.04.2014.

olup 2012 yılında sırasıyla 140.9 TWh, 49.1 TWh ve 46.0 TWh üretim gerçekleştirmişlerdir.¹⁵⁹ Bu sırayı ise 19 384 GWh ile İngiltere, 14 932 GWh ile Fransa, 13 231 GWh ile İtalya, 11 780 GWh ile Kanada, 10 259 GWh ile Portekiz, 10 256 GWh ile Danimarka ve 7 160 GWh ile İsveç izlemektedir. Rüzgar enerjisinin en fazla üretiminin gerçekleştiği ülkelerde 2012 yılında toplam yenilenebilir enerji içerisinde rüzgar enerjisinin payları incelendiğinde İspanya'nın 28.41%, Danimarka'nın 21.27%, İngiltere'nin 19.04%, Portekiz'in 18.92%, Almanya'nın 12.04%, ABD'nin 9.07%, Fransa'nın 6.50%, İtalya'nın 5.42%, İsveç'in 3.53% ve Kanada'nın 2.24% değerlerine sahip olduğu görülmektedir.¹⁶⁰

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ülkelerin en fazla yöneldikleri enerji türüdür. Dolayısıyla rüzgar enerjisi ile ilgili ciddi gelişmeler söz konusu olmaktadır. Bu gelişmelerin en önemlilerinden biri; Siemens tarafından 175 rüzgar türbini ile dünyanın en büyük deniz üstü rüzgar santrali olan London Array Santrali'nin faaliyete geçmiş olmasıdır. İngiltere'de Londra'nın 20 km yakınlarındaki Kent ve Essex bölgelerinde 100 km²'lik bir alan kaplayan santralin inşa çalışmaları 2009 yılı temmuz ayında başlayıp ilk rüzgar türbini kurulumu 2011 yılı mart ayında son türbinin kurulumu ise 2012 Aralık ayında tamamlanmıştır. Santralde, Siemens'in her biri 3.6 MW güç üretebilen, 120 MW kanat çapına sahip rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Londra Array Santrali'nin 630 MW'lık güç ile yılda 900 bin ton karbondioksit emisyonunu azaltması beklenmektedir. London Array Santrali; Dong Energy, E.ON ve Masdar konsorsiyumu tarafından yönetilmekte olup santralden sağlanacak güç İngiltere'deki 500 bin evin elektrik ihtiyacını karşılayacak düzeydedir.¹⁶¹

Günümüzde faaliyet gösteren en büyük rüzgar santrali London Array Santrali olmakla birlikte Japonya dünyadaki en büyük rüzgar santralini devreye sokmak için çalışmalara başlamıştır. 2011 yılında Fukuşima'da yaşanan nükleer kaza sonrasında nükleer enerjiden vazgeçen Japonya, artan enerji ihtiyacını karşılamak için iki

¹⁵⁹ Renewables Information 2013, **a.g.e.**, p.41.

¹⁶⁰ OECD Renewable Balance, Total Primary Energy Supply Statistics

¹⁶¹ Enerji Enstitüsü, (Çevrimiçi) <http://enerjiensitusu.com/2013/08/06/siemensten-dunyanin-en-buyuk-deniz-ustu-ruzgar-santrali/> 05 Nisan 2014. ile Yeşil Ekonomi, (Çevrimiçi) <http://www.yesilekonomi.com/en-buyuk-deniz-ustu-ruzgar-tarlasi-devreye-alindi> 05 Nisan 2014.

nükleer tesisini yeniden devreye sokmak zorunda kalmıştı. Bu durumun önüne geçebilmek için yenilenebilir enerji yatırımlarını arttıran Japonya rüzgar santralının kurulum yerini Fukuşima açıkları olarak belirleyerek 106 m yükseklik ve 80 m çapa sahip ilk rüzgar türbini ile elektrik üretmeye başlamıştır. Santral tamamlandığında yılda 1 GW elektrik üretilmesi planlanmaktadır.¹⁶²

2.1.3. OECD Ülkelerinde Hidro Enerji

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebin giderek artmasıyla hidroelektrik santralleri de önemli ölçüde artış göstermiştir. Bu artış sadece hidroelektrik santrallerinin sayıca artmasıyla gerçekleşmeyip aynı zamanda santrallerin boyutlarının büyümesiyle de sonuçlanmıştır. 2000’li yıllara kadar hidroelektrik santrallerinin tamamı yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almakta birlikte son yıllarda büyük ölçekli hidroelektrik santrallerinin çevreye olan zararlarının ortaya çıkması sonucunda sadece küçük ölçekli hidroelektrik santralleri yenilenebilir enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir.¹⁶³ Küçük ölçekli hidroelektrik santrallerinin uluslararası resmi kabul görmüş bir tanımı olmamakla birlikte genellikle 25 MW’a kadar güce sahip santraller küçük ölçekli sayılmaktadır. Değişik kurumlar mini ve mikro hidroelektrik santralleri için farklı üst sınırları kullanmaktadırlar. Avrupa’da genel olarak 10 MW üst sınır olarak kabul edilmektedir. Hindistan, tam teşekküllü olarak Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı ’na (Ministry of New and Renewable Energy - MNRE) sahip dünyanın sayılı ülkelerinden birisidir. Söz konusu bakanlık ve UNIDO (United Nations Industrial Development Organization- Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü) da aynı değerleri baz almaktadır. Bu değerlere göre, hidroelektrik santralleri kapasiteye bağlı olarak 100 kW’ye kadar kapasiteyi mikro, 101 kW - 1000kW (1MW) kapasiteyi mini ve 1 MW ile 25 MW arasındaki kapasiteye sahip olan santralleri ise küçük hidroelektrik santraller olarak sınıflandırmaktadır. Bazı ülkeler arasında küçük hidroelektrik santrallerinin üst sınırı arasında büyük farklar söz konusudur. Örneğin İngiltere için üst sınır değeri 5 MW

¹⁶² Enerji Enstitüsü, (Çevrimiçi) <http://enerjienstitusu.com/2013/11/12/japonya-fukusimada-dunyanin-en-buyuk-ruzgar-santralini-kuracak/> 05 Nisan 2014.

¹⁶³ M. Premalatha, Tabassum-Abbasi, Tasneem Abbasi and S.A. Abbasi, “A Critical View on the Eco-friendliness of Small Hydroelectric Installations”, **Science of the Total Environment** 481, 2014, p. 629.

iken İsveç'te 15 MW, Kolombiya ve Avustralya'da 20 MW, Çin ve Hindistan'da 25 MW, Filipinler ve Yeni Zelanda da ise 50 MW'tır.¹⁶⁴

Ülkelerin hidro enerji payını hesaplamakta hidroelektrik santrallerinin ayırımına gidilmediği ve ülkeler arasında üst sınırlar değişiklik gösterdiği için bu çalışmadaki hidro enerji payı ölçek boyutu yapılmadan tüm hidro enerji verilerini içermektedir.

OECD ülkelerin çoğunluğunda hidro enerji, potansiyel enerji sınırına yaklaşmıştır. 1990 ve 2012 yılları arasında hidroelektrik santrallerinden üretilen elektrik yıllık ortalama 0.7% artış ile 1 182 TWh değerinden 1 384 TWh değerine ulaşmıştır. Ancak diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının payının hızlı artması sonucunda 2012 yılında yenilenebilir enerji içerisinde hidro enerjinin payı 1990 yılına göre düşüş göstermiştir. Hidroelektrik üreten ülkelerin ilk sıralarında Kanada, ABD ve Norveç gelmektedir. 2012 yılında OECD ülkelerinin hidroelektrik üretiminin sırasıyla 27.5%, 20.2% ve 10.2% paylarını oluşturmaktadırlar.¹⁶⁵ Hidroelektrik kullanım miktarını söz konusu üç ülkeden sonra İsveç, Japonya, Türkiye, Fransa, İtalya, Avusturya ve İsviçre izlemektedir. Hidro enerjiden en fazla elektrik üretiminin gerçekleştirildiği ülkelerin 2012 yılında toplam yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki hidro enerji paylarına bakıldığında ise Norveç'in 87.17%, Kanada'nın 72.32%, İsviçre'nin 63.64%, Türkiye'nin 41.98%, İsveç'in 38.85%, Japonya'nın 35.44%, Avusturya'nın 35.10%, Fransa'nın 24.55%, ABD'nin 18.04% ve İtalya'nın 17.16% oranlarına sahip oldukları görülmektedir.¹⁶⁶

OECD'nin bölgesel olarak ayrıldığı paylar 2012 yılı için incelendiğinde hidro enerji kullanım paylarının OECD Amerika için 51.37%, OECD Avrupa için 40.08%, OECD Asya için ise 8.54% olduğu görülmektedir.¹⁶⁷

¹⁶⁴ Tasneem Abbasi and S.A. Abbasi, "Small Hydro and the Environmental Implications of Its Extensive Utilization", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 15, 2011, p.2315.

¹⁶⁵ Renewable Information 2013, **a.g.e.**, p.41.

¹⁶⁶ OECD Renewable Balance, Total Primary Energy Supply Statistics

¹⁶⁷ **A.e.**

2.1.4. OECD Ülkelerinde Jeotermal Enerji

Yirminci yüzyıl başına kadar genellikle sağlık ve pişirme amaçlı kullanılan jeotermal kaynakların, gelişen teknoloji ile günümüzde elektrik üretimi, ısıtma ve endüstride çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır.¹⁶⁸

Jeotermal enerjiden daha çok ısınma gibi alanlarda faydalanılmakta elektrik üretimindeki gelişmeler ise daha sınırlı kalmaktadır. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde, hidro enerjiye benzer olarak 1990-2012 yılları arasında önemli bir büyüme gerçekleşmemiş ve yıllık ortalama 2.2% oranında büyüme hızı ile üretim miktarı 28.6 TWh değerinden 46.0 TWh değerine ulaşmıştır.

OECD Amerika bölgesinde, jeotermal enerjiden elektrik üretimi 1990–2012 yılları arasında neredeyse sabit kalmış olmasına rağmen bu bölge, OECD bölgeleri içerisinde 55.3% oranı ile en büyük jeotermal elektrik üreticisi bölgesidir. Söz konusu değer yüksekliği ABD'nin, 2012 yılında 42.6%'lık pay ile OECD ülkelerindeki en büyük üretici konumuna sahip olmasından kaynaklanmaktadır. 1990 yılında jeotermal elektrik üretimi 16.0 TWh'nın biraz üstünde olan ABD'nin 2012 yılındaki üretimi çok az bir artış ile 19.6 TWh'e yükselmiştir. İkinci büyük üretici olan Yeni Zelanda'da 2012 yılında 6.2 TWh üretim gerçekleşmiş olup üçüncü büyük üretici olan Meksika 5.8 TWh üretim ile OECD jeotermal elektrik üretiminde 12.6 % paya sahip olmuştur. Diğer büyük üreticiler 12.1% ile İtalya, 11.3% ile İzlanda ve 5.5% ile Japonya'dır. Jeotermal elektrik üretimindeki en yüksek büyüme hızı yıllık ortalama 17.9% ile Portekiz'e ait olup ülkenin 1990 yılında 4 GWh olan üretimi 2012 yılında 150 GWh seviyesine ulaşmıştır.

Yenilenebilir elektrik üretimi için dördüncü büyük kaynağın jeotermal olmasına rağmen, OECD ülkelerinin yarısından azı, sadece on ülke, jeotermal enerjiden elektrik üretmek amacıyla faydalanmaktadır. Ayrıca, jeotermal potansiyeli olan ülkelerde sadece birkaç gelişme planı bulunmaktadır. Dolayısıyla jeotermal

¹⁶⁸ Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü- YEGM, (Çevrimiçi)
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/jeo_kullanim_alanlari.aspx 10 Nisan 2014.

enerjiden elektrik üretmek amacıyla yararlanılması ile ilgili gelişmelerinin önümüzdeki yıllarda da sınırlı olacağı beklenmektedir.¹⁶⁹

Jeotermal enerjinin sadece elektrik üretmek amacıyla değil tüm alanlardaki kullanım durumu incelendiğinde 1990 yılında OECD ülkelerindeki toplam 305.76 TWh olan üretiminin, çok az bir artış göstererek 2012 yılında 388.55 TWh değerinde olduğu görülmektedir. OECD Amerika bölgesi, jeotermal enerjinin elektrik üretimi alanında olduğu gibi, OECD bölgeleri içerisinde yine en büyük paya sahiptir. Ancak elektrik üretimi amacıyla kullanıldığındaki 55.3% oranından daha düşük olarak 43.67%'lük bir pay ile ilk sırada yer almaktadır. OECD Amerika'yı; 37.79% ile OECD Avrupa ve son olarak 18.54% ile OECD Asya izlemektedir.

Jeotermal enerjinin tüm alanlardaki kullanımı OECD ülkeleri içerisinde sıralandığında birinci sırada yine ABD'nin geldiği görülmektedir. 1990 yılında 164 TWh olan üretim 2012 yılında 111.53 TWh değerine düşmekle birlikte yine de ABD jeotermal enerji üretiminde birinci sırada yerini almaktadır. 1990 yılında 51.23 TWh jeotermal enerjisi üreten Meksika 2012 yılında 58.16 TWh değeri ile ikinci sırada yer alıp elektrik üretimi alanında ikinci sırada bulunan Yeni Zelanda'nın genel jeotermal enerjisi kullanımı alanında önüne geçmiştir. Aynı yıllar için 34.55 TWh değerinden 57.51 TWh değerine yükseliş gösteren İtalya da üçüncü sırada yer almaktadır. Bu sıralamayı İzlanda, Yeni Zelanda, Japonya, Türkiye, Almanya, İsviçre ve Portekiz izlemektedir. Jeotermal enerjisini en fazla üreten ülkelerin 2012 yılında toplam yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki jeotermal enerji paylarına baktığında ise İzlanda'nın 79.18%, Yeni Zelanda'nın 52.95%, Meksika'nın 30.08%, İtalya'nın 23.56%, Türkiye'nin 19.1%, Japonya'nın 12.47%, ABD'nin 7.19%, İsviçre'nin 4.58%, Portekiz'in 2.86% ve Almanya'nın 2.02% oranlarına sahip oldukları görülmektedir.¹⁷⁰

¹⁶⁹ Renewables Information 2013, **a.g.e.**, p.41.

¹⁷⁰ OECD Renewable Balance, Total Primary Energy Supply Statistics

2.1.5. OECD Ülkelerinde Biyoenerji

Biyoenerji; katı biyoyakıtlar, sıvı biyoyakıtlar ve biyogazları içermektedir. Her ülkenin sahip olduğu biyoenerji çeşidi farklı olduğu için bu bölümde biyoenerji türleri ayrı ayrı ele alınmıştır.

OECD ülkelerinin toplamında katı biyoyakıtlardan elektrik üretimi yıllık ortalama 2.7% büyüme hızı ile 1990 yılında 94.3 TWh değerinden 2012 yılında 169.2 TWh değerine yükselmiştir. 2012 yılında hidroelektrik ve rüzgar enerjisinden sonra katı biyoyakıt OECD ülkelerinde elektrik üretiminin 7.8%'ini gerçekleştirerek yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi payında üçüncü büyük kaynak olarak yer almaktadır. En büyük katı biyoyakıt kullanıcısı olan ABD, OECD ülkeleri içerisinde 25.8%'lik paya sahip olarak 43.6 TWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiş olup bu değer ülkenin yenilenebilir elektrik üretiminin 8.4%'üne karşılık gelmektedir. İkinci büyük üretici olan Japonya'da 8.8 TWh elektrik üretimi ile ülkenin yenilenebilir elektrik arzının 23.8%'ini oluşturmaktadır. 2012 yılında, yenilenebilir elektriğin en büyük katı biyoyakıt kaynakları 66.6% ile Estonya, 56.5% ile Polonya ve 48.9% ile Macaristan olmuştur. Almanya, Finlandiya ve İsveç de büyük üreticiler arasında yer almaktadır. Genel olarak bakıldığında ise; Yunanistan, İzlanda, İsrail ve Lüksemburg hariç tüm OECD ülkelerinde katı biyoyakıttan elektrik üretiminin gerçekleştirildiği görülmektedir.¹⁷¹

Sıvı biyoyakıtların elektrik üretimi için kullanılması oldukça yeni bir teknolojidir. Bu tür elektrik üretimini bildiren ilk ve tek ülke 2001 yılında 15 GWh değeri ile Almanya olmuştur. 2001 yılından itibaren sayıları her geçen sene artarak bir çok ülkede sıvı biyoyakıttan elektrik üretilmiştir. 2012 yılında toplam 3 170 GWh değeri ile altı ülke bu şekilde elektrik üretmiş olup en büyük üretici 2 535 GWh değeri ile İtalya'dır.¹⁷²

Biyogaz enerjisinden elektrik üretimi OECD ülkelerinde 1990 yılında 3.7 TWh iken yıllık ortalama 13.3% büyüme hızı ile 2012 yılında 56.8 TWh değerine ulaşarak en hızlı büyüyen üçüncü yenilenebilir elektrik kaynağı olma özelliğine

¹⁷¹ Renewables Information 2013, **a.g.e.**, p.41.

¹⁷² **A.e.**, p.43.

sahiptir. Söz konusu büyümeye en büyük katkı 1990 yılında 27.2% paya sahip olan OECD Avrupa'nın 2012 yılında bu payı 75.2%'ye çıkarmasından gelmektedir. Bu büyümenin büyük çoğunluğu da 1990 yılından bu yana yıllık ortalama 23.3% büyüme oranı ile OECD ülkeleri içerisinde 43.8%'lik bir paya sahip olan Almanya'dan kaynaklanmaktadır. Üçüncü ve dördüncü büyük OECD üreticileri de Avrupa bölgesinde bulunmaktadır. İngiltere 5.9 TWh ile 10.5%'lik paya sahip iken İtalya 3.2TWh ile 5.6%'lık payı oluşturmaktadır. İkinci en büyük üretici ülke ise ABD olup 10.8 TWh ile OECD biyogaz elektrik üretiminin 19.0%'luk kısmını oluşturmaktadır. ABD'nin OECD biyogaz elektrik üretimindeki bu büyük payına rağmen büyüme oranı 1990 yılından bu yana 6.9% seviyesinde olup bu oran, OECD Avrupa ülkelerinin bir çoğundan çok daha düşük bir seviyede gerçekleşmiştir. 1990 yılından bu yana İngiltere 12.4%, İtalya 39.8% yıllık büyüme hızları ile ABD'den çok daha hızlı oranda büyüme göstermişlerdir. OECD Avrupa'nın ise 1990 yılından itibaren yıllık ortalama büyüme hızının 18.6% oranında gerçekleşmesi bu bölgenin OECD içerisinde biyogaz enerjisinden elektrik üretimindeki en büyük paya sahip olmasına neden olmaktadır.¹⁷³

2.1.6. OECD Ülkelerinde Dalga ve Gel-git Enerjisi

Dalga, gel-git ve okyanus enerjileri, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en az kullanılan enerji türüdür. OECD ülkelerinde sadece Fransa ve Kanada tarafından kullanılmaktadır. 2012 yılında dalga, gel-git ve okyanus hareketlerinden toplam 536 GWh elektrik elde edilmiştir. Su hareketlerinden elektrik üretiminin ana üreticisi, gel-git hareketlerinden faydalanarak 509 GWh elektrik üretimi gerçekleştiren Fransa'dır. Söz konusu enerji türüne katkı sağlayan diğer tek ülke olan Kanada ise 27 GWh elektrik üretimi gerçekleştirmiştir.¹⁷⁴

Kanada'nın su enerjisi kaynaklarının yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı 0.0065% dolaylarında seyretmiş olup en yüksek olan payı 1993 yılında 0.0079% olmuştur. Fransa'da ise aynı değer 0.2791% olup en yüksek payı 1990 yılındaki 0.3226%'dir. Bu yenilenebilir enerji kaynağı yıllar itibariyle, payının

¹⁷³ A.e., pp.41-42.

¹⁷⁴ A.e., p.43.

artmasına yönelik herhangi bir gelişme gösterememiş olup devamlı artan ve azalan bir seyir izlemektedir. En yüksek değerleri yukarıda belirtildiği üzere 1990 ve 1993 yıllarına aittir. Söz konusu kaynakların 2012 yılındaki toplam enerji arzı içerisindeki payı ise Kanada için 0.0009%, Fransa için 0.0173%¹⁷⁵ olup enerji payları içerisinde bir anlam ifade etmediği açıkça görülmektedir.

2.2. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Politikaları

Bu başlık altında yenilenebilir enerji politikalarının etkili olmasında en önemli faktörler olan yatırım ve AR-GE faaliyetleri ele alınmıştır.

2.2.1. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Yatırımları

2008 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan ekonomik kriz bütün yatırımlar üzerinde etkili olarak enerji yatırımlarını da özellikle üç temel konu ile önemli ölçüde etkilemiştir.¹⁷⁶

Kredi piyasalarındaki durgunluk, enerji şirketlerinin devam etmekte olan veya yeni başlayacak olan projeler için yeni sermaye temin etmesini zorlaştırmış ve kredi temin edilmesinin daha sıkı bir hale gelmesine yol açmıştır.

2008 ortalarından sonra enerjiye olan talebin düşmesiyle birlikte petrol ve diğer enerji kaynaklarının fiyatlarındaki düşüşten dolayı, birkaç ay öncesine göre kıyaslandığında çok daha düşük kar getiren yatırımlar yapılmış olduğu ve neredeyse söz konusu yatırımların maliyetinin daha yüksek bir seviyeye geldiği görülmüştür.

Enerji talebinin azalması ile birlikte kapasiteden daha az enerjiye ihtiyaç duyulmakta olup yatırımcılar için aciliyet söz konusu olmamaktadır.

Bu etkenlerle doğrultusunda, yürürlükte olan bir çok proje yavaşlatılmış, ertelenmiş veya iptal edilmiştir.

Yenilenebilir enerji sektöründeki büyüme 2004 yılından beri her yıl önemli ölçüde büyüme gösterirken 2008 yılındaki mali kriz, yenilenebilir enerji yatırımları

¹⁷⁵ OECD Renewable Balance, Total Primary Energy Supply Statistics

¹⁷⁶ IEA- International Energy Agency, "The Impact of The Financial and Economic Crisis On Global Energy Investment" OECD/IEA Mayıs 2009, p.10.

üzerindeki etkisini özellikle yenilenebilir enerji geliştiren şirketlerin bankalardaki borç akışı yoluyla göstermiştir.¹⁷⁷ 2009 yılında hükümetler ekonomik krizin üstesinden gelebilmek için farklı endüstriler yaratma politikası izlemiş ve yeni iş alanları ortaya çıkmıştır. Bu durum yenilenebilir enerji sektörünü olumlu yönde etkilemiş ve 2007 yılında dünya çapında hükümetlerin bu sektöre verdikleri destek 41 milyar dolar iken 2008 yılında ekonomik krizin etkisiyle beklenenden daha az büyüme göstererek 44 milyar dolar seviyesine gelmiş ve 2009 yılında hükümetlerin farklı endüstri yaratma politikaları ile birlikte 57 milyar dolara yükselmiştir. Bu değerin 2015 yılında 115 milyar dolar seviyelerine çıkacağı beklenmektedir.¹⁷⁸

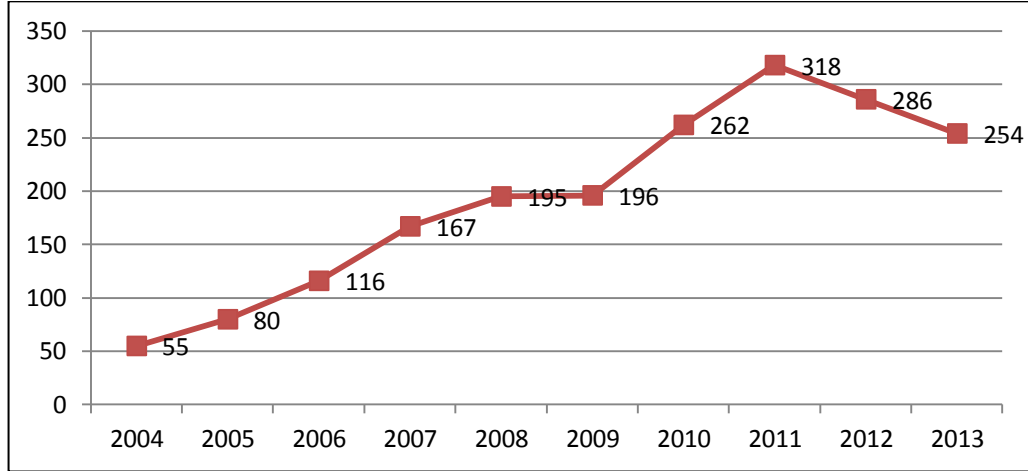
2004 yılından itibaren yenilenebilir enerji yatırımları, 2009 yılındaki küresel kriz dolayısıyla gerçekleşen duraklama dışında devamlı bir artış trendi göstermekte iken söz konusu yatırımların 2012 yılında önemli ölçüde düşüş gösterdiği ve 2013 yılında da aynı şekilde devam ettiği görülmektedir. Bu düşüşlerin gerçekleşmesindeki nedenlerin bir tanesi aslında olumlu bir sebep olan fotovoltaiğin maliyetindeki düşüştür. Güneş enerjisindeki yatırım tutarı düşmekle birlikte maliyetlerdeki azalma sayesinde fotovoltaiik sistemlerin sayısında artış gerçekleşmiştir. Yatırım tutarlarının azalmasındaki diğer önemli etken ise bazı ülkelerin politikalarındaki belirsizlikten ve fosil kaynaklara yapılması gereken yatırım baskısından kaynaklanmaktadır.¹⁷⁹

¹⁷⁷ UNEP, The Global Financial Crisis and Its Impact on Renewable Energy Finance, Nisan 2009, p.1.

¹⁷⁸ Deloitte, Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler, Enerji ve Doğal Kaynaklar Endüstrisi, 2010, s.2.

¹⁷⁹ Global Trends in Renewable Energy Investment 2014, Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (Çevrimiçi) http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/14008nef_visual_14_key_findings.pdf 14 Mayıs 2014.

Şekil 5: Yeni Yenilenebilir Enerji Yatırımları (milyar dolar)



Kaynak: Global Trends in Clean Energy Investment, 15 January 2014, Bloomberg New Energy Finance, (Çevrimiçi) <https://www.bnef.com/InsightDownload/.../pdf/> 14 Mayıs 2014.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği (EWEA), yenilenebilir enerji teşvik mekanizmaların planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi aşamalarında yardımcı olacak, aşağıda belirtilen, on bir özelliğe dikkat çekmiştir:¹⁸⁰

- Basit ve açık uygulamalar ile yönetim maliyetlerini düşürmek
- Teşvik mekanizmalarının çeşitliliğini arttırmak amacıyla birden fazla teşvik uygulamalarına yer verilmesi
- Yatırımcının hiçbir aşamada güvensizlik yaşamamasının sağlanması
- Üretim maliyetlerinin düşük seviyede olması
- Tüketici fiyatları üzerinde azaltıcı etki sağlanması
- Piyasanın kalkınması ve geliştirilmesine katkısı olması
- Genel piyasa yapısına ve diğer piyasa düzenleyici mekanizmalarına uyum sağlaması
- Piyasada mevcut olan sistemden kolay ve aşamalı bir geçiş sağlaması
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dair kamuoyu oluşturmaları
- Dışsal faktörlerin mümkün olduğu kadar ortadan kaldırılması

Bu özellikler yenilenebilir enerji teşviklerinin belirlenmesinde yol gösterme niteliğinde olup değerlendirme yapılırken göz önünde bulundurulması önem arz eden faktörleri içermektedir.

¹⁸⁰ Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler, **a.g.e.**, s.2.

Yenilenebilir enerji kapsamında dünyada yürütülen piyasa bazlı ve piyasa dışı teşvik mekanizmaları esas olarak aşağıda yer almaktadır.¹⁸¹

Sabit fiyat garantisi, yenilenebilir enerji üreticilerine üretimlerinin belirlenen sabit bir fiyattan satın alınacağına yönelik garanti verilmesini ifade etmektedir. Belirlenen sabit fiyatın teşvik ifade edebilmesi için üreticinin sabit fiyatı karlı bulması gerekmektedir. Sabit fiyat garantisi belli bir zaman için verilmekte olup ülkeler arasında bu süre değişiklik göstermekle birlikte genellikle 10-20 yıllık bir süre için geçerli olmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek açısından söz konusu teşvikin uzun vadeli bir teşvik olması dolayısıyla yatırımcının riskini düşürmesi ve fiyatın dönemsel olarak sabit bir seviyede kalması ile yatırımcıyı verimliliğini attırmaya yönlendirmesi sabit fiyat garantisi teşvikinin öne çıkan özellikleridir. Esnek, hızlı, uygulaması kolay olan teşvikin kamu idaresine yönelik maliyetlerinin de düşük olması bu teşvikin 40'dan fazla ülke tarafından uygulanmasındaki önemli etkenler arasında yer almaktadır. Sabit fiyat garantisinin ekonomik açıdan da etkili bir araç olabilmesi için teknolojinin gelişip yaygınlaşması ile teknolojiye ait maliyetler düştükçe ve üreticilerin öğrenme eğrisindeki başarıları yükseldikçe sabit olan tarifenin de bu değişimler doğrultusunda düşmesi gerekmektedir.

Prim garantisi, sabit fiyat garantisine benzeyen bir teşvik olup yenilenebilir enerji üreticisine üretiminin satın alınmasının garantisini vermektedir. Bu garantiye ek olarak piyasa fiyatına belirli bir prim ilave edilerek üreticiye bu şekilde oluşan tutar üzerinden ödeme yapılmasını da kapsayan bir teşviktir. Prim değerinin ne şekilde temin edileceği ülkeden ülkeye değişmekle birlikte genellikle doğrudan tüketiciden alınmakta bazen ise kamu bütçesinden temin edilmektedir. Bu teşvik türü kendi içinde üç farklı prim yöntemini içermektedir. Sabit prim, yenilenebilir enerji üreticisine yapılacak ödemelerin piyasa fiyatı ne olursa olsun prim fiyatının bu değere ilave edilmesi ile yapılmaktadır. Alt ve üst sınır içeren değişken prim teşvik yöntemi ise, primin piyasa fiyatına göre şekillenmesini ifade etmektedir. Piyasa fiyatı yükseldiği zaman yenilenebilir enerji üreticilerine eklenen prim azalmakta, piyasa

¹⁸¹ A.e., ss.3-7.

fiyatı düştüğünde ise artmaktadır. Bu yöntem, üreticinin en az karlılığını koruyan bir fiyatı garantilemektedir. Piyasa fiyatına entegre sabit prim yöntemi ise, sabit fiyat ve prim garantisi yöntemlerinin karışımı olan bir yöntemdir. Bu yöntem, yenilenebilir enerji üreticilerine önceden belirlenen en az toplam ödemeyi garanti etmektedir. Sabit fiyat garantisine çok benzemekle birlikte söz konusu yöntemden farkı, üreticiye sabit fiyattan yapılacak ödemenin sürekli olmamasıdır. Ödeme, spot piyasa fiyatı ile garanti edilen en az fiyat spot piyasa fiyatının altında kaldığı zaman arada kalan fark kadar primden oluşan iki bileşen olarak yapılmaktadır. Piyasa fiyatı, garanti edilen en az fiyatın üzerinde olduğu sürece prim ödemesi yapılmamaktadır.

Zorunlu kota ve yeşil sertifika piyasası pek çok ülkede uygulanmakta olan yenilenebilir enerji teşvik sistemidir. Kota sistemi; tüketici, tedarikçi veya üreticilere tüketim, satış veya üretim düzeylerinin belirlenen bir yüzdesinin yenilenebilir kaynaklardan oluşması için kota verilmesini ifade etmektedir. Kota sisteminin uygulanabilmesi için üretimin belirlenen düzeylerde yenilenebilir kaynakları içerdiğinin resmi olarak belgelenmesi gerekmektedir. Ülkelerde “yeşil sertifika”, “yeşil etiket” veya “yenilenebilir belgesi” isimleri ile belirtilen bu sertifikalar kotası olan taraflar açısından ispatlayıcı belge niteliği taşımaktadır. Kota yaklaşımı, genellikle bu sertifikaların organize veya tezgah üstü piyasalarda alınıp satılabilmesi ile birlikte gerçekleştirilmektedir. Sertifikaların alınıp satılabilmesi, kotasında gerçekleştirilmesi gereken seviyeye erişemeyenlerin sertifika olarak kota seviyesine erişmelerine ve seviyenin kotanın üzerinde gerçekleşmesi durumunda ise sahip oldukları sertifikaları satarak ek gelir sağlamalarına olanak vermektedir. Bazı ülkelerde yenilenebilir enerji kaynağı türüne göre sertifikalar farklılık göstermektedir. Bu uygulamanın amacı kısa vadede ön plana çıkarılmak istenen yenilenebilir enerji kaynağını desteklemek olmakla birlikte bu uygulamanın uzun vadede beklenen etkiyi gerçekleştirmediği görülmüştür. Bu teşvikin en önemli etkisi yenilenebilir enerji sektöründe dolaşımda olan para hacmini arttırmaktır. Ancak söz konusu teşvik, başka bir teşvik ile birlikte uygulanmadığı takdirde bir etki yaratma anlamında yetersiz kalmaktadır.

Vergi muafiyetleri ve vergi indirimleri, yenilenebilir enerji üretimlerine yönelik olarak üreticileri bazı vergilerden muaf tutmak veya üreticilere bazı vergilerde indirim sağlamak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu teşvik türünün amacı söz konusu muafiyet veya indirimler ile sektörü daha cazip hale getirmektir. Ancak uzun vadede garantili bir teşvik olmadığından yatırımcılar açısından çok güvenilir bulunmamaktadır. Bazı ülkelerde ise vergi iadesi olarak uygulanmakta olup her şekilde kamu taraflı bir destek olduğu için kamu finansmanı açısından sorun yaratabilmektedir. Bu destek türünün olumsuz başka bir yönü ise söz konusu muafiyet veya indirimlerin, üreticileri en düşük maliyetli teknolojiye yatırım yapmaya yönlendirmesi sonucunda teknolojik gelişimin ve yaygınlaşmanın ihmal edilmesine yol açmasıdır.

İhale yöntemi ile teşvik, belirli bir kurulu güce sahip olan veya ön fizibilitesi yapılmış bir bölgeye tesis kurulması amacıyla çeşitli olanaklar sunan bu yaklaşım büyük ölçekli projeler için daha uygun bir destek türüdür. Genellikle ihaleyi kazanmış olan yatırımcıya, yenilenebilir enerji kaynağını üretebilmesi için 10-25 yıl gibi belirlenen uzun bir süre boyunca sabit fiyat garantisi verilmektedir. İhale teşvikleri AB ülkelerinde artık başvurulmayan bir yöntem olmakla birlikte günümüzde halen uygulamada yer almaktadır.

Yatırım teşvikleri, yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik verilen sübvansiyonları, düşük faizli kredileri ve yatırım dönemine özel bazı vergi avantajlarını içermektedir. Bu destek türündeki vergi avantajı ve sübvansiyonlar kamu kesimi tarafından karşılandığı için orta ve uzun vadede kamu finansmanını olumsuz yönde etkilememektedir.

Tablo 7: OECD Ülkelerinde Uygulanan Farklı Teşvik Mekanizmaları

Ülkeler	Sabit Fiyat Garantisi	Kota	Sermaye Sübvansiyonu İskonto	Yatırım Teşvikleri	Vergi ve KDV İndirimleri	Yeşil Sertifika Ticareti	Kamu Yatırımı, Kredi ve Finans	Rekabetçi Kamu İhaleleri
Almanya	+		+	+	+		+	
ABD	(*)	(*)	+	+	(*)	(*)	(*)	(*)
Arjantin	+		+	(*)	+		+	+
Avustralya	(*)	+	+			+	+	
Avusturya	+		+	+		+	+	
Belçika		(*)	+	+	+	+		
Brezilya				+			+	+
Çin	+	+	+	+	+		+	+
Danimarka	+		+	+	+	+	+	+
Finlandiya	+		+		+	+		
Fransa	+		+	+	+	+	+	+
Güney Afrika	+		+		+		+	+
Hollanda			+	+	+	+		
İngiltere	+	+	+		+	+	+	
İrlanda	+		+	+		+		+
İspanya	+		+	+	+	+	+	+
İsrail	+				+			
İsveç		+	+	+	+	+	+	
İtalya	+	+	+	+	+	+	+	
Lüksemburg	+		+	+	+			
Norveç			+		+	+	+	
Portekiz	+		+	+	+	+	+	+
Yunanistan	+		+	+		+	+	

Kaynak: G-20, **Temiz Enerji Gerçekleri Kitapçığı**, 2010 (Aktaran: “Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler”, Enerji ve Doğal Kaynaklar Endüstrisi, Deloitte, 2010)

Tablo 7’de yer alan teşvik mekanizmaları dışında özellikle Belçika, İspanya, Danimarka ve İtalya’da “Net ölçme” uygulaması olarak adlandırılan ek bir teşvik söz konusudur. Bu teşvik kapsamında, küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklı üretim sistemlerine sahip olan tüketicilerden sadece ürettikleri elektrikten sisteme verdikleri miktar üzerinden ödeme alınmaktadır. Bu destek doğrultusunda dağıtım şirketleri talepte bulunan söz konusu tüketicilere ölçüm hizmetini verme zorunluluğu taşımaktadırlar. Türkiye’de lisansız üretim kapsamında bu teşvike benzer bir yapı söz konusudur.¹⁸²

¹⁸² A.e.,s.10.

Yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek amacıyla uygulanan teşvik mekanizmalarının başarılı olabilmesindeki en önemli nokta ülkelerin teşvik mekanizmalarından sadece birini uygulamayıp ülke yapılarına göre söz konusu ülkeye uygun olan çeşitli desteklerin birlikte uygulamaya geçirilmesidir. Dünyadaki en iyi uygulama örnekleri incelendiğinde bu ülkelerin hepsinde çok sayıda teşvik mekanizmasının bir arada uygulandığı görülmektedir. Teşvik mekanizmalarının en iyi uygulandığı ülkeler Danimarka, Almanya, İspanya, Hollanda, Çek Cumhuriyeti, İngiltere ve İsveç olup bu ülkelerin hepsi OECD üyesidir. Söz konusu ülkelerin Tablo 7’de hangi teşvik mekanizmalarını bir arada uyguladıkları belirtilmiş olup aynı zamanda hangi yenilenebilir enerji kaynağına hangi teşvikin uygulandığı ise aşağıda yer almaktadır:¹⁸³

Danimarka’da, 1993 yılından beri sabit fiyat garantisi uygulamakta olup Avrupa Birliğine üye ülkeler arasında söz konusu teşvik mekanizmasının en önemli örneği olarak kabul edilmektedir. Danimarka’da rüzgar enerjisine yönelik sabit tarife ve prim garantisi, biyokütle ve biyogaz için ise sabit tarife garantisi uygulanmaktadır. Ayrıca ülkenin deniz üstü rüzgar santrallerine yönelik bir ihale sistemi söz konusu olup küçük ölçekli fotovoltaik için ise net ölçme yöntemi uygulanmaktadır.

Almanya 1990’lı yıllardan başlayarak yenilenebilir enerji kaynakları teşvikine büyük önem vermekte olup kara ve deniz üstü rüzgar, fotovoltaik, biyokütle, hidro, çöp ve kanalizasyon gazı ile jeotermal olmak üzere neredeyse tüm yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik sabit fiyat garantisi teşvikini uygulamaktadır. Aynı zamanda büyük sübvansiyonlu krediler de ülke için önemli bir teşvik yöntemidir.

Sabit fiyat garantisi teşvikine yönelen başka bir ülke olan İspanya’da ise uygulama 1994 yılından beri devam etmekte olup 2006 yılında biyokütle, biyogaz ve güneş enerji kaynaklarına olan destek arttırılmıştır. 2007 yılında ise tavan ve taban fiyat uygulamasını içeren bir prim garantisi sistemi uygulamaya konulmuştur. İspanya’da güneş enerjisi ile elektrik üretiminin en hızlı artış göstermesi teşviklerin üretime olan katkısı açısından en iyi örnek olarak değerlendirilmektedir. Ancak

¹⁸³ A.e., ss.10-16.

teşviklerin yüksek olması çok az bir zaman içerisinde hedeflenenin çok daha üstünde güneş santralının faaliyet göstermesine ve fotovoltaik teknolojinin ucuzlayarak teşviklerin ülke ekonomisinde olumsuz bir yere sahip olmasına yol açmıştır.

Hollanda, 2003 yılında kaynak bazında çeşitlilik gösteren prim garantisi mekanizmasını uygulamaya almıştır. Ancak bu teşvike yeterli bütçe ayrılmaması sebebiyle 2006 yılından beri tarifelerin büyük çoğunluğuna prim uygulanamamış ve küçük ölçekli biyokütle dışındaki hiçbir kaynağa prim ödenememiştir. 2005 yılından itibaren ise vergi muafiyeti uygulanmaktadır. Hollanda'nın teşvik mekanizmaları uygulamalarına yönelik politik belirsizlikler söz konusu olmaktadır.

Çek Cumhuriyeti, yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretimi yapan tesislerin dağıtım şebekesine bağlantısına öncelik tanınmasını ve ayrıca dağıtım şirketlerinin de üretilen bu elektriği satın alması yönünde düzenlemeler yapmıştır. Çek Cumhuriyeti'nde de sabit fiyat garantisi uygulanmakla beraber yenilenebilir enerji üreticilerine satış fiyatı açısından en düşük sabit fiyattan veya piyasa fiyatına ilave edilecek bir prim ile dağıtım şirketine satmak şeklinde iki seçenek sunulmuştur. Söz konusu teşvikten yararlanmak için bu iki yaklaşımdan birinin seçilmesi zorunluluğu bulunmaktadır.

İngiltere, 2003 yılından beri ROCS (Renewable Obligation Certificate System) olarak bilinen yeşil sertifika teşvikini uygulamakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimi yapan üreticiler, iklim değişikliğine yönelik vergiden muaf sayılmaktadırlar.

İsveç, 2003 yılından itibaren yeşil sertifika teşvik mekanizmasını uygulamakta ve 2007 yılında hayata geçirilen "The Renewable Energy with Green Certificates Bill" uygulaması ile kota zorunluluğunun tüketicilerden tedarikçilere geçmesi yönünde faaliyette bulunmuştur.

2.2.2. OECD Ülkelerindeki Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki AR-GE Faaliyetleri

Enerji talebinin sürdürülebilirliğini sağlamak, petrol krizinden sonra ülkelerin politikalarındaki en önemli konulardan biri haline gelmiş ve 1990'lı yıllarda çevreye olan duyarlılık bilincinin artması ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılmasına yönelik politikaların geliştirilmesi zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları; fosil yakıtların enerji talebindeki paylarının yüksek olması, teknolojilerinin ve piyasalarının gelişmiş olması gibi sebeplerden ötürü hala hedeflenen seviyelere ulaşamamış olmakla birlikte bu alanda AR-GE faaliyetleri ile önemli kazanımlar elde edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam birincil enerji arzı içerisindeki payının artması, öncelikli olarak birim üretim maliyetlerinin fosil ve nükleer enerji kaynakları seviyesine gelmesi veya en azından rekabet edebilecek seviyede olmasına bağlı bulunmaktadır. Birim üretim maliyetlerinin düşmesi ise, yenilenebilir enerji kaynakları teknolojilerinin geliştirilerek piyasa sunulması ve ticaretleştirilmesi süreci sonucunda gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu süreçte AR-GE faaliyetlerinin önemi ortaya çıkmaktadır.¹⁸⁴

Araştırma geliştirme faaliyetlerinin temel amacı sadece maliyetlere yönelik olmayıp; verimliliği arttırmak, süreç güvenilirliğini arttırmak ve çevreye verilen zararlı etkileri azaltmak gibi önemli amaçları da içermektedir. Yeni fikirler, bilimsel bulgular ve mühendislik alanındaki gelişmeler ile son yıllarda yenilenebilir enerji teknoloji maliyetlerinin düşmesi, söz konusu enerji kaynaklarının bağlantılı oldukları sanayinin gelişmesinde direk etkili olmaktadır.¹⁸⁵

Çevre ile ilgili olarak, iklim değişikliği etkilerini azaltmak amacıyla Avrupa Birliği, ortalama küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi dönemden 2⁰'den daha yüksek olmaması için sınırlamalar getirmeye ve ayrıca dünya çapında etkili olması

¹⁸⁴ Yusuf Cansın ve Nazif Hülügü Sohtaoglu, "OECD/IEA Ülkelerinin Resmi Enerji Ar-Ge Harcamalarında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yönelik Eğilimler", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, 2009, s.29.

¹⁸⁵ EREC- European Energy Council, (Çevrimiçi) <http://www.erec.org/policy/eu-policies/research-development.html> 5 Nisan2014.

beklenen düzenlemeler üzerine yoğunlaşmıştır. Sera gazı emisyonunun büyük kaynağı enerji olduğu için düşük karbon teknolojilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda temiz enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması amacıyla AR-GE faaliyetleri ön plana çıkmaktadır.¹⁸⁶ Ülkeler, sera gazı emisyonunun azaltılması amacıyla temiz enerji kaynakları olan nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları teknolojilerini geliştirmeye yönelmektedir. OECD dışı ülkeler fosil yakıtların zararlı etkilerini (sera gazı vb.) azaltmak amacıyla nükleer enerjiye öncelik vermekte iken OECD ülkeleri yenilenebilir enerjiye öncelik vermektedir. Dolayısıyla OECD ülkelerinin enerji politikalarında yenilenebilir enerji teknolojileri ve AR-GE faaliyetleri ayrı bir önem taşımaktadır.

Enerji AR-GE harcamaları içerisinde yenilenebilir enerjilere ayrılan pay yeterli olmamakla birlikte 2009 yılında bir anda her iki alanda birden büyük bir yükseliş gerçekleşmiştir. Bu durum 2009 yılında ABD'nin yenilenebilir enerjiye bir önceki döneme göre çarpıcı oranlarda daha fazla bütçe ayırmasından kaynaklanmaktadır. ABD, 2009 yılında sadece yenilenebilir enerji alanında 1000'den fazla patent almıştır. Dolayısıyla 2009 yılındaki artışın neredeyse tamamen ABD kaynaklıdır. Ancak bu yükseliş krizin etkisi ile tekrar düşüş göstermek zorunda kalmıştır.

Hükümetlerin bütçelerinde AR-GE harcamalarına ayırdıkları paylar Kanada, Estonya, Finlandiya, İtalya, Japonya, Meksika ve Yeni Zelanda gibi OECD ülkelerinde yüksek bir değere sahiptir. Özellikle söz konusu ülkelerde çevre ve enerji konularındaki AR-GE harcamalarının oldukça yüksek bir oran olduğu görülmektedir.¹⁸⁷

Uluslararası enerji ajansının (IEA), raporları incelendiğinde ülkelerin yenilenebilir enerjiye yönelik AR-GE yatırımlarında değişik sonuçlar göze çarpmaktadır. Güneşlenme süresi düşük olan Norveç'in, fotovoltaik enerji

¹⁸⁶ Tobias Wiesenthal, Guillaume Leduc, Karel Haegeman and Hans-Günther Schwarz, "Bottom-up Estimation of Industrial and Public R&D Investment by Technology Insupport of Policy-Making: The Case of Selected Low-Carbon Energy Technologies", **Research Policy** 41, 2012, p. 116.

¹⁸⁷OECD- Organization for Economic Cooperation and Development (Çevrimiçi) <http://www.oecd.org/sti/outlook/e-outlook/stipolicyprofiles/newchallenges/greentechnologyandinnovation.htm> 5 Nisan 2014

sistemlerine öncelik vermesi dikkat çekicidir. Japonya da bu alana öncelik veren ülkeler arasında yer almaktadır.

Güneşlenme süresi çok yüksek olan Avustralya ve İspanya'nın güneş enerjisine daha fazla pay ayırması beklenmekte olup bu doğrultuda Avustralya topraklarının çöl bölgelerini projelendirerek kurulumuna başlanan büyük ölçekli fotovoltaik ve yoğunlaştırılmış termal güneş enerjisi santralleri ile değerlendirmektedir. İspanya daha çok yoğunlaştırılmış termal güneş enerjisi teknolojilerine yoğunlaşmıştır. Güneş enerjisi teknolojisine ilgili olan Güney Kore ise kule tipi santral uygulamalarına yönelmiştir. ABD en büyük yatırım payını biyokütle enerjisine ayırmışken Rusya ve Fransa için biyoyakıtlar ön plana çıkmaktadır. İngiltere ve Danimarka ise AR-GE yatırımlarında rüzgar enerjisine öncelik vermektedir. Danimarka'nın rüzgar alanına öncelik vermesi, Siemens firmasının hükümetle ortak gerçekleştirdiği büyük kısmı deniz üzerinde kurulu olan rüzgar enerjisi projelerinden kaynaklanmaktadır. İtalya, Akdeniz ikliminde yer almanın avantajlarından faydalanmak için sadece belirli kaynaklara değil her çeşit yenilenebilir enerji kaynağına yatırım yapmaya çalışmaktadır.

Son yıllarda ekonomik kriz, tüm ekonomileri olduğu gibi, AR-GE alanında yapılan yatırımları da önemli ölçüde etkilemiştir. ABD, Japonya, Avustralya gibi ülkelerin yapmış oldukları AR-GE çalışmaları, beklentilerin karşılanamaması ile sonuçlanmıştır. İspanya bir çok projesini askıya almak zorunda kalmış Almanya'da ise güneş ve rüzgar alanı dışındaki AR-GE yatırımları durdurulmuştur.¹⁸⁸

Enerji teknolojilerinde yapılan AR-GE çalışmalarının uygulama alanına yansması bazı alanlarda ciddi süreler gerektirebilmektedir. AR-GE çalışmaları sonucunda kısa sürede yapılması gereken işlemler belirlenmiş olsa da söz konusu teknolojik gelişmenin kullanıma hazır yeni ürün haline gelmesi zaman gerektirmektedir. Bazı AR-GE çalışmaları hızlı kazanımlar ile sonuçlanmakla birlikte, enerji AR-GE çalışmalarının büyük kısmının kullanımdaki enerji sistemleri üzerinde etkili olabilmeleri için gerekli süre daha uzun olmaktadır. Bu durum

¹⁸⁸ Orkun Teke, "Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji AR-GE Stratejilerinin Değerlendirilmesi", **Mühendis ve Makina**, Cilt 54, Sayı 640, ss. 55-56.

genellikle enerji sektörünün yapısı itibariyle enerji üretim ve son kullanım ekipmanlarının yenilenme sürelerinin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, AR-GE harcamaları sonucunda teknolojik iyileştirmeler tahmin edilse bile gerçekleştirilmesi planlanan yeniliklerin piyasalara ulaşım hızı ile piyasaya ulaştıkları zaman, enerji çevrim ve son kullanım ekipmanlarının stoklarının hangi hızla değişeceği konusunda kesin bir yargıya varmak mümkün olmamaktadır. Sonuçta bu süreç ne kadar enerjinin, hangi formlarda, ne kadar maliyet ve çevresel etkiler ile kullanılacağı; stoklardaki değişim ve ayrıca üretici ve tüketici davranışlarındaki değişim tarafından belirlenmektedir. Bu süreci; kullanıcıların yeni gelişmeler hakkındaki bilgi eksiklikleri, yeni teknolojinin pazarlama alt yapısının eksikliği, alıcılar için finansman sorunu, pazara kitlesel üretim yapılamaması dolayısıyla öğrenmenin maliyet düşürücü etkisinden yararlanamama, yeniliklerin rekabet içinde olduğu eski teknolojilere verilen desteklerin devam etmesi gibi etkileyen unsurlar da bulunmaktadır.¹⁸⁹ Bu doğrultuda yenilenebilir enerji alanında AR-GE faaliyetlerine verilen öneminin son zamanlarda arttığı ve söz konusu bu süreç göz önüne alındığında, AR-GE çalışmaları etkilerinin ilerleyen dönemlerde daha fazla ortaya çıkacağı beklenmektedir.

Teknolojik gelişmelerin en önemli etkilerinden bir tanesi de yeni gelişen alanlarda nitelikli çalışan yaratmasıdır. Küreselleşmenin etkisiyle bu durum yerli şirketlere de yayılmaktadır.¹⁹⁰ Teknolojik gelişme açısından çok yönlü olan enerji sektörü özellikle gelişmekte olan ülkeler için önemli bir istihdam kaynağı olarak görülmektedir.

2.3. OECD Ülkelerinde Enerji Sektörü Bileşenleri

Bu başlıkta sözü edilen enerji sektörü bileşenleri; enerji arz – talep dengesini, enerji ithalatını ve enerji kayıplarını ifade etmektedir.

¹⁸⁹ Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu – TÜBİTAK, “Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi – Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu”, 2003, s.30.

¹⁹⁰ Ahmet İncekara ve Mesut Savrul, “The Effect of Globalization on Foreign Trade and Investment in Eurasian Countries”, International Conference on Eurasian Economies 2012, p.26.

2.3.1. OECD Ülkelerinde Enerji Arzı ve Talebi

Enerji kaynakları çeşitli olmakla birlikte her enerji kaynağından aynı oranda faydalanmak mümkün olmamaktadır. Enerji arz ve talebini etkileyen unsurlar bu duruma imkan vermemektedir. Enerji arzı; coğrafi konum, çevresel etkiler, teknolojik gelişme, ekonomik ve arz güvenliğine bağlı olarak değişiklik göstermekte iken¹⁹¹ enerji talebi; nüfus, kentleşme, sanayileşme, ekonomik büyüme, verimlilik, enerji fiyatları, teknolojik gelişme ve yaygınlaşma etkilerinin altında kalarak şekillenmekte ve dolayısıyla enerji arz ve talebi ülkelere göre değişiklik göstermektedir.¹⁹²

Enerji arz ve talep dengesi değerlendirilirken ülkelerin en önemli sorunlarından bir tanesi enerji talep tahminlerinin sağlıklı bir şekilde yapılamamasıdır. Enerji politikalarına yön veren enerji talebinin tahmini yapmak çok zor olmakla birlikte değerlendirme yapılırken mutlaka göz önünde bulundurulması gereken bazı unsurlar söz konusudur. Enerji talep tahminleri yapılırken yukarıda belirtilen enerji talebini etkileyen unsurlar alt dalları ile birlikte ele alınmalıdır. Bu doğrultuda ülkelerin ekonomik büyüme faktörü altında sermaye birikimi, istihdam, iş veriminde artış vb. parametreleri; nüfus faktörü altında çoğalma oranı, göç, etkin çalışan nüfus, v.b. parametreleri; enerji politikaları faktöründe ise; tüm vergi politikaları, teşvik mekanizmaları vb. etkenlerin de detaylı olarak araştırılması ve bu verilerin devamlı revize edilerek güncel talep tahminlerine uygun bir şekilde değerlendirmesi gerekmektedir.¹⁹³

Enerji tüketimi, bir refah ölçüsü olan GSMH ile paralellik göstermektedir. Kişi başına GSMH'sı yüksek olan ülkelerde kişi başına kullanılan enerjinin de aynı ölçüde yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir.¹⁹⁴ Dolayısıyla gelişmiş ülkelerde enerji talebi daha yüksektir ancak gelişmekte olan ülkelerin enerji talep

¹⁹¹ A.Beril Tuğrul ve Nilgün Doğan Baydoğan, "Olası Alternatiflerle Enerji Kaynakları Değerlendirmesi ve Türkiye", **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye 10. Enerji Kongresi**, 2006, s. 266.

¹⁹² A. Beril Tuğrul, "Nükleer Enerji Değerlendirmesi ve Türkiye" **ICCI 2012 18. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı**, Nisan 2012, s.12.

¹⁹³ Pamir, **a.g.e.**, s.57.

¹⁹⁴ Saatçioğlu ve Küçükaksoy, **a.g.e.**, s.23..

artış oranı, henüz enerji kullanımında istenilen seviyeye ulaşamadıkları için, daha yüksek olmaktadır. OECD ülkeleri genelinde enerji talebi yüksek olmakla birlikte her ülkenin enerji arz ve talebini etkileyen faktörler kendi içinde değişiklik gösterdiği için her ülkenin söz konusu değerleri farklı olmaktadır. OECD ülkelerine bir bütün olarak bakıldığında ise; enerji arzının enerji talebinden daha düşük kaldığı görülmektedir. 1990 yılında enerji arzı ve talebi arasındaki fark 1080950.919 TEP iken 2012 yılında 1362982.553 TEP'e ulaşmıştır. 2000 yılından 2012 yılına kadar enerji talebinin arz ile karşılanmayan değer ortalaması ise 1533059.5 TEP olarak gerçekleşmiştir. OECD ülkelerinin genelinde enerji üretimi enerji talebini karşılamakta yetersiz kalmakla birlikte Avustralya, Danimarka, Kanada, Meksika ve Norveç ülkelerinde ise enerji arzı enerji talebinden daha yüksektir. Danimarka'da enerji üretimi talebi karşılamazken enerji üretiminin enerji talebinden daha hızlı bir şekilde artması sonucunda 1998 yılında enerji arz fazlası meydana gelmiş olup bu değer giderek artış göstermektedir. Meksika 1990 yıllarında ciddi enerji arz fazlası olan bir ülke iken, Danimarka'nın aksine, enerji talebi enerji arzından daha hızlı artış göstererek 1990 yılına göre enerji arz fazla değeri 2012 yılındaki değerinin neredeyse yarısına düşmüştür. Bu düşüşe rağmen Meksika'nın söz konusu değeri mutlak olarak günümüzde hala Danimarka'dan yüksektir. İngiltere ise enerji üretimi talebinden yüksek bir ülke konumunda olmasına karşın 2005 yılından itibaren ülkenin sahip olduğu enerji kaynakları talebi karşılamakta yetersiz kalmaktadır.¹⁹⁵

Dünya'da en büyük enerji tüketimini gerçekleştiren ABD'yi 2010 yılında, 2009 yılına göre 11% oranında artış göstererek 20.3% oranına ulaşan Çin geçmiş bulunmaktadır. Bu şekilde Çin enerji tüketiminde birinci sırada yer alırken ABD ikinci sıraya gerilemiştir.¹⁹⁶

¹⁹⁵ OECD Renewable Balance Imports – Export Statistics

¹⁹⁶ **Türkiye'nin Enerji Görünümü**, Genişletilmiş İkinci Baskı, TMMOB Oda Raporu, Nisan 2012, Yayın No: MMO/588, s.2.

2.3.2. OECD Ülkelerinde Enerji İthalatı

Uluslararası Enerji Ajansı 2004 yılında yayınlamış olduğu raporda ülkeler için yapılan analizlerde yaralandığı Cobb Douglas üretim fonksiyonuna enerjiyi de ilave etmiş ve çalışmanın sonucunda enerjinin, ülkelerdeki ekonomik büyümeye katkı yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik büyümenin ardındaki temel etkenin enerji olması dolayısıyla enerji üretimi talebi karşılamaya yeterli olmayan ülkeler, ekonomik büyüme veya enerji ithal etmek ikilemi arasında tercih yapmak zorundadır. Ülkeler ekonomik büyümeden ödün veremeyecekleri ve enerji olmadan sadece büyümeden değil hayatın işleyişindeki bir sürü olgudan vazgeçmek zorunda kalacakları gerçeği karşısında enerji ithal etmek zorunda kalmaktadırlar.¹⁹⁷ Dolayısıyla enerji ithal eden ülkelerin enerji bağımlılığı arttıkça enerji, ülkelerin cari dengelerinde de önemli bir yük haline dönüşmektedir.

OECD ülkeleri enerji ithalatı açısından incelendiğinde net enerji ihracatçısı olan Avustralya, Danimarka, Kanada, İngiltere, Meksika ve Norveç de belirli oranlarda enerji ithalatı yapmaktadır. OECD ülkeleri içinde yapılan en büyük ithalat payı 20.65% ile ABD'ye aittir. Daha sonra OECD genelinde yapılan enerji ithalatında 14.41% pay ile Japonya ve 9.2% ile Kore yer almaktadır. Mutlak enerji ithalatına bakıldığında ise; ABD, Japonya, Kore, Almanya, Hollanda ve İtalya en çok enerji ithal eden ülkeler arasında yer almaktadır.

OECD Bölgeleri arasındaki ithalat yüzdeleri ise en fazla değer olan 48% ile OECD Avrupa, 26.20% ile OECD Asya ve 25.79% ile OECD Amerika şeklinde dağılmaktadır.¹⁹⁸

OECD Ülkeleri, ülke içinde kullandıkları enerjinin yüzde kaçını ithal ettikleri oranların trendine göre sınıflandırıldığında Almanya, Avusturya, Belçika, Şili, Fransa, İsveç, İsviçre, İtalya, Lüksemburg, Portekiz, ve Slovenya ülkelerine ait oranların seneler içerisinde sabit kaldığı Estonya, Finlandiya, İzlanda ve Slovak Cumhuriyeti'nde ise enerji ithal bağımlılık oranlarının azaldığı görülmektedir. ABD,

¹⁹⁷World Energy Outlook 2004, (Çevrimiçi) <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2008-1994/weo2004.pdf> 20 Nisan 2014.

¹⁹⁸ OECD Renewable Balance Import – Export Statistics

Çek Cumhuriyeti, Güney Kore, Hollanda, Macaristan, İrlanda, İspanya, İngiltere, Japonya, Lüksemburg, Polonya, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yunanistan ülkelerinde ise söz konusu oranın yıllar itibariyle artış gösterdiği İsrail’de ise enerji ithal bağımlılık oranının düşüş göstermekle birlikte çok yüksek oranlarda olduğu görülmektedir.¹⁹⁹

Enerji ithalat bağımlılığı büyük oranda doğal gaz ithalatı sonucunda oluşmaktadır. Doğal gaz toplam ithalatına bakıldığında ise sıralamanın ABD, Japonya, Almanya, İtalya, İngiltere, Fransa, Güney Kore ve Türkiye şeklinde gerçekleştiği görülmektedir.²⁰⁰

2.3.3. OECD Ülkelerinde Enerji Kayıpları

Enerji, günümüzde dünyadaki en önemli kaynaklardan biri olarak yerini almaktadır. Ülkeler enerji kaynaklarını ne şekilde arttırabileceklerine yönelik politikalar üzerinde çalışmalar yaparken sahip olunan enerji kaynağında meydana gelen kayıplar göz ardı edilmemesi gereken konulardan birisidir.

Ülkelerdeki enerji kayıplarının büyük çoğunluğu elektriğin iletimi ve dağıtımı sırasında meydana gelmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için santrallerde öncelikli olarak iç tüketimi artıran makine ve sistemlerin verimli bir şekilde çalışmasının sağlanması gerekmektedir. Elektriğin iletimi ve dağıtımı esnasında, tellerin ve transformatörlerin dirençlerinden dolayı elektrik kayıpları oluşmaktadır. Elektrik kaybının sıfır ile gerçekleşmesi mümkün değildir. İyi bir iletim ve dağıtım sisteminde, yıllık ortalama 6-8% arasında kayıp olması beklenen bir durumdur.²⁰¹

2011 yılında dünya elektrik alanındaki kayıp oranı 8.10% iken OECD ülkelerinin ortalaması 6.15% olarak gerçekleşmiştir. OECD yüksek gelire sahip ülkelerde bu oran 5.69% iken Türkiye, Meksika ve Macaristan’da bu oranın 10-15% dolaylarında seyretmesi OECD ortalamasının yükselmesine yol açmaktadır. OECD ülkesi olmayan yüksek gelirli ülkelerin ortalaması ise 8.94%’tür. OECD ülkeleri

¹⁹⁹ World Bank Electric Power Transmission and Distribution Losses Statistics

²⁰⁰ Türkiye’de ve Dünya’da Enerji Görünümü, **a.g.e.**, s.27.

²⁰¹ Serda İskender, “Enerjinin Verimli Kullanılması ve Tasarrufu (Dünya)”, (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=50101#.U5SuHSaKCt8 5 Ocak 2014.

içerisinde en düşük kayıp oranları 2-3% civarlarında dağılım gösteren Finlandiya, Güney Kore, İsrail ve İzlanda'ya aittir. 4-5% oranları ile kayıp oranlarını düşük seviyede gerçekleştiren başlıca ülkeler ise; Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Fransa, Hollanda, Japonya, Kanada, Lüksemburg, Slovenya ve Yunanistan'dır.²⁰² Değerlerden de görüldüğü gibi OECD ülkeleri enerji alanında önemli gelişmeler gerçekleştirmiş olup dünya ortalamasından daha iyi değerlere sahiptir. Türkiye gibi bu değerlerin sapsmasına sebep olan ülkeler ise, özellikle enerji kayıpları alanında yeniden yapılandırmaya veya uygun olan alanlarda gerekli iyileştirmeler yaparak bu oranın en azından kabul edilebilir seviyelere indirmek için teşvik edici atılımlarda bulunmalıdırlar.

Çalışmanın ikinci bölümünde ilk olarak, birinci bölümde ele alınmış olan yenilenebilir enerji kaynaklarının OECD ülkelerindeki durumu incelenmiştir. OECD ülkeleri, günümüzde hakim olarak kullanılan fosil yakıtların enerji arzı içerisindeki payını azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Ülkeler enerji çeşitliliğine yönelirken fosil yakıtların rezervlerinin tükeneyeceği, çevreye olan zararlı etkileri, enerji güvenliği ve enerjinin sürdürülebilirliği açılarını değerlendirmekte ayrıca özellikle fosil yakıtlara sahip olmayan ülkeler enerji ithalatı sonucunda ekonomilerinde meydana gelen bu kaçınılmaz ithalatın payını da azaltmak amacıyla kendi potansiyel kaynaklarını değerlendirmek zorunda kalmaktadırlar. Her ülkenin ağırlık verdiği yenilenebilir enerji çeşidi sahip olduğu enerji potansiyeline göre değişmektedir. Bu doğrultuda fotovoltaik sistemlerde İtalya ve Almanya, güneş termal sistemlerinde İsrail, rüzgar enerjisinde İspanya ve Danimarka, hidro enerjide Norveç ve Kanada, jeotermal enerjide ise İzlanda ve Yeni Zelanda ön plana çıkmaktadır.

Ülkelerin yenilenebilir enerji potansiyeli ve kullanım durumlarına değinildikten sonra yenilenebilir enerjinin payını arttırmaya yönelik uygulanan politikalara yer verilmiştir. Uygulanan politikalardaki etkili unsurların başında teşvik

²⁰² World Bank Electric Power Transmission and Distribution Losses Statistics (Çevrimiçi) <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS> 5 Ocak 2014.

yönteminin gelmekte olduğu ve birden fazla teşvikin beraber uygulandığı ülkelerde çok önemli aşamalara ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.

Bu bölüm genel olarak yenilenebilir enerjinin OECD ülkelerindeki durumu ile uygulanan politikaları içermektedir. Üçüncü bölümde ise aynı başlıklar altında Türkiye'nin durumu ele alınacaktır. Üçüncü bölüm ayrıca ampirik bir çalışma ile desteklenerek çalışmada yenilenebilir enerjinin ülkelerin enerji ithalat bağımlılığını azaltmaya yönelik bir etkisi olup olmadığı ele alınacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE UYGULAMA

3.1. Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları

3.1.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir ülke olmasına karşın enerji ihtiyacını büyük ölçüde ithalat ile karşılamaktadır. Türkiye’nin enerji kaynakları incelendiğinde Türkiye’de kömür tüketiminde dikkat çekici bir değişim olmamakla birlikte, tüm dünyada olduğu gibi, önceki dönemlerde hakim olan petrolün yerini 2000’li yıllarda hızlı bir şekilde doğal gazın aldığı görülmektedir.

Türkiye’de henüz nükleer enerji kullanılmamakla birlikte iki nükleer santral projesi için anlaşma imzalanmıştır. Birinci proje olan Akkuyu nükleer santral projesi Mersin Akkuyu Sahası bölgesine inşa edilerek 2019 yılında 4800 MW kurulu güç ile santralin üretime geçmesi hedeflenmektedir. İkinci nükleer santral ise Sinop’ta faaliyet gösterecektir.²⁰³ Türkiye’de üçüncü nükleer santral yapılması da Türkiye’nin enerji politikaları arasında yer almakta ve ikinci santralin yapımını gerçekleştirecek olan Japonya ile yer seçimi konusunda birlikte hareket edileceği planlanmaktadır.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Dünyada jeotermal enerji kapasitesinde 14. sırada, güneş enerjisi kapasitesinde 29. sırada, rüzgar enerji kapasitesinde ise 21. sırada yer almaktadır.²⁰⁴ Ancak sahip olduğu bu potansiyellerden gerektiği kadar yararlanamamaktadır. Türkiye aynı zamanda enerji koridoru olarak ulaşım ve taşımacılık alanında coğrafi açıdan vazgeçilmez bir rekabet üstünlüğüne sahip olmakla birlikte bu konumundan da yeterli ölçüde faydalanamamaktadır.

²⁰³ ETKB- Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı, (Çevrimiçi) <http://www.nukleer.gov.tr/index.php/nukleer-santral-projeleri> 24 Nisan 2014.

²⁰⁴ Türkiye’de ve Dünya’da Enerji Görünümü, **a.g.e.** s.7.

Tablo 8: Türkiye’deki Toplam Birincil Enerji Arzı Payları (%)

Enerji Kaynakları	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Petrol	41.9%	43.6%	41.7%	39.1%	37.1%	36.0%	34.0%	32.5%	31.1%	30.8%	28.8%	26.0%	26.4%
Doğal gaz	17.9%	21.2%	21.4%	24.1%	24.0%	28.1%	28.5%	31.5%	32.9%	31.2%	31.8%	34.9%	35.0%
Kömür	30.6%	27.1%	26.4%	26.5%	26.3%	25.4%	26.9%	28.0%	28.4%	29.6%	28.0%	28.0%	26.3%
Nükleer	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Yenilenebilir	9.6%	8.1%	10.5%	10.3%	12.6%	10.5%	10.5%	8.0%	7.6%	8.4%	11.4%	11.2%	12.4%

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2013 (Çevrimiçi) www.bp.com/statisticalreview 6 Nisan 2014.

Türkiye’deki toplam birincil yenilenebilir enerji arzları incelendiğinde rüzgar enerjisinin 2000’li yılların başında kullanım miktarı yüzde olarak bir pay oluşturmaya kadar düşük iken bu değerin 2012 yılında 4% seviyesine ulaştığı görülmektedir. Güneş enerjisinde, önemli bir gelişme olmayıp neredeyse yok denecek kadar az bir artış gerçekleşmiştir. Hidro ve jeotermal enerji ise 2000’li yıllardan itibaren küçük oranlarda değişmekte iken ilerleyen yıllarda söz konusu kaynaklara olan ilginin artması ile paralel olarak hidro ve jeotermal enerji arzlarında hızlı oranlarda artış gözlenmiştir. Türkiye’de biyoenerji kullanımı daha çok geleneksel yöntemlerle gerçekleştirildiği için söz konusu kaynak yenilenebilir enerji kaynakları arasında eski dönemlerden beri yüksek bir paya sahiptir. Ancak Türkiye’nin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına da yönelerek bu enerji kaynaklarının payının hızla artması sonucunda miktar olarak azalma göstermeyen biyoenerji kaynağının payı yüzde olarak azalma göstermiştir. 2012 yılındaki oranlara bakıldığında en çok kullanılan yenilenebilir enerji türünün hidro enerji olduğu görülmektedir.

Tablo 9: Türkiye’deki Toplam Birincil Yenilenebilir Enerji Arzı Payları (%)

Enerji Kaynakları	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Güneş	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%	4%	5%	4%	4%	6%	4%
Rüzgar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	4%	4%
Hidro	26%	22%	29%	30%	37%	34%	37%	32%	31%	31%	38%	40%	42%
Jeotermal	7%	8%	8%	9%	8%	10%	9%	11%	12%	16%	17%	18%	19%
Biyoenerji	64%	67%	60%	58%	52%	53%	50%	52%	52%	47%	39%	32%	31%
Dalga, Gel-git	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Kaynak: OECD Renewable Balance Total Primary Energy Supply Statistics

3.1.1.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye coğrafi konum olarak güneş enerjisi açısından avantajlı ülkelerden biri olup güneş kuşağı olarak bilinen bölgede (40^0 kuzey ile 40^0 güney enlemeleri arası) yer almaktadır.²⁰⁵ Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından 1966-1982 yılları arasında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verileri kullanılarak EİE’nin yaptığı ilk çalışma sonucunda Türkiye’nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat) ve ortalama toplam ışıınım şiddetinin $1311 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$ (günlük toplam 3.6 kWh/m^2) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aylara göre söz konusu değerlerin dağılımı Tablo 10’da yer almaktadır.

Bu ölçümler Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan ilk çalışmalar olup daha sonraki dönemlerde yapılan çalışmalar ışığında Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelinin bu değerlerden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

²⁰⁵ Necdet Altıntop ve Doğan Erdemir, “Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler”, **Mühendis ve Makina**, cilt 54, sayı 639, s.70.

Tablo 10: Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi
	Kcal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	Saat/ay
Ocak	4.45	51.75	103.0
Şubat	5.44	63.27	115.0
Mart	8.31	96.65	165.0
Nisan	10.51	122.23	197.0
Mayıs	13.23	153.86	273.0
Haziran	14.51	168.75	325.0
Temmuz	15.08	175.38	365.0
Ağustos	13.62	158.4	343.0
Eylül	10.60	123.28	280.0
Ekim	7.73	89.90	214.0
Kasım	5.23	60.82	157.0
Aralık	4.03	46.87	103.0
Toplam	112.74	1311	2640
Ortalama	308.0 cal/cm ² -gün	3.6kWh/m ² -gün	7.2 saat/gün

Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü (Çevrimiçi)

<http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> 10 Mayıs 2014.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini ölçmek amacıyla sonraki dönemlerde yapılan çalışmaların birincisi DMİ tarafından Türkiye'deki 157 meteoroloji istasyonunun 1971-2000 yılları arasında güneşlenme ve ısıtım verilerini baz alarak yapmış olduğu modellemedir. Bu modelleme verilerine göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2573 saat/gün ve yıllık ortalama toplam ısıtım 1474 kWh/m²/yıl (4 kWh/m²/gün) olarak tespit edilmiştir. Son olarak yapılan çalışma ile 2010 yılında EİE'nin Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası yayınlanmıştır. DMİ'nin 148 ve EİE'nin 8 istasyonu tarafından 1985-2006 yılları arasında ölçülen uzun vadeli veri model parametreleri hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışma, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2738 saat (7.5 saat/gün) ve yıllık ortalama toplam ısıtım değerlerinin 1527 kWh/m²/yıl (4.4 kWh/m²/gün) olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışma, Türkiye'deki tüm şehirlerin ve her ilçe olmamakla birlikte büyük çoğunluktaki ilçelerin de ortalama günlük güneşlenme süreleri ile ısıtım sürelerini içermektedir.²⁰⁶

²⁰⁶ Sermin Oğuz Topkaya, "A Discussion on Recent Developments in Turkey's Emerging Solar Power Market", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16 2012, p. 3757.

Tablo 11: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Işınım ve Güneşlenme Süreleri

Aylar/ Ortalama Değerler	Türkiye Günlük Ortalama	
	Işınım Değerleri (kWh/m²-gün)	Güneşlenme Süreleri (saat/gün)
Ocak	1.79	4.11
Şubat	2.50	5.22
Mart	3.87	6.27
Nisan	4.93	7.46
Mayıs	6.14	9.10
Haziran	6.57	10.81
Temmuz	6.50	11.31
Ağustos	5.81	10.70
Eylül	4.81	9.23
Ekim	3.46	6.87
Kasım	2.14	5.15
Aralık	1.59	3.75

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> 10 Mayıs 2014.

Tablo11’de Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyel ışıınım ve güneşlenme süreleri verilmiş olup Türkiye açısından güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu görülmekle beraber en yüksek değerlere yaz aylarında ulaşıldığı görülmektedir.

Türkiye’nin en fazla güneş enerjisine sahip bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri, Güneydoğu Anadolu Bölgesini takip etmektedir.²⁰⁷

Tablo 12: Türkiye’nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi	Güneşlenme Süresi
	kWh/m²-yıl	Saat/yıl
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü (Çevrimiçi) <http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> 10 Mayıs 2014

²⁰⁷Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> 10 Mayıs 2014.

Topografyanın kısıtlayıcı faktörleri, yerleşim yerleri, ulaşım, tarım alanları gibi etkenleri göz önüne alındığında Türkiye’deki tüm bölgelerdeki alanların ortalama 1%’lik kısmının güneş enerjisi kullanım olanağına sahip olduğu kabul edilmektedir. Dolayısıyla Türkiye için güneş enerjisinin gerçek kullanım alanı 7.8 milyon m² olarak hesaplanmaktadır.²⁰⁸

Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli açısından şanslı bir konuma sahip olmakla birlikte bu avantajdan, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sıcak su üretme sistemlerini ifade eden güneş kolektörleri ile yararlanmaktadır. Fotovoltaik sistemlerden aynı şekilde yararlanılamamaktadır.²⁰⁹

Türkiye güneş kolektör sistemleri üreten büyük bir sanayiye sahiptir. Türkiye, güneş kolektörü üretiminde dünyada ikinci tüketiminde ise üçüncü büyük ülke konumuna sahiptir. Türkiye’deki konutların 18-20%’sinde başka bir deyişle 3.5-4 milyon konutta güneşli su ısıtma sistemi mevcuttur. Türkiye’de bölgelere göre konutların güneş enerjili su ısıtma sistemlerine sahiplik oranları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi 70% oranı ile ilk sırada yer almakta Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ise 45% ve 40% oranları ile Akdeniz Bölgesi’ni izlemektedir. İç Anadolu Bölgesinde 25% olan bu oran Doğu Anadolu Bölgesinde 15% olup Marmara ve Karadeniz Bölgesinde en az oran olan 5% değerine sahiptir. Türkiye’de kullanılmakta olan güneş enerjili sıcak su üretim sistemleri; doğal dolaşım, deposu yüksekte yer alan, ucuz, düşük verimde faaliyet gösteren sistemlerdir. Bu sistemler yerine deposu aşağıda yer alan, yüksek verime sahip pompalı sistemlere geçiş yapıldığı takdirde ısı verimliliği 35% oranında artış göstermektedir. Ancak bu sistemler 50% daha fazla maliyetli olduklarından dolayı kamunun bu sistemleri yaygınlaştırmak amacıyla teşvikte bulunması gerekmektedir.²¹⁰

²⁰⁸ World Energy Council- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi”, Baskı: EKC FORM OFFSET, Haziran 2009, s.122.

²⁰⁹ Murat Öztürk, Nalan Çiçek Bezir ve Nuri Ozek, “Hydropower- Water and Renewable Energy in Turkey: Sources and Policy”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13, 2009, p.610. ile Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgues.html> 10 Mayıs 2014.

²¹⁰ Altunop ve Erdemir, **a.g.e.**

Türkiye'nin 2012 yılı itibariyle toplam kurulu güneş kolektör alanının 18.640.000m² olduğu hesaplanmıştır. 2012 yılında güneş kolektörlerinde 768.000 TEP ısı enerjisi üretilmiş söz konusu ısı enerjisinin 500.000 TEP kadarı konutlarda 268.000 TEP kadarı ise endüstriyel amaçlı kullanılmıştır. Fotovoltaik sistemlerin kullanımının arttırılmasına yönelik 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu 29.12.2010 tarihinde revize edilmiş ve 2013 yılında mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Fotovoltaik sistem maliyetlerinin düşüş eğiliminde olması dolayısıyla önümüzdeki dönemlerde Türkiye'de fotovoltaik sistemlerin artış göstermesi beklenmektedir.²¹¹

3.1.1.2. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

Teorik olarak Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından çok zengin bir ülke olup yıllık rüzgar enerjisi potansiyeli mevcut elektrik tüketiminin iki katından daha fazla olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli, günümüzdeki termik ve hidro santrallerin üretiminden daha fazla potansiyele sahiptir. Türkiye'nin rüzgar potansiyeli bölgesel olarak incelendiğinde, Tablo 13'te görüldüğü üzere, rüzgar potansiyeli en yüksek bölge Marmara Bölgesi olmakta ve hemen ardından Güneydoğu Anadolu ve Ege Bölgeleri gelmektedir.²¹²

Tablo 13: Türkiye'nin Bölgelerinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Rüzgar Hızı

Bölge	Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Yıllık Ortalama Rüzgar Yoğunluğu (W/m ²)
Marmara Bölgesi	3.29	51.91
Ege Bölgesi	2.65	23.47
Akdeniz Bölgesi	2.45	21.36
İç Anadolu Bölgesi	2.46	20.14
Karadeniz Bölgesi	2.38	21.31
Doğu Anadolu	2.12	13.19
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2.69	29.33
Ortalama	2.58	25.82

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı (Aktaran: Cumalı İlkılıç, "Wind Energy and Assessment of Wind Energy Potential in Turkey", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16, 2012, pp.1165– 1173.

²¹¹ Enerji ve Tabii Enerji Bakanlığı- ETKB, (Çevrimiçi) <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695> 10 Mayıs 2014.

²¹² Cumalı İlkılıç, "Wind energy and assessment of wind energy potential in Turkey", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16, 2012, s.1166.

Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli hesaplanırken, Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel atlası (REPA) yönteminden faydalanılarak, kullanılabilir alanlara 5MW/km² gücünde rüzgar enerji santrali kurulabileceği varsayılmıştır. Bu yöntem sayesinde denizlerde, kıyılarda ve yüksek rakımlı bölgelerde daha önce ölçülemeyen potansiyeller ortaya çıkmıştır.²¹³

Tablo 14: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgar Güç Yoğunluğu (W/m²)	Toplam Kurulabilecek Güç Miktarı (MW)
6.5 - 7.0	300 - 400	83906.96
7.0 - 7.5	400 - 500	29259.36
7.5 - 8.0	500 - 600	12994.32
8.0 - 9.0	600 - 800	5399.92
>9.0	>800	195.84
Toplam		131756.40

Kaynak: Enerji ve Tabii Enerji Bakanlığı- ETKB, (Akataran: Mustafa Çalışkan, “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar”, Rüzgar Enerjisi ve Santralleri Semineri, İstanbul, 27 Mayıs 2011 ,(Çevrimiçi) <http://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/MUSTAFA-CALISKAN.pdf> 3 Mayıs 2014.

Türkiye’de 55Kw üretim kapasitesine sahip olan ilk rüzgar türbini 1985 yılında Vestas Rüzgar Enerjisi Sistemleri tarafından Çeşme Golden Dolphin Hotel’de inşa edilmiştir. Türkiye’nin rüzgar enerjisi ile ilgili gelişimi ise asıl 1998 yılında üç Ernercon E-40 rüzgar türbininin Alaçatı, İzmir’de faaliyete geçmesiyle gerçekleşmiştir. Her biri 500 Kw kapasiteye sahip olan türbinler 1.5 MW enerji üretimi sağlamaktadır. Türkiye’nin ilk Yap-İşlet-Devret rüzgar santrali de yine 1998 Kasım ayında Alaçatı İzmir’de faaliyet göstermeye başlamış ve toplam kurulu gücü 7.2 MW olup on iki türbinden oluşmaktadır. Türkiye’deki üçüncü rüzgar çiftliği ise, 2000 yılında 600KW’lık on yedi rüzgar türbini ile devreye giren toplam ve 10.2MW güce sahip olan Bozcaada’da bulunmaktadır. 2006 yılında ise Bandırma’da 30MW güce sahip olan rüzgar çiftliği faaliyete geçmiştir.²¹⁴ Yıllar itibariyle rüzgar kurulu gücünün gelişimi ise 2004 yılına kadar 18.90 MW ile sabit kalmış 2005

²¹³ Enerji ve Tabii Enerji Bakanlığı- ETKB, (Akataran: Mustafa Çalışkan, “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar”, Rüzgar Enerjisi ve Santralleri Semineri, İstanbul, 27 Mayıs 2011, (Çevrimiçi) <http://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/MUSTAFA-CALISKAN.pdf> 3 Mayıs 2014.

²¹⁴ Cumali İlkılıç, Hüseyin Aydın ve Rasim Behçet, “The Current Status of Wind Energy in Turkey and in the World”, **Energy Policy** 39, 201, p. 962.

yılında 20.10 MW'a gelmiş ve 2006 yılında Bandırma'da devreye giren rüzgar çiftliğinin katkısıyla 58.95 MW'a yükselerek bu tarihten itibaren çok hızlı bir artış göstermiştir. 2007 yılından itibaren sırasıyla 146.25MW, 363.65MW, 791.55MW, 1320.15MW, 1728.70MW²¹⁵ ve 2012 yılında 2312.5 MW kurulu güce yükselmiştir.²¹⁶ Türkiye'de, 2013 yılı sonundaki yıllık rüzgar enerjisi üretim miktarı 7.518 GWh'a ulaşmış olup işletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücü ise 2.760 MW'e yükselmiştir.²¹⁷

2013 yılında işletmede olan rüzgar santrallerinin bölgesel dağılım yüzdeleri incelendiğinde Ege Bölgesi'nin %40.90 ve Marmara Bölgesi'nin %35.66'lık pay ile ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Bu sırayı %14.70 ile Akdeniz Bölgesi, %5.10 ile İç Anadolu Bölgesi, %2.70 ile Karadeniz Bölgesi ve %0.93 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi izlemektedir. İnşa halinde olan rüzgar santrallerinin ise %42.45'i Marmara %38.08 Ege %14.99 Akdeniz ve %4.49 İç Anadolu Bölgesi arasında dağıldığı görülmektedir.²¹⁸ Bu değerler incelendiğinde Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından ikinci sırada yer alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin kurulu kapasite bakımından son sırada yer aldığı ve inşa halinde olan rüzgar santralleri payında ise yer bile almadığı göze çarpmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin rüzgar enerjisi kapasitesi dikkate alınarak devletin bölgeye rüzgar enerjisi alanında bir takım teşvik veya yatırımlar uygulaması ile bölgeye ait yüksek değerdeki kaçak enerji kullanımının önüne geçilmiş olmanın yanı sıra yeni istihdam alanını ortaya çıkacak olmasıyla birlikte bölgenin kalkınmasına katkı sağlamakta önemli bir araç olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

²¹⁵ Enerji ve Tabi Enerji Bakanlığı- ETKB, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/images/gra_son_ist.png 3 Mayıs 2014.

²¹⁶ Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği- TÜREB “Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu” Ocak 2014, s.5.

²¹⁷ Enerji ve Tabi Enerji Bakanlığı- ETKB, (Çevrimiçi) <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=rüzgar&bn=231&hn=&nm=384&id=40696> 3 Mayıs 2014.

²¹⁸ TÜREB, a.g.e. , s.12.

3.1.1.3. Türkiye’de Hidro Enerji

Türkiye’nin su kaynakları potansiyeli incelendiğinde, tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup bu değerin 44 milyar m³’ü kullanılmaktadır. Kişi başına düşen su miktarı ise 1.519m³ olmakta ve bu değerler ile Türkiye su azlığı yaşayan bir ülke konumunda bulunmaktadır.²¹⁹ Türkiye, ilerleyen dönemlerde gerekli önlemler almaz ise Türkiye’nin ciddi su problemleri ile karşı karşıya kalması kaçınılmaz görünmektedir. Su açısından ülkenin sorunları olmasının sebepleri arasında ülkenin topografyasının yapısı gereği kaynakları kontrol etmekteki zorluk, kaynakların ve yağışın bölgeler arasındaki dengesiz dağılımı, uzun vadeli planlamalar yerine kısa vadeli projeler ile su kaynaklarının yönetimi bulunmaktadır.²²⁰

Türkiye’nin nehirlerinin akımları düzensiz olduğu için teorik su potansiyeli ile teknik ve ekonomik su potansiyellerinin arasında büyük farklar bulunmaktadır.²²¹ Bu durum hidroelektrik potansiyellerine de aynı şekilde yansımaktadır. Türkiye’nin hidroelektrik teorik potansiyeli 433 milyar kWh, teknik potansiyeli 216 milyar kWh ve ekonomik potansiyeli ise 140 milyar kWh/yıl’dır. Türkiye teorik potansiyel olarak dünya teorik potansiyelinin 1%’in oluşturmaktadır.²²² Türkiye yirmi beş hidrolik havzaya ayrılmıştır. En büyük potansiyele sahip olan Fırta-Dicle havzası tek başına toplam havzaların potansiyelinin 28.4%’e sahiptir.²²³

²¹⁹ T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> 3 Nisan 2014.

²²⁰ Adem Akpınar, “The Contribution of Hydropower in Meeting Electric Energy Needs: The Case of Turkey”, **Renewable Energy** 51, 2013, p. 206.

²²¹ Ayla Tutuş, “Barajlar ve Hidroelektrik Santraller”, (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/c19986e5c658d41_ek.pdf 6 Nisan 2014.

²²² EİE- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx 6 Nisan 2014.

²²³ DSI-General Directorate of State Hydraulic Works 1954-2009, “Water and DSI”, p.20.

Tablo 15: Türkiye’deki Havzaların Su ve Enerji Potansiyeli

Havza Adı	Yağış Alanı (km ²)	Yıllık Ortalama Akış (km ³)	Potansiyel Paylaşım Oranı (%)	Yıllık Ortalama Randıman (l/s/ km2)	Teorik Elektrik Üretim Potansiyeli (GWh/yıl)
Fırat - Dicle	184.918	52.94	28.4	21.4	132.818
Doğu Karadeniz	24.077	14.90	8.0	19.5	48.478
Doğu Akdeniz	22.048	11.07	6.0	15.6	27.445
Antalya	19.577	11.06	5.9	24.2	23.079
Batı Karadeniz	29.598	9.93	5.3	10.6	17.914
Batı Akdeniz	20.953	8.93	4.8	12.4	13.595
Marmara	24.100	8.33	4.5	11.0	5.177
Seyhan	20.450	8.01	4.3	12.3	20.875
Ceyhan	21.982	7.18	3.9	10.7	22.163
Kızılırmak	78.180	6.48	3.5	2.6	19.552
Sakarya	58.160	6.40	3.4	3.6	11.335
Çoruh	19.872	6.30	3.4	10.1	22.601
Yeşilırmak	36.114	5.80	3.1	5.1	18.685
Susurluk	22.399	5.43	2.9	7.2	10.573
Aras	27.548	4.63	2.5	5.3	13.114
Konya Kapalı	53.850	4.52	2.4	2.5	1.218
Büyük Menderes	24.976	3.03	1.6	3.9	6.263
Van Gölü	19.405	2.39	1.3	5.0	2.593
Kuzey Ege	10.003	2.90	1.1	7.4	2.882
Gediz	18.000	1.95	1.1	3.6	3.916
Meriç - Ergene	14.560	1.33	0.7	2.9	1.000
Küçük Menderes	6.907	1.19	0.6	5.3	1.375
Asi	7.796	1.17	0.6	3.4	4.897
Burdur Göller	6.374	0.50	0.3	1.8	0.885
Akarçay	7.605	0.49	0.3	1.9	0.543
Toplam	779.452	186.86	100		432.976

Kaynak: DSI-General Directorate of State Hydraulic Works 1954-2009, “Water and DSI”,p.20. ile World Energy Council- Dünya Enerji Konseyi- Türk Milli Komitesi, “Enerji Raporu 2012”, s.105.

2001 yılından itibaren hidro enerjinin birincil enerji arzı içerisindeki payın yıllar itibariyle gelişimine bakıldığında ortalama %9.72’lik²²⁴ bir paya sahip olduğu ve Türkiye için en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olduğu görülmektedir.

2013 yılı sonunda hidroelektrik santrallerinin ekonomik potansiyelinin 41%’lik kısmı işletmede olup özel kesim tarafından yapımı devam eden projeleri de

²²⁴ BP Statistical Review of World Energy 2013 (Çevrimiçi) www.bp.com/statisticalreview 6 Nisan 2014.

içeren 27%'lik kısmı inşa halinde bulunmaktadır. 467 hidroelektrik santral 22289MW'lık kurulu güce sahiptir bu değer ise toplam potansiyelin 34.8%'nin ifade etmekte ayrıca 2013 yılındaki elektrik üretiminin 24.8%'i hidroelektrik santrallerinden elde edilmiştir. Son yıllarda yağış oranının azalması sonucunda hidroelektrik santrallerinden hedeflenen katkı alınamamıştır. Bu duruma rağmen hidroelektrik üretimi 2012 yılına göre 2.4% oranında artış göstererek 2013 yılında 59.245 MW enerji üretilmiştir.²²⁵

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik santrallerinin küçük ölçekli olanlarının temiz ve çevreci olarak kabul edilmekte,²²⁶ ancak Türkiye'deki hidroelektrik santralleri 1950'den önce küçük ölçekli olup daha sonra orta ve büyük ölçekli hidroelektrik santraller de devreye girmiştir. Özellikle 2000-2010 yılları arasında küçük ölçekli hidroelektrik santrallerinin yanı sıra orta ölçekli hidroelektrik santrallerinin sayısında da önemli artış meydana gelmiştir.²²⁷ Küçük ölçekli HES'lerin teşvikinde önemli bir yere sahip olacağı beklentisi ile 8 Ocak 2011 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"a göre lisansız elektrik üretimine dair yer alan yönetmelikte, Türkiye'deki mini ve mikro hidroelektrik santrallerinin kurulmasına dair yapılan düzenlemeler sonucunda yetki İl Özel İdarelerine bırakılmıştır.²²⁸ Söz konusu kanunda yapılan değişiklik sonucu bu tür HES'lerin sayısında artış beklenmektedir.

²²⁵ Enerji ve Tabii Enerji Bakanlığı- ETKB, (Çevrimiçi)

<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=hidrolik&bn=232&hn=&nm=384&id=40699> 6 Nisan 2014.

²²⁶ Bahtiyar Dursun ve Cihan Gokcol, "The Role of Hydroelectric Power and Contribution of Small Hydropower Plants for Sustainable Development in Turkey", **Renewable Energy** 36, 2011, p. 1232.

²²⁷ Adem Akpınar, "The Contribution of Hydropower in Meeting Electric Energy Needs: The Case of Turkey", **Renewable Energy** 51, 2013, p.213.

²²⁸ Murat Gökdemir, Murat İhsan Kömürcü ve Taylan Ulaş Evcimen, "Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış" **TMH – 471**, 2012/1 ss.20-21.

3.1.1.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Türkiye, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi, jeotermal enerji açısından da konumu itibariyle şanslı bir konumda yer almaktadır. Coğrafi olarak, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde bulunduğu için jeotermal potansiyeli yüksektir. Teorik olarak jeotermal potansiyelinin 31.500MW olduğu öngörülmektedir. Türkiye’de jeotermal enerji çalışmaları 1962 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmış ve yapılan çalışmalar sonucunda 190 jeotermal alanın varlığı ortaya çıkarılmıştır. Bu alanların 79%’u Batı Anadolu’da yer almaktadır. Diğer alanların oranları birbirine yakın olup %8.5’i Orta Anadolu’da, 7.5%’i Marmara Bölgesi’nde, 4.5%’i Doğu Anadolu’da ve geriye kalan 0.5%’lik kısmı diğer alanlarda bulunmaktadır. Türkiye’nin sahip olduğu jeotermal kaynaklarının 94%’ü düşük ve orta sıcaklıkta olması dolayısıyla doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vb.) için uygun olup, 6%’sı dolaylı (elektrik enerjisi üretimi) uygulamalar için uygun olmaktadır.²²⁹

Türkiye’nin jeotermal enerjiye yönelik çalışmaları 2004 yılına kadar uygulanan politikalar sonucunda bir ilerleme kaydedemediği görülmektedir. 2005 yılına Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın başlatmış olduğu mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak sahalarının aranması seferberliği sonucunda 2004 yılı sonunda 2730Mwt olan kullanılabilir ısı kapasitesine 2009 yılı sonunda 1040Mwt ısı enerjisi eklenmiş ve ısı kapasitesi %38 arttırılmıştır. Bu gelişmelerin yanı sıra sondajlı aramalar ile yeni sahalar ortaya çıkarılmıştır.²³⁰

Türkiye’nin doğrudan ısı enerjisi olarak kullanım potansiyeli 2.084Mwt olup 2010 yılındaki kullanım türüne göre dağılımı Tablo 16’da yer almaktadır.²³¹

²²⁹ Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.php?id=jeotermal_potansiyel 15 Nisan 2014.

²³⁰ A.e.

²³¹ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx 15 Nisan 2014.

Tablo 16: Türkiye’de Doğrudan Isı Enerjisinin Kullanım Türlerine Göre Dağılımı

Kullanım Türü	Miktar (MWt)	Miktar (TJ/yıl)
Bireysel Isıtma	219	2.417
Merkezi Isıtma	792	7386.400
Sera Isıtma	483	9.138
Havuz Isıtılması	552	17.408
Isı Pompası Kaynağı Olarak	38	536.500
Genel Toplam	2084	36885.9

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx 15 Nisan2014.

Türkiye’nin elektrik üretimine için uygun olan potansiyeli ise 1.500MW olup 2012 yılındaki firma sayısı ve kurulu güç bakımından durumu Tablo 17’de yer almaktadır.²³²

Tablo 17: Türkiye’nin Elektrik Üretimine Uygun Jeotermal Enerjisinin Kurulu Güç Kapasitesi

	Firma Sayısı (Adet)	Kurulu Güç Kapasitesi (Mwe)
Elektrik Üretimi Amaçlı Lisans Alan	20	465.69
İşletmede Bulunan Elektrik Üretim Santrali	7	114.20
İncelemeye ve Değerlendirmeye Alınan Lisans Başvurusu	16	327.95

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx 15 Nisan2014.

2000-2012 döneminde jeotermal doğrudan kullanım kapasitesi 1.6 kat, jeotermal elektrik üretimi 8.3 kat ve jeotermal ısı üretimi ise 3.6 kat artış göstermiştir. Türkiye’nin bilinen jeotermal enerji potansiyelinin; doğrudan kullanımda %20-36’sı, elektrik üretiminde %8-16’sı ve toplam jeotermal enerji üretiminde %10-19’u kullanılmaktadır.²³³

Türkiye’nin jeotermal enerji ile ilgili çalışmaları hızla sonuç vermekte olup 2013 yılına gelindiğinde ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından günümüze kadar yapılmış olan 576 adet 328.711 m sondajlı arama neticesinde 227 adet saha keşfedilmiş ve toplam 4.900MWt ısı enerjisi elde

²³² A.e.

²³³ Abdurrahman Satman, “Türkiye’de Jeotermal Enerji ve Potansiyeli” (Çevrimiçi) <http://www.emhk.itu.edu.tr/%5Cimg%5Cemhk%5Cdatafiles/Abdurrahman%20SATMAN%20-%20T%C3%BCrkiye%20de%20Jeotermal%20Enerji%20ve%20Potansiyeli.pdf> 15 Nisan 2014.

edilmiştir. Jeotermal enerji ile üretililecek elektrik potansiyelinin teorik olarak 2000MWe olduğu öngörülmektedir. 2013 yılı sonunda söz konusu potansiyel 706.4MWe'ye ulaşmış olup 13 adet jeotermal enerji santrali işletmede olup kurulu güç 310.8MWe seviyesine yükselmiştir.²³⁴ Tablo 16'daki 2010 değerleri ve Tablo 17'deki 2012 değerleri ile 2013 değerleri karşılaştırıldığında bu kadar kısa süre içerisinde Türkiye'de jeotermal enerjide meydana gelen gelişmeler dikkat çekecek niteliktedir.

3.1.1.3. Türkiye'de Biyoenerji

Türkiye'nin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları kömürden sonra ikinci sırayı almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ise üçte ikisini ise biyokütle enerjisi oluşturmaktadır. Türkiye'de biyokütle enerji kaynağı olarak buğday, saman, fındık kabuğu gibi çeşitli tarım atıkları bulunmaktadır. Türkiye'nin yıllık biyokütle potansiyeli yaklaşık 32 MTEP olduğu ve toplam geri kazanılabilir biyoenerji potansiyelinin yaklaşık olarak 17.2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir.²³⁵

Tablo 18: Türkiye'nin Biyokütle Kaynakları ve Potansiyeli

Kaynak	Hammadde Potansiyeli (milyon ton)	Biyogaz Üretimi (TJ)
Kamu Katı Atıklar	25.00	575
Odun	3.52	
Ormancılık / Odun İşleme	3.56	
Tarım Artıkları - Saman, Sap	13.20	
Tarım Artıkları - Tohum, Kabuk	4.00	
Gübreler	13.80	

Kaynak: Kemal Barış ve Serhat Küçükali, "Availability of Renewable Energy Sources in Turkey: Current Situation, Potential, Government Policies and The EU Perspective", **Energy Policy** 42, 2012, p.378.

Türkiye'de biyokütle kaynaklarının neredeyse tamamı konutlarda ısıtma ve pişirme amaçlı tüketilmektedir. Odun, Türkiye'deki 6.5 milyon kadar konutun ana ısınma yakıtı olarak kullanılmaktadır. Kağıt sektöründe faaliyet gösteren fabrikalar, ihtiyaç duyulan enerjinin 60%'ını odun atıklarından sağlamaktadırlar. Hayvansal

²³⁴T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- ETKB, (Çevrimiçi) <http://www.enerji.gov.tr/index.php?sf=webpages&b=jeotermal&bn=234&hn=&nm384> 15Nisan 2014.

²³⁵ Erkan Erdoğan, "An Expose of Bioenergy and Its Potential and Utilization in Turkey", **Energy Policy** 36, 2008, p.2184.

atıklar ise daha çok tarımda gübre olarak kullanıldığı için biyokütle açısından sınırlı bir miktarda kullanılmaktadır.²³⁶

Türkiye büyük bir tarım potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin toplam tarım arazi alanı yaklaşık 26.350 milyon hektar olup bu alanın %38.4'ü ekili alan, %44.1'i orman alanı, 10.4%'ü nadasa bırakılan alan, %7.1'inde sebze ve meyve yetiştirilmektedir. Türkiye'de biyokütlenin önemli bir enerji kaynağı olması nedeniyle tarıma olan önem de artış göstermektedir. Bu doğrultuda tarımsal faaliyetler, sanayi ürünlerinin üretimi için kullanılan endüstriyel bitkilerin üretilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu tür tarımsal üretim sonucunda iki biyokütle kaynağı ortaya çıkmaktadır. Birincisi, hasattan sonra alanlar üzerinde kalan tortu olup ikincisi tarım ürünlerinin sanayi ürünleri haline getirilmesi amacıyla işlenmesi sırasında ortaya çıkan kayıptır. Hububat ve yağlı tohum kalıntıları, (kabuk, sap, küspe, saman,vb) Türkiye'deki en yaygın biyokütle kaynakları arasında yer almakla birlikte en yüksek kalıntı miktarları buğday ve arpadan sonra mısır ve pamukta bulunmaktadır. Ayrıca, tüm bitki atıkları biyoenerji açısından kullanılamamakta ve bu duruma ek olarak yeterli miktarda kalıntıların; erozyonu önlemek, toprağa besin sağlamak ve toprağın uygun karbon seviyesini korumak amacıyla alanda bırakılması gerekmektedir.²³⁷

Biyokütle enerjisi klasik ve modern olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Modern biyokütle enerji teknolojileri enerji ormanları ve enerji bitkileri üretimini içermektedir.²³⁸ Bu yöntemler daha yeni yöntemler olup Türkiye'de ormancılık alanında, diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, klasik yöntem devam etmektedir. Özellikle kırsal alanlarda enerji kaynağının büyük bir kısmı odundan sağlanmakta ve yasa dışı odunculuğun da Türkiye'de önüne

²³⁶ Kemal Barış ve Serhat Küçükali, "Availability of Renewable Energy Sources in Turkey: Current Situation, Potential, Government Policies and The EU Perspective", **Energy Policy** 42, 2012, p. 384.

²³⁷ Cihan Gokcol, Bahtiyar Dursun, Bora Albayrak ve Erkan Sunan, "Importance of Biomass Energy as Alternative to Other Sources in Turkey", **Energy Policy** 37, 2009, p. 425.

²³⁸ Asiye Gül Bayrakçı ve Günnur Koçar, "Utilization of Renewable Energies in Turkey's Agriculture", **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16, 2012, p.626.

geçilemediği için bu durum ormancılığa zarar veren bir boyuta ulaşılmasına yol açmıştır.²³⁹

3.1.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları

Türkiye, Cumhuriyet’in kuruluşunun 100. yılı olan 2023 yılı için her sektöre ait hedefler belirlemiştir. Enerji sektörünün hedefleri aşağıda yer almaktadır:²⁴⁰

- Kurulu gücün 120.000 MW’a çıkarılması
- Yenilenebilir enerji kaynakları payının %30’a yükseltilmesi
- Su enerjisi kullanımının en üst düzeye ulaştırılması
- Kurulu rüzgar enerji kapasitesinin 20.000MW’a çıkartılması
- 600MW jeotermal ve 3.000MW güneş enerjisi kapasiteli santrallerin kurulması
- Taşıma hattı uzunluğunun 60.717km’ye çıkartılması
- Enerji dağıtımı birim kapasitesinin 158.460MWA düzeyine çıkartılması
- Akıllı şebeke kullanımının arttırılması
- Doğal gaz depolama kapasitesinin 5milyar m³e yükseltilmesi
- Enerji borsası oluşturulması
- Nükleer enerji santrallerini işletmeye almak (iki nükleer santralin faaliyete başlamış olması ayrıca üçüncü santralin yapımının sürdürülmesi)
- 18.500MW kapasiteli kömür yakıtlı bir elektrik santrali inşa etmek

2023 enerji hedeflerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının çok büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bütün yenilenebilir enerji kaynakları türü için ayrı hedefler belirlenmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için mevcut durumda uygulanan politikaların yeterli olmayacağı açık bir şekilde görülmekte ve bu doğrultuda yeni düzenlemeler yapılmaktadır. Bu konuda yenilenebilir enerji yatırımları ve AR-GE faaliyetleri söz konusu hedeflere ulaşmak için yapılması gereken düzenlemeler hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

²³⁹ Mustafa Acaroğlu ve Hasan Aydoğan, “Biofuels Energy Sources and Future of Biofuels Energy in Turkey”, **Biomass and Bioenergy** 36, 2012, p.72.

²⁴⁰ T.C. Başbakanlık Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı- Invest in Turkey (Çevrimiçi) <http://www.invest.gov.tr/tr-tr/sectors/Pages/Energy.aspx> 3 Ocak 2014.

3.1.2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları

Türkiye’de yenilenebilir enerjinin payını arttırmak amacıyla enerji yatırımlarına verilen desteklerde yeni düzenlemelere gidilmiştir. 10.05.2005 tarihinde 5346 sayılı kanun ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile 18.05.2005 tarihinden 31.12.2015 tarihine kadar işletmede olan veya işletmeye girecek olan üretim lisansı sahibi tüzel kişiler tesislerin işletmeye giriş tarihi itibarıyla on yıl boyunca destekleme mekanizmalarından faydalanabileceklerdir. 29.12.2010 tarihli kanun ile yenilenebilir enerji kaynakları için farklılaşan bir tarife destek sistemi düzenlenmiştir. Bu destek ile US-cent türünden ve üretilen elektrik kWh değerinden güvence altına almıştır. Yapılan bu düzenleme çerçevesinde verilen güvenceye ek olarak üretim tesislerinde yapımında kullanılacak donanımların yerli olması durumunda da ilave tarifeler uygulanacaktır. Hidroelektrik üretim ve rüzgar enerjisine dayalı tesislerine 7.3 UScent/kWh, jeotermal enerjisine dayalı üretim tesislerine 10.5 UScent/kWh ile biyokütle ve güneş enerjisine dayalı üretim tesislerine 13.3 UScent/kWh temel tarife fiyatları uygulanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına göre yurt içinde gerçekleşen imalata verilen ilave tarife destekleri Tablo 19’da yer almaktadır.²⁴¹

Yenilenebilir enerji yatırımları arttırmak amacıyla 4628 sayılı Kanunda, kurulu gücü 500kW’tan daha düşük olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesisleri ile mikro- kojenerasyon tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerin, lisans alma ve şirket kurma zorunluluğu olmadığı belirtilmektedir. Kanuna göre bu şekilde üretilen elektrik “muafiyetli üretim” olarak değerlendirilmekte ve üretim yapan kişilerin ihtiyaçlarından daha fazla ürettikleri elektriği dağıtım sistemine vermeleri durumunda, temel tarife sisteminden on yıl süre ile yararlanabilmeleri sağlanmıştır.²⁴² Bu doğrultuda dağıtıma verilen elektrik enerjisinin perakende satış lisansının, dağıtım şirketi tarafından satın alınması zorunlu olup şirketlerin bu

²⁴¹ 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5346/5346_Sayili_Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarinin_Elektrik_Enerjisi_Uretimi_Amacli_Kullanimina_Iliskin_Kanun.pdf 8 Ocak 2014.

²⁴² Enerji Yatırımcısı El Kitabı 2012, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu- EPDK, Ankara, 2012, ss.59-60.

vasıtaıyla satın aldıkları elektrik enerjisinin, söz konusu dağıtım şirketleri tarafından “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması” kapsamında üretilmiş ve sisteme verilmiş olduğu güvence altına alınmıştır.

Tablo 19: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yurt İçi İmalat Türüne Göre Verilen Ek Destekler

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (US cent/kWh)
Hidrolik Üretim Tesisleri	1- Türbin	1.3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1.0
Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri	1- Kanat	0.8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1.0
	3- Türbin kulesi	0.6
	4- Rotor ve nasele gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç)	1.3
Fotovoltaik Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0.8
	2- PV modülleri	1.3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3.5
	4- İnvertör	0.6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0.5
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri	1- Radyasyon toplam tüpü	2.4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0.6
	3- Güneş takip sistemi	0.6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1.3
	6- Stirling motoru	1.3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0.6
Biyokütle Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0.8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0.4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0.6
	4- Buhar gazı veya türbini	2.0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0.9
	6-Jeneratör ve güç elektroniği	0.5
	7- Kojenerasyon sistemi	0.4
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri	1- Buhar veya gaz türbini	1.3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0.7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0.7

Kaynak: 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun
http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5346/5346_Sayili_Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarinin_Elektrik_Enerjisi_Uretimi_Amacli_Kullanimina_Iliskin_Kanun.pdf 8 Ocak 2014.

Türkiye’de yenilenebilir enerji ile yapılan destekler neticesinde yatırımcıların dikkatini çekerek yatırımların artacağı beklenmekte ve 2023 yılına kadar, Türkiye’deki enerji talebini karşılaması öngörülen toplam yatırım tutarının 120 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir. Bu yatırım tutarı son on yılda gerçekleştirilen toplam yatırım tutarının iki katından daha fazla bir değere karşılık gelmektedir.²⁴³ Bu açıdan bakıldığı zaman yenilenebilir enerji ile ilgili yapılan teşviklerin hedeflenen yatırım değerine ulaşmakta yeterli olmayacağı ve söz konusu değere ulaşmak için daha fazla teşvik mekanizmalarının düzenlenmesi ve en kısa sürede devreye girmesi gerektirmektedir.

Yenilenebilir enerji yatırımları açısından hayati öneme sahip teşvik politikalarının Türkiye’de sadece iki yöntemden var olduğu dikkat çekmektedir. Uygulanan yerli üretim teşviki ile muafiyetli üretim politikaları ilk etapta Türkiye’nin yapısına uygun politikalar değildir. Teşvik politikalarının başarılı olabilmesi için çeşitli ve ülkenin yapısında uygun desteklerin uygulamaya alınması gerekmektedir. Türkiye henüz yenilenebilir enerji alanında kendi yurt içi imalatını gerçekleştirecek kadar güçlü bir yapıya sahip değildir. Muafiyetli üretim için de toplumun bilinç seviyesinin henüz bu alanda yeterli olmadığı açıktır. Söz konusu politikalar gelişmiş ülkelerde uygulandığı takdirde çok başarılı sonuçlar verebilecekken Türkiye’de sadece bu iki teşvik ile sınırlı kalıp başka teşvikler ile desteklenmediği için yetersiz kalmaya mahkum olacaklardır. Türkiye’de faaliyette olan teşvik politikaları yapıcı olmakla birlikte ilk başta daha basit politikalara desteklenmelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

²⁴³ T.C. Başbakanlık Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı- Invest in Turkey (Çevrimiçi) <http://www.invest.gov.tr/tr-tr/sectors/Pages/Energy.aspx> 8 Ocak 2014.

3.1.2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki AR-GE Faaliyetleri

Petrol fiyat şokları, özellikle petrol rezervleri olmayan ülkeler için, enerji tüketiminin daha temkinli ve verimli kullanılmasını ayrıca yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile alternatif enerji kaynaklarının enerji payındaki değerinin artması gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Petrol fiyat şokları; verimlilik, teknoloji geliştirme, AR-GE faaliyetleri yönünde politikaların gelişmesini zorunlu kılarken ekonomik büyüme ise enerji talebinin artmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çelişki ve ekonomik kısıtlar doğrultusunda hangi enerji kaynağı ile ilgili ne şekilde bir çalışma yapılması gerektiği kararı önemli bir sorun teşkil etmektedir.²⁴⁴ Türkiye, hem petrol rezervine sahip olmayan hem de ekonomik büyüme içinde olduğu için enerji talebi devamlı artış eğiliminde olan bir ülke konumunda olduğu için sınırlı olan kaynaklarını ne şekilde kullanması gerektiği doğrultusunda karar alma mekanizmalarının yaptıkları değerlendirmeler ayrı bir öneme sahip olmaktadır.

Enerji teknolojilerini geliştirmek amacıyla hangi kaynağa öncelik verileceğine karar verilirken göz önünde bulundurulması gereken bazı gerçekler söz konusudur. Fosil yakıtlar çevreye; yerel, bölgesel ve küresel boyutlarda zarar vermektedir. Fosil yakıtların, ithalat ile elde edildiği de göz önünde bulundurulması gerekmektedir, çevreye olan zararlı etkilerini azaltmaya yönelik teknolojiler geliştirmek yerine, bu alanda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Ancak bu alana daha çok ekonomisi güçlü olan gelişmiş ülkeler öncelik vermektedir.²⁴⁵

Türkiye’de yenilenebilir enerji alanında AR-GE faaliyetleri istenilen boyutlarda olmamakla birlikte bu konu üzerinde gelişmeler ve düzenlemeler sürdürülmektedir.

²⁴⁴ Siang Leng Wong, Wai-Mun Chia, and Youngho Chang, “Energy Consumption and Energy R&D in OECD: Perspectives From Oil Prices and Economic Growth”, **Energy Policy** 62, 2013, p.1581.

²⁴⁵ Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu – TÜBİTAK, “Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi – Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu”, 2003, s.6.

Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynaklarında AR-GE çalışmaları kaynaklarına göre aşağıda belirtilmektedir.²⁴⁶

Güneş enerjisi ile ilgili çalışmalarda, fotovoltaiik panel teknolojileri geliştirilerek verim arttırılmış aynı zamanda yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojilerine dönüş yapılmıştır. Güneş alanında yapılan AR-GE çalışmalarının büyük bir kısmı özel kesim tarafından gerçekleştirilmiştir. Kamu kesiminde ise en önemli AR-GE faaliyetleri TÜBİTAK tarafından yürütölmüş olup kalkınma ajansları da son dönemlerde çalışmalar yapmaya başlamıştır. AR-GE çalışmaları, termal uygulamadan ziyade enerji üretimine de yoğunlaşılması süreci devam etmekte olup AR-GE çalışmaları neticesinde mevcut teknolojilerin fiyatları %15-20 oranlarında azalma göstermiştir. Güneş enerjisi teknolojilerinde yapılan AR-GE çalışmaları, özellikle yoğunlaştırılmış güneş enerjisi alanında, yetersiz kalmış ve teknoloji açısından herhangi bir gelişme sağlanamamıştır.

Rüzgar enerjisi alanında özellikle türbinlerin iç yapılarına yönelik çalışmalar yapılmış ve ağırlık probleminin çözümüne öncelik verilmiştir. Alternatörlerin hafifletilmesi ve dişli sistemlerinin sistemden kaldırılması için çalışmalar sürdürölmektedir. Türkiye’deki rüzgar türbinlerinde sadece düz akışta elektrik üretebilen teknolojiler mevcuttur. Türbölanslı akış içerisinde de elektrik üretebilen teknolojilere geçiş yapılması için çalışmalara öncelik verilmesi gerekmektedir. Türkiye bu alandaki teknolojileri üretebilecek yapıya sahip olup bu alanda faaliyet gösteren şirketlerin sayısı artmaktadır.

Türkiye’nin jeotermal enerji uygulamalarında teknoloji kapasitesi dünya standartlarında olup, kullanılan ekipmanlar son teknoloji ürünleridir. Dolayısıyla jeotermal teknolojiler açısından içinde bulunulan durum yeterli seviyede olmakta birlikte çalışmalar devam etmektedir. Jeotermal enerjisi alanında ısı kaybını önleyici borular ile genel sistemin döngüsü esnasında meydana gelen kayıpları azaltmak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Bir diğer hedef ise jeotermal sularından hidrojen üretmek olup bu alandaki en büyük sorun nitelikli iş gücüne sahip olunmamasıdır.

²⁴⁶ Teke, a.g.e., ss.59-60.

Biyoenerji alanında kurulu tesisler özellikle belediyeler tarafından değerlendirilmektedir. Bu alandaki mevcut teknolojiler, jeotermal enerjisinde olduğu gibi, dünya standartlarında olmasında rağmen bu alanda gerektiği kadar çalışma yapılmamaktadır.

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları içinde en fazla entegre olan kaynak hidroenerji olmasına rağmen bu alanda da AR-GE faaliyetlerinin yetersiz olduğu görülmektedir.

OECD ülkeleri tarafından uygulanan enerji teknolojileri AR-GE politikalarının 80’li yılların başında özel kesim tarafından gerçekleştirilmeye çalışılması ilerleyen yıllarda bu alana yapılan yatırımların giderek azalmasına yol açmıştır. Bu durum üzerine kamu kesimi devreye girmiş ve kamu ağırlıklı politikalar izlenmiştir. Enerji teknolojileri alanında rekabet üstünlüğü sağlayacak bir pazarın oluşabilmesi için kamu AR-GE politikalarının ağırlıklı etkisinin olduğu, özel kesimin enerji AR-GE faaliyetlerini tek başına yürütemeyeceği ve kesimler arası işbirliğinin önemi anlaşılmıştır. Bu alanda AR-GE faaliyetleri çok düşük kalan Türkiye’nin yenilenebilir enerji AR-GE faaliyetleri alanında ilerleme sağlayabilmesi için kamu kesiminin bu alanda gereken önem ve öncelikle yer alması gerekmektedir.²⁴⁷

3.1.3. Türkiye’nin Enerji Sektörü Bileşenleri

3.1.3.1. Türkiye’de Enerji Arzı ve Talebi

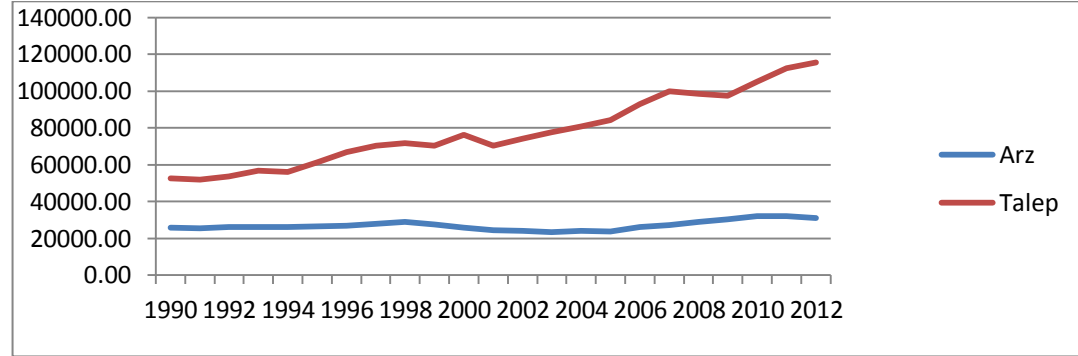
Türkiye’de 1990 yılından itibaren yıllık enerji talep artışı 4.6% olarak gerçekleşmiş olup bu değer gelişmiş ülkelerde meydana gelen değerlerin neredeyse 3 katıdır.²⁴⁸ 2010 ve 2011 yıllarında ortalama 8.8%²⁴⁹ büyüme gösteren Türkiye için enerji talep artışının önümüzdeki yıllarda giderek artış göstermesi kaçınılmaz bir durumdur.

²⁴⁷ Işıl Demirtaş, “Enerji Teknolojileri AR-GE Politikaları: OECD Ülke Deneyimleri ve Türkiye Karşılaştırması” **Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi**, 2013 Cilt: VIII Sayı: II s.120.

²⁴⁸ Türkiye’nin Enerji Görünümü, **a.g.e.**, s.4.

²⁴⁹ T.C. Maliye Bakanlığı, “Yıllık Ekonomik Rapor 2012”, s.2.

Şekil 6: Türkiye'nin Enerji Arz ve Talep Gelişimi (TEP)



Kaynak: OECD Renewable Balance Production – Total Primary Energy Supply Statistics

Kişi başına birincil enerji tüketimi 2000 yılından günümüze ortalama 1,4 civarlarında olup gelişmiş ülke ortalamalarına göre çok düşük kalmaktadır.

Türkiye'nin 2012 enerji dengelerine 1990 yılı baz alınarak bakıldığında enerji talebinin 52,7 milyon TEP'den 115,7 milyon TEP değerine yükselerek 119% artış gösterdiği, toplam yerli üretimin 25,8 milyon TEP'den 31,1 milyon TEP değerine yükselerek 20% artış gösterdiği, toplam enerji ithalatının ise 30 milyon TEP'den 95,4 milyon TEP değerine yükselerek 218% artış gösterdiği görülmektedir.. Enerji talebinin artış hızını yerli üretim karşılamakta yetersiz kaldığı için enerji ithalatı zorunlu olarak artış göstermiş ve bu farkın geçen yıllarda giderek büyümesi sonucunda 1990 yılındaki yerli üretimin talebi karşılama oranı 48,93% iken 2012 yılına göre 40% gerileme göstererek 26,89% seviyesine düşmüştür.²⁵⁰ Türkiye'nin enerji üretimi enerji ihtiyacını karşılamakta yetersiz kaldığı ve aradaki farkın her geçen gün büyümesi nedeniyle Türkiye giderek enerji alanında dışa bağımlı bir ülke olup enerji açığını karşılayabilmek için net ithalatçı bir konumunda bulunmaktadır.

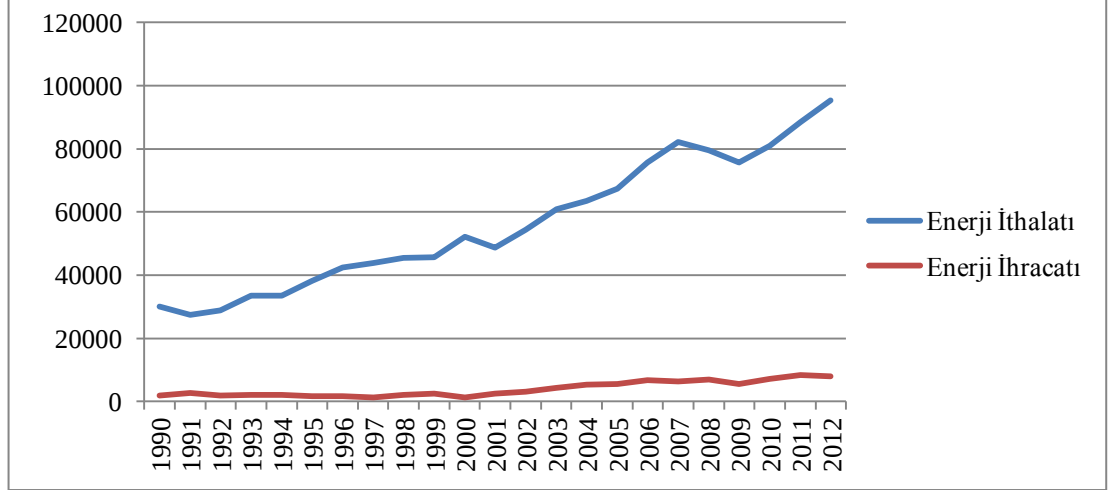
3.1.3.2. Türkiye'nin Enerji İthalatı

Türkiye enerji alanında, diğer tüm gelişmekte olan ülkelerdeki gibi, çıkmaz bir konumda bulunmaktadır. Enerji üretimi açısından yetersiz kalmakta, az enerji tüketmekte ve aynı zamanda tükettiği enerjiden verimli ve temiz bir şekilde yararlanamamaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için ekonomisini büyütmek ve enerji arz ve talep dengesini daha verimli ve temiz bir yapıya

²⁵⁰ OECD Renewable Balance Import – Export Statistics

dönüştürmesi gerekmektedir. Bu durumunun önüne geçilmediği sürece Türkiye'nin dışa bağımlılığının giderek artış göstermesi kaçınılmaz bir durumdur.²⁵¹

Şekil 7: Türkiye'nin Enerji İthalat ve İhracat Görünümü (TEP)



Kaynak: OECD Renewable Balance Import – Export Statistics

Şekil 7’de görüldüğü üzere, Türkiye’nin enerji ithalatı Türkiye ekonomisindeki kriz dönemlerindeki kısa süreli düşüş dışında sürekli artış göstermektedir. Özellikle son yıllardaki enerji ithalat değerleri eski dönemlere göre daha da artış göstermiş olup Türkiye’nin enerji dışa bağımlılık oranı 2012 yılında 73% seviyesine yükselmiştir. Bu durum Türkiye’nin genel ithalatı içerisinde enerjinin çok büyük bir paya sahip olmasına yol açmaktadır. Şekil 7’de de görüldüğü üzere enerji ithalatının toplam ithalat içindeki payı 2002-2013 yılları arasında ortalama 20% dolaylarında olup Türkiye’nin ithalat kalemleri arasında en yüksek payı oluşturmaktadır. Türkiye’nin enerji ithalatı 2009 yılındaki küresel kriz nedeniyle bir önceki yıla göre önemli bir düşüş sergilemiş olmakla birlikte toplam ithalat da 30% seviyesinde düşüş göstermiş dolayısıyla enerji ithalatının toplam ithalat içindeki payı ortalama seviyesinde bir değer almıştır.

Enerji ithalatının sektörel dağılımına bakıldığında yarısından fazla bir oranın ulaştırma sektörüne ait olduğu geri kalan kısmın ise elektrik sektörüne ait olduğu görülmektedir. Elektrik üretimi büyük ölçüde doğal gaz ithalatı ile

²⁵¹ TÜBİTAK, “Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi – Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu”, a.g.e.,s.6.

gerçekleştirilirken²⁵² Türkiye’de ulaştırma sektörü neredeyse karayollarından oluşan bir yapıya olduğu için ulaştırma amaçlı enerji kaynaklarının neredeyse tamamı petrol ithalatına dayanmaktadır.²⁵³

Tablo 20: Enerji İthalatının Toplam Enerji İthalatındaki Payı

Yıllar	Toplam İthalat milyar ABD doları	Enerji İthalatı milyar ABD doları	Enerji İthalatının Toplam İthalat İçindeki Payı (%)	Ulaştırma milyar ABD doları	Ulaştırma Sektörünün Payı (%)	Elektrik Üretimi milyar ABD doları	Elektrik Sektörünün Payı (%)
2002	51.50	9.20	17.86	5.40	58.80	3.80	41.20
2003	69.30	11.60	16.74	5.60	48.20	6.00	51.80
2004	97.50	14.40	14.77	8.60	60.00	5.80	40.00
2005	116.70	21.30	18.25	12.40	58.40	8.90	41.60
2006	139.50	28.90	20.72	16.60	57.60	12.30	42.50
2007	170.10	33.90	19.93	19.30	57.10	14.50	42.90
2008	201.90	48.30	23.92	27.00	56.00	21.30	44.00
2009	140.90	29.90	21.22	15.20	50.70	14.70	49.30
2010	185.50	38.50	20.75	21.00	54.60	17.50	45.40
2011	240.80	54.10	22.47	33.60	62.10	20.50	37.90
2012	235.00	60.00	25.53	37.30	62.10	22.80	39.00

Kaynak: Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Görünümü, TC Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Dunyada_ve_Turkiyede_Enerji_Gorunumu.pdf 10 Mart 2014

2011 yılında 2002 yılına göre Türkiye’nin elektrik üretimi 77%, tüketimi 74%, ithalatı 27% ve ihracatı 738% artış göstermiştir.²⁵⁴ Son yıllarda elektrik üretimi için enerji ithalatındaki payın azalmasının nedenlerinden birisi de yenilenebilir enerji kaynaklarına da yer vermeye başlanması ve bu sebeple ithal kömür ve doğal gazla tabanlı elektrik üretiminin azalması beklenmektedir. Dolayısıyla ileriki dönemlerde yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının artırılması hedefleri doğrultusunda elektrik üretimi kaynaklı enerji ithalatında azalma hedeflenmektedir.²⁵⁵

²⁵² TCMB - Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Ödemeler Dengesi Raporu 2013- II ,s.11.

²⁵³ TMMOB Makina Mühendisleri Odası., **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği.**, Ankara, AnkaMat Matbaacılık Ltd. Şti., 2008, ss.50-51.

²⁵⁴ Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Görünümü, TC Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Dunyada_ve_Turkiyede_Enerji_Gorunumu.pdf 10 Mart 2014

²⁵⁵ A.e.

Tablo 21: Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü (GWh)

Yıllar	Üretim	İthalat	İhracat	Tüketim
2002	129.399,5	3.588,2	435,1	132.552,6
2003	140.580,5	1.158,0	587,6	141.150,9
2004	150.698,3	463,5	1.144,3	150.017,5
2005	161.956,2	635,9	1.798,1	160.794,0
2006	176.299,8	573,2	2.235,7	174.637,3
2007	191.558,1	864,3	2.422,2	190.000,2
2008	198.418,0	789,4	1.122,2	198.085,2
2009	194.812,9	812,0	1.545,8	194.079,1
2010	211.207,7	1.143,8	1.917,6	210.434,0
2011	229.395,1	4.555,8	3.644,6	230.306,3

Kaynak: Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Görünümü, TC Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (Çevrimiçi)

http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Dunyada_ve_Turkiyede_Enerji_Gorunumu.pdf 10 Mart 2014

Türkiye ekonomisinin son on yıldır göstermekte olduğu ekonomik gelişmesi ile orantılı olarak üretimin temel girdisi olan enerjiye olan ihtiyacı hızlı bir artış göstermektedir. Ekonominin büyümeye devam etmesiyle beraber Türkiye’nin enerji kaynakları bu artışı karşılayamadığı için Türkiye’nin net enerji ithalatçısı konumunda bulunmaktadır. Ekonomik büyümeye artışı ile birlikte toplam ithalat artarken, ithalat içinde en yüksek artış gösteren değer enerji ithalatı olmaktadır. Dolayısıyla cari denge, enerji ithalatının da büyük etkisi ile devamlı açık vermektedir.

Enerji talebindeki bu artış dolayısıyla ortaya çıkan enerji ithalatındaki artış, ekonomik büyüme ve cari açık arasında tercihte bulunma zorunluluğuna yol açmaktadır.²⁵⁶ Türkiye’nin toplam ithalatının ortalama %20’sini oluşturan ve cari denge üzerinde bu kadar etkili olan enerji ithalatını azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji politikalarına öncelik verilmesi gerekmektedir.

3.1.3.3. Türkiye’de Enerji Kayıpları

Türkiye’de en büyük enerji kayıpları ülkedeki iletim ve dağıtım şebekelerinde geçmişte yapılmış hatalardan kaynaklanmaktadır. Türkiye’de dağıtım alanında meydana gelen en önemli kayıp miktarı, en çok ihmal edilmiş olan alçak gerilimli

²⁵⁶ Erdal Tanas Karagöl ve Ülkü İstiklal Mihçioğur, **Enerji Görünümü: Türkiye**, Seta Perspektif-SETA, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı, No:16, 22 Nisan 2013, s.3.

hatlardan kaynaklanmakta bu kayıp miktarını ise orta gerilimli enerji nakil hatları takip etmektedir. Türkiye geniş bir araziye sahiptir, özellikle kırsal alanlardaki mesafelerin uzun olması dolayısıyla orta ve alçak gerilim hatlarının uzun olması enerji kayıplarının artmasına yol açmaktadır. Transformatör güçleri küçültülüp sayıların arttırılırsa çok uzun yapılandırılmış alçak gerilimli hatlar önemli ölçüde kısılacaktır. Bu sebeple yeni yapılan plan ve projelerde ilk yatırım esnasında daha düşük maliyetli olması dolayısıyla bir dağıtım trafosuna bağlı çok sayıda direkt olarak oluşan uzun hatlardan vazgeçilerek yerine en yakın trafodan beslenen kısa hatlardan oluşan şebekeler kurulmalıdır. Bunun yanı sıra dağıtım şebekelerinin alıcılarının dengesiz yük yapısından olmasından dolayı özellikle OG/AG transformatör ve alçak gerilim hatlarının dengeli yüklenmesinde gereken dikkat gösterilmeli ve akım taşıma kapasitesi daha yüksek iletkenler kullanılmalıdır. Türkiye’de en önemli teknik kayıplar dağıtım esnasında meydana gelirken teknik olmayan kayıplar ise Türkiye’deki kaçak elektrik kullanımından kaynaklanmaktadır. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki bir çok ilin yüksek kayıp oranları Türkiye’nin kaçak elektrik oranının ciddi bir şekilde yükselmesine yol açmaktadır.²⁵⁷

Türkiye’deki iletim ve dağıtım kayıpları Tablo 22’de görüldüğü üzere 1994-2000 yılları arasında devamlı bir artış içerisindeydi. 2000 yılından sonra bu oran azalma eğilimine girmiş olmakla birlikte 2005 yılında %2,7’lik ani bir düşüş yaşanarak her geçen sene kayıp-kaçak oranı daha az bir oranla da olsa düşmeye devam etmektedir. 2000’li yılların başında %20 seviyelerine yaklaşan oran 2005 yılından itibaren ortalama %14.8 seviyesine düşmüştür. Bu düşüşteki en önemli etken TEDAŞ’ın özelleştirilmesidir. TEDAŞ’ın özelleştirilmesindeki amaçlar arasında kayıp/kaçak oranlarında azalma sağlanması da yer almaktadır ve bu konuda başarılı olduğu da istatistiklerden açıkça görülmektedir.

²⁵⁷ Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği, **a.g.e.**, ss.57-58.

Tablo 22: Türkiye Elektrik Enerjisi Şebeke Kayıplarının Yıllar İtibariyle Gelişimi

YILLAR	ŞEBEKEYE VERİLEN	ŞEBEKE KAYBI					
		İLETİM	%	DAĞITIM	%	TOPLAM	%
1985	34054.5	1611.4	4.7	2734.5	8.0	4345.9	12.8
1990	54407.1	1787.2	3.3	4893.1	9.0	6680.3	12.3
1995	81858.6	2034.9	2.5	11733.9	14.3	13768.8	16.8
2000	122488.9	3181.8	2.6	20574.1	16.8	23755.9	19.4
2001	120831.5	3374.4	2.8	19954.3	16.5	23328.7	19.3
2002	127315.0	3440.7	2.7	20491.2	16.1	23931.9	18.8
2003	136406.3	3330.7	2.4	20722	15.2	24052.7	17.6
2004	145529.2	3422.8	2.4	19820.2	13.6	23243	16.0
2005	156105.0	3695.3	2.4	20348.7	13.0	24044	15.4
2006	170116.3	4543.8	2.7	19245.4	11.3	23789.2	14.0
2007	184204.0	4523.0	2.5	22123.6	12.0	26646.6	14.5
2008	190551.3	4388.4	2.3	23093.1	12.1	27481.5	14.4
2009	187431.3	3973.4	2.1	25018	13.3	28991.4	15.5
2010	204189.9	5690.5	2.8	24531.2	12.0	30221.7	14.8
2011	222113.5	4189.3	1.9	28180.1	12.7	32369.4	14.6
2012	233534.0	6024.7	2.6	29632.3	12.7	35657.0	15.3

Kaynak: TEİAŞ – Türkiye Elektrik İletim A.Ş., (Çevrimiçi) <http://www.teias.gov.tr/TurkiyeElektrikIstatistikleri/istatistik2012/istatistik%202012.htm> 10 Nisan 2014.

Türkiye’de; devlet tarafından gerçekleştirilen faaliyetler kamu kesimi tarafından yürütülmekte iken özelleştirildiği takdirde genellikle ilk etapta bir direnç ile karşı karşıya kalınsa da bazı alanlarda özel sektörün özendirilerek ekonomiye yön vermesi gerekmektedir.²⁵⁸ Enerji sektörü bu şekilde özendirmelere çok uygun bir sektör olup özelleştirme sonucunda iletim-dağıtım alanındaki azalma da bu durumun önemli göstergelerinden sadece bir tanesidir.

TEDAŞ’ın özelleştirilmesi ile birlikte bu alandaki kayıp oranı azalsa da günümüzde hala kayıp kaçak oranları uluslararası düzeyin üstündedir. Ancak Türkiye’de kayıp kaçak oranları belirli bölgeler yüzünden bu kadar yüksek olmaktadır. Dicle, Van Gölü ve Aras bölgeleri kayıp oranlarının yüksekliği teknik kayıplardan öte ekonomik, sosyal ve siyasi nedenlerden kaynaklanmaktadır. 2013 yılında bu üç bölge özelleştirilmiş olup önümüzdeki dönemlerde bu oranların daha düşük seviyede gerçekleşmesi beklenmektedir. Ayrıca söz konusu üç bölge

²⁵⁸ E. Arzu İmren, “Çağdaş Devlet Özelleştirir!”, **İktisat Fakültesi Mecmuası**, Cilt 46, 1988, s.441.

çıkarıldığında Türkiye'nin kayıp-kaçak oranı OECD ve AB ülkeleri ortalamalarına eş değer bir seviyededir.²⁵⁹

3.2. Uygulama

3.2.1. Uygulamanın Konusu ve Amacı

Enerji talebinin hızlı artışı sonucunda ülkelerin sahip oldukları enerji kaynakları bu artışı karşılamakta yetersiz kalmakta ve enerji ithalatı kaçınılmaz olmaktadır. Ülkelerin enerji ithalatının artması ile diğer ülkelere olan enerji bağımlılığı, enerji güvenliği kavramının tüm ülkelerin politikalarında yer verdikleri öncelikli bir konu olmasına sebep olmaktadır. Enerji güvenliğindeki en önemli unsurlardan bir tanesi de enerji çeşitliliğine yer verilmesidir. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtların coğrafi açıdan eşit dağılmaması neticesinde bir çok ülke fosil yakıtlara sahip olamamakta ve enerji bağımlılıklarını azaltmak amacıyla kendi enerjilerini üretmelerinin yollarını aramaktadırlar. Bu durumda ülkelerin büyük çoğunluğu çevreye zarar vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde yaygın olarak kullanılmakla birlikte toplam enerji arzı içerisindeki payı hala istenilen seviyelere ulaşamamıştır. Fosil yakıtların kullanımının önüne geçmek amacıyla enerji ithalat bağımlılığını azaltmak için OECD dışındaki ülkeler nükleer enerjiye öncelik verirken, OECD ülkeleri yenilenebilir enerjiye öncelik vermektedir. Uygulama bölümünde OECD ülkelerinde ithal edilen enerji payında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi incelenmektedir. Literatürde yenilenebilir enerjiyi teorik ve uygulama açısından ele alan bir çok çalışma olmakla birlikte, yenilenebilir enerji ile enerji ithal bağımlılığını ilişkilendiren çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır. Ayrıca söz konusu çalışmaların neredeyse tamamı teorik literatüre yönelik olarak yapılmış çalışmalardan oluşmaktadır. Yenilenebilir enerji ile enerji bağımlılığını ampirik bir çalışma ile birlikte ele alan bu çalışma literatürdeki bu eksikliğe katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

²⁵⁹ Energy World, (Çevrimiçi) <http://energyworld.com.tr/kayip-kacakta-ortalamayi-astik.html> 8 Mayıs 2014.

3.2.2. Literatür

Uygulamalı literatürde enerji bağımlılığı ile ilgili çalışma sayısı oldukça sınırlı olup çalışmaların büyük çoğunluğu yakın zamana aittir. Literatür tablosunda konu ile ilgili yapılan çalışmaların başlıcalarına yer verilmiş olup çalışmalarının yapıldığı tarih aralığı, ülke ile bağımlı ve açıklayıcı değişkenler Tablo 23’de belirtilmiştir. Lteratür tablosunun oluşturulmasında Bilginoğlu ve Dumrul’un çalışması temel alınarak genişletilmiştir. Söz konusu çalışmalar değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiyi analiz eden koentegrasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlara ise ayrıca yer verilmiştir.

Tablo 23: Literatür Tablosu

Yazar	Yıl	Çalışma Aralığı	Ülke	Bağımlı Değişken	Açıklayıcı Değişkenler
John J.B.Cooper	2003	1971-2000	23 Ülke	Ham Petrol Tüketimi	Ham Petrol Fiyatları Reel GSYİH
Xingjun Zhao and Yanrui Wu	2007	1995-2006	Çin	Petrol İthalatı	Ham Petrol Fiyatları Enerji Üretimi Endüstriyel Hasıla Toplam Trafik Hacmi
Oya Safinaz Erdoğan	2007	1975-2005	Türkiye	Toplam Enerji Tüketiminin Enerji İthalatına Oranı	GSYİH Sanayi Üretim İndeksi Özel Sektör Sabit Yatırımları
Galip Altınay	2007	1980-2005	Türkiye	Petrol İthalatı	GSYİH Nominal Petrol Fiyatları
Jiping Xiong and Ping Wu	2008	2008-2020	Çin	Ham Petrol Talebi	GSYİH Nüfus GSYİH İçerisinde Sanayi Sektörünün Payı Petrol Fiyatları
Sajal Ghosh	2009	1970-2006	Hindistan	Ham Petrol İthalatı	Reel Ham Petrol Fiyatları Reel GSYİH
Emmanuel Ziramba	2010	1980-2006	Güney Afrika	Ham Petrol İthalatı	Reel Ham Petrol Fiyatları Reel GSYİH
Orhan Çoban ve Nazan Şahbaz	2011	1990-2007	Türkiye	Enerji İthalatı	GSMH AR-GE Harcamaları
M. Ali Bilginoğlu ve Cüneyt Dumrul	2012	1960-2008	Türkiye	Enerji İthalatının Enerji Üretimine Oranı	GSMH Konutlarda Kullanılan Enerji Miktarı Enerji Verimliliği
Hyun Seok Kim and Jungho Baek	2013	1986-2010	Kore	Ham Petrol İthalat Hacmi	Ham Petrol Fiyatları Reel GSYİH

2003 yılında Cooper'ın çalışmasında Çin ve 22 OECD üye ülke ile gerçekleştirdiği analiz sonucunda kısa dönem ilişkisinde enerji talebinin enerji fiyatlarına elastik olmadığı ve Çin ile Portekiz'in ise enerji fiyatlarının beklenildiği gibi negatif yönde ilişkili olmadığı uzun dönemde ise söz konusu değerlerin daha yüksek çıktığı görülmüştür.²⁶⁰ 2007 yılında Zhau ve Wu tarafından Çin'in enerji ithalatını etkileyen faktörler üzerine yapılan çalışmada; ham petrol fiyatlarının Çin'in petrol ithalatını etkileyen önemli bir faktör olmadığı, endüstriyel hasılanın Çin'in petrol ithalatını en fazla etkileyen faktör olduğu ayrıca enerji üretimi ile trafik hacminin de önemli etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.²⁶¹ 2007 yılında Erdoğan'ın toplam enerji tüketiminin enerji ithalatına oranını bağımlı değişken olarak ele alan çalışmasında GSYİH ile sanayi üretim indeksinin açıklayıcı olmadığı sadece özel sektör sabit yatırımlarının etkili olduğu belirtilmiştir.²⁶² Altınay'ın, 2007 yılında ithal edilen petrol miktarını açıklamak için petrolün nominal fiyatı ile reel GSYİH değişkenleri kullanılarak yapılan çalışmasında uzun dönemde her iki değişkenin de Türkiye'nin ithal edilen petrol miktarı ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.²⁶³ 2008 yılında Xiong ve Wu tarafından ele alınan çalışmada özellikle nüfusun ve sanayi sektörünün GSYİH içerisindeki payının Çin'in enerji ithalatını etkileyen en önemli faktörler olduğu GSYİH'nin söz konusu açıklayıcı değişkenlerden daha az etkili olup enerji ithalatının petrol fiyatlarına duyarlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.²⁶⁴ Ghosh'un 2009 yılındaki çalışmasında; reel petrol fiyatı ve reel GSYİH açıklayıcı değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.²⁶⁵ 2010 yılında Ziramba, Güney Afrika'nın petrol ithalatının reel GSYİH ile pozitif yönde ve reel petrol fiyatı ile negatif yönde uzun dönem

²⁶⁰ John J.B.Cooper, Price Elasticity of Demand for Crude Oil: Estimates for 23 Countries", **Organization of the Petroleum Exporting Countries - OPEC Review**, 2003, pp.1-8.

²⁶¹ Xingjun Zhao and Yanrui Wu, "Determinants of China's Energy Imports: An Empirical Analysis", **Energy Policy** 35, 2007, pp. 4235-4246.

²⁶² Oya Safinaz Erdoğan, "The Effects of Energy Imports: The Case of Turkey" MPRA Paper No. 5413, 2007, pp.1-8.

²⁶³ Galip Altınay, "Short-run and Long-run Elasticities of Import Demand for Crude Oil in Turkey", **Energy Policy** 35(11), 2007, pp. 5829-5835.

²⁶⁴ Jiping Xiong and Ping Wu, "An Analysis of Forecasting Model of Crude Oil Demand Based on Cointegration and Vector Error Correction Model (VEC)" **ISBIM '08 Proceedings of the 2008 International Seminar on Business and Information Management**, IEEE Computer Society, 2008, pp. 485-488.

²⁶⁵ Sajal Ghosh, "Import Demand of Crude Oil and Economic Growth: Evidence from India", **Energy Policy**, 37 (2), 2009, pp. 699-702.

ilişkileri olduğu sonucuna ulaşmıştır.²⁶⁶ 2011 yılında yaptıkları çalışmada Çoban ve Şahbaz; AR&GE harcamalarının enerji ithalatını negatif yönde ve GSMH'nin ise pozitif yönde etkilediğini belirtmişlerdir.²⁶⁷ Bilginoğlu ve Dumrul 2012 yılında yaptıkları çalışmada tüm açılıyıcı değişkenlerin enerji bağımlılığını temsil eden enerji ithalatının enerji üretimine oranı üzerinde pozitif etkili olduğunu belirtmişlerdir.²⁶⁸ 2013 yılında Kim ve Beak tarafından yapılan çalışmada uzun zaman ilişkisi içinde GSYİH'nin daha etkili ancak kısa dönem ilişkisinde petrol fiyatlarının daha etkili bir belirleyici olduğu sonucuna ulaşılmıştır.²⁶⁹ Ayrıca, 2011 yılında Ediger ve Berk; petrol ithalatı duyarlılık indeksi oluşturan bir çalışma yapmışlardır. Söz konusu indeks; birincil enerji tüketimindeki ham petrol bağımlılığı, ham petrol ithalatının GSYİH içersindeki payı, ithal edilmeyen enerji kaynakları ve toplam ithalat içerisinde petrolün payı olarak dört faktör baz alınarak oluşturulmuştur.²⁷⁰ Söz konusu çalışmaların yanı sıra enerji ithalatı enerji talebine bağlı olduğu için uygulamalı literatürde enerji talebini belirleyen ve etkileyen unsurlar enerji ithalatı ile ilişkilendirilmektedir.²⁷¹

3.2.3. Ekonometrik Model

Tezin uygulama bölümünde OECD ülkelerindeki yenilenebilir enerji payının enerji ithalatını azaltmaya yönelik bir etkisi olup olmadığını incelemek amacıyla ekonometrik model aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\ln EI_{it} = \beta_{it} + \alpha_1 \ln GSYIH_{it} - \alpha_2 \ln EFI_{it} - \alpha_3 \ln YEP_{it} - \alpha_4 \ln EU_{it} + \alpha_5 \ln FET_{it}$$

EI = Enerji ithalatı

GSYİH = Gayri safi yurt içi hasıla

²⁶⁶ Emmanuel Ziramba, "Price and Income Elasticities of Crude Oil Import Demand in South Africa: A Cointegration Analysis", **Energy Policy**, 38 (12), 2010, pp. 7844–7849.

²⁶⁷ Orhan Çoban ve Nazan Şahbaz, "AR&GE Harcamaları ve GSMH'nin Enerji İthalatına Etkisi: Türkiye Örneği", KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 13 (21), 2011, ss. 11-19.

²⁶⁸ M. Ali Bilginoğlu ve Cüneyt Dumrul, "Türkiye Ekonomisinin Enerji Bağımlılığı Üzerine Bir Eş-Bütünleşme Analizi", Journal of Yasar University 26(7), 2012, ss. 4392 - 4414.

²⁶⁹ Hyun Seok Kim and Jungho Baek, "Assessing Dynamics of Crude Oil Import Demand in Korea", Economic Modelling 35, 2013, pp. 260–263.

²⁷⁰ Volkan Ş. Ediger ve İstemi Berk, "Crude Oil Import Policy of Turkey: Historical Analysis of Determinants and Implications since 1968", Energy Policy 39 (4), 2011, pp. 2132–2142.

²⁷¹ Bilginoğlu ve Dumrul, **a.g.e.**, s.4402.

EFI = Enerji fiyat endeksi

YEP = Yenilenebilir enerji arzının toplam enerji arzı içerisindeki payı

EU = Enerji üretimi

FET = Fosil enerji tüketimi

B = Sabit

i = Ülke

t = Yıl

3.2.3.1. Değişkenler ve Veriler

Modelin bağımlı değişkeni enerji ithalatı (ei) verisi, ülkelerin enerji tüketimlerinin ithalat ile karşılandığı % değeri ifade etmektedir. Ülkelerin nihai enerji tüketimleri hesaplanırken enerji üretimine ithalat ve stok değişimi ilave edilerek ihracat değerleri çıkarılmış değeri baz alınmıştır. Enerji ithalatını temsil eden veriler Dünya Bankası (The World Bank) veritabanından temin edilmiştir.

Gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) değerleri reel ABD \$'ı olarak alınmış ve GDP deflatör ile deflete edildikten sonra 2005=100 baz yılına göre düzenlenmiştir. GSYİH VE GDP deflatör serileri Dünya Bankası'ndan temin edilmiştir.

Enerji fiyat endeksini gösteren EFI verileri, 2005=100 baz yılına göre düzenlenmiştir. Veriler, OECD veri tabanından alınmıştır.

Yenilenebilir enerji arzının toplam enerji arzı içerisindeki % payını ifade eden YEP verileri, her ülkenin yenilenebilir enerji arzının toplam enerji arzına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Her iki veri seti de TEP olarak OECD veri tabanından temin edilerek % payına dönüştürülmüştür.

Enerji üretimi, EU verisi, ülkelerin bütün enerji kaynaklarından elde ettikleri enerji toplamını belirtmektedir. Ülkelerin sahip oldukları enerji kaynakları farklılık

göstermekle birlikte bu veri seti; fosil, nükleer, yenilenebilir enerji kaynaklarından ülkelerde mevcut olan kaynakların toplamından oluşmaktadır. Enerji üretimi veri seti TEP cinsinden ifade edilmektedir. Veriler OECD veri tabanından alınmıştır.

Fosil enerji kaynakları arzının başka bir deyişle petrol ve doğal gaz enerji kaynaklarının toplam arzının, ülkelerin enerji arzları içerisindeki yüzde payını temsil eden FET verileri, Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir.

Değişkenlerin özet istatistikleri Tablo 23’de yer almaktadır. Modelin yapısı tam logaritmik yapıya uygun olmakla birlikte verilerin karakteristik özelliklerinin görülmesi açısından verilerin ham değerlerinin baz alındığı istatistiklere yer verilmiştir.

Tablo 24: Özet İstatistikler (1995-2012) 28 OECD Ülkesi Değerleri

	EI	GSYİH	EFI	YEP	EU	FET
Gözlem	468	468	460	468	468	468
Ortalama	59.41	1160	96.30	12.14	94392.58	76.09
Std. sapma	23.55	2510	31.13	15.26	320834.9	18.50
Min.	0.11	7.290	1.51	0.3	37.38	15.27
Max.	98.83	14000	212.52	84.73	1811652	97.5

*EI, EFI, YEP ve FET değerleri yüzde değerlerinden sonra daha kolay ayırt edilmesi açısından 2 basamak yuvarlanarak tabloya alınmıştır. Aynı şekilde GSYİH değerleri milyar dolar ile tabloda yer verilmiş olup EU değişkeni TPE birimi ile ele alınmıştır.

Değişkenlerin zaman ve birim aralığının çok geniş olmasının yanı sıra konu itibarıyla de ülkeden ülkeye büyük farklar söz konusu olduğu için değişkenlerin istatistik değerleri arasındaki fark dikkat çekici düzeydedir. Dolayısıyla tüm ülkelerin min. ve max. değerleri arasındaki fark doğal olarak çok yüksektir.

Bu çalışmada OECD ülke grubunun seçilmesinin nedeni enerji talebindeki artışın neredeyse tamamı (%93) OECD dışındaki ülkelere kaynaklanmakta aynı zamanda enerji talebini etkileyen önemli bir unsur olan nüfus artış hızının yüksek olması yine OECD dışındaki ülkelere görülmektedir. Bu etkenlerin yanı sıra OECD ülkelerinin seçilmesinin en önemli nedeni fosil yakıtların kullanılmasının önüne

geçilmesi için OECD ülkeleri yenilenebilir enerjiye öncelik vermekte iken OECD dışındaki ülkeler nükleer enerjiye öncelik vermektedir. Dolayısıyla bu çalışmada tüm dünyanın en önemli hedeflerinden biri olan enerji ithalat bağımlılığını düşürmek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının etkili olup olmadığının belirlenmesi için en uygun ülke grubu OECD ülkeleri olmaktadır. Uygulamada OECD ülkelerinden ithalat bağımlılığı olan ülkelere yer verilmiş olup Avustralya, Danimarka, İngiltere, Kanada, Meksika ve Norveç OECD verilerine göre net enerji ihracatçısı ülkeler olduğu için uygulama dışında bırakılmıştır. Dolayısıyla 28 OECD enerji ithal eden ülke * verileri ile çalışılmıştır.

3.2.3.2. Metodoloji ve Ampirik Sonuçlar

Bu çalışmanın uygulama kısmında panel veri metodolojisinden yararlanılmıştır. Panel veri yöntemi hem zaman serisi verilerini hem de yatay kesit verilerini aynı anda analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. Panel verinin kullanılması, zaman serisi veya yatay kesit veri seti ile çalışılmasına göre birtakım avantajlara sahiptir. Bu avantajların başında, zaman serisi ve yatay kesit verilerini eşanlı olarak içermesi nedeniyle panel veri setinin daha fazla veri ile çalışma imkanı vermesi gelmektedir. Panel veri yönteminin analizlerde kullanılmasının en önemli avantajlarından bir diğeri ise sadece zaman serisi verilerinin veya yatay kesit verilerinin iktisadi sorunların analizde yetersiz kaldığı alanlarda çözüme imkan vermesidir.

Panel veri kullanımının, yukarıda belirlenen genel avantajların yanında ekonometrik tahminler açısından da sağladığı faydaları söz konusudur. Ekonometrik analizlerde yer alan veri setleri büyük çoğunlukla heterojendir. Zaman serisi ve yatay kesit verileri analizlerinin bu değişkenliği kontrol edememesine karşın panel veri analizi yapısı itibariyle heterojenliği de göz önünde bulundurmaktadır. Başka bir deyişle; zaman serisi veri setlerinde sadece birim özellikler, yatay kesit serisi veri

*Uygulamada yer alan 28 OECD ülkesi; Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, Macaristan, İrlanda, İspanya, İsraill, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Güney Kore, Lüksemburg, Polonya, Portekiz, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, Şili, Yeni Zelanda, Türkiye, Yunanistan olarak belirlenmiştir.

setlerinde ise sadece birimler arası farklılıklar dikkate alınırken panel veri setlerinde hem birim hem de birimler arası farklılıklar aynı ayna dikkate alınmaktadır. Gözlem sayısının artması neticesinde serbestlik derecesi de aynı şekilde artış göstermektedir. Bu sayede modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantının derecesi azalmakta dolayısıyla yapılan ekonometrik tahminlerin etkinliği ve güvenilirliği artmaktadır. Ekonometrik modellerde, dışlanan değişkenlerin yol açtığı hata terimi ile açıklayıcı değişkenlerin korelasyonlu olması sorunu söz konusudur. Korelasyon nedeniyle de parametre tahminleri sapmalı olmaktadır. Panel veri yöntemi bu değişkenlerin etkilerini kontrol altında tutabilmektedir. Dolayısıyla tahminin sapması azalmakta veya tamamen ortadan kalkmaktadır.²⁷³

Literatürde bu konu hakkında yapılmış çalışmaların çoğunluğunda koentegrasyon yöntemi kullanılmış olsa da bu çalışmadaki zaman serisi gözlemlerinin yetersiz olması değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiyi test etmeye imkan vermemektedir. Bu çalışmanın da 1995-2012 yılları arasını kapsayan ve 28 OECD ülkesini içeren bir çalışma olması dolayısıyla panel veri metodolojisine olarak analiz yapılmış ve değişkenlerin etkisi panel veri metodolojisine uygun olarak araştırılmıştır.

Bu çalışmada; özellikle ülkeler gibi daha spesifik bir veri seti ile çalışıldığında çoğunlukla sabit etkilerin söz konusu olduğu sonucuna paralel bir sonuç olarak çalışmanın yapısının, Hausman²⁷⁴ testi sonucunun da desteklediği üzere, tek yönlü birim etkiler modeline sahip olduğu görülmüştür. Daha sonra varsayımlardan sapmaları sınamak için modelde; otokorelasyon, heteroskedasite ve birimler arası korelasyon varlığının olup olmadığı test edilmiştir. Modelin söz konusu tüm sapmaları birden içerdği görülmüş ve varsayımdan sapmaların hepsi giderilerek Tablo 25'te yer alan nihai sonuçlara ulaşılmıştır.

²⁷³ Ferda Yerdelen Tatoğlu, **Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı**, Beta Basım A.Ş., İstanbul, 2012, ss.9-15.

²⁷⁴ Jeffrey M. Wooldridge, **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, The MIT Press, p.288.

Tablo 25: Tek Yönlü Birim Etkiler Modeli (1995-2012) 28 OECD Ülkesi Değerleri

lnEI	Model 1	Model 2
lnGSYIH	0.0511 (0.0585) [0.390]	0.0679 (0.0643) [0.300]
lnEFI	0.133* (0.0638) [0.046]	0.1526* (0.0626) [0.022]
lnYEP	0.049 (0.0502) [0.329]	0.0813 (0.0448) [0.081]
lnEU	-0.416* (0.0756) [0.000]	-0.3640* (0.0724) [0.000]
lnFET		0.8252* (0.1002) [0.000]
sabit	5.8521 (1.3579) [0.000]	1.2153 (1.9086) [0.530]
R-squared	0.10	0.12
Obs.	495	495

*Modelin bağımlı değişkeni $lnEI$ 'dir. Parantez içinde yer almayan değerler tahmin parametreleri olup; normal parantezler değişkenlerin drisc/kraay standart hatalarını, köşeli parantezler ise olasılık değerlerini ifade etmektedir. *işaretine sahip olan değişkenler $p < 0.05$ değerine göre anlamlı olan değişkenlerdir.

Tezin uygulama kısmında yapılan çalışma doğrultusunda, OECD ülkelerinin enerji ithal bağımlılığı üzerinde yenilenebilir enerji payının anlamı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Literatürde yenilenebilir enerji payının artış gösterdiği ancak enerji tüketiminde hala fosil yakıtların hakim olduğu ve fosil yakıtlara sahip olmayan ülkelerin ise enerji ithal etmek zorunda kalmaları nedeniyle ülkelerin enerji ithal bağımlılık değerlerinin artış gösterdiği yer almaktadır. Bu çalışmada ise, OECD ülke grubunun yenilenebilir enerji alanına en çok yönelen ülkeleri içermesi nedeniyle yenilenebilir enerji payının düşük bir seviyede anlamlı çıkması beklenmekteydi.

Dolayısıyla elde edilen sonuç anlamlı bulunması beklenen alternatif hipotez ile desteklenmeyip değişkenin anlamsız olduğunu belirten hipotez doğrultusunda gerçekleşmiştir.

Modelin diğer değişkenleri incelendiğinde; GYSIH'nın yapılan çalışmaların genelinde enerji bağımlılığı ile pozitif yönde ilişkili olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmaların tek ülkeyi içeren çalışmalar olması ve genellikle Çin gibi ekonomileri güçlü ülkeler ile gerçekleştirilmiş olması da sonucun bu yönde çıkmasında etkili olmuştur. Bu çalışmada ise beklenildiği üzere GSYIH'nın, Ghosh'un çalışmasının da desteklediği gibi, enerji ithal bağımlılık oranı üzerinde bir etkisi olmadığı görülmektedir. Bu beklentinin sebebi ise; enerjinin ülkeler açısından vazgeçilmez olması nedeni ile ülkelerin GSYIH değeri ne olursa olsun enerji ithalatını gerçekleştirmek zorunda olmalarıdır.

Enerji fiyat indeksi değişkeninin anlamlı ve bağımlı değişkeni pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Literatüre göre enerji fiyatlarının artması, ülkelerin enerji ithalatını azaltmasına ve dolayısıyla bağımlı değişkeni ters yönde etkilemesi beklenmekte iken enerjinin özellikli durumu nedeniyle bu etkileşimin gerçekleşmediği görülmektedir. Enerji fiyatları ile enerji ithalat oranı veri seti birlikte incelendiğinde ülkelerdeki enerji bağımlılığı oranı artıkça enerji fiyatlarının da artış gösterdiği görülmektedir. Özellikle enerjinin giderek artan bir öneme sahip olmasından dolayı Türkiye gibi enerji ithal etmek dışında bir seçeceği olmayan ülkeler için son yıllardaki enerji fiyatlarının daha da yüksek oranlarda artış gösterdiği gözlenmiştir. Bu değerlerin artmasında ülkelerin enerji vergi oranlarını yükseltmeleri de önemli bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak enerji bağımlılığı yükselen ülkelerin başka alternatifleri olmadığı ve enerji fiyat pazarlığı, enerji kaynaklarının belirli ülkelerde olması nedeniyle mümkün olmadığı için, enerji fiyatları yüksektir. Ülkeler ayrı ayrı ele alındığında negatif yönlü çıkabilecek enerji fiyatları değişkeni, OECD ülke grubunda aynı yönlü sonuç vermiş olmakla birlikte Zhao ve Wu ile Xiong ve Wu'nun çalışmalarında olduğu gibi değişkenin etkisinin çok düşük kaldığı başka bir deyişle elastik olmadığı ve dolayısıyla enerji fiyatlarının enerji ithalatına duyalı

olmamasına yol açtığı için enerji fiyatlarının önemli bir belirleyici olmadığı görülmektedir.

Enerji ithalat bağımlılığı oranını düşürmekteki en önemli faktör yurt içinde gerçekleştirilen enerji üretimidir. Zhao ve Wu'nun çalışması ile de desteklendiği gibi modelde anlamlı olan değişken literatürde yer aldığı gibi enerji ithalat bağımlılığı ile ters yönlü etkileşim içerisindedir.

Enerji ithal bağımlılık oranının azaltılmasında yenilenebilir enerjinin bir etkisi olmadığı Model I'deki sonuçlar ile görülmektedir. Bu aşamada ülkelerin fosil yakıt tüketimi modele eklenerek Model II oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulmasındaki amaç enerji ithal bağımlılığını etkileyen en önemli değişkenlerden biri olan fosil yakıtları da içeren bir modelin sonuçları ne şekilde etkilediğini ortaya koymaktır.

Model II'de yer alan fosil yakıt tüketimi enerji ithalat bağımlılık oranını literatürde yer aldığı üzere aynı yönde etkilemektedir. Başka bir deyişle ülkelerin fosil enerji tüketimini arttıkça enerji bağımlılık oranları da aynı şekilde artış göstermektedir. Model incelendiğinde dikkat çeken en önemli nokta; enerji ithal bağımlılığı üzerindeki en etkili değişkenin fosil yakıt tüketimi olmasıdır. Fosil enerji tüketimi 1% artığında enerji ithal bağımlılık oranı 0.8252% değerinde artış göstermektedir.

Sonuç olarak enerji ithal bağımlılığı üzerinde yenilenebilir enerji payının 1995-2012 yılları arasında bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Enerji ithal bağımlılığı üzerinde etkili olan en önemli faktör fosil enerji tüketimi olup bu değeri azaltmadaki tek etkenin yurt içi enerji üretiminin artırılması olduğu görülmektedir. Ancak yurt içi enerji üretimini enerji ithal bağımlılığı üzerindeki etkisi fosil enerji tüketiminden daha azdır. Fosil enerji tüketiminin 1% artması enerji ithal bağımlılığını 0.8252% oranında arttırırken; yurt içi enerji üretiminin 1% artması ise enerji ithal bağımlılığını %0.3640 oranında azaltmaktadır. Enerji üretimi içerisinde yenilenebilir enerji payı artış göstermekle birlikte bu değer günümüzde hala anlamlı bir paya sahip olmadığı görülmektedir.

SONUÇ

Enerji; tüm ülkelerin politikalarında öncelikli bir yere sahip olma özelliği taşımasının yanı sıra, ülkeleri bir araya getirerek birlikte hareket etmeye yönlendiren nadir kavramlardan bir tanesi olma özelliğine de sahiptir. Enerji ile ilgili olarak yapılan anlaşmalar ve direktifler vasıtası ile gerçekleşen yeni oluşumlar günümüzde daha belirgin olmakla birlikte enerji çerçevesi altında ülkelerin bir araya gelmesi çok daha eski zamanlara dayanmaktadır. 1951 yılında kurulan Avrupa Kömür ve Çelik Birliği, Avrupa Birliği'nin kuruluş temelini oluşturmaktadır. O dönemin en önemli enerji kaynağı olan kömür dönemin siyasetine yön verirken ilerleyen yıllarda dünyada en çok kullanılan yakıt olan petrol devri başlamış ve bu doğrultuda 1960 yılında OPEC adı altında petrol ihraç eden ülkeler birlik oluşturmuşlardır. 1980 yılında doğal gazın enerji piyasasında yer almaya başlaması ile OPEC'in petrol fiyatları üzerindeki etkisi azalmıştır. Bu dönemden sonra ise doğal gaz devri başlamış olup doğal gaz rezervlerine sahip ülkelerin önemi ortaya çıkmıştır. Bu durum önümüzdeki dönemlerde de o zamanın öne çıkan enerji kaynağına sahip ülkelerin dünya ekonomisine ve siyasetine yön verecek olan ülkeler arasında olacağını desteklemektedir.

Günümüzde hala en yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları fosil yakıtlardır. Fosil kaynakların sonlu olması ve rezervlerinin giderek azalması ülkelerin yeni kaynak arayışlarına yönelmeleri arkasındaki en önemli itici güçtür. Ayrıca, fosil yakıtların coğrafi açıdan belirli bölgelerde toplanması, sürdürülebilir enerji kavramı, arz güvenliği ve fosil yakıtların çevreye olan zararları gibi etkenler de en az fosil yakıtların sonlu olması kadar ülkelerin yeni kaynak arayışı üzerinde etkili olmaktadır.

Fosil yakıtların ne zaman tükeneceğine ilişkin yapılan tahminlerde dikkat çeken bir nokta, enerji talebinin genellikle gerçekleşen değerden yüksek olarak hesaplanması, gelişen teknoloji ile AR-GE çalışmalarının etkileri ve yeni rezervlerin ortaya çıkacağının hesaba katılmamasıdır. Bu durum fosil yakıtların bir gün tükenecekleri gerçeğini değiştirmemekle birlikte yapılan tahminlerin ne tür yanılma paylarını içerdiğini göstermektedir.

Gelişen teknoloji, artan nüfus, kentleşme ve yükselen yaşam standartları doğrultusunda enerji talebi giderek artış göstermekte ve ülkelerin sahip oldukları enerji kaynakları bu hızlı talep artışını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Hayatın devam etmesi için gerekli olan enerji; aynı zamanda tüm sektörlerin en önemli girdisi olduğu için ülkeler açısından vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Enerji tüketimi ile ülkelerin gelişmişlik düzeyleri arasında orantılı bir ilişkinin olması da enerjinin ülkeler açısından hayati bir önem taşıdığı gerçeğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu sebeple yeterli enerji kaynağına sahip olmayan ülkeler, fosil yakıtların coğrafi olarak belirli bölgelerde toplanmış olduğu sayılı ülkelere enerji ithal etmek zorunda kalmaktadırlar. Bu durum ülkelerin enerji ithal bağımlılık oranlarını gün geçtikçe arttırarak ülkelerin ekonomileri üzerinde ciddi olumsuzluklara neden olmakla birlikte ülkelerin enerji güvenliği sorunu ile karşı karşıya kalmalarına yol açmakta ve dolayısıyla ülkelerin enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehlikeye sokmaktadır.

Enerji kaynakların ulaşılabilirliği açısından söz konusu olan bu tehditler ülkeleri yeni enerji kaynakları arayışı zorunluluğu ile karşı karşıya bırakmıştır. Bu doğrultuda ülkeler alternatif enerji kaynakları olarak yenilenebilir ve nükleer enerji kaynaklarına yönelmişlerdir.

Yenilenebilir ve nükleer enerjiye olan ilginin artışındaki önemli sebepler arasında tüm dünyayı etkileyen çevre sorunu da gelmektedir. Atmosfere zarar veren sera gazlarının oluşumu özellikle enerjiden kaynaklanmaktadır. Eski dönemlerde kömür daha sonra petrol yaygın olarak kullanılan yakıt iken günümüzde petrolün payı düşmekte yerine doğal gazın payı artmaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde en çevreci olan yakıt doğal gaz olmasına rağmen söz konusu yakıtların kullanımı çevreye ciddi zarar vermektedir. Endüstri çağına kadar atmosferde bir milyon hava partikülünün içinde ortalama 250 CO₂ partikülü varken bu oran sanayileşmenin etkisiyle günümüzde 390 PPM değerine ulaşmıştır. Bu durumun önüne geçilmesi için devletlerin çevre ile ilgili çeşitli çalışmaları sonucunda farklı senaryolar geliştirilmiştir. 450 PPM senaryosu sürdürülebilir seviye olarak kabul edilmiş senaryolardan biri olup amaç bu değerin üzerine çıkılmasını engellemektir. Bu senaryoların yanı sıra 550PPM ve 650 PPM senaryoları da söz konusudur. Çevre ile

ilgili bu gelişmeler de göz ardı edilemeyecek seviyeye ulaştığı için günümüzde ülkeler temiz enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Ülkeler sahip oldukları yenilenebilir enerji potansiyeli ve siyasi tercihleri doğrultusunda yenilenebilir, nükleer veya her iki kaynağa birden yönelmiş durumdadırlar. Ancak genel olarak bakıldığında OECD ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verirken OECD üyesi olmayan ülkelerin ise nükleer enerjiye yöneldikleri görülmektedir.

Bu çalışmada yenilenebilir enerjiyi ön planda tutan OECD ülke grubunun enerji ithal bağımlılığı oranında yenilenebilir enerji payının etkisi ampirik bir çalışma ile desteklenerek ele alınmıştır.

Çalışmanın bulguları yenilenebilir enerjiyi ön planda tutan OECD ülke grubunda bile yenilenebilir enerji payının, enerji ithal bağımlılığını azaltmada etkili olmadığını ortaya koymuştur. OECD ülkelerinde enerji talep hızı gelişmekte olan ülkelere göre daha düşük ve sabit bir ekseninde gerçekleşmesine rağmen, enerji talep artış hızı ülkelerin enerji bağımlılık oranlarının yükselmesine yol açmaktadır. Yenilenebilir enerji payındaki artışın söz konusu oranlar ile rekabet edebilecek seviyede olmadığı bilinmekle birlikte en azından en yüksek yenilenebilir enerji payına sahip ve enerji talep artış hızı daha düşük olan OECD ülke grubunda düşük de olsa bir etki yaratması beklenirken ampirik çalışma doğrultusunda yenilenebilir enerjinin, enerji ithalat oranını azaltmada bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Enerji üretiminin enerji ithal bağımlılığı oranını azaltmada etkili olduğu ancak yenilenebilir enerjinin payının çok az olması dolayısıyla henüz enerji ithal bağımlılığını etkileyecek seviyeye ulaşmadığı görülmüştür. Çalışmada daha sonra fosil enerji tüketiminin enerji bağımlılığı üzerindeki etkisine de bakılarak enerji bağımlılığı üzerinde en etkili değişken olduğu görülmüştür. Enerji üretiminin enerji ithal bağımlılığını azaltmadaki etkisi, fosil yakıt tüketiminin ülkelerin enerji ithal bağımlılığı oranını yükseltmedeki etkisinden daha az olduğu ve dolayısıyla ithal enerji bağımlılık oranını günümüzde hala en çok etkileyen faktörün fosil yakıtlar olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ülkelerin GSYİH değerleri ne olursa olsun

enerjiyi ithal etmek zorunda olmaları nedeniyle GYSIH değerinin enerji ithal bağımlılığı üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Fosil yakıtların giderek azalarak kıt bir kaynak haline gelmesi sonucunda ise; enerji ithal bağımlılık oranları yüksek olan ülkelerdeki petrol fiyatlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bütün bu bulgular doğrultusunda yenilenebilir enerji payının acil olarak arttırılması bir tercih olmaktan çıkıp bir zorunluluk haline gelmiştir.

Yenilenebilir enerji payının günümüzde hala düşük kalmasında söz konusu kaynakların dezavantajlarının büyük etkisi bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajları; kesintili olmaları, tüketim merkezinden uzakta olmaları, yakıt olarak kullanımlarının daha sınırlı olması ile depolanma ve taşınma olanaklarının olmaması şeklinde özetlenebilir.

Yenilenebilir enerji alanında yapılan çalışmalar eski dönemlere göre büyük ilerleme kaydetmiş olsalar da günümüzde hala ülkeler fosil yakıtlara bağımlı durumdadırlar. Bu durum önümüzdeki yıllarda aynı şekilde sürdürülemeyeceği için yenilenebilir enerjinin en azından řu anda bilinen dezavantajlarını gidermeye yönelik teknolojiler geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Enerji kaynakları günümüzde en çok elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise genel olarak eskiden beri pişirme, ısınma gibi geleneksel alanlarda kullanılmaktadırlar. Gelişen teknoloji ile artık yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmek amacıyla daha fazla yararlanılmaktadır. Alternatif enerji kaynakları olarak yenilenebilir enerji kaynakları dışında kullanılan nükleer enerji, direk elektrik üretiminde kullanılması ülkelerin nükleer enerjiye y neltmelerindeki önemli bir etkidir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarında da elektrik üretimi ile ilgili teknolojilerin geliştirilmesi ve AR-GE faaliyetlerinde özellikle elektrik üretimi alanına ağırlık verilmesi şeklinde uygulanacak politikalar yenilenebilir enerji kaynaklarının ön plana çıkmasında etkili olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları genellikle tüketim merkezlerinden uzakta olmakla birlikte bu durumu söz konusu bölgedeki tüm enerjinin sadece yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanması yönünde teşvikler vererek ve istihdam politikaları ile birleştirerek avantaja çevirmek de mümkün görünmektedir. Bu sayede yerel bölgeleri kalkındırmak için önemli bir imkan da yaratılmış olacaktır. Özellikle Türkiye’de Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde olduğu gibi rüzgar enerji potansiyeli çok yüksek olan bölgede bu enerji türüne ait hiçbir faaliyet olmamakla birlikte Türkiye’nin en yüksek kaçak elektrik oranına sahip olan bölgedir. Öncelikle devletin vereceği birtakım teşvikler doğrultusunda bölgedeki enerji üretiminin rüzgar enerjisi ile gerçekleştirilmesi ülkenin hem enerji üretiminin yenilenebilir kaynaklara yönelmesine hem de bölgeyi ekonomik açıdan kalkındırmasının yanı sıra önemli bir istihdam politikasının da temelini oluşturma açısından değerlendirilmesi önem arz eden bir bölgedir. Dolayısıyla ülkeler öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini belirleyerek sadece enerji alanında değil ekonomi, istihdam, güvenlik gibi alanlarda da etki yaratma gücüne sahip bu kaynaklara öncelik vermelidirler.

AR-GE faaliyetleri sonuçlarının teknolojiye yansması daha geç olmakta aynı zamanda yapılan AR-GE çalışmalarının faaliyete geçmesi, bir anda kullanımda olan enerji ekipmanlarının piyasadan geçilmesi mümkün olmadığı ve söz konusu ekipmanların genelde uzun ömürlü olması ile türüne göre değişiklik göstermekle birlikte pahalı ekipmanlar olması dolayısıyla ayrıca zaman gerektirmektedir. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları yeteri kadar yaygınlaşmadığı için ülkeler kullanım alanları belirlemekte henüz bir sıkıntı ile karşılaşmamaktadır. Ancak ilerleyen dönemlerde gerçekleşecek artışlar neticesinde yer sıkıntısı sorunu ile karşı karşıya kalınacağı için eskiden faaliyet gösteren alanlardaki eski ekipmanların yerine daha yeni ekipmanlar ile daha fazla enerji üretilmesinin ülkelerin izleyeceği bir politika olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla, AR-GE faaliyetleri sonucunda geliştirilen yeni teknolojik ekipmanların faaliyete geçme süresi gelişmiş olan ülkelerde hızlanacaktır. Bu şekilde ortaya çıkacak olan eski teknoloji ile üretilmiş ekipmanların ne yapılacağı sorunu ortaya çıkacaktır. Sadece bu konu ile ilgilenen uluslararası bir örgüt kurulması ve bu ekipmanları örgütün yapacağı çalışmalar neticesinde, kendi

enerjisini üretemeyen ve enerjiye ulaşamayan geri kalmış ülkelere hibe yolu veya teşvik gibi faaliyetler ile söz konusu ülkelere destek sağlanması yönünde bir girişimde bulunulmalıdır. Ekonomilerindeki sıkıntılardan dolayı enerji ithal edemeyen ülkelerin de bu sayede enerjiye ulaşmaları yönünde bir imkan yaratılmış olacaktır. Ayrıca, yenilenebilir enerjinin dünya çapında yaygınlaşmasında önemli bir atılım gerçekleştirilmesi fırsatı bu sayede yaratılmış olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları genellikle yerel bölgelerde kullanılan kaynaklardır. Ancak çöpten üretilen enerji, ülkeler arasında yeni bir ticaret alanı yaratma potansiyeline sahiptir. Bu konuda ilk atılım çöpten önemli ölçüde enerji elde eden İsveç'in çöpünün bitmesi ve komşusu Norveç'ten çöp ithal etmesi ile gerçekleşmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çöpten enerji üretimini yaygınlaştırmaya yönelik politikalar izlemeleri gerekmektedir. Bu sayede geri kalmış ülkelere çöp ithal ederek hem kendi enerjilerine kaynak yaratmış olup hem de diğer ülkelerin ekonomilerine katkıda bulunacak bir ticaret alanı oluşturulmuş olacaktır. Bu politikanın yaygınlaşması durumunda gelişmiş ülkeler çöp ithal edeceği için ticaret alanının yönü de değişmiş olacaktır böylece önemli iyileşmeler çevre alanına da yansıtacaktır.

Yenilenebilir enerji ile yapılan ülke politikaları değerlendirmelerin dışında ayrıca, önerilen politikalardan da görüldüğü üzere, özellikle geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelere yenilenebilir enerji politikalarının uygulanması ülkelerin kalkınma politikalarındaki kilit faktör olma özelliğine sahiptir.

KAYNAKÇA

Kitap ve Makale Kaynakları:

- Abbasi, Tasneem and S.A. Abbasi: “Small Hydro and the Environmental Implications of Its Extensive Utilization”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 15, 2011, pp. 2134–2143.
- Acaroğlu, Mustafa ve Hasan Aydoğan: “Biofuels Energy Sources and Future of Biofuels Energy in Turkey”, **Biomass and Bioenergy** 36, 2012, pp.69-76.
- Akova, İsmet: “Dünya Enerji Sorunu ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı” **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi**, Sayı 11, 2003, ss.47-73.
- Akpınar, Adem: “The Contribution of Hydropower in Meeting Electric Energy Needs: The Case of Turkey”, **Renewable Energy** 51, 2013, pp. 206-219.
- Alexander, Gary and Godfrey Boyle: “Introduction Renewable Energy”, **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2nd edition., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004, pp.2-18.
- Altın, S. ve H.Y.Kaptan: “Radyoaktif Atıkların Oluşumu, Etkileri Ve Yönetimi”, 2006. (Çevrimiçi)
<http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kaptan/files/s-altin.pdf>
1 Ekim 2013.
- Altınay, Galip: “Short-run and Long-run Elasticities of Import Demand for Crude Oil in Turkey”, **Energy Policy** 35(11), 2007, ss. 5829–5835.
- Altıntop, Necdet ve Doğan Erdemir: “Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler”, **Mühendis ve Makina**, cilt 54, sayı 639, ss. 69-77.
- Angelis-Dimakis, Athanasios, Markus Biberacher, Javier Dominguez, Giulia Fiorese, Sabine Gadocha, Edgard Gnansounou, Giorgio Guariso, Avraam

Kartalidis, Luis
Panichelli, Irene
Pinedo, and Michela
Robba:

Barakati, S: “Wind Turbine Systems: History, Structure, and Dynamic Model” **Handbook Of Renewable Energy Technology**, eds.Ahmed F.Zobaa and Ramesh C.Bansal, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2011, pp.21-51.

Barış, Kemal ve Serhat Küçükali: “Availability of Renewable Energy Sources in Turkey: Current Situation, Potential, Government Policies and The EU Perspective”, **Energy Policy** 42, 2012, pp. 377–391.

Bayrakçı, Asiye Gül ve Günnur Koçar: “Utilization of Renewable Energies in Turkey’s Agriculture”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16, 2012, pp.618– 633.

Bilginoğlu, M. Ali ve Cüneyt Dumrul: “Türkiye Ekonomisinin Enerji Bağımlılığı Üzerine Bir Eş-Bütünleşme Analizi”, **Journal of Yasar University** 26(7), 2012, ss. 4392 - 4414.

Bodansky, David: **Nuclear Energy Principles, Practices, and Prospects**, Second Edition, Springer, 2004.

Boyle, Godfrey: **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2bs., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004.

BP: BP Energy Outlook 2003, (Çevrimiçi) http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/EnergyOutlook2030/BP_Energy_Outlook_2030_Booklet_2013.pdf 4 Ocak 2014.

BP: BP Statistical Review of World Energy 2013 (Çevrimiçi) www.bp.com/statisticalreview 6 Nisan 2014.

Brown, Adam, Simon Müller and Zuzana Dobrotkova: **Renewable Energy Markets and Prospects by Technology**, International Energy Agency, 2011..

Burton, Tony, Nick Jenkins, David Sharpe and Ervin Bossanyi: **Wind Energy Handbook**, Second Edition, John Wiley and Sons, Ltd, Publications, 2001.

- Cansın, Yusuf ve Nazif Hülügü Sohtaoğlu: “OECD/IEA Ülkelerinin Resmi Enerji Ar-Ge Harcamalarında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yönelik Eğilimler”, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, 2009, ss.29-36.
- Chiras, Dan, Mick Sagrillo and Ian Woofenden: **Power From The Wind**, (Technical Advisors: Robert Aram ve Jim Green), New Society Publishers, 2009.
- Connor, Helene: “Assessing the Energy Contributions to Sustainability” in OECD, Conducting Sustainability Assessments, **OECD Publishing.**, 2010, pp.109-118..
- Cooper, John J.B.: Price Elasticity of Demand for Crude Oil: Estimates for 23 Countries”, **Organization of the Petroleum Exporting Countries - OPEC Review**, 2003, pp.1-8.
- Çağlar, Mehmet: “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK)” **Türkiye 10. Enerji Kongresi**, 2006, (Çevrimiçi) http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/mehmetcaglar.pdf 10 Mayıs 2014.
- Çalışkan, Mustafa: “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Mevcut Yatırımlar”, **Rüzgar Enerjisi ve Santralleri Semineri**, İstanbul, 27 Mayıs 2011, (Çevrimiçi) <http://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/MUSTAFA-CALISKAN.pdf> 3 Mayıs 2014.
- Çoban, Orhan ve Nazan Şahbaz: “AR&GE Harcamaları ve GSMH’nın Enerji İthalatına Etkisi: Türkiye Örneği”, **KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 13 (21)**, 2011, ss. 11-19.
- D.Kok, Kenneth (ed.): **Nuclear Engineering Handbook**, ed. Kenneth D.Kok, CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.
- Elliott, David: “Tidal Power”, **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2nd edition., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004 ed.Godfrey Boyle, pp.196-244.
- Deloitte: “Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler”, Enerji ve Doğal Kaynaklar Endüstrisi, 2010.
- Demirtaş, Işıl: “Enerji Teknolojileri AR-GE Politikaları: OECD Ülke Deneyimleri ve Türkiye Karşılaştırması” **Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi**, 2013 Cilt: VIII Sayı: II ss.119-132.

- Dike, Jude Chukwudi: “Measuring the Security of Energy Exports Demand in OPEC Economies” **Energy Policy** **60**, 2013, pp.594–600.
- Dinçer, Mithat Zeki ve Özgür Aslan: **Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi**, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul, 2008.
- DSİ: “Water and DSI” DSI-General Directorate of State Hydraulic Works 1954-2009.
- Dursun, Bahtiyar ve Cihan Gokcol: “The Role of Hydroelectric Power and Contribution of Small Hydropower Plants for Sustainable Development in Turkey”, **Renewable Energy** **36**, 2011, pp. 1227-1235.
- Ediger, Volkan: “Enerji Güvenliği” **Enerji Güvenliği: Dünya ve Türkiye Paneli**, İstanbul Kültür Üniversitesi, Golden Medya Matbaacılık ve Tic. A.Ş., Ekim 2010, ss.38-60.
- Ediger, Volkan Ş. ve İstemi Berk: “Crude Oil Import Policy of Turkey: Historical Analysis of Aeterminants and Implications since 1968”, **Energy Policy** **39 (4)**, 2011, pp. 2132–2142.
- Everett, Bob, Godfrey Boyle, Stephen Peake and Janet Ramage (eds): **Energy Systems and Sustainability Power For a Sustainable Future**, 2bs., ed. Bob Everett, Godfrey Boyle, Stephen Peake and Janet Ramage, Oxford University Press, 2012.
- E.Kissell, Thomas: **Introduction To Wind Principles**, Prentice Hall, 2011.
- Enflo, Kerstin, Astrid Kander and Lennart Schön: “Electrification and Energy Productivity”, **Ecological Economics** **68**, 2009,pp. 2808-2817.
- ENVER: “Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu; Yeşil Ekonomiye Geçiş” **ENVER Enerji Verimliliği Derneği**, Iconomy Vezir Consultancy, Temmuz 2010.
- EPDK: “Enerji Yatırımcısı El Kitabı”, 2012, **Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu**, Ankara,2012.
- Erdoğan, Erkan: “An Expose of Bioenergy and Its Potential and Utilization in Turkey”, **Energy Policy** **36**, 2008, pp.2182– 2190.

- Erdoğan, Oya Safinaz: “The Effects of Energy Imports: The Case of Turkey” MPRA Paper No. 5413, 2007, pp.1-8.
- ETKB: “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Görünümü”, **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Dunyada_ve_Turkiyede_Enerji_Gorunumu.pdf 10 Mart 2014.
- ETKB: 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5346/5346_Sayili_Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarinin_Elektrik_Enerjisi_Uretimi_Amacli_Kullanimina_Iliskin_Kanun.pdf 8 Ocak 2014.
- EWEA: “Wind Energy- The Facts A Guide To The Technology, Economics And Future Of Wind Power”, **European Wind Energy Association**, London, Earthscan, 2009.
- Fiala, Nathan: “Measuring Sustainable Energy: Getting The Numbers Right”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds. W.H.Lee and V.G.Cho, Energy Science, Engineering and Technology Series, 2010. pp.701-706.
- Fredericks, Carrie (ed.): **Natural Gas: Fueling The Future**, ed. Carrie Fredericks, Greenhaven Press, 2007.
- Brown , Geoff and John Garnish: Introduction Renewable Energy”, **Renewable Energy Power For a Sustainable Future**, 2nd edition., ed. Godfrey Boyle, Oxford University Press, 2004, pp.341-383.
- Ghosh, Sajal: “Import Demand of Crude Oil and Economic Growth: Evidence from India”, **Energy Policy**, **37 (2)**, 2009, pp.699–702.
- Ghouri, Salman Saif: “Oil Demand in North America: 1980-2020” **OPEC Review** **25(4)**, 2001, pp.339-355.
- Giuliano, Francis A (ed.): **Introduction To Oil And Gas Technology**, ed. Francis A. Giuliano, New Jersey, Prentice Hall, 1989.
- Gokcol, Cihan, Bahtiyar Dursun, Bora Alboyacı ve Erkan Sunan: “Importance of Biomass Energy as Alternative to Other Sources in Turkey”, **Energy Policy** **37**, 2009, pp. 424–431.

- Gökdemir, Murat,
Murat İhsan Kömürcü
ve Taylan Ulaş
Evcimen: “Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış” **TMH – 471**, 2012/1 ss.18-26.
- Graw, Kai-Uwe: “Wave-Motion Power Plants Energy Reserves from The Ocean”, **Renewable Energy Sustainable Energy Concepts for the Future**, , eds. Roland Wengenmayr and Thomas Bürhke, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, 2008, pp.76-82.
- Gupta, Harsh and
Sukanta Roy: **Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century**, Elsevier, 2007.
- Henderson, Harry: **Nuclear Power A Reference Handbook**, Contemporary World Issues, Santa Barbara, Calif. : ABC-CLIO, 2000.
- Hewit, Geoffrey F. and
John G. Collier: **Introduction To Nuclear Power**, Second Edition, Taylor & Francis, 1997.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2013.
- IEA: IEA Statistics **Renewables Information**, International Energy Agency, 2012.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2011.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2010.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2009.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2008.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2007.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2006.

- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2005.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2004.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2003.
- IEA: IEA Statistics, **Renewables Information**, International Energy Agency, 2002.
- IEA: “The Impact of The Financial and Economic Crisis on Global Energy Investment” OECD / IEA Mayıs 2009.
- IEA: “Toward a Sustainable Energy Future”, IEA / OECD 2001.
- IEA: “Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emmissions”, International Energy Agency, 2007.
- İlkılıç, Cumali: “Wind Energy and Assessment of Wind Energy Potential in Turkey”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** **16**, 2012, pp. 1165– 1173.
- İlkılıç, Cumali,
Hüseyin Aydın ve
Rasim Behçet: “The Current Status of Wind Energy in Turkey and in the World”, **Energy Policy** **39**, 2011, pp. 961–967.
- İmren, E. Arzu: “Çağdaş Devlet Özelleştirir!”, **İktisat Fakültesi Mecmuası**, Cilt 46, 1988, ss.437-441.
- İncekara, Ahmet ve
Mesut Savrul: “The Effect of Globalization on Foreign Trade and Investment in Eurasian Countries”, International Conference on Eurasian Economies 2012, pp.23-31.
- İskender, Serdar: “Enerjinin Verimli Kullanılması ve Tasarrufu (Dünya)”, (Çevrimiçi)
http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=50101#.U5SuHSaKCt8 5 Ocak 2014.
- Jenkins, Bryan M.,
Larry L. Baxter ve Jaap
Koppejan: “Biomass Combustion”, **Thermochemical Processing of Biomass Conversion into Fuels, Chemicals and Power**, ed. Robert C.Brown, John Wiley and Sons,Ltd., 2011, pp.13-46.

- Jevons, William Stanley: “The Coal Question” Edition Used: London: Macmillan and Co., 1866. (Çevrimiçi) http://oilcrash.net/media/pdf/The_Coal_Question.pdf 10 Kasım 2013.
- Karagöl, Erdal Tanas ve Ülkü İstiklal Mihçioğur: **Enerji Görünümü: Türkiye**, Seta Perspektif- SETA, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı, No:16, 22 Nisan 2013.
- Kavak, Kubilay: “ABD’deki CAFE (Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği) Standartlarının Değerlendirilmesi” , **II.Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı**, Ankara, Ankamat Matbaacılık San. Limited Şirketi, Nisan 2009, ss.61-72.
- Keskin, Tülin: “Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerjinin İstihdama Katkısı”, **II.Enerji Verimliliği Kongresi**, Ankara, Ankamat Matbaacılık San. Limited Şirketi, Nisan 2009, ss.52-54.
- Kim, Hyun Seok and Jungho Baek: “Assessing Dynamics of Crude Oil Import Demand in Korea”, **Economic Modelling** 35, 2013, pp. 260–263.
- Krevelen, D.W.Van: **Coal Typology - Physics- Chemistry- Constitution**, Elsevier, 1993.
- Kojima, Kazunori ve Lisa Ryan: “Transport Energy Efficiency Implementation of IEA Recommendations since 2009 and Next Steps”, Energy Efficiency Series, iea, 2010.
- Kum, Hakan: “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar”, **Erciyes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları**, Kasım 2009, ss.207-223.
- Maczulak, Anne: **Renewable Energy: Sources and Methods**, Facts on File Inc.,2010.
- Mazman, Muhsin Davut Uzun, Cem Kaypmaz ve Emre Biçer: “Elektrikli Araçlar İçin Enerji Depolama Çözümleri”, **TMMOB- III. Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı**, MRK Baskı ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti., 2011, ss. 79-86.
- Merritt, Roy D.: **Coal Exploration Mine Planning, and Development**, Noyes Publications, 1986.
- Miller, Bruce G.: **Coal Energy Systems**, Elsevier Academic Press, 2005.

- MTA: Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/enerji/index.php?id=jeotermal_potansiyel 15 Nisan 2014.
- Nuttall, William J. and Devon L. Manz: “A New Energy Security Paradigm for the Twenty-first Century”, **Technological Forecasting & Social Change** 75, 2008, pp.1247–1259.
- OECD: **Enerji İstatistikleri El Kitabı**, International Energy Agency, Eurostat, 2004.
- OECD: “Energy Security and Competition Policy”, **OECD Journal: Competition Law and Policy**, Vol. 11/1.2010, pp.7-90.
- Oğuz Topkaya, Sermin: “A Discussion on Recent Developments in Turkey’s Emerging Solar Power Market”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 16 2012, pp.3754– 3765.
- OJEU: Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performances of Buildings, **Official Journal of the European Union** L153/13, (Çevrimiçi) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> 4 Kasım 2013.
- Omer, Mustafa: “Development Of Sustainable Energy Research And Applications”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds.W.H. Lee and V.G. Cho, Nova Science Publishers, Inc., 2010, pp.385-418.
- Omer, Mustafa: “The Future Of Energy: The Global Challenge”, **Advances In Energy Research**, ed. Morena J. Acosta, New York, Nova Science Publishers, Inc., 2011, pp. 69-97.
- OPEC: “World Oil Outlook 2012”, Organization of the Petroleum Exporting Countries, 2012.
- Özpeker, Işık: “Kömürün Oluşumu Petrografisi ve Sınıflandırılması”, **Kömür Kimyası ve Teknolojisi**, ed. Orhan Kural, İstanbul, y.y., t.y.
- Öztürk, Murat, Nalan Çiçek Bezir ve Nuri Özek: “Hydropower- Water and Renewable Energy in Turkey: Sources and Policy”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13, 2009, pp. 605–615.

- Pamir, Necdet: “Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler” (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/c6744c9d42ec2cb_ek.pdf 10 Ocak 2014.
- Piebalgs, Andris: “Delivering Sustainable Energy for All”, in OECD, Development Co-operation Report 2012: Lessons in Linking Sustainability and Development, **OECD Publishing**, 2012, pp.77-88.
- Pimentel, David: “Renewable and Solar Energy Technologies: Energy and Environmental Issues”, **Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems Benefits and Risks**, ed. David Pimentel, Springer, 2008, pp.1-17.
- Premalatha, M., Tabassum-Abbasi, Tasneem Abbasi and S.A. Abbasi: “A Critical View on the Eco-friendliness of Small Hydroelectric Installations”, **Science of the Total Environment** **481**, 2014, pp. 638–643.
- Quaschnig, Volker: **Renewable Energy and Climate Change**, IEEE Press, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2010.
- Rosillo-Calle, Frank: “Overview of Bioenergy”, **The Biomass Assessment Handbook Bioenergy for a Sustainable Environment**, eds. Frank Rosillo-Calle, Peter de Groot, Sarah L. Hemstock and Jeremy Woods, Earthscan, London, 2007, pp.1-27.
- Saatçioğlu, Cem: **Ulaştırma Sistemleri ve Politikaları Türkiye- Avrupa Birliği Uygulamaları**, Gazi Kitabevi, 2006.
- Saatçioğlu, Cem ve İsmail Küçükaksoy: “Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı:11, 2004, ss.19-39.
- Saatçioğlu, Cem ve Yaşar Yaşarlar: “Kentiçi Ulaşımda Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği”, **KAÜ-İİBF Dergisi**, Cilt:3, Sayı:3, 2012, ss.117-144.
- Satman, Abdurrahman: “Türkiye’de Jeotermal Enerji ve Potansiyeli” (Çevrimiçi) <http://www.emhk.itu.edu.tr/%5Cimg%5Cemhk%5Cdatafiles/Abdurrahman%20SATMAN%20-%20T%C3%BCrkiye%20de%20Jeotermal%20Enerji%20ve%20Potansiyeli.pdf> 15 Nisan 2014.

- Schnepf, Randy: “Agriculture-Based Biofuels: Overwiev and Emerging Issues”, **Biofuels Developments and Issues**, ed. Taylor C. Monahan, Nova Science Publishers, Inc., New York, 2011.
- Seifried, Dieter ve Walter Witzel: **Renewable Energy The Facts**, London, Earthscan, 2010.
- Seveda, Mahenda S., Narendra S. Rathore and Vinod Kumar: “Biomass as a Source of Energy”, **Handbook of Renewable Energy Technology**, eds. Ahmed F. Zobaa and Ramesh C. Bansal, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2011, pp.323-344.
- Speight, James G.: **Natural Gas A Basic Handbook**, Texas, Gulf Publishing Company, 2007.
- Streimikiene, Dalia: “Monitoring Sustainable Energy Development”, **Handbook of Sustainable Energy**, eds. W.H.Lee and V.G.Cho, Nova Science Publishers, Inc. New York, 2010, pp.207-251.
- Suppesi, Galen J. ve Truman S. Storvick (eds.): **Sustainable Nuclear Power**, eds. Galen J. Suppes ve Truman S. Storvick, Elsevier Academic Press, 2007.
- Şahinci, Ali: **Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri**, İzmir, Reform Matbaası, 1991.
- Tabak, John: **Nuclear Energy**, Facts on File, New York, 2009.
- Tanaka, Kanako: “Review of Policies and Measures for Energy Efficiency in Industry Sector” **Energy Policy** **39**, 2011, pp.6532–6550.
- T.C. Maliye Bakanlığı: Yıllık Ekonomik Rapor 2012”
- TCMB: “Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Ödemeler Dengesi Raporu 2013- II”
- Teke, Orkun: “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji AR-GE Stratejilerinin Değerlendirilmesi”, **Mühendis ve Makina**, Cilt 54, Sayı 640, ss. 54-62.
- Tezcan Ün, Ümran: “Dalga Enerjisi Teknolojisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu” **II.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/6a781dbfd8e524b_ek.pdf 30 Eylül 2013.

- Thollander, Patrik, Sandra Backlund, Andrea Trianni and Enrico Cagno: “Beyond Barriers – A Case Study on Driving Forces for Improved Energy Efficiency in the Foundry Industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden”, **Applied Energy** **111**, 2013, pp.636–643.
- Thomas, Larry: **Coal Geology**, John Wiley&Sons, Ltd., 2002.
- TMMOB: **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği**, Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği, Ankara, Ankamat Matbaacılık Ltd. Şti., Nisan 2008.
- TMMOB: **Türkiye’nin Enerji Görünümü**, Genişletilmiş İkinci Baskı, TMMOB Oda Raporu, Nisan 2012, Yayın No: MMO/588, s.2.
- Tombakoğlu, Mehmet: “Nükleer Enerji Üretim Teknolojilerinin Dünyadaki Geleceği ve Türkiye”, **TMMOB 8. Enerji Sempozyumu**, Pan Ajans Danışmanlık Ltd.Şti., Ankara, 2012, ss.116-131.
- Tuğrul, A.Beril: “Temiz Enerji Açısından Enerji Kaynaklarının ve Kullanımının Değerlendirilmesi”, **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008**, ss.37-46.
- Tuğrul, A. Beril: “Nükleer Enerji Değerlendirmesi ve Türkiye” **ICCI 2012 18. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı**, Nisan 2012, ss. 11-15.
- Tuğrul, A. Beril ve Nilgün Doğan Baydoğan: “Olası Alternatiflerle Enerji Kaynakları Değerlendirmesi ve Türkiye”, **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi**, 2006, ss. 265-273.
- Tutuş, Ayla: “Barajlar ve Hidroelektrik Santraller”, (Çevrimiçi) http://www.emo.org.tr/ekler/c19986e5c658d41_ek.pdf 6 Nisan 2014.
- Tutuş, Ayla ve Suat Pasin: “Pompa Depolamalı Hidroelektrik Santraller”, **Türkiye 10. Enerji Kongresi**, (Çevrimiçi) http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/aylatutus.pdf 25 Mayıs 2012.
- TÜBİTAK: “Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi – Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu”, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 2003.
- TÜREB: “Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu”, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Ocak 2014.

- TYDTA: T.C. Başbakanlık Türkiye Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı- Invest in Turkey (Çevrimiçi) <http://www.invest.gov.tr/tr-tr/sectors/Pages/Energy.aspx> 3 Ocak 2014.
- Türüt Aşık, Serap, Gül İpek Tunç ve Elif Akbostancı: “Türkiye İmalat Sanayinde Enerji Kullanımı ve Kirlilik”, **İktisat, İşletme ve Finans**, Vol.23, No.262, 2008, ss.5-16.
- UN: “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future” United Nations 1987.
- UN: United Nations Headquarters, “Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012”, New York, September 2012, Prep. John Drexhage and Deborah Murphy, International Institute for Sustainable Development – IISD, pp.1-26.
- UNEP: “Global Trends in Renewable Energy Investment” 2014, Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (Çevrimiçi) http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/attachments/14008nef_visual_14_key_findings.pdf 14 Mayıs 2014.
- UNEP: “The Global Financial Crisis and Its Impact on Renewable Energy Finance”, Nisan 2009.
- USGBC: U.S. Green Building Council, “LEED” (Çevrimiçi) <http://www.usgbc.org/leed> 10 Mayıs 2012.
- Varun, Ravi Prakash and Inder Krishnan Bhat: “Energy, Economics And Environmental Impacts of Renewable Energy Systems”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 13, 2009, pp. 2716–2721.
- Verfondern, K.: “Safety Considerations On Liquid Natural Gas”, **Natural Gas Research Progress**, ed. Nathan David and Theo Michel, New York, Nova Science Publishers, Inc., 2008, pp.140-177.
- Veziroğlu, T. Nejat: “Hydrogen Energy and Transportation”, (Çevrimiçi) <http://www.icatconf.com/icat2000-2006/tr/2000/makaleler/pdf/3-%20Nejat%20Veziroglu%20-%20HYDROGEN%20ENERGY%20AND%20TRANSPORTATION.pdf> 5 Aralık 2013.

- Visa, Ion, Macedon D. Moldovan, MihaiComsit and Anca Duta: “Improving the Renewable Energy Mix in a Building Toward the Nearly Zero Energy Status”, **Energy and Buildings** **68**, 2014, pp.72-78.
- Warwick, Peter D.: “Coal System Analysis: A New Approach to The Understanding of Coal Formation, Coal Quality and Environmental Considerations, and Coal as a Source Rock for Hydrocarbons”, **Coal System Analysis**, ed. Peter D. Warwick, Geological Society of America, Special Paper 387, 2005. pp.1-8.
- WEC: World Energy Council - Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi”, Baskı: EKC FORM OFSET, Haziran 2009.
- WEC: World Energy Council, Dünya Enerji Konseyi- Türk Milli Komitesi, Enerji Raporu 2012.
- WEO: World Energy Outlook 2004, (Çevrimiçi) <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2008-1994/weo2004.pdf> 20 Nisan 2014.
- Wengenmayr, Roland: “Hydroelectric Power Plants Flowing Energy”, **Renewable Energy Sustainable Energy Concepts for the Future**, eds. Roland Wengenmayr and Thomas Bürke, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, 2008, pp.22-25.
- Wong, Siang, Leng Wai-Mun Chia and Youngho Chang: “Energy Consumption and Energy R&D in OECD: Perspectives From Oil Prices and Economic Growth”, **Energy Policy** **62**, 2013, pp.1581–1590.
- Wiesenthal, Tobias, Guillaume Leduc, Karel Haegeman and Hans-Günther Schwarz: “Bottom-up Estimation of Industrial and Public R&D Investment by Technology Insupport of Policy-Making: The Case of Selected Low-Carbon Energy Technologies”, **Research Policy** **41**, 2012, pp. 116– 131.
- Wooldridge, Jeffrey M.: **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, The MIT Press.

- Xiong, Jiping and Ping Wu: “An Analysis of Forecasting Model of Crude Oil Demand Based on Cointegration and Vector Error Correction Model (VEC)” **ISBIM '08 Proceedings of the 2008 International Seminar on Business and Information Management**, IEEE Computer Society, 2008, pp. 485-488.
- Yao, Fang, Ramesh C. Bansal, Zhao Yang Dong, Ram K. Saket and Jitendra: “Wind Energy Resources: Theory, Design and Applications”, **Handbook of Renewable Energy Technology**, ed. Ahmed F. Zobaa and Ramesh C. Bansal, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2011, pp.3-20.
- Yarman, Tolga: **Geçmişte ve Bugün Nükleer Enerji Tartışması**, Okan Üniversitesi Yayınları, 2011.
- Yerdelen Tatoğlu, Ferda: **Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı**, Beta Basım A.Ş., İstanbul, 2012.
- Yergin, Daniel: “Ensuring Energy Security”, **Foreign Affairs**, Vol.85, No.2, pp.69-82.
- Yılmaz, Rıza Fikret: “Sürdürülebilir Kalkınmanın Ölçülmesi ve Türkiye İçin Yöntem Geliştirilmesi” T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Sosyal Sektörel ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Şubat 2011, Yayın No:2820.
- Yılmaz, Zerrin: “Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji”, **Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı:91**, 2006, ss.7-15.
- Zhao, Xingjun and Yanrui Wu: “Determinants of China’s Energy Imports: An Empirical Analysis”, **Energy Policy** 35, 2007, pp. 4235–4246.
- Ziramba, Emmanuel: “Price and Income Elasticities of Crude Oil Import Demand in South Africa: A Cointegration Analysis”, **Energy Policy** 38 (12), 2010, pp. 7844–7849.

İnternet Kaynakları:

- Alternatif Enerji: Alternatif Enerji, (Çevrimiçi) <http://www.alternatifenerji.com/kendi-kendini-temizleyen-ilk-gunes-santrali-israilde.html> 03.04.2014.
- DSİ: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> 3 Nisan 2014.

- ECEEE: Survey of Compliance Directive 92/75/EEC (Energy Labelling)- Final Report, 2009, (Çevrimiçi) http://www.eceee.org/ecodesign/Energy_labelling_directive/Report_energy_labelling 11 Kasım 2013.
- Enerji Enstitüsü: Enerji Enstitüsü, (Çevrimiçi) <http://enerjienstitusu.com/2014/04/25/bakan-yildiz-konyada-3000-mwlik-gunes-enerjisi-santrali-icin-calisma-yurutuluyor/> 27 Nisan 2014.
- Enerji Enstitüsü: Enerji Enstitüsü, (Çevrimiçi) <http://enerjienstitusu.com/2013/08/06/siemensten-dunyanin-en-buyuk-deniz-ustu-ruzgar-santrali/> 05 Nisan 2014.
- Enerji Enstitüsü: Enerji Enstitüsü, (Çevrimiçi) <http://enerjienstitusu.com/2013/11/12/japonya-fukusimada-dunyanin-en-buyuk-ruzgar-santralini-kuracak/> 05 Nisan 2014.
- Enerji Günlüğü: Enerji Günlüğü, (Çevrimiçi) <http://enerjigunlugu.net/abd-dunyanin-en-buyuk-gunes-enerjisi-santralini-ku-7121.html> 23 Mart 2014.
- EPA: U..S. Environmental Protection Agency, (Çevrimiçi) <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm> 10 Mayıs 2012.
- EREC: European Energy Council, (Çevrimiçi) <http://www.erec.org/policy/eu-policies/research-development.html> 24 Aralık 2013.
- ETKB: Enerji ve Tabi Enerji Bakanlığı (Çevrimiçi) <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=ruzgar&bn=231&hn=&nm=384&id=40696> 3 Mayıs 2014.
- ETKB: Enerji ve Tabi Enerji Bakanlığı (Çevrimiçi) <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695> 10 Mayıs 2014.
- ETKB: Enerji ve Tabi Enerji Bakanlığı (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/images/gra_son_ist.png 3 Mayıs 2014.

- ETKB: Enerji ve Tabii Enerji Bakanlığı, (Çevrimiçi)
<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=hidrolik&bn=232&hn=&nm=384&id=40699> 6 Nisan 2014.
- ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (Çevrimiçi)
<http://www.enerji.gov.tr/index.php?sf=webpages&b=jeotermal&bn=234&hn=&nm=384> 15 Nisan 2014.
- ETKB: ETKB - Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı, (Çevrimiçi)
<http://www.nukleer.gov.tr/index.php/nukleer-santral-projeleri> 24 Nisan 2014.
- ETKB: 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Çevrimiçi)
http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5346/5346_Sayili_Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarinin_Elektrik_Enerjisi_Uretimi_Amacli_Kullanimina_Iliskin_Kanun.pdf 8 Ocak 2014.
- EW: Energy World, (Çevrimiçi)
<http://energyworld.com.tr/kayip-kacakta-ortalamayi-astik.html> 8 Mayıs 2014.
- GE0: Geothermal Education Office, (Çevrimiçi)
<http://geothermal.marin.org/pwrheat.html#Q1> 25 Nisan 2011.
- IEA: International Energy Agency, (Çevrimiçi)
<http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/>, 15 Kasım 2010.
- IEA: International Energy Agency, (Çevrimiçi)
<http://www.iea.org/subjectqueries/buildings.asp> 10 Mayıs 2012.
- NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration (Çevrimiçi)
<http://www.nhtsa.gov/cars/rules/cafe/overview.htm> 10 Ocak 2012.
- OECD: Organization for Economic Cooperation and Development (Çevrimiçi)
<http://www.oecd.org/sti/outlook/e-outlook/stipolicyprofiles/newchallenges/greentechnologyandinnovation.htm> 5 Nisan 2014.

- PRB: 2013 World Population Data Sheet, Population Reference Bureau, (Çevrimiçi) http://www.prb.org/pdf13/2013-population-data-sheet_eng.pdf 04 Kasım 2013.
- TEİAŞ: TEİAŞ – Türkiye Elektrik İletim A.Ş., (Çevrimiçi) <http://www.teias.gov.tr/TürkiyeElektrikİstatistikleri/istatistik2012/istatistik%202012.htm> 10 Nisan 2014.
- WB: The World Bank (Çevrimiçi) <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTHEALTHNUTRITIONANDPOPULATION/EXTDATA/STATISTICS/EXTHNPSTATS/0,,contentMDK:21737699~menuPK:3385623~pagePK:64168445~piPK:64168309~theSitePK:3237118~isCURL:Y,00.html> 04 Kasım 2013.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_turbin.html 05 Mart 2012.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/jeotermal/14jeotermal_enerjinin_kullanim_alanlari.html 22 Eylül 2013.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/teknoloji/CSP_gun_enj_sant.aspx 08 Nisan 2014.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/jeo_kullanim_alanlari.aspx 10 Nisan 2014.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> 10 Mayıs 2014
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi) <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> 10 Mayıs 2014.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx 15 Nisan 2014.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_teknoloji.aspx 07 Temmuz 2013.

- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (Çevrimiçi)
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> 10 Mayıs 2014.
- YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (Çevrimiçi)
<http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> 10 Mayıs 2014.
- Yeşil Ekonomi: Yeşil Ekonomi, (Çevrimiçi)
<http://www.yesilekonomi.com/en-buyuk-deniz-ustu-ruzgar-tarlasi-devreye-alindi> 05 Nisan 2014.
- U.S. Department of Energy, (Çevrimiçi)
<http://www.energy.gov/articles/making-solar-power-history-ivanpah> 23 Mart 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İrem YALKI
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul – 08.03.1985
İletişim : 532 524 4932
E-posta : iremyalki@yahoo.com
: irem.yalki@okan.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Beyoğlu Anadolu Lisesi
Lisans : İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi (2003-2007)
Ekonometri Bölümü
Yüksek Lisans : Marmara Üniversitesi (2007-2009)
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yöneylem Araştırması
Çalıştığı Kurum : Okan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Uluslararası Ticaret Bölümü
Yayınlar : Yalkı, İrem “Türkiye’nin Enerji Politikasında Enerji
Verimliliğinin Yeri ve Önemi”, **Nevşehir Hacı Bektaş
Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**,
Cilt 3, Sayı: 1, ss. 202.215.