

YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMINI TEŞVİK YOLLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

AN EVALUATION OF RENEWABLE ENERGY USAGE BASED ON INCENTIVE POLICIES

ANIL ÜLGEN

PROF.DR. NECMİDDİN BAĞDADIÖĞLU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

ANIL ÜLGEN'in hazırladığı “Yenilenebilir Enerji Kullanımını Teşvik Yolları Üzerine Bir Değerlendirme” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Aynur ERAY

Başkan



Prof.Dr. Necmiddin BAĞDADIÖĞLU

Danışman



Prof. Dr. Duran BÜLBÜL

Üye



Doç.Dr. Alparslan A. BAŞARAN

Üye



Doç.Dr. Pelin Varol İYİDOĞAN

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin / raporunun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “ **Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren Ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

01 / 10 / 2018


Anıl ÜLGEN

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. Şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü ve fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

01.10.2018



ANIL ÜLGEN

ÖZET

YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMINI TEŞVİK YOLLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Anıl ÜLGEN

**Yüksek Lisans, Temiz Tükenmez Enerjiler Bölümü
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Necmiddin BAĞDADIÖĞLU**

Ekim 2018, 128 sayfa

Bu tezin amacı seçilmiş ülkeler örneğinde yenilenebilir enerjiler için uygulanan teşvik mekanizmalarını inceleyerek Türkiye'nin 2020 yılında bitecek teşvik politikasının yeniden şekillenmesi sürecinde, özellikle fotovoltaik teknolojisine yönelik, dikkate alınabilecek öneriler sunmaktır. Çalışma Avrupa Birliği'ne üyelik temelinde ele alındığı için üç Avrupa ülkesi; Almanya, Danimarka ve İspanya incelenmiş uygulamalarındaki süreçler ile başarılı ve başarısız oldukları noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu ülkelere ek olarak yenilenebilir enerji alanındaki dikkat çekici endüstriyel gelişimi nedeniyle Çin de araştırmaya dâhil edilmiştir. Çalışmada nedensel karşılaştırma metodu kullanılarak hangi teşviklerin diğerlerine göre daha başarılı oldukları ve teşviklerin hangi dış koşullardan nasıl etkilendikleri araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda teknoloji bazında gelişimlerde en iyi ilerlemenin sabit fiyat garantisi yolu ile birlikte dinamik bir teknoloji ve piyasa gözlemi yapılarak elde edildiği görülmüştür. Diğer taraftan teşviklerin olumlu sonuç verebilmesi için düzenli ve istikrarlı politikaların, şeffaf idari süreçlerin, uygulamalarda kaynak ve teknolojilerin iyi

sınıflandırılmasının önemli olduğu saptanmıştır. Türkiye'nin orta ve uzun dönem için teşvik politikalarının açıklanması, yerli aksam üretimi için yapıcı değişiklikler yapması, kapasite artışı için yeni ihaleler belirlemesi, idari süreçlerin kısaltılması ve fosil teşviklerin kaldırılması konularında değişiklikler yapması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar sözcükler: Yenilenebilir enerji düzenleyici politikaları, mali teşvikler ve kamu finansmanı, fotovoltaik, Avrupa Birliği müktesebatı



ABSTRACT

AN EVALUATION OF RENEWABLE ENERGY USAGE BASED ON INCENTIVE POLICIES

Anıl ÜLGEN

Master's Degree, Department of Renewable Energies

Supervisor: Prof. Dr. Necmiddin BAĞDADIOĞLU

October 2018, 128 pages

The objective of this thesis is to examine the incentive mechanisms that are applied for the renewable energy across selected countries and to put forward a set of suggestions for the future revision of incentive policy, especially in the photovoltaic technology, that will end in 2020 in Turkey. Three members of European Union, Germany, Denmark and Spain, are analysed with a particular emphasis on their successful/unsuccessful incentive applications. China is also analysed due to its noticeable industrial development in the field of renewable energy. The causal comparative method is used to evaluate the success of incentive policy applications and how they are affected by the external conditions. As a result of the research, it is seen that the best progress in technology-based developments is obtained by constantly observing the technological changes and market monitoring along with the fixed price guarantee. Additionally, the promotion of regular and stable policies, transparent administrative processes, good classification of resources and technologies in applications are found to be important. Announcement of medium and

long term incentive policies, removal of fossil incentives, shortening the administrative processes and making constructive changes for domestic part production, determining new tenders for the capacity increase are considered as important for the Turkish case.

Keywords: Renewable energy regulatory policies, financial incentives and public finance, photovoltaics, the EU acquis



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca gerek derslerde gerekse tez döneminde desteğini ve yardımlarını asla esirgemeyen özverisi ile örnek olan Prof. Dr. Aynur ERAY'a,

Tez çalışması boyunca bana yol gösteren ve derslerde ufkumu açan Prof. Dr. Necmiddin BAĞDADIÖĞLU'na,

Tüm çalışmalarım boyunca daima yanımda olan sevgili eşim Melike Nur ÜLGEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER	ix
ŞEKİLLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1 GİRİŞ	1
2 YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖZELLİKLERİ VE KULLANIMLARI	5
2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tanımı, Kullanım Avantajları ve Piyasalara Etkisi	5
2.1.1 Enerji Güvenliği.....	10
2.1.2 CO ₂ Salımı ve Çevresel Etkiler	11
2.1.3 Ekonomik Gelişim	12
2.2 Yenilenebilir Enerji Türleri ve Teknolojileri.....	13
2.2.1 Güneş Enerjisi	13
2.2.2 Rüzgâr Enerjisi	22
2.2.3 Bioenerji.....	23
2.2.4 Jeotermal Enerji.....	25
2.2.5 Hidrolik Enerji.....	26
2.2.6 Okyanus Enerjisi.....	27

2.3	Enerji Depolama.....	28
3	YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ TEŞVİK YOLLARI	31
3.1	Neden Teşvik Verilmeli.....	31
3.2	Yenilenebilir Enerji Piyasalarının Gelişimi	33
3.3	Teşvik Yöntemlerinin Tarihsel Gelişimi.....	35
3.4	Teşvikler ve Piyasa Etkisi.....	37
3.5	Yenilenebilir Enerji Kullanımı için Geliştiriciler ve Engeller	38
3.5.1	Geliştirici Etkenler	39
3.5.2	Engeller	41
3.6	Günümüzde Kullanılan Teşvik Yöntemleri.....	44
3.6.1	Düzenleyici Politikalar	44
3.6.2	Mali Teşvikler ve Kamu Finansmanı	51
3.7	Teşvikler İçin Mali Kaynaklar	52
3.8	Avrupa Birliği ve Enerji	53
3.8.1	Genel Görünüm	53
3.8.2	Yenilenebilir Enerjiler için Mevcut Durum	55
4	SEÇİLMİŞ ÜLKELERDE DURUM	59
4.1	Almanya	59
4.1.1	Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi	59
4.1.2	Mevcut Durum ve Hedefler	64
4.2	İspanya.....	67
4.2.1	Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi	68
4.2.2	Mevcut Durum ve Hedefler	72

4.3	Danimarka	74
4.3.1	Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi	75
4.3.2	Mevcut Durum ve Hedefler	79
4.4	Çin.....	82
4.4.1	Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi	83
4.4.2	Mevcut Durum ve Hedefler	87
5	TÜRKİYE'DEKİ DURUM VE DİĞER ÜLKELER İLE KARŞILAŞTIRMA.....	92
5.1	Piyananın ve Teşvik Mekanizmalarının Tarihsel Gelişimi.....	92
5.2	Mevcut Durum ve Hedefler.....	98
5.3	AB Müktesebatı ile Karşılaştırma	105
5.4	Seçilmiş Ülkeler ile Karşılaştırma	109
6	SONUÇ	111
7	KAYNAKLAR.....	113

ÇİZELGELER

Çizelge 1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Geleneksel Kaynakların Karakteristikleri	7
Çizelge 2 Kaynaklar ve Yaşam Döngüsünde Kullandıkları CO ₂	22
Çizelge 3 Dünyadaki Güneş Enerjisi Santrallerinde Kullanılan Depolama Sistem ve Bilgileri.....	30
Çizelge 4 Piyasa Gelişim Aşamalarına Göre Prensipler.....	34
Çizelge 5 Ülkelerin FIT kullanmaya Başladıkları Tarihler	46
Çizelge 6 Yıllara Göre RPS Uygulayan Ülkeler	48
Çizelge 7 AB Üye Ülkelerindeki İdari Engelleri Tanımları.....	57
Çizelge 8 Üretilen Elektrik Kaynaklara ve Yıllara Göre Dağılımı (Almanya)	62
Çizelge 9 Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Verilen Destekler.....	66
Çizelge 10 İspanya İçin FV Üretim ve Tarife Verilerinin Yıllara Göre Değişimi.....	71
Çizelge 11 Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Göre Verilen Primler	82
Çizelge 12 Çin İçin 2020 Yenilenebilir Enerji Kapasite Hedefleri	91
Çizelge 13 6094 Sayılı Kanun'a Göre Teşvik Miktarları	94
Çizelge 14 Türkiye'de Verilen Başlıca Teşvikler	99
Çizelge 15 Türkiye Elektrik Sistemi Kaynaklara Göre Kurulu Güçler	100

ŞEKİLLER

Şekil 1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri	6
Şekil 2 Dünya FV potansiyeli haritası	14
Şekil 3 FV için Yıllara Göre Kapasite Miktarının Değişimi	16
Şekil 4 Yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimi önündeki engeller.....	43
Şekil 5 AB Üye Devletlerinde İdari Engeller.....	58
Şekil 6 Almanya ve Dünyada FV Kapasite Gelişimi	63
Şekil 7 Almanya 1990-2017 Kaynaklar Bazında Brüt Üretim	64
Şekil 8 2017 Almanya Üretimin Kaynaklara Göre Dağılımı	65
Şekil 9 Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (İspanya).....	73
Şekil 10 Kaynaklara Göre Elektrik Üretim Payı (2016)	80
Şekil 11 Çin'in küresel FV pazarında arz ve talep gelişimi	87
Şekil 12 Çin Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi – 2017	88
Şekil 13 Yıllara Göre Kapasite Artışı	97
Şekil 14 Ülkelerin Elektrik Fiyatlarının Yıllara Göre Değişimi	110

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AİDP	Avrupa İklim Değişikliği Programı
BM	Birleşmiş Milletler
BMWİ	Ekonomi ve Teknoloji Federal Bakanlığı (Almanya)
CSP	Solar Termal Güç
DEA	Danimarka Enerji Ajansı
EEG	Yenilenebilir Enerji Yasası (Almanya)
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FIT	Şebekeye Satış Garantisi
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
ITC	Yatırım Vergi İndirimi
NREAP	Ulusal Yenilenebilir Enerji Aksiyon Planı
NREL	Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
OFGEM	Gaz ve Elektrik Piyasaları İdaresi (Birleşik Krallık)
PTC	Üretim Vergi İndirimi
PURPA	Kamu Hizmetleri Düzenleyici Plan Hareketi
FV	Fotovoltaik

REC	Yenilenebilir Enerji Sertifikaları
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
SGS	Sera Gazı Salımı
TGC	Ticarete Konu Edilebilen Yeşil Sertifika
WACC	Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (5346)
YEKDEM	Yenilenebilir Kaynakları Destekleme Mekanizması



1 GİRİŞ

Geçmiş dönemlerde çevresel anlamda enerji elde etmek için kullanılan süreçlerin etkileri uzun bir süre göz ardı edilmiş ve en ucuzu en iyisi olarak benimsenmiş, daha sonraları ise nükleer teknolojinin yardımıyla yüksek kapasiteli üretim tesisleri ile merkezi üretim daha da güçlenmiş, fakat günümüzde bu iki yaklaşımın da bedeli ağır ödenmektedir. Küresel ısınma bir fikir olmaktan çıkıp günlük hayatı etkilemeye, belli tür soylarını tükenmekle tehdit etmeye başlamış, diğer tarafta ise nükleer kazalardan özellikle Fukushima Daichii, Japonya gibi teknolojiye çok ileri bir ülkenin bile tam olarak güvenliği sağlayamadığı gerçeğini göstermiş ve insanların nükleer enerjiye olan güvenini derinden sarsmıştır.

Ekonomik açıdan baktığımızda ise her ülke yeterli ve kaliteli doğal kaynaklara sahip olmamakla birlikte sürekli artan enerji ihtiyacının karşılanmasında arz güvenliğini ve ekonomik dengeyi bozmayacak çözümler günümüzün bir mecburiyeti olmuştur. Bununla beraber artık yakıtlar sadece ticaretle sınırlı kalmayıp; politik bir araç olarak da kullanılmaya başlanmış, fosil kaynak sahibi ülkeler diğerleri üzerinde bunu bir kaldıraç gibi kullanma eğilimi göstermiş ve bu süreç yakıt fiyatlarının değişmesi veya arzının azalması ile sonuçlanabilmiştir. Bu veya başka bir nedenle yakıt fiyatlarının değişmesi tahminleri zorlaştırıp ve riskleri artırmıştır.

Tüm bu nedenler ülkeleri potansiyelleri ve ekonomileri elverdiğince yenilenebilir enerjileri kullanmaya yöneltmiştir ancak bu enerjiyi elde etmek için kullanılan teknolojiler hem geleneksel yöntemlere göre ilk yatırımda daha fazla maliyet gerektirmekte hem de fosil yakıtlar için kurulmuş bir düzene dâhil edildikleri için fiziki şebekede de farklı ihtiyaçlar doğurmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için çeşitli destek mekanizmaları uygulanmakta ve yenilenebilir enerji teknolojileri daha cazip ve daha az riskli bir hale getirilerek yatırımcıların tercih etmesi sağlanabilmektedir.

Günümüzde yenilenebilir enerjileri en verimli kullanan ülkelerde bu teknolojileri desteklemek için yapılan düzenlemeler sürekli olarak piyasa ile teknolojiyi takip

etmekte, yerel kaynakların konumlarına, kullanımlarına ve iletim için fiziksel altyapının durumuna göre sık sık politikalarını güncellenmektedir. Diğer taraftan Türkiye için bu düzenlemeler çok uzun süredir sabit olmakla birlikte 2020 yılı sonunda en önemli mekanizma olan sabit fiyat garantisi uygulaması son bulacaktır ve sonrası için uygulanacak desteklere dair resmi bir bilgi bulunmamaktadır. Teşvik uygulamalarında belirsizlik her zaman yatırımcı tarafından risk olarak algılandığı için bu durum yeni kapasitelerin kullanımını olumsuz etkilemektedir. Bu tezin amacı çeşitli ülkeleri ve uygulamaları inceleyerek güncellenmesi gereken mekanizmaları alternatifleri ile birlikte değerlendirmek ve Türkiye’de kullanılacak güneş enerjisi teknolojilerinden fotovoltaikler için en uygun olanları saptamaktır. Konu sadece ekonomik alan ile sınırlandırılmamış, enerji üretiminde kullanılan teknolojilerin çevresel ve sosyal etkileri doğrudan ve dolaylı olarak araştırılmıştır. Yatırım temelinde ise dünya genelinde uygulanan düzenlemeler incelenmiş, yatırımcılar için en cazip uygulamalar ve yatırımın artmasında etkili olan piyasa ortamları incelenmiştir. Diğer taraftan yatırımların dengesinin bozulmaması ve haksız rekabet ortamının oluşmaması için düzenleyicinin dengesiz veya aşırı teşvik uygulamalarına karşı dikkat etmesi gereken noktalar araştırılmıştır Çalışma sonucunda en uygun mekanizmalar ve risk unsurları, mevcut fiziksel altyapıyı en az etkileyecek kapasite artış yöntemleri ve yapılması gereken yeni tanım ve ayrımlara ulaşılmıştır.

Tez beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikleri ve kullanımları incelenmiştir. Öncelikle konu arz güvenliği ve çevresel etkiler bakımından incelenmiş sonrasında ise ekonomik gelişim ile ilgisi araştırılmıştır. Bölümün devamında teknolojiler kaynaklarına göre sınıflandırılmış ve bu kaynakların kullanım teknolojilerinden ve seviyelendirilmiş enerji üretim maliyetlerinden bahsedilmiştir; çalışmada sonradan inceleneceği için özellikle güneş teknolojilerine ağırlık verilmiştir. Teknolojilerden sonra, yenilenebilir enerji kullanımını destekleyen ve engelleyen etkenler ve bu teknolojilerin kesikli doğalarından dolayı tamamlayıcısı olarak görülen depolama sistemleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde teşvik konusu kapsamlı şekilde detaylandırılmış, neden teşvik verilmesi gerektiği, yenilenebilir enerji piyasaları ile teşvik yöntemlerinin tarihsel gelişimi araştırılmış ve teşvik uygulamalarında geliştirici ve engelleyici etkenler incelenmiştir. Sonrasında günümüzde uygulanan teşvik yöntemleri düzenleyici politikalar ile mali teşvikler ve kamu finansmanı başlıkları altında incelenmiştir. Bölümün sonunda türkiye ile karşılaştırmada da kullanılacağı için Avrupa Birliği uygulamaları ve düzenlemeleri enerji alanında ele alınmış, genel görünümü, uygulamaları ve yenilenebilir enerjiler bakımından mevcut durumu incelenmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde hem Avrupa Birliği müktesebatı ile durum karşılaştırması yapabilmek için hem de düzenlemeler, teknolojiler ve coğrafya bazında kendilerine has özelliklerinden dolayı Almanya, İspanya ve Danimarka seçilmiştir. Bu ülkelere ek olarak hem yerel hem de küresel bazda piyasa – teşvik ilişkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için Çin başarılı endüstriyel planlaması ve ölçek nedeniyle teşvik - piyasa ilişkilerinin daha görülebilir olması nedeniyle çalışmaya dâhil edilmiştir. Ülkelere göre başlıklara ayrılan bölümde her ülke için seçilme nedenleri açıklanmış, teşvik bakımından geçmişteki ve günümüzdeki uygulamaları incelenmiş, bu uygulamalardaki başarılı ve başarısız noktalar araştırılmıştır. Bölüm altında uygulamalar sonunda varılan nokta, harcanan kaynak miktarı ve gelecek için belirlenmiş hedefler de paylaşılmıştır.

Beşinci bölümde ise bu defa Türkiye dördüncü bölümdekine yakın bir içerikle ancak daha kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Elektrik piyasasının tarihine yer verilmiş, bu süreç içerisinde teşvik mekanizmalarının gelişimi ve sonuçları incelenmiştir. Günümüz için mevcut durum, ihtiyaçlar ve hedefler üzerinde durulmuş, Avrupa Birliği üyeliği yolunda on beşinci fasıl olan enerji başlığında yapılması gereken düzenlemeler, ne kadar yol kat edildiği ve Birlik görüşleri araştırılmıştır. Türkiye ile seçilmiş ülkeler karşılaştırılmış, mevcut durumdaki imkân ve koşulların farklılıkları ortaya koyulduktan sonra benzer uygulamalardaki farklı sonuçlar ve nedenleri incelenmiştir.

Sonuç bölümünde ise Türkiye’de uygulanan teşvik politikalarının yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımında ne kadar gelişmeye destek olduğu, özellikle 2020 yılında

teşviklerin sona ermesi sürecinde yapılabilecek farklı düzenlemeler ve gelecek hedeflerine diğer enerji politikaları ile beraber ulaşabilmesi için yapılabilecekler değerlendirilmiştir.



2 YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖZELLİKLERİ VE KULLANIMLARI

Bu bölüm altında yenilenebilir enerji kaynaklarının karakteristik özellikleri ve kullanımları tanımlanmış olup kaynaklar için kullanılan teknoloji gelişim döngüsünden bahsedilmiştir. Kaynaklar yapıları ve süreçler bakımından fosil yakıtlar ile karşılaştırılarak kaynak kullanımı, çevre, iş imkânları, maliyet ve arz güvenliği konularında karşılaştırmalar yapılmış, bu farklılıkların enerji güvenliği, sera gazı salımı ve çevresel etkiler ile ekonomik gelişim konularındaki etkileri incelenmiştir ve bu sayede tezin üçüncü bölümünde yer alan teşviklerin neden veya nasıl verilmesi gerektiğini araştırarak konular için zemin hazırlanmıştır.

Bölümün ikinci kısmında kaynaklar sınıflandırılmış ve sınıflar için kullanılan yaygın teknolojiler incelenmiştir. Tezin ilerleyen kısmında ülkeler ve teşvik yöntemleri özellikle fotovoltaik (FV) teknolojisi bazında karşılaştırılacağı için bu başlık kapsamlı ele alınmış, diğer kaynaklar için ise temel bilgiler verilmiştir. Son olarak enerji depolama sistemlerinin mevcut durumu büyük çoğunluğu depolanamayan yenilenebilir enerji teknolojileri ile bunlara verilen teşviklerin arasındaki nedensellik ilişkisini açıklamak için araştırılmıştır.

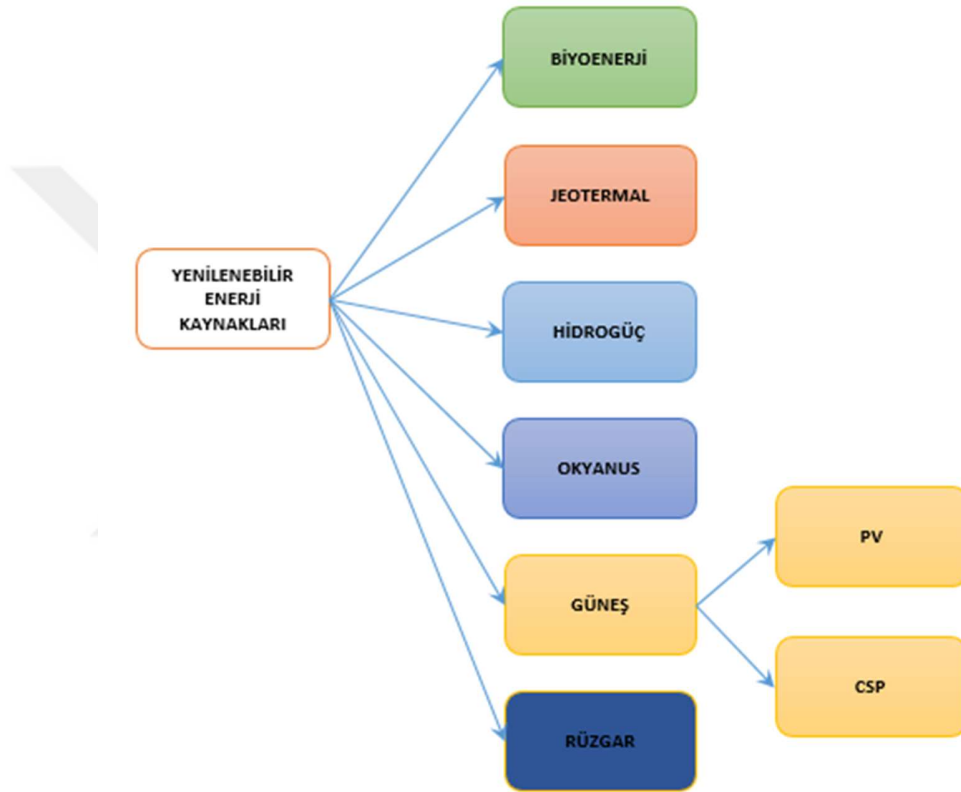
2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tanımı, Kullanım Avantajları ve Piyasalara Etkisi

Yenilenebilir enerji kaynakları güneşten doğrudan faydalanarak (termal, foto-kimyasal ve foto-elektrik), güneşten dolaylı faydalanarak (rüzgâr, su gücü veya biokütle içerisinde depolanan fotosentetik enerji) veya doğanın diğer hareketlerinden ve mekanizmalarından kaynaklanan (gelgit ve jeotermal) ve sürekli yenilenen enerji kaynaklarıdır[1]. Benzer şekilde, Avrupa Birliği (AB) Direktif 2003/54/EC dâhilinde rüzgâr, güneş, jeotermal, dalga, gelgit, su gücü, biokütle, çöp gazı, arıtma tesisi gazı ve biogazları fosil yakıt olmayan yenilenebilir kaynaklar olarak tanımlamıştır.

Yenilenebilir enerji çok eskilerden beri kullanılmakla beraber teknolojiler için gelişim döngülerinde farklı aşamadadır ve genellikle aşağıdaki üç basamaktan birinde yer almaktadır[2]:

- a) Teknolojinin çalıştığını ve maliyet ile performans konularında ilerleme kaydedilebileceğini göstermek üzere yapılan AR&GE,
- b) Teknolojinin yarı veya tam ticari olarak kullanılabileceğini gösteren dönem,
- c) Ticari performansı kanıtlanmış ve yayılma döneminde olan teknolojiler.

Teknolojilerin bulunduğu basamaklar ve yayımları için kullanılan politikalar göz önüne alındığında IEA[2] Şekil 1’de verildiği gibi bir sınıflandırma kullanmıştır.



Şekil 1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri [2]

Yenilenebilir enerji teknolojilerini fosil yakıt teknolojileri ile karşılaştırması Çizelge 1’de verilmiştir[3].

Çizelge 1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Geleneksel Kaynakların Karakteristikleri[3]

Geleneksel Kaynaklar	Yenilenebilir Kaynaklar
Zamandan ve miktardan bağımsız olarak depolanabilirler	Çok az teknoloji depolanabilir(barajlar, biokütle) kalan teknolojiler çok az depolanabilir veya depolanamaz
Maden veya yataktan çıkartma gereklidir	Doğrudan kullanılırlar
Sonlu rezerv	Sürekli yenilenen rezerv
Meteorolojik koşullardan etkilenmezler	Meteorolojik ve iklim koşullarından etkilenirler
Tedarik zincirinde noktasal yoğunluk vardır (limanlar, boru hatları, rafineriler ve geleneksel enerji santralleri)	Yayılmış yerleşim için büyük potansiyel (çatı üstü FV'ler, nehir regülatörleri, rüzgâr parkları, küçük bioenerji santralleri)
Çıkartma işlemi için büyük ve özel altyapı	Çıkartma küçük seviyeden (solar paneller) büyük ölçeklere kadar (barajlar)
Birincil kaynağın uzun mesafe taşınması mümkündür	Birincil kaynak uzun mesafe taşınması mümkün değildir (biokütle dışında)

Kaynak bazında ele alındığında kullanım avantajları ile günümüz enerji anlayışını karşılaştırdığımız zaman ibre birçok noktada yenilenebilir enerji kaynaklarını göstermektedir. Ancak dolaylı etkileri de göz önüne aldığımız zaman toplumların yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelmeleri için daha fazla neden olduğu görülebilir.

Çevresel açıdan inceleyecek olursak fosil yakıtların çıkartılma, işlenme ve yakılma süreçlerinde sürekli olarak havayı, su kaynaklarını ve toprağı ciddi ölçüde kirlettikleri

bilinmektedir. İşletme sırasında arsenik yayan kömür santralleri[4], akciğer kanserine neden olan dizel motor egzozları[5], biyolojik birikim ile aktarılan ve DNA yapısına zararlı ve zehirli petrol sızıntıları[6] ve yine petrol ve gaz endüstrisinin açığa çıkardığı radyum[7] gibi sayısız çevresel zarar biyolojik anlamda tüm canlıları etkilemektedir. Konunun algısal olarak doğrudan fark edilmesi mümkün olmasa da bazı çalışmalar fosil yakıt kullanımının insan sağlığına etkileri konusunda ilişki kurabiliyor. Örneğin Lee ve arkadaşlarının[8] yaptığı bir çalışmada Kuzey Amerika'da yakılan kömürler nedeniyle Atlantik Okyanusu'ndaki ve dolayısı ile burada yaşayan bir ton balığı türünün bünyesindeki cıva miktarında doğrudan ilişki olduğunu gözlemiştir. Sunderland[9] ise Amerika Birleşik Devletleri nüfusunun bünyesindeki cıva miktarının %40'tan fazlasını ton balıklarından aldığını savunmaktadır. Bu verilerden anlaşılabacağı üzere fosil yakıtlar sadece küresel ısınma ile uzun vadede çevresel dengeyi tehdit etmemekte, neden olduğu yan ürünler ile günlük sağlık durumumuzu doğrudan etkilemektedir.

İş imkânlarına baktığımızda ise birim üretim başına sağladıkları çalışan sayısı fosil yakıtlarda ve yenilenebilir enerji teknolojilerinde ciddi farklılıklar göstermektedir. Fosil yakıt sektöründeki firma birleşmeleri, çıkartma işlemleri için ekipmanların otomasyonu ve diğer nedenler sektörde çalışan sayısının her geçen gün azalmasına neden olmaktadır. Örneğin Çin dünya kömür üretiminin yarısından fazlasını gerçekleştirmektedir ancak arzın talepten fazla olması ve ekonomisindeki yavaşlayan gelişme nedeniyle hükümet 5.600 adet madenin kapanmasını planlamaktadır[10]. Bu plan gerçekleştirilirse kömür madenciliği sektöründe 1.3 milyon kişinin işten çıkarılması anlamına gelmektedir[11]. Diğer taraftan yenilenebilir enerji için iş imkânlarına baktığımızda ise IRENA[12] verilerine göre dünya genelinde 2017 yılında 10,34 milyon kişi yenilenebilir enerji sektöründe çalışmıştır ve bu rakamın 3,37 milyonu yani yaklaşık üçte biri FV sektörü için çalışmıştır. Aynı rapor dâhilinde büyük hidroelektrik santrallerinin katılmadığı yani 838 milyon çalışan için bir bölgesel inceleme yapıldığında ise Çin 3,88 milyon ile yenilenebilir enerji sektöründe çalışan sayısında birinci, AB 1,26 milyon kişi ile ikinci ve Brezilya 0,893 milyon kişi ile üçüncü olurken ABD 0,786 milyon çalışan sayısı ile dördüncü olmuştur. ABD için çalışan ve

Üretim verileri incelendiğinde konu biraz daha detaylandırılabilir; enerji sektöründe yenilenebilir enerji için çalışan 780000 kişi varken bunun sadece 104000'i yakıt (biyoenerji) tedariki ile ilgili çalışmaktadır. Diğer taraftan fosil yakıt kaynaklı elektrik üretiminde 1,1 milyon kişi çalışırken bunun 896000 kişilik kısmı yakıt tedariki bölümüne ayrılmıştır ve üretimde sadece 212000 kişi çalışmaktadır[13]. Buna ek olarak üretim miktarlarına baktığımızda ise fosil yakıtlar 2017 yılı üretiminde %62 paya sahipken yenilenebilir enerji teknolojilerinin payı %17 civarındadır[14]. Özetlenecek olursa yenilenebilir enerji teknolojilerini tercih etmek iş imkânlarını artıracığı gibi sağlığa zararlı ve tehlikeli olan maden çıkartma gibi yakıt tedarikinde çalışan kişilerin de daha güvenli ve sağlıklı çalışma ortamlarına kaydırılmalarını sağlayacaktır.

evre ve iş imkânlarına ek olarak incelenebilecek diğer bir konu ise her geçen gün ucuzlayan maliyetlerdir. Yenilenebilir enerji teknolojileri sürekli düşen seviyelendirilmiş maliyetlere sahip olmalarına rağmen hemen her ülkede elektrik piyasasında yer alabilmek için teşviklere ihtiyaç duymaktadırlar. Ancak teşviklere ihtiyaç duymaları maliyet anlamında rekabetçi olmadıkları anlamına gelmemektedir. Yenilenebilir enerji teknolojileri fosil yakıtlar için hazırlanmış fiziki iletim sistemlerinde yine kendisi de teşvik alan fosil yakıtlar ile rekabet etmektedir. 2015 yılında dünya genelinde fosil yakıtlara verilen teşvik miktarı 5,3 trilyon dolar yani küresel gayri safi yurtiçi hasılanın %6,5 kadar bir kısmıdır[15]. Tabi bu teşviklerin birden kaldırılması elektrik fiyatlarında ani yükselişe neden olacaktır ve doğrudan elektrik fiyatı ve dolaylı olarak düşen gerçek gelir ile fakir kesimi daha çok etkileyecektir[16]. Ayrıca yine yüksek fiyatlar kısa dönemli de olsa bazı endüstrilerin rekabet olanaklarını kısıtlayacaktır[17]. Fakat diğer bir gerçek ise kömür ve diğer fosil yakıtların maliyetleri gün geçtikçe daha da ucuzlamamaktadır. Biyoenerji dışında yakıt kullanmayan yenilenebilir enerji teknolojilerinde ise maliyetler her geçen gün daha da düşmektedir. Ayrıca unutulmamalıdır ki fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji teknolojilerine geçiş tamamlandığında maliyetlerin düşmesi sadece enerji sektöründe değil aynı zamanda gıda ve su sektörlerinde de maliyetleri düşürecektir. IRENA tarafından 2015 yılında yayınlanan bir rapora[18] göre su, enerji ve gıda arasında yakın bir ilişki bulunmakta;

tarımsal yiyecek üretim ve tedarik zinciri dünya enerji kullanımının %30'undan sorumlu iken tatlı su tüketiminin de %70'inden sorumlu olduğu belirtilmektedir. Aynı rapora göre enerji üretiminde kullanılan ve küresel kaynakların %15'i olan tatlı su miktarı azaltılarak ve enerji maliyetleri düşürülerek hem tarım için hem de kullanımı azalan su için fiyatlar olumlu yönde etkilenecektir.

Son olarak arz güvenliği incelediğinde ise, fosil yakıtlar çıkarılmaları ve naklieleri esnasında karmaşık ve maliyetli bir altyapıya ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte günümüz küresel yapısında fosil yakıtlar daima politikaya alet edilmektedir ve bu ya fiyat dalgalanmalarına ya da yeni tedarik noktası arayışlarına neden olabilmektedir. Diğer taraftan yenilenebilir enerji teknolojileri ihtiyaca noktasal çözüm sunduğu için ve yakıt ihtiyacı olmadığı için tedarik ve erişim konularında sorunla karşılaşmamaktadırlar ve doğru tasarlanmaları durumunda arz güvenliğine önemli destek vermektedirler. Bu nedenle enerji konusunda birçok ülke birincil kaynakların ithalatçısı durumunda olduğu için yenilenebilir enerji kaynakları bu ülkeler için bir çıkış noktası olmaktadır. Son olarak 2011'de yaşanan Fukushima nükleer faciası nedeniyle nükleer enerjiye olan güven azalmıştır ve bu olay yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini daha belirgin hale getirmiştir. Bunun ardından, Birleşmiş Milletler(BM) "Sustainable Energy for All"(Herkes İçin Sürdürülebilir Enerji) inisiyatifi başlatmış ve yenilenebilir enerji payını 2030 yılına kadar iki katına çıkarmak için küresel bir hedef koymuştur[19].

Yenilenebilir enerjiye olan ilginin çekim nedenleri incelenecek olursa karşımıza çeşitli alanlardan başlıklar çıkmaktadır.

2.1.1 Enerji Güvenliği

IEA tanımına göre; enerji güvenliği çevresel konuları ihmal etmeden enerjinin yeterli, güvenli ve düşük maliyetle sağlanabilmesi anlamını taşımaktadır. Konu ile ilgili daha güncel tanımlar ise uzun vadede de başarılı oldukları için sadece sürdürülebilir kaynakların kullanımı ile enerji güvenliğinin mümkün olduğunu savunmaktadır. Emre amadeli, maliyet ve sürdürülebilirlik enerji güvenliğinin üç yüzünü oluştururken, ülkelerin her bir yüze atfettikleri önem ekonomik gelişmişlikleri, doğal kaynak

miktarları ve yerel ve çevresel öncelikleri değişkenlerine göre farklılık göstermektedir[2].

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin enerji portföyü içerisindeki miktarını artırmak emre amadeliği çeşitlilik yoluyla artıracak gibi sistemi dağınık ve modüler yapısı sayesinde kesintilere karşı daha güvenli hale getirecektir. Ancak sisteme katılım oranları fazla arttığı zaman üretimdeki dalgalanmalar nedeniyle frekans ve diğer şebeke bileşenlerinde sorun arz etmeleri de söz konusudur.

Yenilenebilir enerji teknolojileri fosil yakıtlara olan ihtiyacı azalttıkları için ithalat faturalarını azaltarak iç-dış ödeme dengesinin iyileştirilmesine yardımcı olur veya enerji ihracatçısı ülkeler için potansiyel olarak ihraç miktarını artırır. Yerel tedarik imkânı, ekonomileri hem artan enerji fiyatları hem de kısa dönem fiyat dalgalanmaları risklerinden korur[20]. Ayrıca günümüzde dalgalı ve yükselen fiyatlar nedeniyle oluşan farklar tedarikçiler tarafından son tüketiciye aktarıldığı için tüketiciler de korunmuş olmaktadır. Birkaç çalışmayı birleştirerek Awerbuch ve Sauter [21] ABD ve AB için %10 petrol fiyatı artışı için yaklaşık %0,5 GSYİH kaybı hesaplamıştır.

Diğer taraftan enerji güvenliği tanımı uzun dönem stratejilerin sonuçlarını da içermelidir ve bu noktadan bakıldığı zaman mevcut yaklaşımlar iki nedenden dolayı sürdürülebilir kabul edilmemektedir; birincisi yaklaşımların aynı şekilde devam etmesi durumunda küresel ısınmanın kabul edilemez bir seviyeye geleceği gerçeği, ikincisi ise yeryüzündeki fosil yakıtların bir gün biteceği gerçeğidir[2].

2.1.2 CO₂ Salımı ve Çevresel Etkiler

CO₂ bakımından yapılan yaşam döngüsü değerlendirme çalışmalarına göre YE teknolojilerinin salım değerleri fosil yakıtlardan ciddi derecede düşük ve nükleer teknolojiler ile kıyaslanabilecek ölçüdedir[22]. Ülkeler bünyelerine kattıkları yenilenebilir enerji üretim santralleri ile enerji başına üretilen sera gazı emisyonlarını ciddi ölçüde düşürebilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2010 yılında yaptığı bir çalışmaya göre[23] atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunu 450 ppm ile sınırlayacak enerji dağılımı seçimi ile yenilenebilir enerjilerin olmadığı bir enerji portföyü arasında

2030 yılında 6070 Mt karbondioksit veya diğer bir deyiş ile %48 korunmuş bir emisyon salımı olacaktır.

2.1.3 Ekonomik Gelişim

Yenilenebilir enerji teknolojileri doğal ancak yenilenebilir kaynakların kullanımı yolu ile sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkıda bulunurlar. Ülkelerin sahip oldukları iyi kaynakları kullanmalarının yanı sıra biyoyakıtlar veya Afrika çöllerinden elde edilen güneş ve rüzgâr enerjisini Avrupa'ya satmayı amaçlayan DESERTEC projesinde olduğu gibi fazla enerjinin elektriğe çevrilip satılması gibi faydalar sağlayabilir[24].

Fosil yakıtlara harcanan para bu kaynaklar bakımından fakir olan birçok ülkenin ekonomik gelişiminde olumsuz rol oynar. Diğer yandan ilk bakışta yüksek kurulum maliyeti olan yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma seçenekleri uzun vadede beklenmedik bir dönüş sağlamaktadır. IEA[25] tarafından yapılan bir tahmine göre küresel olarak 2010 ve 2050 yılları arasında düşük karbon getirili sistemlere yapılacak olan 46 trilyon Amerikan dolarının harcanmayan fosil yakıtlar bakımından ekonomik dönüşü 112 trilyon USD olacaktır. Bu maddi dönüşü çevre ve küresel ısınma sorunlarına neden olan gazların ve bunların dolaylı olarak yarattıkları sağlık problemlerinin kârı dâhil değildir.

Son olarak, yeni iş olanaklarının yaratılması da birçok hükümet için ulaşılmak istenen bir hedeftir. 2017 yılında ABD Enerji Bakanlığı tarafından yayınlanan bir rapora[26] göre enerji sektöründe yaratılan iş imkânlarının %66'sı yenilenebilir teknolojiler tarafından sağlanırken bu rakamın %43'lük kısmı fotovoltaikler ve yoğunlaştırılmış güneş uygulamalarına aittir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre[27] küresel anlamda yenilenebilir enerji teknolojileri 9,8 milyon kişiye iş imkânı sağlamaktadır ve bu rakamda en büyük pay 3 milyon kişi ile güneş teknolojilerindedir. Aynı kaynaktan Türkiye verilerine baktığımızda ise yenilenebilir enerji endüstrisi 127588 kişiye istihdam sağlarken bu rakama en büyük katkı 52886 kişi ile rüzgâr kaleminden gelmektedir.

2.2 Yenilenebilir Enerji Türleri ve Teknolojileri

2.2.1 Güneş Enerjisi

Güneş yaşamın kaynağı olduğu gibi yenilenebilir enerjilerin de doğrudan ya da dolaylı olarak kaynağı konumundadır. Her ne kadar dünyaya gelen güneş ışınları tüm enerji ihtiyacımızı karşılamamıza yetecek kadar çok olsa da uygulamada ekonomik ve teknolojik nedenler yüzünden bundan faydalanmanın henüz uzağındayız.

Elektrik üretimi olarak baktığımız zaman güneş ışınlarından üretim yapmanın iki temel yöntemi bulunmaktadır[28]. İlki yarı iletkenler yardımı ile herhangi bir hareketli parça olmadan doğrudan ya da difüze ışınım ile elektrik üretebilen fotovoltaik sistemler diğeri ise sadece doğrudan ışınmaları termal olarak kullanarak hareketli parçalar ile elektrik üretebilen yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri veya solar termal sistemlerdir (CSP).

Günümüzde hemen her ülkede kurulu FV sistemleri bulunurken CSP sistemleri daha az uygulanmaktadır.

2.2.1.1 Fotovoltaik Sistemler

1839 yılında Fransız fizikçi Alexander E. Becquerel fotovoltaik etki denen, güneş ışınlarından gelen enerjiyi yarı iletkenler yardımıyla elektriğe çevirmeyi keşfetmesinin ardından geçen 100 yıldan fazla zamanda temel prensip aynı kalmış, sadece sistem ve malzemeler üzerinde optimizasyonlar yapılmıştır. Çalışma prensibi olarak FV'ler diğer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrılır. Üretim sisteminde hiçbir hareketli parça yoktur ve bu yüzden bakımları yağlama veya parça değişimi şeklinde değil temizlik şeklinde gerçekleştirilir.

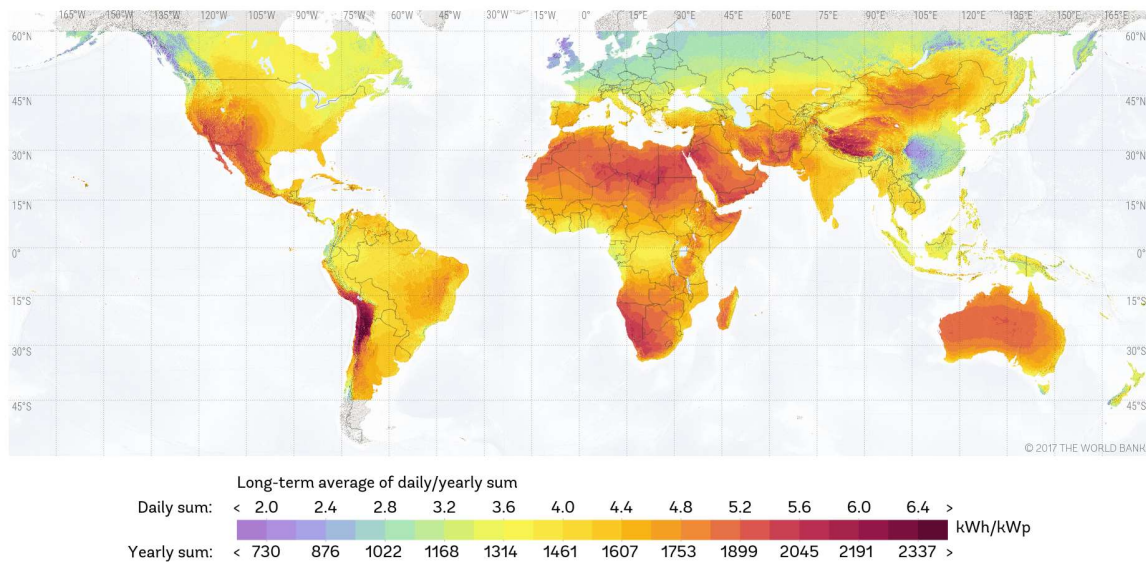
FV çeşitleri incelendiğinde ise; monokristal silikon, polikristal silikon ve ince film olmak üzere üç farklı tür ile karşılaşılır; monokristal silikon gözeler kendilerinden daha büyük ve yekpare olan silindir şeklindeki bir kristalden kesilerek elde edilirler. Süreç zahmetli ve pahalı olduğu için diğerler türlerden daha maliyetlidirler ancak daha verimlidirler. Günümüzde yüksek verimli ticari monokristal solar panellerin verimi %17-21 arasında

gözlenmektedir. Bu paneller sadece verimli olmakla kalmayıp aynı zamanda panellerin en uzun ömürlüleridir[29].

Polikristal silikon gözeler ise eritilip birleştirilen silikonların oluşturdukları külçenin kesilmesi ile elde edilirler. Üretim yöntemleri görece basit olduğu için monokristallere göre daha ucuzdurlar ancak verim açısından da daha geridedirler. Verimlilikleri %14-16 civarında ölçülmektedir[29].

İnce film gözeleri ise kadmiyum tellür (CdTe), bakır indiyum diselenid (CIS) gibi daha farklı malzemelerden üretilirler ve üretim süreçleri diğer iki yöneme göre daha da ucuzdur. Verimlilikleri %13-15 civarında olmakla birlikte ısıya karşı toleransları daha da yüksektir[29].

Dünyanın hemen her ülkesinde kullanılmakta olan FV sistemleri güneşten elektrik üretimi için baskın teknolojidir ve şebeke bağlantısının olmadığı noktalarda çoktan rekabetçi fiyatlara gelmiş, şebeke bağlantılı uygulamalarda ise rekabet edebilmesine az kalmıştır. 2010 – 2017 yılları arasında seviyelendirilmiş elektrik maliyeti %73 azalmıştır ve USD 0,36/kWh seviyesinden USD 0,10/kWh seviyesine düşmüştür[30]. Şekil 2’de verilen haritadan da görülebileceği üzere dünya üzerinde geniş bir coğrafyada FV sistemleri yardımı ile elektrik üretimi mümkündür[31].

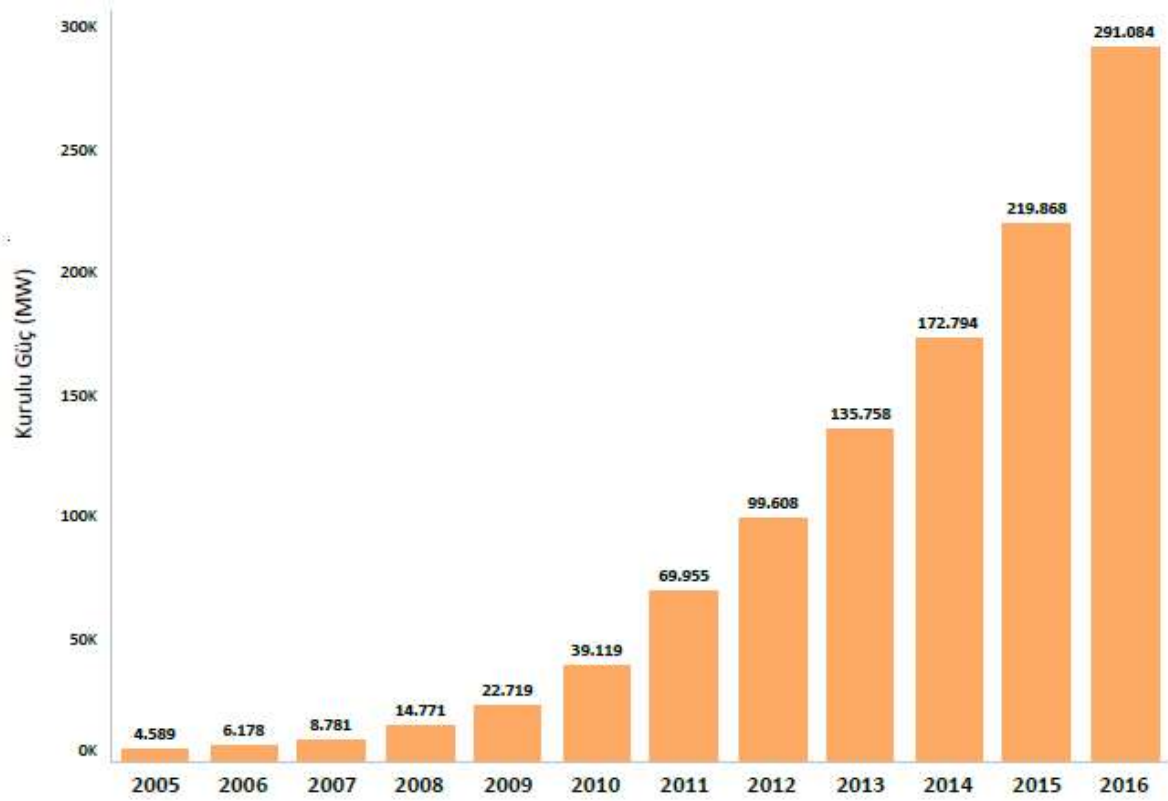


Şekil 2 Dünya FV potansiyeli haritası[31]

Dünya genelinde FV sistemleri 2017 yılının sonunda yaklaşık 385 GW'lık bir kurulu güce yaklaşırken bunun 1918 MW'ı şebekeden bağımsız sistemler tarafından kullanılmaktadır ve şebekeye bağlı kapasitenin yıllara göre gelişimi Şekil 3'de gösterilmektedir[27]. Dalgalanmalar yaşanmakla birlikte her yıl 110 milyar dolardan fazla yatırım yapılan sektör panel fiyatlarının da sadece 2010 – 2015 yılları arasında %75 kadar düşmesi ile kapasite artışı 2014 yılından beri gözlenmektedir.

Fiyatlandırma bakımından incelendiğinde proje fiyatlandırması bölge, yerel piyasa elektrik fiyatları, teşvikler ile indirimler ve rekabet ortamından çok fazla etkilenmektedir[32]. Bu değişkenleri bir ülke için incelediğimizde ise kullanılacak her kısıtlamayı karşılayacak ekipman ve ürünlerin çok da geniş olmayan bir aralıkta oldukları görülecektir. Yani bölgesel koşullarına göre belli güneşlenme saati ve sıcaklık altında çalışacak, teşvikler ve piyasa ile şebeke tüketimine karşı daha cazip bir alternatif sunabilmek adına belli bir maliyete kadar kabul edilebilir, rekabet nedeniyle optimize edilmiş derken tüm bu koşullara cevap veren belli bir küme olduğu görülecektir. Bu dar kümede benzer ekipmanlar yer alacaktır ve benzer ekipmanlar kendi aralarında düşük maliyet için rekabet yaratacağından[33], geniş kapsamlı teşviklerin fiyatların düşmesinde etkin olduğu görülebilir.

Yenilenebilir Enerji Trendleri (Kurulu Güç)



Şekil 3 FV için Yıllara Göre Kapasite Miktarının Değişimi[27]

Son dört yıldır Asya piyasaları diğer tüm piyasaları gölgede bırakmaktadır ve küresel çapta gerçekleşen yeni kurulumların üçte ikisinden bu pazarların sağladığı ürünler ile yapılmıştır[34]. Yine 2017'de ilk beş piyasa yani Çin, Hindistan, ABD, Japonya ve Birleşik Krallık piyasaları küresel kapasite artışının %85'lik kısmını gerçekleştirmişlerdir. Ancak 2016 yılındaki büyümeye rağmen, üretim tesislerinin artması, piyasa taleplerinin ve verilen teşviklerin düşmesi nedeniyle 2017 yılında modül fiyatları neredeyse dibe vurmuştur[35]. Ortalama modül fiyatları tahmini %29 düşerek USD 0,41/W seviyesine geriledi. Üretimde sekiz yıldır lider olan Çin %65'lik pazar payı ile yine lider konumda iken Avrupa'nın payı düşerek %5 seviyelerine indi ve ABD yine %2 civarında paya sahip olarak kaldı. Çinli büyük üreticilerin güneydoğu Asya'da yeni modül montaj fabrikaları kurarak hem ölçek ekonomisi yardımıyla

kapasite artırıp maliyet azaltmayı hem de ABD ve AB ile devam eden ithalat kotalarının ve diğer ticari anlaşmazlıkların üstesinden gelmeyi hedefledikleri belirtilmektedir[36]. Diğer taraftan her ne kadar Avrupa'da yeni tesisler açılmış olsa da toplam üretim kapasitesi 6,9GW'dan 6,7GW'a düşmüştür ve toplam üretimi kendi içinde yine %16 azalarak yaklaşık 2,7 GW olmuştur[37]. Tüm dünyada FV fiyatları düşerken sadece Çinlilerin piyasa paylarını artırması dikkat çekicidir ve bunun için FV panel üretim endüstrisi için uygulanan minimum standart uygulamaları ve yurtdışındaki FV üreticilerinin daha ucuz üretim için tesislerini Çin'e taşımaları etkili olsa da asıl neden daha farklıdır. SolarPower Europe kurumunun yayınladığı bir rapora[38] göre Çin'in her yıl kapasite artışında %100 mertebelerini geçmesinin nedeni ülkenin uyguladığı teşviklerde bir kapasite üst sınırının olmayışdır. Bu nedenle yerel şirketler ileride gerçekleşecek teşvik azaltmaları öncesinde olabildiğince mal satmaya çalışıyorlar diğer bir deyişle üretim maliyetleri zaten düşük olan Çinli üreticiler kendi aralarında yerel pazar için sıkı bir rekabette olduklarından fiyat indirimleri yüzdesel anlamda diğer tüm ülkelerden daha fazla oluyor. Buna ek olarak Çin, FV endüstri için stratejisini çok daha önceden belirlemiş ve bunu farklı açılardan da desteklemiştir. Zhao ve arkadaşlarına [39] göre endüstrideki bu gelişimi etkileyen ana faktörler teknoloji, endüstriyel planlama, yasalar, fiyatlar ve teşvik politikalarıdır. Farklı çalışmalar [40]–[42] ise finansal yardım, bilimsel destek ve piyasada talep olmasını gelecek dönemdeki gelişme için çok önemli olduğunu savunmaktadır. Bu da Çin örneği için göstermektedir ki teşvikler fiyatları düşürmekle kalmıyor uluslararası rekabet için de itici güç olabiliyorlar.

2.2.1.2 Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Sistemleri

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemleri veya diğer adıyla yoğunlaştırılmış güneş gücü, gelen güneş ışınlarını takip sistemi bulunan aynalar veya mercekler yardımıyla geniş alandan toplayıp daha dar bir alandaki alıcıya iletirler. Alıcıda toplanan ısı, sistem içerisindeki akışkanı harekete geçirerek bir türbini veya ısı motorunu elektrik üretimi için harekete geçirir[43]. Ticari sistemleri genellikle 4 ana başlık altında toplanır: parabolik oluklu, doğrusal Fresnel, güneş/güç kuleleri ve çanak

sistemler ancak bunlardan ticari anlamda baskın olanları sadece parabolik oluklu sistemler ve güneş kuleleridir.

Parabolik oluklu sistemlerde parabolik yapıdaki uzunlamasına bir ayna sistemi ve bunun odak noktasında bulunan alıcı tüpünden oluşur. Yansıtıcı yüzeyler gün boyunca güneşi tek eksenle takip eder. Toplanan ısı genellikle ergimiş tuz olarak seçilen akışkana aktarılır, bu sayede tuz 150-350°C derece arasında bir sıcaklığa ulaşır ve elektrik üretimi için ısı kaynağı olarak kullanılır[44]. Sadece ABD'nin California eyaletinde 1355 MW'lık kurulu güç bulunurken buradaki tesislerden biri olan Blythe güç santrali 485 MW kapasitesindedir[45] 2014 yılında bu sistemlerin kurulum maliyetleri yaklaşık USD 6000/kW civarında gözlenmiştir[46].

Güneş kuleleri ise bir alan üzerinde yerleştirilmiş çift eksen takip sistemli heliostatların alana gelen enerjiyi toplayarak bir kulenin üzerindeki alıcıya yansıtma şeklindeki sistemlerdir. Yine akışkan olarak genellikle ergimiş tuz kullanılır ancak bu defa ulaşılan sıcaklıklar 500°-1000°C mertebelerindedir. Isı aktarılmış tuz sistemde ısı kaynağı olarak kullanılır ve elektrik üretilir[44]. ABD California'da 2014 yılında devreye alınan 392 MW kapasiteli Ivanpah Solar Elektrik Üretim Sistemi kule uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir[45].

Doğrusal Fresnel sistemlerde zemin üzerinde tek eksenli bir izleyici üzerine yerleştirilmiş düz veya hafif kavisli aynalar topladıkları enerjiyi üstlerinde asılı bulunan toplayıcı tüplere iletirler. Bazılarında verimliliği artırmak için tüp üzerinde bir ayna sistemi daha bulunabilir. Çin ve diğer birkaç ülke içerisinde 50MW kurulu güçteki uygulamaları vardır.

Çanak sistemler ise iki eksenli takip mekanizması ile odak noktasında bir alıcı bulunan çanak şeklindeki yansıtıcı yüzeyin güneşi takip etmesi mantığına dayalıdır. Her biri bağımsız elemanlardan oluşan bu sistemlerde akışkan sıcaklığı 250 – 700 °C arasında değişebilmektedir ve bir stirling motoru ile elektrik üretilir. Sistem elemanları ile %31 – 34 arasında verim elde etmek mümkündür[44].

Parabolik oluk ve kule sistemlerinde seviyelendirilmiş elektrik maliyetleri birçok faktöre göre değişse de 2015 yılında bu parabolik sistemler için USD 160/MWh arasında iken

bu rakamın 2025 yılında USD 138/MWh seviyesine düşmesi öngörülmektedir. Kule tipi santrallerde ise rakam 2015 yılında USD 161/MWh iken 2025 için öngörü USD 91,3/MWh civarındadır[47].

2.2.1.3 Güneş Enerjisi ve Çevre

Güneş enerjisinin sera gazlarının emisyonunu azaltmak, çorak arazilerde stabilizasyonu sağlamak, enerji bağımsızlığını artırmak, iş olanakları yaratmak, kırsal alanlarda elektrifikasyonu hızlandırmak ve gelişmekte olan ülkelerde hayat kalitesini artırmak gibi birden fazla pozitif yönü vardır ve bu yüzden farklı coğrafyalarda da çok çekicidir[48][49]. İnsan için temiz ve sürdürülebilir enerji paradigması olarak güneş enerjisinin çevreye etkileri 1970'li yıllardan beri tartışılmaktadır. Örneğin Lovins kaynakların ilk ve son halleri arasındaki işlemler boyunca kalıntıları ve faydalarını göz önünde bulundurarak iyi huyludan zararlıya sıralayacak bir çerçeve sağlamıştır[50]. Daha güncel çalışmalar ise güneş enerjisi ve çevre arasındaki etkileşimi biyolojik çeşitlilik, su kullanımı ve tüketimi, toprak ile etkileşim, insan sağlığı ve hava kalitesi ve arazi kullanımı başlıklarında ele almaktadır. Aşağıda 1MW ve üzeri kurulu kapasiteye sahip üretim tesislerinin bu başlıklardaki incelemelerinden bahsedilmiştir.

Biyolojik çeşitlilik konusundan etkileri inceleyecek olursak özellikle mevcut yapılara entegre edilmiş olan çatı FV uygulamaları gibi sistemlerin biyolojik çeşitlilik üzerinde ihmal edilebilecek kadar az etkilerinin olduğunu gösterilmektedir[50]. Diğer üretim tesislerinde ise durum daha farklıdır. Bu tesisler kurulurken bitki örtüsünün az olduğu çorak alanların seçilmesi biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini görece azaltacaktır ve böylece hem yenilenebilir enerji üretimi hem de çevrenin korunması hedeflerine ulaşılabilir[51]. Bunun mümkün olmadığı durumlarda üretim tesisinin yapılacağı bölgedeki yerel kilit türler toplanıp korunan bölgelere taşınabilir[52]. Düşük başarıya sahip bu taşıma programları (örn. <20%;[53]) başka imkânların olmadığı durumlarda son çare olarak kabul edilebiliyor[54]. Bu ve tel örgü çekmek gibi kurulum sonrası alınan önlemler pahalı, genellikle sadece bir türü örnek alıyor ve onda da fayda sağlayacağının garantisi olmuyor[55]. Buna ek olarak kuşlar gibi bazı türlerin hem yeri

değiştirilemiyor hem de santrallerin bazı özelliklerinin bu türleri çekme ihtimali bulunuyor. McCrary[56] güneş santrallerine bağlı ölüm oranlarının diğer insan kaynaklı nedenlere oranla düşük olduğunu bulmuştur. Zemindeki örselenmeler ve yollar ölüm oranlarını artırabilmekte veya yol görevi görerek egzotik istilalar ile yerel türlerin tamamen yok olmalarına neden olabilmektedir[57][58]. Doğrudan nedenlerin dışında tesislerin işletmesinde kullanılan zararlı kimyasallar (toz engelleyiciler, pas inhibitörleri vs.) uzun vadede yerel ve bölgesel biyolojik çeşitlilik üzerinde etkili olabilmektedir[59].

Üretimlerin su ile olan ilişkilerine bakıldığında ise enerji ve suyun birbirine bağımlı olduğunu görülmektedir[60]. FV sistemlerinin su tüketim oranları düşüktür ($0,02 \text{ m}^3/\text{MWh}$), su panel temizliğinde ve toz problemi olan bölgelerde toz ile mücadelede kullanılır[61]. Günümüzde panellerin veya aynaların su ile yıkanması en yaygın uygulamadır. Her ne kadar elektrostatik temizlik gibi uygulamalar da mevcut olsa da henüz maliyet açısından makul durumda değiller ve kimyasal temizlik gibi geleneksel yöntemlerin de çevre üzerindeki etkileri henüz tam olarak anlaşılabilmiş değildir[62]. CSP sistemlerde ise su kullanımı kuru, ıslak veya hibrit soğutma sistemlerinden hangisinin kullanıldığı ile ilişkilidir. Özellikle ıslak kurutma sistemlerinde çok fazla su tüketmektedir ($3,07 \text{ m}^3/\text{MWh}$), bu miktar kömür ve doğalgazın toplam kullandığından daha fazladır. Kuru soğutma sistemlerinde bu tüketim %90-95 oranlarında düşmekte ve su yoksulu bölgelerde uygulamalar için hayati önem taşımaktadır. Ancak geçmişten beri düşük verimlilikleri ve yüksek ilk yatırım maliyetleri nedeniyle kuru soğutma sistemlerini ekonomik açıdan son tercih oluyorlar[63]. Ancak yapılan bir araştırmada kuru sistem yatırım maliyetlerinin 20 yıllık bir zaman zarfında su tasarrufu nedeniyle %87-227¹ arasında geri döndüğü ileri sürülmüştür[64].

Çorak topraklarda CSP kullanımı daha yaygındır ve aynı zamanda bu bölgelerde rüzgâr nedeniyle kum ve toz taşınması da daha çok görülmektedir[65]. Güneş enerjisi santralleri bitki örtüsünün kaldırılması, kademelendirme ve şekillendirme, sıkıştırma

¹ Yapılan teknoloji değişikliği nedeniyle yatırımın 20 yıllık süre içerisinde maliyetinden fazla getiri sağlaması nedeniyle rakam %100'den büyük.

ve ulaşım yollarının yapılması gibi zeminde büyük değişikliğe ihtiyaç duyarlar ve bu değişiklikler rüzgâr ve su nedeniyle kaybedilen toprak miktarını artırır. Li ve arkadaşları, yarı kurak bir sistemde bitki örtüsünün kaldırılmasının ardından zeminin ilk 5 cm'lik kısmında toplam organik karbon ve nitrojen miktarlarında %25'lik bir kayıp olduğunu kaydetmiştir[66]. Erozyon kaynaklı eksiklikler biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve bitki örtüsünün geri kazanımında zorluklara neden olmaktadır[67].

İnsanların bu tesisler ile bilinçli ve düzenli ilişkileri olduğunu düşünüldüğü zaman konuya yaklaşım her zaman önleyici olmalıdır. FV gözeleri devreden alınma fazına geldiklerinde içerdikleri kadmiyum, arsenik ve silika tozu gibi doğaya zararlı malzemeler nedeniyle geri dönüşüme sokulmalıdır[68]. Ayrıca malzemelerde meydana gelecek bir kimyasal sızıntı ile toz önleyiciler, soğutma sıvıları ve ısı aktarım sıvıları gibi malzemeler zemin suyunu ve derin su rezervlerini kirletebilirler[55]. Çatıya monte veya zemin üzerine kurulmuş üretim tesislerindeki fosfin, diboran ve kadmiyum gibi yangın tehlikesi arz eden malzemeler de çevresel etkilerin önüne geçilmesi için ek çaba gerektirmektedirler[69].

Üretim tesislerinin sıcaklık ve karbondioksit ile olan ilişkisine bakıldığında; FV panellerinin efektif albedo (ortalama 0,18 – 0,23) yansıtma ve dönüştürme verimlerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır[70]. Yapılan bir çalışmada bölgesel model kullanarak Kaliforniya eyaletinde bulunan Mojave Çölü'nde 1 TW kurula güce sahip bir santralin (%11 verimli) kurulması çöl yüzeyindeki albedoyu düşüreceği ve bunun neticesinde sıcaklığı 0,4°C artıracak gösterilmiştir[71]. Bu canlı çeşitliliğinin çok fazla olmadığı bazı bölgelerde sorun teşkil etmese de çevreye hassas ekosistemlerde türlerin yok olmasına neden olabilir.

Son olarak karbon yoğun enerji kaynaklarını güneş enerjisi ile değiştirmek sera gazı salımlarını doğrudan azaltacağı için iklim ile mücadelede çok önemli bir potansiyele sahiptir. Zhai ve arkadaşları[72] ABD içerisinde şebekenin %10'u FV üretimi olsaydı CO₂ salımlarında %6,5 – 18,8 arasında bir azalma olacağını hesaplamıştır. Yeni yapılan bir dizi çalışma farklı güneş teknolojilerinin yaşam döngüsü analizlerini çıkartmış ve üretilmeleri için gerekli hammaddelerin çıkarılmasından geri dönüşüm ve

hurda olarak parçalanması süresine kadar harcanan CO₂ miktarlarını hesaplamışlardır. Bu değerlerin fosil yakıtlar ile karşılaştırması Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2 Kaynaklar ve Yaşam Döngüsünde Kullandıkları CO₂ [52]

Geleneksel Sistemler		Yenilenebilir Sistemler	
Sistem	g-CO ₂ /kWh	Sistem	g-CO ₂ /kWh
Kömür	975	CSP	
Gaz	608	Parabolik Oluk	26
Petrol	742	Kule	38
Nükleer	24	FV	
		Kristal Silikon	45
		İnce Film Amorf Silikon	21
		İnce Film Kadmiyum Tellür	14
		Bakır İndiyum Galyum Diselenit	27

2.2.2 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi kullanımı eski çağlara kadar gitse de modern ekipmanlar ile güç ve elektrik üretimi 1980'li yıllarda başlamaktadır[73]. Archer ve Jacobson'a göre dünya üzerinde sadece 9 m/s ve üstünde hızı ve 80m yüksekliği olan noktalardan rüzgâr enerjisi toplansa dünya elektrik ihtiyacının yedi katı kadar elektrik elde edilebilir[74]. Olgunlaşmış olan su gücü teknolojilerini yani barajları ve nehir regülatörlerini saymadığımız zaman rüzgâr enerjisi dünya üzerinde en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Dünya genelinde 2015 yılında 124,2, 2016 yılında ise %9 kadar bir düşüş ile 112,5 milyar dolar rüzgâr enerjisine yatırım yapılmıştır. Her ne kadar 2010

yılından beri güneş enerjisine yapılan yatırımlar daha fazla olsa da dalgalı yatırım yapısına rağmen rüzgâr enerjisi kapasitesi çok daha fazladır[75]. 2007 yılında 91.657 MW olan kurulu güç 2017 sonunda 513939 MW mertebesine ulaşmıştır. Dünya üzerinde kurulu güç bakımından 164060 MW ile birinci sırada yer alan Çin, 87543 MW kurulu güce sahip en yakın rakibi olan ABD'nin neredeyse iki katı kapasiteye sahiptir ancak kapasite faktörünün etkisi nedeniyle bugün ABD'nin rüzgârdan ürettiği elektrik Çin'in ürettiğinden fazladır[27].

Saha karakteristiğine ve boyutlara bağlı olarak genellikle karadaki rüzgâr santrallerinin yatırım masraflarının %65-80 civarındaki bir kısmı türbinlerden oluşmaktadır. Dengeleyici sistemler gibi diğer kısımların maliyetleri de ülkeye, bağlanma koşullarına ve inşaat ve öncesi dönemlerden etkilenmektedir. Toplam sistem maliyeti önemli bir değişken olarak kalırken ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti (WACC) ve kapasite faktörü farklı bölgelerdeki üretim maliyet farklarını anlamak için esas unsurlardır. Aynı miktardaki yatırım maliyeti ve kapasite faktörleri için WACC'de %2'lik bir artış üretim maliyetlerine %11-15 arasında bir artışa neden olmaktadır[76].

Karada en düşük üretim maliyetleri ucuz finansmanın ve bol rüzgâr kaynağının beraber bulunduğu ülkelerde gerçekleşmektedir. Bu bağlamda en düşük seviyelendirilmiş elektrik maliyetlerinin ABD ve Brezilya'da bulunan ve kapasite faktörünün %45'leri bile geçebildiği alanlarda, düşük finansman maliyeti ile yapılmış olan projelerde olduğu tahmin edilmektedir. Ortalama değerlere baktığımızda ise EIA karada bulunan santraller için seviyelendirilmiş elektrik maliyetini USD 70-110/MWh arasında verirken Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) USD 61/MWh olarak vermektedir[76][77].

2.2.3 Bioenerji

Bioenerji, biokütleden yani bünyesinde organik madde bulunan malzemelerin kullanılması elde edilen bir enerjidir. Biokütle, odun, tarım atığı, yaşayan veya ölü dokular gibi içerisinde herhangi bir organik yapı barındıran malzemeden elde edilebilir. Ayrıca elde edilme sürecinde algler veya bakteriler gibi oksijenli veya oksijensiz solunum yapan canlılarda kimyasal çözünme aşamalarında rol oynayabilirler[78].

Elektrik üretiminde henüz çok öne çıkmasa da nihai enerji tüketiminde önemli bir yere sahiptir. Dünya Bioenerji Derneği verilerine göre 2014 yılında tüm enerji kaynakları arasında %14,1'lik, yenilenebilir enerji kaynakları arasında ise %73 paya sahiptir ve bunun kendi içerisindeki kırılımı ise %47 doğrudan ısı, %30 ulaşım, %20 elektrik ve %3 türetilmiş ısı şeklindedir[79].

Elektrik üretiminde bioenerji santralleri diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak baz yük santrali olarak görev alabilmektedir ve hatta hem üretimde kullanılan hammadde hem de aerobik veya anaerobik süreçler sonrasında elde edilen biyolojik mahsul taşınabilir ve depolanabilir olduğundan ulaştırma gibi alanlarda da kullanılabilir. Organik yapıdaki maddeleri kaynak olarak kullandıkları için tarlalarda hasat sonrası kalan veya çiftliklerde biriken hayvan gübreleri gibi atıkların bertarafı için kullanılabilir. Sıfır bioenerji üretim tesislerine hammadde kaynağı sağlayabilmek için ekilen ürünler de vardır.

2017 yılında dünya üzerindeki bioenerji santrallerinin toplam kurulu 109.213 MW idi. Bunun 89991 MW'ı katı biokütle, 16915 MW'ı biogaz ve 2306 MW'ı sıvı biyoyakıt kaynaklarından oluşmaktadır. Kurulu gücün 14583 MW'ı Brezilya sınırları içerisinde yer alırken ABD'de 13150 MW, Çin'de ise 11365 MW kapasite mevcuttu[27].

Dünya genelinde yatırım olarak bioenerji 2007 yılında 23 milyar dolarlık yatırım ile altın yılını yaşamış sonrasında ise dalgalı olan yatırım trendi genel olarak aşağı yönde seyretmiştir. 2011 yılından beri sürekli olarak düşen yatırım miktarı 2015 – 2016 yıllarında 6,7 milyar dolar ile yatay bir seyir izlemiştir[80].

Elektrik üretimi bakımından ele alındığı zaman bioenerji santralleri için seviyelendirilmiş elektrik maliyeti ve yatırım maliyetleri teknolojilere ve hammadde tedarikine göre çok büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin biogaz santrallerinin seviyelendirilmiş elektrik maliyeti Çin veya Tayland için USD 50/MWh mertebelerine kadar inebilirken bu rakam dünyanın diğer bölgelerinde USD 190/MWh seviyesine kadar çıkabilmektedir[76]. Güneydoğu Avrupa bölgesinde bioenerji santrallerinin kurulum maliyetleri ise çöp gazı santrallerinde EUR 1935/kW iken bioatık yakma tesislerinde EUR 6732/kW seviyesindedir[81].

2.2.4 Jeotermal Enerji

Jeotermal kaynaklar genellikle ısı akışının diğer bölgelere göre fazla olduğu, geçirimli kayaların aralarında birikmiş derinlerdeki su rezervuarlarında bulunurlar. Yüksek potansiyele sahip kaynaklar yoğun olarak tektonik plakaların aralarında bulunurlar ve buralarda jeotermal aktiviteler genellikle dışarıdan gözle görülebilir. Bu aktiviteler sıcak kaynak suları, buhar bacaları, gayzerler ve fümeroller şeklinde gözlenebilir[82].

Jeotermal güç üretim santralleri diğer yenilenebilir enerji üretim santrallerinden farklı olarak hava durumundan fazla etkilenmezler ve rezervuarları sürdürülebilir bir yaklaşımla kullanıldıklarında kesintisiz ve yıllar boyu baz yük santrali olarak hizmet verebilirler. Buna ek olarak her ne kadar dünya üzerinde belli bölgelerde bulunsalar da teknolojileri çok eski ve bilindik olduğu için genel anlamda kullanımları çok kolaydır[83]. İlk jeotermal güç üretim santrali 1904 yılında İtalya Larderello'da kurulmuştur ve o günden bugüne dünya genelinde kapasite artışı devam etmiştir. 1978 yılında Muffler ve Cataldi gelecekte jeotermal kaynakların diğer elektrik üretim sistemleri ile rekabet edebileceklerini öngörmüşlerdi[84]. Bugün kullanılan sistem ve rezervuara göre bazı üretim santralleri hiçbir destek almadan da rekabetçi fiyatlarda üretim yapabilirken düşük entalpili kaynaklar hala üretimde kalabilmek için farklı miktarlarda teşviklere ihtiyaç duymaktadırlar. 2017 yılında dünyadaki kurulu güç 12894 MW olarak hesaplanmıştır ve ABD 2487 MW ile birinci sırada yer alırken 1063 MW ile Türkiye 4. sıradadır[27]. Bununla birlikte 710 MW kapasite ile sekizinci sırada yer alan İzlanda yıllık elektrik ihtiyacının %27'sini bu kaynaktan sağlamakta ve kişi başına kurulum kapasitesi olarak da dünya lideri konumundadır[85][86].

Günümüzde yürütülen jeotermal projelerinin kurulum maliyetleri USD 2000 – 5000 / kW olarak değişmektedir. Üretim ve re-enjeksiyon için kullanılacak olan kuyu sondajlarının başarı oranı %60-90 arasında değiştiği için maliyetlere de belirsizlik katmaktadır[87]. Yeni nesil santrallerin kapasite faktörleri %60-85 arasında değişmekle beraber bazıları %85 seviyesinin de üstüne çıkabilmektedir. Seviyelendirilmiş elektrik maliyetleri ise özellikle 2014 ve sonrasında yapılan

santraller için USD 0,05/kWh ile USD 0,13 /kWh arasında değişmekle beraber yeni santrallerde bu rakamların daha da aşağıya inmesi beklenmektedir[30].

IEA öngörüsüne göre 2050 yılında jeotermal enerjiden üretilecek olan 1400 TWh elektrik enerjisi dünyadaki toplam üretimin %3,5 kadarlık bir kısmına eş olacak[88].

2.2.5 Hidrolik Enerji

Dünya üzerinde kullanılan en eski yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmakla beraber hidrolik enerjinin elektrik üretimindeki yeri de o kadar eskidir ki olgunluk bakımından diğer teknolojilerin çok daha önündedir. Hidrolik enerji genellikle doğal veya insan yapımı su rezervuarlarının ve nehirlerin üzerinde kurulan tesisler ile birlikte suyun kinetik enerjisinden elektrik üretilmesi şeklindedir. Barajlar doğal alanları su altında bırakarak, nehir regülatörleri ise suyu hem kapalı borulara alarak hem de doğal akış yolundan ayırarak olumsuz çevresel etkilere neden olabilmektedir. Bunlara ek olarak hemen her yenilenebilir enerji kaynağı için gelecekte üretimlerin artması öngörülürken, hidrolik kaynaklar küresel ısınma nedeniyle azalacakları için Türkiye gibi ticari potansiyelini doldurmak üzere olan ülkelerde azalma beklenmektedir.

2017 yılında dünya üzerindeki kurulu güç 1151900 MW civarındaydı. 2017 yılında önceki yıla göre sadece 20 GW'lık bir kapasite artışı olması ve 2013 yılından beri dünya genelindeki kapasite artışının giderek azalması hidrolik enerji için doygunluğa yaklaşıldığı şeklinde yorumlanabilir fakat dünya yıllık elektrik üretimindeki payı da diğer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının toplamından daha fazladır[27]. Kurulu güç konusunda 319530 MW ile Çin tüm dünyayı geride bırakırken hem kapasite hem de üretim miktarı konusunda sonraki üç takipçisi olan ABD, Brezilya ve Kanada'nın toplamlarından daha yüksek rakamlara ulaşmaktadır[89]. 2015 yılında 10 MW ve üzeri kapasitedeki yani büyük ölçekli yeni santraller için yatırım rakamları USD 1300 - 2500/kW aralığında, küçük ölçeklilerde ise USD 2030 - 3500/kW aralığında gözlenmiştir[89].

Hidrogüç kendini kanıtlamış, olgun teknolojisi ve tahmin edilebilir üretim karakteristiği nedeniyle kullanılmaya başlandığından beri düşük maliyetli bir üretim kaynağı olmuştur. Geniş yatırım aralığı teknolojiye ziyade saha değişkenlerine ve koşullara

göre belirlenmektedir. IRENA Yenilenebilir Enerji Veri Bankası bilgilerine göre ağırlıklı ortalamaları alınan seviyelendirilmiş elektrik maliyeti bilgisinde USD 0,04/kWh ile Brezilya en düşük maliyetleri yakalarken, Avrupa'da USD 0,11/kWh en yüksek maliyetler gözlenmektedir[46].

2.2.6 Okyanus Enerjisi

Okyanus enerjisi, deniz veya okyanuslardan dalga, akıntı, gelgit, gelgite bağlı su seviyesi değişimi, tuzluluk veya sıcaklık farkları gibi olaylardan ve durumlardan faydalanarak enerji üretmektir ve buna deniz üzerinde kurulu güneş veya rüzgâr tarlaları gibi üretim sistemleri dâhil değildir. 2017 sonunda dünya üzerinde okyanus enerjisi için toplam kurulu güç 529,1 MW idi ancak bunun %90'dan fazlası iki adet gelgit barajı tesisine aitti. Bunlar Güney Kore'de bulunan ve 2011 yılında yapımı tamamlanan 254 MW kurulu gücü olan Sihwa üretim tesisi ile Fransa'ya ait 1966 yılında tamamlanan ve 240 MW kapasiteye sahip La Rance gelgit üretim tesisleridir[90].

Bilgi birikimi ve kendini ispatlamış uygulamalar konusunda sıkıntı çeken okyanus enerjisi için dünya genelinde yıllık yatırım miktarı 2008 yılından beri 200 – 300 milyon dolar mertebelerindedir. Özellikle 2013 – 2015 yılları arasında dalga teknolojisi üzerinde çalışan bazı önde gelen firmalar sektörden çıkmış, kalanları ise yeni yatırımlar için finansman sağlamakta zorlanmışlardır[75]. Henüz tanıtım çağında olan okyanus teknolojileri devlet destekleri ile gerçekleştiriliyor olsa da geliştirilen yeni projelerde MW mertebeleri aşılmış durumdadır.

Dalga enerjisi için seviyelendirilmiş enerji maliyeti USD 500/MWh seviyelerinde iken bu rakam gelgit enerjisi için USD 440/MWh civarındadır[29]. Bu rakamın karadaki bir rüzgâr santralinde USD 83/MWh veya büyük bir hidroelektrik tesisinde USD 70/MWh seviyelerinde olduğu göz önünde bulundurulunca okyanus teknolojilerinin henüz değil piyasa rekabeti, diğer yenilenebilir enerji teknolojileri ile bile rekabetten ne kadar uzak oldukları görülmektedir.

2.3 Enerji Depolama

Dünya üzerinde gittikçe artan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bu kaynakların özelliklerinden kaynaklanan sorunlara da yol açmaktadır. Bu kaynaklardan sağlanan arz özellikle güneş ve rüzgâr gibi doğrudan çevrimli kaynaklarda talepten bağımsızdır ancak fiziki şebekede anlık olarak arz talep dengesinin kurulması gerekmektedir. Özellikle elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını ciddi miktarda artırmayı hedefleyen ülkelerde, merkezi ve fosil yakıtlı üretime uyacak şekilde kurulmuş olan şebekelerde bu sorun ile baş etmek için çareler düşünülmesi ve şebekenin yeni portföye uyumlu olacak şekilde değiştirilmesi gerekmektedir ve bunu sağlamanın en makul yolu depolama sistemleridir. Uzmanların depolama ile ilgili görüşleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir[91];

- Yenilenebilir enerji teknolojilerinin yüksek katılımı olan elektrik arzlarında depolama teknolojileri merkezde ve anahtar önemde olacaktır,
- Birden fazla teknolojiye ihtiyaç vardır, her soruna uygun tek çözüm yoktur,
- Hangi depolama teknolojisinin piyasada baskın hale geleceği sorusu hala cevapsızdır,
- Depolama teknolojilerinde Ar&Ge hayati önem taşımaktadır,
- Depolama teknolojilerinin gelişimi ile enerji piyasasına bakış tamamen değişecektir,
- Depolama için yeni girişimlerin kurulması ve politikaların belirlenmesi önümüzdeki yılların en önemli konularıdır.

Diğer yandan depolama teknolojileri ile elektriğin ucuz olduğu dönemlerde üretilen enerji daha pahalı olduğu veya arzın sağlanamadığı dönemlerde depolardan temin edilebilir. Depolama sistemleri elektrik üretim ve tüketim süreci boyunca tüm paydaşlara fayda sağlar. Sistem yükünü azaltır, fiyatlardaki uç noktalara karşı tarafları korur.

Depolama teknolojileri olarak pompalı hidrolik, termal enerji, sıkıştırılmış hava, doğal gaz ile birleştirilmiş sistemler, akış bataryaları, yakıt hücreleri, kimyasal depolama,

volan(flywheel) depolama, süperiletken manyetik ve superkapasitör gibi sistemlerden bahsedilebilir. Tüm bu sistemlerin cevap süreleri, çıktı güçleri, verimlilikleri ve boşaltım süreleri birbirlerinden farklıdır. Dünya üzerinde en çok kullanılan ve aralarında en olgunu olan yine pompalı hidrolik sistemlerdir. Bu sistem basit anlamda bir barajın tekrar doldurulması esasına dayanır; talebin veya fiyatın yüksek olduğu saatlerde sistem su boşaltarak elektrik üretir ve gece gibi daha ucuz olduğu saatlerde pompalar yardımıyla rezervlerini doldurarak sonraki döngü için hazırlanmış olur. 2016 yılında dünya üzerindeki kapasite 156,4 GW olarak hesaplanmıştır; 150 GW pompalı depolama, 3,1 GW termal depolama, 1,6 GW elektro-mekanik depolama ve 1,7 GW elektro-kimyasal depolama şeklinde teknolojiler arasında paylaşılmıştır[92]. Her ne kadar batarya teknolojileri günümüzde işletmedeki santraller için ilk tercih olsa da aşırı kapasiteleri nedeniyle pompalı hidrolik sistemler depolama miktarında açık ara birincidir.

Dünya üzerindeki 165 güneş enerjisi projesine baktığımız zaman depolama yöntemleri ile ilgili Çizelge 3'deki bilgiler elde edilmektedir[93].

Çizelge 3 Dünyadaki Güneş Enerjisi Santrallerinde Kullanılan Depolama Sistem ve Bilgileri[93]

Teknoloji Tipi	Anma Gücü (MW)
Ergimiş Tuz Termal Depolama	2.656,22
Açık Döngü pompalı hidro depolama	600,00
Termal Depolama	475,50
Elektro-kimyasal	368,65
Isı-termal depolama	110,20
Lityum-İyon Batarya	62,42
Kurşun-Asit Batarya	13,20
Sodyum Bazlı Batarya	5,59
Akış Bataryası	5,11
Gelişmiş Kurşun-asit bataryalar	3,00
Buz Termal Depolama	0,25
Sodyum-İyon Batarya	0,25
Soğutulmuş Su Termal Depolama	0,18
Lityum Demir Fosfat Batarya	0,01

Farklı teknolojiler için farklı maliyet yatırımları olmakla birlikte Dünya Enerji Konseyi'nin öngörüsüne göre[94] güneş santralleri ile birlikte kurulan depolama sistemlerinin 2015 seviyelendirilmiş maliyetleri EUR 3400 – 6800 /MWh arasında değişirken bu maliyet 2030 yılında EUR 1400 – 3500 /MWh arasında olacaktır.

3 YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ TEŞVİK YOLLARI

Yenilenebilir enerji kullanımını artırmak için teşvikler tek başlarına yeterli olmayıp dahil oldukları sistemdeki ekonomik, politik ve sosyal şartlar da önemlidir. Bu bölüm altında teşviklerin hem kendi özellikleri hem de piyasalar, finansman imkanları, çevre, politik tutum gibi diğer değişkenler ile etkileşimleri incelenmiştir. Bölüm en temel konu olan nedensellik ile başlayıp teşvik ihtiyacının dalları belirlenmiştir. Bunun ardından hem yenilenebilir enerji piyasalarının hem de teşviklerin tarihsel gelişimleri araştırılarak politik uygulamalar ve kurulum miktarları arasındaki itici ilişki anlaşılmalı çalışılmış devamında ise teşvik uygulamaları dışında hangi ortam koşullarının yenilenebilir enerji kaynaklı üretimleri geliştirdiği hangilerinin engellediği hakkında bilgi toplanmıştır. Sonrasında dünya genelinde kullanılan teşvik yöntemleri incelenmiş ve fosil yakıtlar ile hem yatırım ağırlığı hem de kaynak miktarı bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır. Son olarak ileriki bölümlerde ağırlıklı olarak AB ülkeleri ile kıyaslama yapılacağı için ülke özeline geçmeden önce Birlik içerisindeki genel yakıt tedarik ve üretim sorunları ele alınarak ülkelerin içerisinde bulunduğu enerji atmosferi açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1 Neden Teşvik Verilmeli

Teşvik verilmesi için nedenleri doğrudan ve dolaylı karşılaştırma ile çözümlmek mümkündür. Uluslararası Enerji Ajansı'nın OECD ile beraber yayınladığı bir rapora[2] göre bir teknolojinin desteklenmesi konusunda karar vermek için üç konuya bakmak gerekmektedir: rekabet koşulları, maliyetin ağırlık noktası ve teknolojik olgunluk. Her ne kadar bazı yenilenebilir enerji teknolojileri maliyet anlamında rekabetçi konuma gelmiş, bazıları da bu konuma düşen maliyetleri ve yükselen fosil yakıt fiyatları ile çok yakın olsalar da hala birçok teknoloji için rekabetçi maliyetlere gelmelerine daha zaman vardır. Bu noktada fosil yakıtlar ile yenilenebilir enerji teknolojileri arasındaki

kıyaslama seviyelendirilmiş enerji maliyeti bakımından yapılarak hizmet süreleri ve bu süreler içerisindeki maliyetleri değerlendirilmektedir. Ancak bu değerlendirme maliyet dışındaki faydaları veya zararları (küresel ısınma, zehirli gazlardan meydana gelen sağlık sorunları) göz önünde bulundurmamasından dolayı kıyaslama için yeterli değildir. Maliyet dışındaki faktörleri göz önünde bulundurmamak ya da yaratılan dışsal sorunları hesaba katmamak çevre ve sağlık dostu yenilenebilir enerji teknolojilerini fosil yakıtlı eşlerine göre daha fazla etkilemektedir. Bu nedenle bu teknolojilerin desteklenmesi bir noktada çevresel faydaların desteklenmesi anlamında yorumlanabilir. Diğer önemli bir nokta ise fosil yakıtlı teknolojilerin ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin yatırım ve işletme maliyetleri arasındaki ciddi farklardan kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımları önden tek seferlik yüklü bir miktar yatırım maliyeti gerektirse de işletme dönemlerinde yakıt kullanmadıkları için operasyon maliyetleri çok düşüktür. Bu yapının tersine fosil yakıtlı teknolojiler daha az bir ilk yatırım maliyetine ihtiyaç duyarken işletme döneminde kullandıkları yakıtlar yüzünden dalgalı ve genellikle artışa meyilli bir operasyon maliyetine sahiptirler. Artışa konu olan dalgalanmalar genellikle son tüketiciye yansıtıldıkları için yenilenebilir enerji teknolojileri sabit üretim maliyetleri ile son tüketicileri fiyat artışlarından ve dalgalanmalarından da korumaktadır. Son olarak olgunluk seviyeleri bakımından iki teknoloji arasında ciddi farklılık bulunmaktadır. Birçok yenilenebilir enerji teknolojisi fosil yakıtlı teknolojilere göre henüz gelişimlerinin çok başındadır. Yenilenebilir enerji teknolojileri kısıtlı Ar&Ge ve işletme tecrübesi nedeniyle orantısız olarak ciddi ancak fosil yakıtlar ile kıyaslama olarak sınırlı bir maliyet düşüşü yaşamışlardır. Piyasaların ve hacimlerin görece küçük olması nedeniyle ölçek ekonomisinden yararlanmak da sınırlı derecede söz konusudur. Eğer fosil yakıtlar ile olan fiyat farkını kapatacak destekler sağlanırsa ve piyasalardaki hacimler artarsa bu hem teknolojik gelişmenin hem de maliyetleri düşürmenin önünü ciddi bir şekilde açacaktır. Özellikle FV ve rüzgâr sahip oldukları iyi öğrenme eğrileri ile yeterli kurulum ve teknolojik gelişim sağlanınca rekabet edebilir konuma geleceklerdir. Bugün verilecek olan destekler yarın ucuz elektrik kullanımı için yapılmış olan bir yatırım olarak değerlendirilmelidir[2].

Dolaylı nedenlere baktığımızda ise fosil yakıtlara karşı yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim için daha çok neden sayılabilir. Bunlardan bir tanesi güncel ve gittikçe kötüleşen bir sorun olan küresel ısınmadır. İnsan faaliyetleri sonucunda salınan sera gazları atmosferde birikmekte ve güneşten gelen ısıyı hapsetmektedir. Örneğin 2017 yılında ABD için küresel ısınmaya neden olan emisyonların %34'ü enerji sektöründen gelmektedir. Bu emisyonların çoğuna kömür veya gaz yakan fosil yakıt santralleri neden olmaktadır[95][96]. Bu durumun tersine yenilenebilir enerji kaynakları çok az emisyonu neden olacak gaz salmaktadır ve bu gazın birçoğu da işletme dönemine değil, üretim, kurulum veya söküm dönemlerine aittir.

3.2 Yenilenebilir Enerji Piyasalarının Gelişimi

Teşvik mekanizmalarını uygulamadaki en büyük sorunlardan birisi hem teknolojilerin hızla gelişerek piyasaları farklı yönlerde çekebilmesi hem de değişen piyasa özelliklerine göre doğru bir konumda kalınıp ne yatırımcıyı ne de maliyetleri üstlenen son tüketiciyi zor durumda bırakmamaktır. Bu özellikleri nedeniyle yenilenebilir enerji teşvikleri sürekli bir izleme ve sık sık ince düzeltmelere ihtiyaç duymaktadır. Yenilenebilir enerji piyasaları teknolojilerin yayılması bakımından üç basamakta incelenebilir[97]:

- Ticari anlamda teknolojinin ilk örneklerinin uygulanmaya başlandığı başlangıç aşaması,
- Piyasanın hızla büyümeye başladığı sıçrama aşaması,
- Büyümenin olabilecek en üst seviyeye yaklaştığı konsolidasyon aşaması.

Her bir aşama için farklı yaklaşımlar ve politikalar uygulamak gerekse de bazı prensipler ülke çapında sağlıklı bir piyasa gelişimi için her üç aşamada da uygulanmalıdır. Çizelge 4'te kapsayıcı prensipler ve aşama bazında kullanılması gereken yaklaşımlar verilmiştir[2].

Çizelge 4 Piyasa Gelişim Aşamalarına Göre Prensipler[2]

Kapsayıcı Prensipler		
• Ülkenin enerji stratejisi ile uyumlu, tahmin edilebilir ve şeffaf bir çerçeve çizilmeli, portföy yaklaşımı ile farklı teknolojiler desteklenmeli ve hırslı ancak yapılabilir bir hedef koyulmalıdır • Yenilenebilir enerji teknolojilerinin olgunluk dereceleri göz önünde bulundurularak teşvikler verilmeli, sürekli yerel ve küresel piyasa akımları takip edilerek teşvikler bunlara göre sürekli düzenlenmelidir • Ekonomik olmayan engellerin ortadan kaldırılması için çalışmalar yapılmalı, prosedürler, süreçler ve gerekli bürokrasi işlerin hızlı ilerleyeceği bir yola sokulmalıdır • Olabildiğince erken aşamalarda entegrasyon (piyasa ve fiziki altyapı) için sorun oluşturabilecek kalemler belirlenmeli ve çözülmelidir		
Başlangıç	Sıçrama	Konsolidasyon
Güven yaratacak net bir yol haritası çizilmeli	Tahmin edilebilir bir destek mekanizması sağlanmalı	Teknolojilerin kullanımlarını devam ettirecek entegrasyon sorunları çözülmeli
Yatırım ve gelir sağlayacak destek karışımları geliştirilmeli	Piyasa ve teknolojilerdeki gelişimlere adapte olabilecek planlar yapılmalı	Yüksek orandaki yenilenebilir enerji kullanımını kaldırabilecek piyasa sağlanmalı, destekler kademeli olarak çekilmelidir
Uygulanabilir durumda düzenleyici çerçevenin varlığı sağlamalıdır	Büyümenin devamlılığı uygun teşvikler sağlanmalı, bunlar düzenli izlenerek maliyet bakımından rekabetçi kalacak şekilde düzenlemeleri yapılmalıdır	Projelerin etkileri arttıkça kamuoyunun kabulünün korunmasına yönelik adımlar atılmalıdır
	Ekonomik olmayan engeller ve uygulama detaylarına odaklanılmalıdır	

3.3 Teşvik Yöntemlerinin Tarihsel Gelişimi

Günümüz modern yenilenebilir enerji endüstrisinin izleri 1970'lerin başında çığır açan Danimarkalı özel girişimcilere ve ABD'de 1978 yılında yürürlüğe giren Kamu Hizmetleri Düzenleyici Plan Hareketi'ne (PURPA) kadar sürülebilir. İki petrol şokunun ardından Avrupa Topluluğu Komisyonu, kabine ve yeni kurulmuş olan Avrupa Konseyi yeni enerji kaynaklarının araştırılıp geliştirilmesi ve petrol bağımlılığını azaltarak Avrupa'nın enerji güvenliğinin artırılması için bir çağrı yapmıştır[98]. Kaliforniya Eyaleti'nde ise başarılı bir şekilde geliştirilen standart sözleşme adındaki tarife günümüz şebekeye satış garantisi (FIT) yaklaşımının öncüsü olmuştur. Erken başlamasına rağmen bu hareket hem rüzgâr teknolojisinin daha çok genç hem de yaklaşımın kurulu güç bazında olması nedeniyle Kaliforniya güvenilir ve etkin yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesinde dünyaya öncülük edemedi. Bunun tersine Danimarka'nın 1978 yılında başlayan rüzgâr türbinlerinin kamuya test edilip sertifikalandırılması stratejisi yüksek ölçüde teknik güvenilirliğin ve desteğin sağlayıcısı olmuştur[99].

1990'ların başında AB ülkeleri farklı sistemleri denemeye devam ettiler ancak birlikte oluşan tek piyasa çağrısı ve uluslararası iklim değişim rejimlerinin kurulması ile daha ciddi plan çalışmaları devreye sokuldu. Bu gelişmeler bir kez daha yenilenebilir enerji teknolojileri için itici güç oldu. 1989'da Joule, 1990'da ise Thermie programı ikinci teknolojik gelişim çerçevesi kapsamında geliştirilerek nükleer olmayan enerjilerin tanıtımı için kısıtlı bir destek sağladılar. Daha önemli bir program ise 1992 Rio Dünya Zirvesi kapsamında karbon dioksit salımlarının yenilenebilir enerji teknolojileri kullanılarak düşürülmesi konusu görüşüldükten bir yıl sonra geliştirilen Altener programıydı. Bu program kendisinden daha büyük olan bir programın bir parçasıydı ve ana program iklim önlemleri, karbon vergisi ve AB'nin iklim konusundaki bağlılığını uluslararası seviyede gösteren hedefler içeriyordu. Tüm bunlara rağmen bazı üye ülkelerin karbon vergisine kararlı itirazları neticesinde bu paket parçalandı[100]. Çıkan karar sonrasında Altener programı ilk başta düşünülenlerden daha az bir fon ile devam ettirildi ve sadece 2005 yılında %8 yenilenebilir enerji tüketimi gibi gösterge hedefler

ile içeriği sınırlandı. AB yenilenebilir enerji destekleri başlangıç aşamasında araştırma, tanıtım ve yaygınlaştırma politikalarında yumuşak bir koordinasyonun sağlanması olarak kaldı[101]. Bu süreçte sadece bazı üye devletler araştırma geliştirme çalışmalarını yenilenebilir enerji piyasalarının gelişimini destekleyecek daha hırslı programlara yöneldiler. Danimarka (1986), Portekiz (1988), Almanya (1990), Yunanistan, Lüksemburg ve İspanya(1994) FIT uygulamalarına başlayarak yenilenebilir enerji gelişimini desteklediler[102].

1996 yılında komisyonun yenilenebilir enerji için yayınladığı yeşil rapor ve bir sene sonra yayınlanan “Gelecek İçin Enerji: Enerjinin Yenilenebilir Kaynakları” isimli beyaz rapor AB için bir dönüm noktası olacaktı. Beyaz rapor %12 oranında birincil enerji tüketimi öngörürken aynı zamanda elektrik, ısınma ve ulaşım sektörlerinde yenilenebilir enerji kullanımının artırılması için aşılması gereken engellerin bir listesini içeriyordu. Tek piyasa uygulamasına uygun olarak yayınlanan iki rapor yenilenebilir enerji kaynaklarının ticaretini engelleyen engellerin aşılmasına dikkat çekiyordu[103]. Beyaz rapor hem ticareti yapılabilir yenilenebilir enerji kredileri uygulamayı hem de dağıtık ulusal desteklerden dolayı piyasa bozulmalarını engellemeyi öneriyordu.

2000 yılında Avrupa Komisyonu birliğin Kyoto bağlılıklarını yerine getirmek için Avrupa İklim Değişimi Programı'nı (AİDP) başlattı. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının gelişimi AB'nin verdiği sözleri yerine getirmesi olarak algılanmaya başlandı[104]. Buna ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması petrol ve gaz fiyatlarının artması gibi birliğin enerji güvenliğini tehlikeye atan değişkenlere de cevap niteliğinde görüldü.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile elektrik üretimini destekleyen Direktif 2001/77/EC AB'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimini açıkça gösterdiği ilk direktif olarak kabul edilebilir[105]. Mayıs 2000 tarihinde teklif edilen direktif yenilenebilir enerji kaynakları tanımı, bağlayıcı hedeflerin kurulması ihtimali ve uyumlu bir destek sistemi olup olmayacağı konularında çok tartışılmıştır[106].

2000'li yılların ortalarından itibaren bir yandan üye ülkelerin hedeflerin çok gerisinde kalması diğer yandan artan enerji ithalatı gibi iç ve dış faktörler nedeniyle yenilenebilir

enerji politikalarını tekrar gündeme getirmiştir. 2006 yılında yaşanan Ukrayna - Rusya gaz krizi ve sonraki yıl yayınlanan iklim değişikliği ile ilgili bilimsel raporlar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını hızlandıracak bir zemin hazırlamıştır. 2007 yılında teklif edilen Enerji ve İklim Paketi aynı zamanda 20-20-20 hedefleri olarak da anılmaktadır. Bu hedefler sera gazı salımda %20 düşüş, enerji tasarrufunda %20 artış ve son enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynak oranının %20 olması şeklindeydi.

2007 yılından sonra bazı önemli düzenleyici gelişmeler yaşanmaya devam etmiştir ve bunların en önemlileri Kasım 2010 yılında yayınlanan “Enerji 2020. Rekabetçi, Sürdürülebilir Ve Güvenli Enerji İçin Bir Strateji” ve 2011 yılında yayınlanan “Enerji 2050 Yol Haritası” belgeleridir. Enerji 2020 dokümanı 2007 yılında yayınlanmış olan enerji hareket planı üzerine inşa edilmiş ancak 2020 hedeflerine ulaşabilmek için yeni yöntem ve araçları sağlamakla sınırlı kalmayıp ileride rekabetçi kalabilmenin de yollarını aramıştır[107].

AB son yıllarda enerji konusundaki yasal düzenlemelerine devam etse de bunlar çoğunlukla “Enerji Birliği” kavramını geliştirmek etrafında şekillenmiştir.

3.4 Teşvikler ve Piyasa Etkisi

Elektrik piyasalarında fiyatların oluşması genellikle gün öncesi piyasada, firmaların saatlere göre üretim veya tüketim miktarlarını ve maliyetlerini merkeze bildirmeleri ile başlar. Firmalar tekliflerini saatlik, blok veya esnek şekilde tanımlayabilirler. Saatlik tekliflerde katılımcılar bir sonraki günün saatleri için fiyat-miktar ikililerini teklif ederler. Blok teklifler ise saatliklerden farklı olarak zaman ekseninde parçalanamayan teklifler olarak düşünülebilir. Uzun süreli bu tekliflerde sadece bir fiyat vardır ve blok halinde bu anlaşma ya tamamen kabul edilir ya da reddedilir. Son olarak esnek fiyat teklifleri ise sadece fiyat ve miktar bilgisi vardır Esnek teklifler zamandan bağımsız olarak verilmekte olup günün herhangi tek bir saatinde kabul edilebilir. Piyasa işletmecisi üretim ve tüketim tarafındaki katılımcılardan bu bilgileri aldıktan sonra bunları üretim tarafında küçükten büyüğe, tüketim tarafında ise büyükten küçüğe doğru sıralar. Bu iki sıralamanın kesiştiği noktada piyasa değeri belirlenmiş olur[108].

Diğer taraftan yenilenebilir enerji üretimi için en sık verilen teşvikler ya sabit fiyat garantisi ya da piyasa fiyatının üzerinde verilecek olan sabit pay şeklindedir ve bu yöntemler 2016 itibari ile 110 ülkede uygulanmaktadır[92]. Piyasada verilen bu teşvikler ister son kullanıcı tarafından ister merkezi bir fondan karşılsın kesin olan bunun elektrik için harcanan toplam paranın artacağıdır. Ayrıca güneş veya rüzgâr gibi kaynaklardan üretilen enerji anlık değişebildiği için sistemi denge tutmak adına bu üretim santralleri devreye girdiğinde diğer bazı santrallerin devreden alınması gerekiyor. Bu işlem genellikle üretimini çok çabuk ayarlayabilen ama aynı neden dolayı da pahalı olan santraller üzerinden yapılmaktadır ve bu da ayrı bir maliyet getirmektedir. Bunun dışında şebekenin genişletilmesi ve sistem hizmetleri gibi konular da ek maliyet getirmektedir; 2006 yılında yapılan bir çalışmaya[109] göre Almanya'da yenilenebilir enerji üretimi nedeniyle bu kalemlerde gerçekleşen ek maliyetler EUR 1-10/MWh arasında değişebilmektedir. Bundan ayrı olarak Frondel ve arkadaşlarının [110] yaptığı bir çalışmaya göre 2000 – 2010 yılları arasında sadece FV teşvikleri için ödenen para 65,5 milyar avro idi. Ancak bu tartışmanın bir de diğer yanı olan sıralama etkisi (merit order effect) bulunmaktadır. Yukarıda belirtildiği üzere fiyatlar belirlenirken üretim santralleri ucuzdan pahalıya doğru sıralanmaktadır. Bu sıralamada devreye alınan her yeni yenilenebilir enerji kaynağı alım garantisi varsa yasal düzenlemeden dolayı, yoksa da düşük üretim maliyetlerinden dolayı düşük fiyat noktasından girebilmektedir. Devreye giren her santral talep tarafında bir miktar enerjiyi karşılayacağı için üretimi en yüksek fiyat ile teklif eden santrale artık ihtiyaç kalmayacak ve bu da piyasa fiyatının düşmesine neden olacaktır. Cludius ve arkadaşları[111] yine Almanya için bu etki nedeniyle fiyatlardaki düşüşü 2010 yılında EUR 6/MWh, 2012 yılında EUR 10/MWh olarak bulmuşlar ve 2016 için öngörülerini EUR 14-16/MWh olmuştur.

3.5 Yenilenebilir Enerji Kullanımı için Geliştiriciler ve Engeller

Çeşitli kaynaklar yenilenebilir enerji gelişimini farklı faktörlere bağlamıştır. Örneğin Marques[112], politik, sosyoekonomik ve ülke özelindeki faktörleri yenilenebilir enerji gelişiminin önemli determinantları olarak tespit etmiştir. Bu çalışmaya göre politik faktörler hem hedef ve yaklaşımı hem de FIT veya kota gibi uygulanan politikaları ile

Ar&Ge veya tanıtım için yapılacak yatırımları ifade etmektedir. Sosyoekonomik faktörler gelir, enerji tüketimi gibi değerleri, ülke özelindeki faktörler ise ülkenin yenilenebilir enerji potansiyeli gibi yerel değişkenlik gösteren etkenleri ifade etmektedir.

3.5.1 Geliştirici Etkenler

Başlıca Menz ve Vachon[113] ile birlikte Carley[114] tarafından yapılmış olan ve literatürce genel anlamda desteklenen çalışmalar göstermektedir ki yenilenebilir enerji gelişiminde en önemli faktör bir ulusun politik anlamda konu hakkında kararlı ve hırslı olmasıdır. Bunun en önemli nedenlerinden biri yenilenebilir enerji teknolojileri ile yapılan üretimlerin fosil yakıtlara oranla daha pahalı olmalarıdır ve bu pahalılık dışsallık, yerel etkiler ve hükümetin geçiş döneminde izlediği yola göre değişiklik gösterir. Hem fiziksel hem de kavramsal olarak elektrik sistemindeki değişikliği anlayabilmek için politik kararların neden ve sonuçları çok detaylı olarak incelenmelidir. Bu politikaları düzenleyen aktörler ile uygulama zamanı bunlara gelecek olan saldırılara karşı savunma yapacak aktörler birbirlerinden farklıdır. Yeni düzenlemeler beraberinde yeni kurumlar getirir ve bu kurumlar uygulanmakta olan politikaların geri bildirimlerini kullanarak düzenlemeye gelen eleştiriler ile baş edebilirler. Ancak diğer taraftan ticaret alışkanlıkları bu yeni düzenlemelerden etkilenen ve finansal anlamda güçlü yapıda olan kurumlar yenilenebilir enerji alanındaki politik düzenlemelere karşı zamanla daha da saldırgan hale gelirler. Bu tür dinamikler küresel ısınma gibi konuların tartışılmasını bile beklenenden daha zor hale getirmiştir[115]. Nihayetinde konu yenilenebilir enerjiler veya küresel ısınma konusunda düzenlemelerin yapılması ile sınırlı kalmamakta, buna ek olarak diğer paydaşların, ticari kurumların ve genelde kamuoyunun da başarılı bir dönüşüm için aynı yönde ilerlemeleri adına çaba sarf edilmesini gerektirmektedir. Bu noktada bu mücadeleyi sürekli ve kararlı olarak verebilen hükümetler yenilenebilir enerji gelişimi konusunda çok daha başarılı olmaktadır. Ayrıca ülkelerin ulaşmak istedikleri sera gazı salım(SGS) oranları da önemli bir gösterge olabilmektedir. Hatta özellikle Avrupa ülkelerinde gelişimi hızlandırmak için karbon vergisi uygulamalarına da başvurulmakla birlikte Türkiye için böyle bir uygulama yoktur. Popp[116] çalışmasında Kyoto

Protokolünü imzalayan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları geliştirilmesine daha bağlı olduklarını iddia etmektedir. Bir başka önemli konu ise enerji güvenliğinde bağımlı durumda olmaktır ve bu durum yerel kaynaklara bağlı olduğu için hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ekonomiler için sorun teşkil edebilir. Chien ve Hu[117], Gan ve Eskeland[118] ve diğer pek çok araştırmada enerji güvenliği sorunlarının yenilenebilir enerji gelişiminde rol oynadığı gösterilmektedir.

Sosyoekonomik faktörlere baktığımızda küresel ısınma, fiyatlar, refah seviyesi ve enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji gelişimi için önemli olan faktörler arasında gösterilmektedir. Emisyonlar için belirlenmiş bir hedef olmadığında yenilenebilir enerji gelişimi konusundaki etkileri tartışmalı olsa da belli bir hedef söz konusu olduğunda etkileri gözlenebilmiştir. Örneğin van Ruijven ve van Vuuren[119] yaptıkları çalışmada SGS konusunda etkili politikalar izleniyorsa hidrokarbonların fiyatlarında gerçekleşen bir artış karbon yakalama ve depolama(KYD) sistemli doğal gaz sistemlerinden KYD'li kömür santrallerine, yenilenebilir enerji üretim tesislerine ve nükleer enerjilere bir kayış meydana geldiğini göstermişlerdir. Sanayi elektrik fiyatları ile yenilenebilir enerji gelişimi arasında istatistiksel olarak önemli ve negatif bir ilişkinin olduğu çeşitli kaynaklarca gözlenmiş, elektrik fiyatları yüksek olduğunda yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanıma geçişin bu fiyatları düşürebileceği savunulmuştur[120][121][21]. Diğer bir sosyoekonomik faktör ise refah düzeyi ile yenilenebilir enerji yapılanması arasında ilişki olduğudur. Chang ve diğerlerinin[122] yapmış olduğu bir çalışmaya göre refah düzeyi, elektrik fiyatları ve yenilenebilir enerji yapılanması arasında ilişki vardır. Bu noktadaki hipotez refah düzeyi yüksek olan ülkelerin teknolojiye ve kurulumla daha çok kaynak ayırabildikleri için daha çok yenilenebilir enerji gelişmesinin gerçekleşebildiği yönündedir.

Ülkeye özel nedenlerde o ülkenin yenilenebilir enerji kaynaklarının bolluğu ve bunlara ulaşım kolaylıkları ve bununla birlikte ülkenin yüzey alanı önemlidir. Ülke özelinde bir yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin fazla olması onunla ilgili teknoloji, altyapı ve hatta bağlı olduğu piyasa ve yasaları geliştirmektedir. Özellikle güneş, rüzgâr ve biokütle kalemlerinde potansiyellerin yüksek olması yenilenebilir enerji katılımını ciddi oranda artırmaktadır[123].

3.5.2 Engeller

Yenilenebilir enerji gelişiminin önündeki engellerden en büyük olanı ekonomik engellerdir. Teknolojiler ve tanıtım ticari rekabet aşamasına gelene kadar çok fazla kaynak tüketme, bunlar ticari aşamaya geldiklerinde ise bunların fosil yakıtlar için kurulmuş olan altyapılara entegre edilmeleri yine bir maliyet getirmektedir. Günümüzde ki ticari teknolojilerin ise geri dönüş süreleri yine çok kısa olmadığından bunlar için yaratılması gereken krediler de teknolojilerin önüne finansal bir engel olarak çıkmaktadır. Bunlara ek olarak gösterilen başka bir engel ise fosil yakıt lobilerinin çok etkili olmaları ve özellikle enerji ihtiyacı artan ülkelerde kaynak seçiminde meylin yenilenebilir enerji teknolojileri yerine ucuz seçimler ve özellikle fosil yakıtlar yönünde olmasıdır[123]. Çin ve Hindistan gibi özellikle nüfusu yoğun ve büyümesi yoğun enerji gerektiren toplumlarda her ne kadar yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yatırımlar yapılsa da ağırlık fosil yakıtlar üzerine olmaktadır.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin önündeki diğer bir engel ise elektrik fiyatlarının, düzenleyici politikaların ve teknolojinin dinamik olarak değişmesi ve bunun üzerine proje bölgesinin kendi karakteristiğinin getirdiği koşullar nedeniyle her projenin sadece mekânsal olarak değil benzer şekilde zamansal olarak da eşsiz olmasına neden oluyor. Bu noktada hangi projelerin gerçekleşeceği konusunda belirleyici olan yatırım miktarı ve geri dönüş hedefi oluyor. Campoccia ve arkadaşlarının[124] Avrupa Birliği içerisindeki altı ülkeyi ele alan çalışmalarına göre yatırım yapılan ülke ve yatırımın girdiği teşvik sınıfı ciddi farklar yaratmakta. Örneğin Almanya'da 20kW kapasitesindeki bir çatı tipi FV projesi yatırımı 13 yılda geri dönerken 500kW kapasitedeki bir güneş tarlası 25 yıldan uzun sürede geri dönmektedir. Çalışmanın verilerine göre İtalya'da yapılacak 20kW kapasitesindeki bir çatı tipi FV projesi 9 yıl gibi bir sürede dönmektedir ki incelenen altı ülke arasındaki en kısa dönüş süresi budur. Fakat yukarıda bahsedilen dinamikler nedeniyle geri dönüş süresi ve proje tipi ile kapasitesine göre zamana bağlı olarak daha farklı sonuçlar çıkması kaçınılmazdır. Örneğin İskandinav bölgesinde 2012 - 2014 arasında yatırımlar hızla devam etmişken 2016 yılında arz fazlası nedeniyle düşen fiyatlara bağlı olarak yatırım karlılığı %4 seviyelerine düşmüştür[125].

Diğer bir taraftan çok değişen yenilenebilir enerji politikaları istikrar konusunda yatırımcıların güvenini azaltmakta ve finansörler için de risk ortamı olarak algılanmaktadır. Wang[126] tarafından yapılan bir karşılaştırmada politik olarak sürekli istikrarlı olan Almanya'nın bu konuda daha kararsız olan İsveç'ten yenilenebilir enerji gelişimi konusunda çok daha fazla yol kat ettiğini göstermiştir.

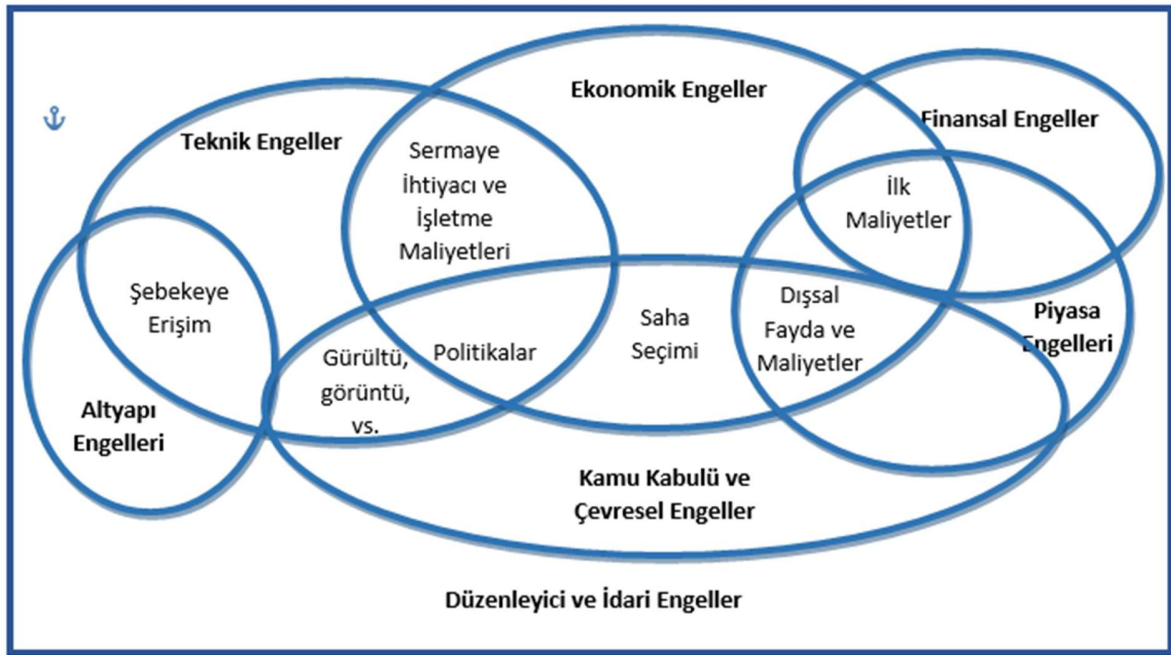
Yenilenebilir enerji önündeki engeller sadece ekonomik temelliler ile sınırlı değil bunlara ek olarak mali anlamda çözülmesi mümkün olmayan, ekonomik olmayan engeller olarak da adlandırılan engeller bulunmaktadır. Bazı kaynaklar bu engellerin ticari olanlar kadar önemli olduklarını düşünmektedir[97]. Bu engelleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür[127][128]:

- Kötü politika tasarımı veya şeffaflıktan uzak olan uygulamalara bağlı olan yasal ve politik belirsizlik engelleri;
- Zayıf ve sorumlulukların kesin belli olmadığı, şeffaflıktan uzak izin süreçlerinin yürüdüğü, karmaşık ve yavaş çalışan kurumsal ve yönetsel engeller;
- Yenilenebilir enerji teknolojileri aleyhine tutarsız fiyatlandırma yapıları, asimetrik bilgi, piyasa gücü, fosil yakıtlara verilen teşvikler ve sosyal ve çevresel maliyetlendirme metotlarındaki yanlış uygulamalardan kaynaklanan piyasa engelleri;
- Güçsüz ve esnek olmayan şebeke yapıları nedeniyle altyapı engelleri;
- Yetersiz bilgi ve uygulama nedeniyle oluşan farkındalık eksikliği ve vasıflı işçi engelleri;
- Özellikle düzenlemeci kurumların tecrübe eksikliğinden kaynaklanabilen kamu kabulü ve çevresel engeller.

Cointe yaptığı bir çalışmada[129] kötü politika tasarımının etkileri diğer kalemlerden farklı olarak zamana yayılabileceğini iddia etmektedir. Örnek olarak Fransa'nın FV teşvik politikasını gösterir; alım garantisi türündeki teşvik sistemine 2006 yılında geçmiştir ve sisteme temel olarak Almanya'nın uyguladığı politikaları yerleştirmeyi hedeflemişlerdir. Ancak Fransa bunu yaparken sadece ödeme süreçlerini örnek almış, izleme, değerlendirme ve yeniden düzenleme süreçlerini kendi sistemine

geçirmemiştir. İzleme işleri için kurulan yeni bir kurum olmadığı için bu iş bakanlıklar bünyesindeki yetersiz sayıdaki çalışan ile yapılmaya çalışılmıştır. 2009 yılında teknoloji kaynaklı ciddi maliyet düşüşleri ve bunun karşılığında da aşırı karlı yatırım imkânları oluşmuştur ve birçok yatırım gerçekleştirilmiştir. İdari kurumlar bu duruma Ocak 2010 yılında ancak tepki gösterebilmiştir. Bu geç tepki yatırımcıları mevcut imkânlardan faydalanmak için hızlandırmıştır ancak verilen tepki sene sonuna kadar 12 farklı düzenleyici dokümanın yürürlüğe girmesi şeklinde olunca piyasalara politik kararsızlık mesajı verilmiştir. Sistem elektrik kullanımı üzerinden kesilecek olan vergi ile temellendirildiği için elektrik fiyatlarının alım garantisi süresi boyunca yani 20 yıllık artışı da kesinleşmiş olmuştur. Bunun neticesinde 2015 yılında Fransa elektrikteki vergilerin %35'ini FV sistemlerine ayırırken bunun karşılığında FV'lerin sisteme üretim bakımından katkıları %1 olmuştur[129].

Şekil 4'te yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimini etkileyen engellerin kesişimleri gösterilmiştir[2].



Şekil 4 Yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimi önündeki engeller[2]

3.6 Günümüzde Kullanılan Teşvik Yöntemleri

Bu başlıkta günümüzde yenilenebilir enerjilerin gelişimi için uygulanan politikalardan benzer olanları aynı başlıklar altında verilmiş olup bu başlıklar ulaşım ve ısınma için kullanılan politikaları içermemektedir.

3.6.1 Düzenleyici Politikalar

3.6.1.1 Sabit Fiyat Garantisi / Prim Garantisi

Sabit Fiyat Garantisi (FIT) yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin kWh bazında belirlenmiş bir fiyattan uzun bir süre, genelde 10 – 20 yıl arası, satın alınacağını garantisinin verilmesidir. Dünya genelindeki uygulamalarında üç ortak noktası vardır: şebekeye erişim garantisi, uzun süreli alım ve maliyet temelli fiyatlandırma[130]. Alım fiyatı belirlenirken yenilenebilir enerji teknolojisinin rekabetçilik kabiliyeti dikkate alınır, örneğin birçok ülkede rüzgâr için verilen fiyat garantisi gelgit veya dalga kaynaklı üretim sistemlerine verileden daha azdır. Sistem teknolojinin de sürekli gelişmesinden dolayı düzenli bir fiyat ayarlamasına ihtiyaç duyar ancak bu değişiklikten sadece devreye yeni girecek olan santraller etkilenir. Hesaplanabilir üretim miktarı ve sabit fiyat garantisi ile yatırımcının üstleneceği riskler azaltıldığı için en iyi destek mekanizmalarından ve dolayısı ile dünyada en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Yapı olarak basit oluşu ve işlem maliyetinin çok düşük olması da tercih edilmesindeki diğer nedenlerdendir.

Prim Garantisi (FIP) uygulaması da mantık olarak FIT ile aynıdır ancak aralarındaki tek fark FIP sabit bir son fiyata bağlanmak yerine piyasa fiyatı üzerine koyulacak olan sabit prim miktarını ifade etmektedir. Son fiyatı değişken olduğu için yatırımcılar için FIT uygulamasına göre daha fazla risk içermektedir. Diğer yandan bu uygulamada piyasa fiyatları beklenenden çok daha yukarılara çıkarsa mekanizma üst sınırı da arttığı için aşırı karlılığa neden olmaktadır. Bu yüzden uygulayan ülkelerde yararlanılacak üst sınır limitleri önceden tanımlanmıştır.

Her iki uygulamanın da olumsuz yönlerinden biri dengeleme hizmetleri bakımından maliyet getirmeleridir. Alım garantisi ile birlikte anlık değişebilen meteorolojik durumlar

nedeniyle üretimleri kesin olarak öngörülememekte, üretime geçtikleri zaman da sistemden aynı kapasite fosil yakıt kaynaklı üretimin çekilmesi gerekmektedir. 1978 yılında ABD ile başlayan FIT/FIP uygulamaları 2016 sonunda 110 ülke tarafından kullanılmaktadır. Avrupa Birliği'nde ise 2008 başında 18 olan FIT kullanıcı ülke sayısı 2012 yılında 21'e yükselmiştir. Yıllara göre uygulamaya geçen ülkelerin listesi Çizelge 5'te verilmiştir[92].



Çizelge 5 Ülkelerin FIT kullanmaya Başladıkları Tarihler[92]

YIL	TOPLAM	O YIL KATILAN ÜLKE/EYALET/BÖLGE
1978	1	ABD
1988	2	PORTEKİZ
1990	3	ALMANYA
1991	4	İSVİÇRE
1992	5	İTALYA
1993	7	DANİMARKA, HİNDİSTAN
1994	10	LUKSEMBURG, İSPANYA, YUNANİSTAN
1997	11	SRI LANKA
1998	12	İSVEÇ
1999	14	NORVEÇ, SLOVENYA
2001	17	ERMENİSTAN, FRANSA, LATONYA
2002	23	CEZAYİR, AVUSTURYA, BREZİLYA, ÇEK CUM., ENDONEZYA, LİTVANYA
2003	29	KIBRIS, ESTONYA, MACARİSTAN, SLOVAKYA, G. KORE, HİNDİSTAN(MAHA.
2004	34	İSRAİL, NİKARAGUA, KANADA(P.E.I.), HİNDİSTAN(AND. PRA., MAD. PRA.)
2005	41	ÇİN, EKVATOR, İRLANDA, TÜRKİYE, HİNDİSTAN(KAR., UTT. PRA., UTTARAKHAND)
2006	46	ARJENTİN, PAKİSTAN, TAYLAND, KANADA(ONT.), HİNDİSTAN(KER.)
2007	55	ARNAVUTLUK, BULGARİSTAN, HIRVATİSTAN, DOMİNİK, FİNLANDİYA, MAKEDONYA, MOLDOVA, MOĞOLİSTAN, AVUSTRALYA
2008	70	İRAN, KENYA, LİHTENŞTAYN, FİLİPİNLER, SAN MARİNO, TANZANYA, AVUSTRALYA(QUE.), HİNDİSTAN(CHH., GUJ., HAR., PUN., RAJ., TAMİL NAD., BATI BENGAY), ABD(KALİFORNİYA)
2009	81	JAPONYA, SİRBİSTAN, GÜNEY AFRİKA, UKRAYNA, AVUSTRALYA(CAP. TER., YENİ GALLER, VİCTORİA), ÇİN(TAİPEİ), HAWAİİ, ABD(ORG., VER.)
2010	87	BELARUS, BOSNA HERSEK, MALEZYA, MALTA, MAURİTİUS, BİRLEŞİK KRALLIK
2011	94	GANA, KARADAĞ, HOLLANDA, SURİYE, VİETNAM, KANADA(NOV. SCO.), ABD(RHO. ISL.)
2012	99	ÜRDÜN, NİJERYA, FİLİSTİN, RUANDA, UGANDA
2013	101	KAZAKİSTAN, PAKİSTAN
2014	104	MISIR, ABD(VAUTAU, VIR. ISL)
2016	110	ÇEK CUMHURİYETİ (YENİDEN DÜZENLEME)

3.6.1.2 Elektrik Kaynağı Kota Zorunluluğu/Yenilenebilir Portfolyo Standardı (RPS)

Yenilenebilir portfolyo standartları çok yaygın uygulanan diğer bir teşvik yöntemidir. FIT ile aralarındaki en büyük fark fiyatlandırma noktasındadır, kota uygulamalarında fiyat düzenleyici bir kurum tarafından değil piyasa tarafından belirlenir.

Kota zorunluluğunda tedarikçiler sundukları enerjinin belli bir kısmının yenilenebilir enerji olması sağlamakla yükümlüdürler. Kota miktarı sistem tarafından belirlenir ve genellikle teknoloji bakımından bir ayırım söz konusu olmaz. Zorunlu bırakılan idareler yenilenebilir enerji tedarikini ya kendi üretimlerinden, ya üçüncü taraflardan satın alarak ya da diğer üreticilerden sağlayabilirler[131].

Her ne kadar kota zorunlulukları yenilenebilir enerji gelişimini piyasa şartlarına bırakarak en düşük maliyetle çözümler bulsun da idareler bazen görece yüksek maliyetli yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmelerine yardımcı olacak metotlar kullanabilir. Bu noktada kota zorunluluklarına uyulması maliyet etkin olsa da olmasa da belli teknolojilerin yayılmasında etkin olurlar. Uygulamanın başarılı olabilmesi için kotaya uyulmadığı takdirde cezanın varlığı şarttır. Bu cezalardan elde edilecek gelir başarıları oranında kotaya uyan tedarikçilere dağıtılır ve böylelikle firmalar için zorunluluklara uymak daha cazip hale getirilir[132][133]. Çizelge 6'da yıllara göre RPS uygulanan ülkelerin bilgileri verilmektedir[92].

Çizelge 6 Yıllara Göre RPS Uygulayan Ülkeler[92]

YIL	TOPLAM	O YIL KATILAN ÜLKE/EYALET/BÖLGE
1983	1	ABD(IOW.)
1994	2	ABD(MIN.)
1996	3	ABD(ARI.)
1997	6	ABD(MAI., MAS., NEV.)
1998	9	ABD(CON., PEN., WIS.)
1999	12	ABD(NEW JER., TEX.) İTALYA
2000	13	ABD(NEW MEX.)
2001	15	AVUSTRALYA, BELÇİKA(FLA.)
2002	18	BİRLEŞİK KRALLIK, BELÇİKA(WAL.), ABD(CAL.)
2003	22	JAPONYA, PORTEKİZ, İSVİÇRE, HİNDİSTAN(MAH.)
2004	35	POLONYA, KANADA(NOVA SCO., ONT., P.E.I.), HİNDİSTAN(AND. PRA., KARN., MAD. PRA., ORI.), ABD(MAR., NEW YORK, RHO. ISL.)
2005	39	HİNDİSTAN(GUJ), ABD(DEL., D.O.C., MONT.)
2006	40	ABD(WAS.)
2007	46	ÇİN, ABD(ILI., NEW HAM., NORTH CAL., N.M.I., ORE.)
2008	53	ŞİLİ, HİNDİSTAN, FİLİPİNLER, ROMANYA, ABD(MIC., MIS., OHIO)
2009	54	ABD(KANSAS)
2010	57	G. KORE, KANADA(BRI. COL.), ABD(PUERTO RICO)
2011	59	CEZAYİR, İSRAİL
2012	60	NORVEÇ
2015	62	ABD(VERMONT, VIRGIN ISLANDS)

RPS uygulaması ilk olarak ABD içerisinde eyalet düzeyinde gerçekleşmiştir. Uygulama Avrupa Komisyonu tarafından benimsenmiş ve bazı üyeler kullanmaya başlamıştır. RPS konusunda birlik içerisinde başı çeken Birleşik Krallık 2002 yılında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payını artırmak için “Yenilenebilir Zorunluluğu” uygulamaya almıştır.

Kota uygulamaları genellikle ihale sistemi veya ticarete konu edilebilen yeşil sertifikalar (TGC) birlikte kullanılmaktadır ancak bunların birlikteliği bir zorunluluk değildir. Amerika’daki RPS uygulaması bu durum için iyi bir örnektir. Bazı durumlarda kota zorunluluğu olan taraf doğrudan bir proje geliştiricisi ile elektrik alım anlaşması imzalayabilir[2].

3.6.1.3 Mahsuplaşma

Özellikle güneş ve rüzgâr gibi tek başına depolanamayan yenilenebilir enerji üretim teknolojileri için önemli olan bu uygulama kullanıcıların üretilen fazla enerjiyi sonra kullanmalarına imkân sağlamaktadır. Aynı zamanda üretici durumunda olan tüketicilerin ürettikleri fazla enerji şebekeye verilmekte ve bu esnada ölçülmektedir. Tüketim fazlası olarak şebekeye verilen enerji bir sonraki dönem için kredi sağlamaktadır ve bu dönemde tüketilen enerjiden düşülmektedir[134]. Dünya genelindeki uygulamalarında genellikle perakende veya konut tarifesine yakın fiyatlar verilir, bu da FIT için verilen fiyatlardan düşüktür ve bazen de üretim fazlası için maddi bir ödeme yapılmaz, bu fazlalık sadece elektrik olarak harcanabilir.

3.6.1.4 Yenilenebilir Enerji Sertifikaları

Yenilenebilir enerji sertifikaları (REC) aynı zamanda takas edilebilir yeşil sertifikalar ismi ile de anılmaktadır. Bu sertifikalar yenilenebilir enerji üretiminin takip edilmesi ve belgelenmesi konusunda kullanılan başlıca araçlardandır ve yenilenebilir enerji kaynakları için enerji üretim ve tüketim kredilerinin ticari olarak el değiştirmesine olanak sağlarlar. Sertifikalar yenilenebilir enerji üretimi için kanıt niteliğinde değer taşımakla birlikte kullanım olarak elektriğin fiziksel üretim zamanından ve satışından bağımsızlardır. Sertifika sistemi RPS zorunluluklarına uyulmasını sağlamak açısından bir zorunluluk olmasa da kullanımları piyasa esnekliğini ve likitliğini değerli evrak kullanımı ile sağlamış oluyor[135].

Üretim veya satın alma yoluyla REC sahibi olanlar bunları piyasada kotaya uyma zorunluluklarını henüz yerine getirmemiş diğer taraflara satabilirler. Buna ek olarak bu sertifikaları zorunluluk olmadan gönüllü olarak da satın alarak sistemi desteklemek mümkündür[131].

REC piyasa mekanizmalarını incelemek için Avrupa'da Birleşik Krallık örneğine bakılabilir. Her elektrik tedarikçisi Gaz ve Elektrik Piyasaları İdaresi (Office of Gas and Electricity Markets - Ofgem) tarafından yıllık olarak belirlenmiş olan yenilenebilir enerji kotasına uymak zorundadırlar. Ofgem sisteme verilen her birim yenilenebilir enerji için üreticilere sertifika sağlar, tedarikçiler ise ya sertifikaları ya da enerjinin

kendisini satın alır. Bu alışverişte fiyatlar rekabet ortamında oluşur ve herhangi bir müdahale ya da düzenleme söz konusu değildir. Eğer bir tedarikçi kotasının tamamını yerine getiremezse kalanını toptan OFGEM'den almak zorunda kalır. OFGEM'in bu yolla elde ettiği paralar kotasını karşılamış tedarikçilere geri dağıtılır. Böylece tedarikçilerin sertifika alımları için temel bir teşvik sağlanmış olup sistemin devamlılığına katkı sağlanır[136][137].

REC uygulamasının zayıf yönü genellikle teknolojik ayırım olmaması bu nedenle de sadece en ucuz olan olgun teknolojilerin gelişmelerin olanak sağlamasıdır.

3.6.1.5 İhale Sistemi

İhale sisteminde hükümetler belirlenmiş alan ve teknolojiler için ihale çağrısında bulunurlar ve en ucuz teklifi veren katılımcı ile sözleşme imzalanır. İhaleyi kazanan katılımcı ürettiği elektriği piyasa fiyatından satarken arada sözleşme ile anlaşılmış olan fark hükümet tarafından üreticiye ödenir[138].

Her ne kadar ihaleler uzun süreli anlaşmalar ile kazanan yatırımcılara güvenli bir ortam sağlasa da[2] ihalelerin kesikli yapılmaları yenilenebilir enerji yatırımcıları için dengesiz bir ortam yaratmakta bu da nihayetinde fiyatları yükseltmektedir. Ayrıca ihaleyi kazanmak için verilen teklifler bazı durumlarda uygulanabilir olmamaktadır. Örneğin ihale sisteminin en erken uygulayıcılarından biri olan Birleşik Krallık 'ta 2000 yılında yapılan ihalelerin üçte birinden azı gerçekleştirilebildi[99]. Bu verimsizliğin bir nedeni yatırımcıların planlama, teknik ve ticari anlamlarda hesap hatalarından kaynaklandı. Bu nedenle Birleşik Krallık 2002 yılında ihale sisteminden vazgeçti ve RPS sistemini kullanmaya başladı[136].

İhale sistemleri genellikle henüz erken aşamalarda olan yenilenebilir enerji teknolojileri için çok uygun değildir. Bu sistem en iyi büyük ölçekli uygulanabilen ve düşük maliyetleri olan yenilenebilir enerji teknolojilerinde sonuç vermektedir. Bu nedenle ülkeler genellikle çeşitli teknolojiler için farklı uygulamalar kullanmaktadır[2].

3.6.2 Mali Teşvikler ve Kamu Finansmanı

Mali teşvikler ve kamu finansmanı gibi ek destekleme mekanizmaları yenilenebilir enerji gelişimi için genellikle yardımcı veya tamamlayıcı mekanizmalar olarak kullanılırlar. En sık uygulananları üretimdeki vergi indirimleri ve tüketicilerin üstündeki ek yenilenebilir enerji destekleme yükünü kamu kaynaklarına aktarmak şeklindedir[2]. Bu tür politikalar hem üretici hem de tüketici tarafının faydasına olabilmektedir.

3.6.2.1 Yatırım veya Üretim Vergi İndirimi

Vergi indirimlerinin asıl hedefi maliyetleri yüksek olan yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetlerini bir miktar düşürerek daha rekabetçi olmalarını sağlamaktır. Temelde yatırım vergi indirimi(ITC) ve üretim vergi indirimi(PTC) olmak üzere iki şekilde uygulanırlar[139].

ITC yenilenebilir enerji yatırımlarının tamamen veya kısmen vergi zorunluluklarına veya vergi konusu gelirlerine vergi kesintisi uygulanmadan yapılabilmelerini sağlar[92]. Bu uygulamalar girişimcilerin sermaye yatırımlarının üzerindeki vergi yükünü kaldırdıkları için özellikle erken gelişim aşamasında daha çok tercih edilirler[140]. Üretim tarafında ise PTC üretilen yenilenebilir enerji için birim başına alınan vergi indirimi ifade eder[92].

3.6.2.2 Enerji Satışlarında KDV ve Diğer Vergilerden Muafiyet

Enerji vergilendirme politikaları piyasalarda üretim ve tüketimden kaynaklanacak sorunları ve düzensizlikleri engellemek için kullanılabilir. Bu vergilerin en yaygın kullanılan türleri gider vergisi, çevre vergisi ve KDV'den oluşmak üzere genellikle son enerji kullanımında ödenmesi zorunlu olan ek ödemelerdir[141].

Dünya çapında özellikle yenilenebilir enerji teknolojilerini geliştirmek isteyen hükümetler bu alanda uygulanan vergilerin bir kısmını kaldırarak gelişime katkıda bulunurlar. Avrupa Konseyi direktif 2003/96/EC ile ülkelerin vergi indirimlerine açıkça izin vermiş, 2011 yılında ise bu direktifin etkilerini yeterli görülmediği için konu hakkında yeni öneriler sunulmuştur. Amacı AB enerji vergilendirme yasalarını modernize etmek olan önerideki esas husus enerjinin içeriğine ve karbondioksit

salımına göre vergilendirilmesiydi. 2012 yılında oylanan öneri başarısız bir pazarlık süreci sonucunda Komisyon tarafından 2015 yılında geri çekilmiştir[142].

3.6.2.3 Enerji Üretim Ödemesi

Enerji üretim ödemesi, hükümetlerin üretilen her birim yenilenebilir enerji için doğrudan yaptıkları ödemeyi ifade eder. Genel olarak sınırlı zaman için geçerlidir ve yıllık olarak gözden geçirilen mali politikalara göre yeniden düzenlenir. FIT uygulamasının tersine sözleşme gibi bağlayıcı olmayan bir teşvik türüdür. Kısa vadeli uygulamaları hem piyasaları hareketlendirmek için kullanılır hem de hükümetlerin uzun vadede yükümlülük altına girmesini engeller[143].

3.6.2.4 Kamu Yatırımları, Kredi, Hibe, Sermaye Teşvikleri, İndirim ve Geri Ödemeler

Yüksek ilk yatırım maliyeti bir girişimcinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olduğu için kamu kurumları veya bağlı bankalar bu projelerin gerçekleşebilmesi için tek seferlik proje yardımı veya teşviki amacıyla ödeme yaparlar[92]. Birçok yenilenebilir enerji teknolojisi ilk yatırımda yüksek maliyete sahipken işletme döneminde fosil yakıtlara göre daha az maliyetlidir ve bu yüzden ilk yatırım aşamasında destek sistemleri önemlidir. Yenilenebilir enerji üretim tesisleri için aşağıdaki şekillerde destekler sunulabilir[144]:

- Kurulu güce dayalı olarak destekler (USD/MW),
- Toplam yatırımın belirli bir oranı olarak belirlenen destekler,
- Her kuruluma karşı sabit destekler,
- Kurulum maliyetinin belli bir oranında yapılacak geri ödemeler,
- Kurulum aşaması tamamlandıktan sonra kurulu güce oranla yapılacak geri ödemeler.

3.7 Teşvikler İçin Mali Kaynaklar

Yenilenebilir enerji teknolojilerini finansman anlamında harekete geçirmek iklim değişikliği ile mücadele için anahtar öneme sahiptir[145]. Özellikle kümülatif karbon miktarı ile iklim değişikliğinin ciddiyetini belirlediği için yenilenebilir enerji

teknolojilerinin yaygınlaşması konusunda zaman önem kazanmaktadır. Ancak fosil yakıtlara yapılan yatırımlar yanında yeşil enerji için yapılanlar çok küçük kalmaktadır. 2013 yılında yenilenebilir enerjilere yapılan yatırımlar 260 milyar dolar yani enerji sektörüne yapılan 1,6 trilyon dolarlık yatırımın %16'sı civarında olmuştur. Diğer yandan fosil yakıtlara yapılan yatırım 2013 – 2014 yılları arasında %7 artmıştır[75]. Fosil yakıtlar hala enerji sektörüne yapılan yatırımlarda açık ara öndedirler ve düşük karbonlu enerjilere geçiş sürecinde bu teknolojiler için yapılacak olan yatırımların nasıl finanse edilecekleri büyük önem taşımaktadır. Bloomberg New Energy Finance çalışmasına göre Ar&Ge çalışmalarından kurulumlara kadar yenilenebilir enerji için finansman miktarı 2004 yılında 45 milyar dolar iken 2014 yılında 270 milyar dolar olmuştur. Bu yılda %18'lik bir bileşik büyümeye denktir. Buna ek olarak, 2014 yılında yeni kapasite kurulumu için yapılan yatırımlar, eskimiş malzemelerin değişimi için yapılanların tersine, fosil yakıtların iki katı idi ve bu durumun 2020 yılına kadar süreceği öngörülmektedir.

3.8 Avrupa Birliği ve Enerji

3.8.1 Genel Görünüm

Bir yandan sürdürülebilirlik ve iklim değişimi birlik için önemli bir konu olmuşken diğer yandan birliğin yüksek enerji ithalatı eskiden beri süregelen bir sorun olmuştur. 2016 yılında AB harcadığı enerjinin %53,6 ile yarısından fazlasını ithal etmiştir. 2004 yılından beri enerji bağımlılığı %50 seviyesinin üzerinde olup, 2008 yılında %54,5 ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Yine 2016 yılında Estonya %6,8 ile birlik üyeleri arasında ithalata en az bağımlı olurken Malta depolama ihtiyaçları nedeni de hesaba katıldığında %100 üzerinde bir rakamla üyeler arasında en bağımlı taraf olmuştur. En fazla tüketimi olan 5 üyeye baktığımızda ise %35,3 ile Birleşik Krallık en az bağımlı, %77,5 ile İtalya en bağımlı üye olarak göze çarpmaktadır. Birlik doğalgaz ve petrol kalemlerinde en yüksek ithalatını Rusya ile yapmaktadır. Özellikle doğalgazda dalgalı bir seyir olsa da 2005 – 2015 yılları arasında yaklaşık %30 seviyelerinde bir ithalat gerçekleştirilmiştir[146]. Enerjiye olan ihtiyacın artması ve birlik üyelerinin buna cevap verememesi nedeniyle fiyatlar yüksek seyrine devam etmiştir bu da AB'nin tedarik ve fiyat şoklarına karşı zayıflığını artırmıştır[147]. AB'nin ithalat bağımlılığı tek başına bir

güvenlik sorunu değildir çünkü enerji ihracatçısı ülkeler arasından bir tedarikçi bulmak mümkündür. Ancak enerji zengini ülkelerdeki endişe verici politik gelişmeler bu ülkeleri güvenilir ve öngörülemez tedarikçi konumuna sokmaktadır. Enerji ihracatçısı ülkelerdeki politik, ekonomik ve etnik çatışmalar birlik için tedarikte kesilmelere ve enerji altyapılarına yatırımlarda olumsuz etkilere neden olabilir. Birçok ihracatçı ülkede enerji endüstrileri hükümet kontrolündedir ve bu da endüstrinin politik bir silah olarak kullanılabileceği korkusunu yaratmaktadır. Bu yüzden AB için enerji tedarikindeki asıl sorun emre amadelik değil güvenilirlik ve istikrardır[148].

Piyasaların birleşmesi ve sistemin enterkonnekte olması komşu piyasalarda da üretim ve fiyat anlamında iyileşmelere neden olmaktadır. Birlik üyelerinin çok farklı üretim portföyleri bulunmaktadır ve bunun nedenlerinden bir tanesi de başlangıç için farklı doğal kaynaklara sahip olmaktır. Ancak enerji politikası faktörleri de önemli rol oynamaktadır. Politika nedeni farklılıklara örnek olarak nükleer enerji gösterilebilir. Aynı temelde bazı ülkelerde yenilenebilir enerjiler çok hızlı gelişirken diğerlerinde farklı teşvik yapısından dolayı görece daha yavaş gelişmektedir.

Yakıt güvenliği ve karışımına dair bütünleşmiş politikaların olmaması tedarik güvenliğinde sorunlara yol açabilir. Kuru yıllarda Nordik ülkeleri kış rezervlerini korumak adına Avrupa için dengeleyici güç sağlayamamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulumundaki koordinasyon ile enterkonneksiyon eksikliği nedeniyle yenilenebilir bir kaynaktan üretilen enerjinin talep noktasına ulaştırılamaması ve coğrafi bölge farklılıklarında yenilenebilir enerji çeşitliliğinden yararlanılamaması enerji tedarikinde güvenlik konusunda sıkıntılara neden olacaktır. Örneğin bir bölgede rüzgârın veya güneşin eksikliğinde sadece yerel piyasa değil aynı zamanda enterkonnekte sistem de yanıt vermektedir. Bu nedenle Almanya gibi çeşitli kaynaklarda hızlı gelişim sağlayan ülkeler enterkonnekte sistem de güçlü ise komşularının elektrik sistemlerini de etkileyecektir. Bu yüzden yenilenebilir kaynaklar da dâhil olmak üzere hükümetler güvenlik çıkarımlarında yakıt politikalarına önem vermelerinde fayda vardır[149].

3.8.2 Yenilenebilir Enerjiler için Mevcut Durum

Günümüzde yenilenebilir enerji teknolojileri AB için uygulamada ve geliştirmede hızlı yükselişine devam ediyor ancak hedeflenen yapıya ulaşılması için daha zamana ihtiyaç olduğu görülmektedir. Öncelikle yenilenebilir enerji teknolojilerinin enerji güvenliğindeki desteği ciddi rakamlara ulaşmıştır; 2015 yılında 16 milyar avroluk fosil yakıt ithalatına eş üretim yapmışlardır ve bu rakamın 2030 yılında 58 milyar avro olması beklenmektedir[150]. Bununla birlikte yenilenebilir enerji teknolojileri karbonsuzlaştırma konusunda da AB'nin en önemli silahıdır. Yine 2015 yılında yenilenebilir teknolojilerin Birlik'e karbon salımının engellenmesi açısından faydası İtalya'nın toplam salımı kadardır[151]. Diğer taraftan yenilenebilir teknolojiler AB'nin inovasyon konusunda küresel liderliğe oynamasında çok önemli bir rol oynuyor. Yeşil teknolojilerde alınan patentlerin %30'una sahip olan AB, bu alanda bir öncü ve araştırma ve inovasyon konularını öncelikli kabul etmeye devam edip enerji değişimini sürdürmeyi hedeflemektedir[152]. Son olarak EurObserv'ER raporuna[153] göre 2015 yılında yenilenebilir enerji sektörü 1139050 kişiye istihdam sağlamış ve 153 milyar avroluk ciro yapmıştır.

Sektördeki ilerlemelere bakıldığında ise 2014 yılı için brüt son enerji kullanımında %16 seviyesine çıkmıştır. Her ne kadar ısıtma ve soğutmada miktar olarak 92 Mtoe ile en fazla kullanılsa da yenilenebilir enerji için en yüksek büyüme ve pay elektrik sektöründe olmuştur. 2004 ile 2014 yılları arasında her sene %1,4 büyüme sağlanmıştır[151]. 2015 yılında elektrikte yaklaşık %28,3 pay ile çoktan Ulusal Yenilenebilir Enerji Aksiyon Planı (NREAP)² ortalama hedefinin önüne geçmiştir. Hidroelektrik güç hala bu üretim içerisinde en büyük paya sahiptir ancak 2004 yılında %74 olan payı 2015 yılında %38 seviyesine düşmüştür. Hidroelektrik üretiminde Fransa, İtalya, Avusturya, İspanya ve İsveç, EU-28 üretiminin yaklaşık %70'inden sorumludur. Rüzgâr aynı süreç içerisinde üretim miktarını üçe katlamış ve üretilen yenilenebilir elektriğin üçte birinin kaynağı olmuştur. Karadaki rüzgâr santralleri

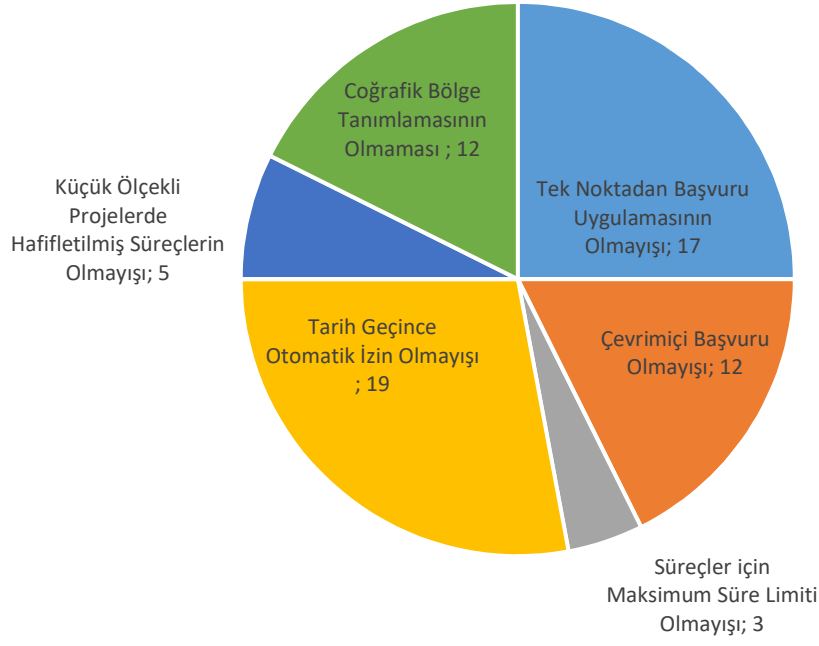
² Direktif 2009/28/EC madde dörde göre her üye tarafından 2010 yılında yenilenebilir enerji için bildirilen hedefler (National Renewable Energy Action Plan).

beklenen kurulum seyirlerini yakalamışlardır ve en büyük katkı Almanya ve İspanya'dan gelmiştir. Deniz üzerine kurulu santrallerde ise İsveç, Almanya, Birleşik Krallık ve Danimarka kurulumların çoğundan sorumludur ve 2015 için beklenen kapasitelerinin üzerinde kurulum gerçekleştirmişlerdir. Deniz üzeri santraller için diğer ülkelere baktığımızda ise durum bu kadar parlak değildir. Ortalama değer olarak ele aldığımızda -%12 kadar NREAP hedeflerinden sapma vardır. FV santrallerinde ise hızlı artış ile 2015 yılında elektrik üretiminin %12'sinden sorumlu olmuştur. Aynı yıl EU-28 içerisinde FV santrallerinde üretilen elektriğin %38'i Almanya, İtalya ve İspanya sınırları içerisinde üretilmiştir.

Ülkeler ve Birlik açısından ilerlemeler sadece ekonomiye bağlı gibi gözükse de son yıllarda durum daha farklıdır. Daha yüksek yatırım maliyetleri yüzünden yenilenebilir enerji projeleri belirsizliklerden ve idari engellerden daha çok etkilenmektedir. Hızlı ve düzenli düşen teknolojik maliyetler nedeniyle idari engeller tüm proje maliyetinde daha da ağırlık kazanmaktadır[154]. Her ne kadar üyeler çevrimiçi başvurular, uzatılmış süreler gibi konularda ilerleme kaydetmiş olsalar da geline nokta süreçlerde hala sıkıntılar bulunmaktadır. Örneğin 2012 yılı ile karşılaştırıldığı zaman 2014 yılında tek noktada hizmet sunumu yani tüm lisans-izin süreçlerinin tek bir noktadan gerçekleştirilmesi uygulamasında çok az değişiklik olmuştur. Sadece Fransa, Belçika ve Lüksemburg bu değişikliğe ayak uydurmuşlardır. Diğer yandan çevrimiçi başvurularda da ilerleme az olmuştur; Avusturya ve Bulgaristan da bu uygulamaya katılmışlardır. Ek olarak hemen her üye başvurularda ki maksimum süreleri uzatmıştır. Ancak küçük ölçekli projeler için kolaylaştırılmış süreçler sunan üye devletlerin sayısı da azalmıştır[151]. Çizelge 7 ve Şekil 5'de üye devlet seviyesinde idari engellere dair bilgi verilmiştir[150].

Çizelge 7 AB Üye Ülkelerindeki İdari Engelleri Tanımları[150]

ENGEL	TANIMI
Tek noktadan başvuru uygulamasının olmayışı	İlgili izinlerin alınması ve destek sistemlerinden faydalanmak için tek bir idareye başvurunun mümkün olmaması
Çevrimiçi başvuru olmayışı	Başvuru sahiplerinin internet üzerinden başvuru yapamaması ve belgeleri posta yoluyla teslim etmeleri
Süreçler için maksimum süre limiti olmayışı	İdarelerin başvurular ile ilgilenirken zaman kısıtlarının olmaması
Tarih geçince otomatik izin olmayışı	Son başvuru tarihi belirlenmiş olsa da idareler istemediği sürece başvurunun yapılamayışı
Küçük ölçekli projelerde hafifletilmiş süreçlerin olmayışı	Küçük ölçekli projelerin büyük ölçekliler ile aynı süreçleri geçirmesi
Coğrafi bölge tanımlamasının olmayışı	Coğrafi planların yenilenebilir enerji inşaat alanlarını kapsamaması



Şekil 5 AB Üye Devletlerinde İdari Engeller[150]

4 SEÇİLMİŞ ÜLKELERDE DURUM

Bu bölüm altında Türkiye ile karşılaştırmada kullanılacak olan ülkelerin gelişimleri ve mevcut durumları paylaşılmıştır. İlk üç ülke olarak Almanya, İspanya ve Danimarka seçilmiş olup seçimlerinde AB üyesi olmaları, coğrafi özellikleri, fosil yakıt kaynaklarının azlığı, teknoloji geliştirme ve kullanım becerileri, teşvik süreçlerindeki başarılı ve başarısız tutumları gibi faktörler değerlendirilmiştir. Dördüncü ülke olarak seçilen Çin AB üyesi olmamasına karşın endüstri altyapısında kullandığı model ile üretim ve kurulumda dünya lideri konumuna gelmesi, refah durumundan dolayı çevredense ekonomik öncelikli yaklaşımı gibi konular ile değerlendirmeye değer bulunmuştur. Seçilen ülkelere her biri farklı bir nokta ile öne çıkmaktadır ve bu noktalar Türkiye tarafından uygulanan yöntemler ile karşılaştırılacaktır.

4.1 Almanya

Almanya'nın değerlendirme için seçiminde üç ayrı başlıktaki durumu etkili olmuştur; coğrafyası, teknolojik birikimi ve teşvik süreçlerinin yönetimi. Coğrafyasına baktığımız zaman Almanya'nın fosil yakıtları düşük verimli, hidrojen potansiyeli ise ülkeyi öne çıkarmaya yetmeyecek kapasitede idi. Almanya Nükleer enerjiyi kullanmaya erken başlamıştır, hatta KKS kodlaması ile nükleer santrallerin dilini oluşturmuştur ancak kömür ile ilgili politik stratejiler ve Çernobil kazası gibi korku unsurları nedeniyle zaman içerisinde yenilenebilir enerjilere yönelmeyi tercih etmiştir. Ancak bu tercihi yapılırken uygulamada Almanya coğrafyası için kullanılabilecek olgunlukta bir teknoloji mevcut değildi ve bu yüzden seçilen teknolojiler zaman içerisinde geliştirildi. Teknolojileri tanıtım ve yaygınlaştırma noktalarına getirdikten sonra ise başarılı teşvik süreçleri ile bunların yayılmasını sağlamıştır. Her ne kadar son kullanıcı fiyat artışı ve toplumda fırsat eşitsizliğine neden olduğu konularında eleştirilse de hedefe yol alma bakımından ele alındığında Almanya dünyada yenilenebilir enerjiye geçiş döneminde örnek alınması gereken birçok ilki gerçekleştirmiştir.

4.1.1 Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi

Almanya geçmişinde enerji politikaları olarak farklı dönemlerde farklı teknolojilerde ciddi politika değişiklikleri uygulamıştır. Nükleer tarafta Three Mile Island ve Çernobil

kazaları süre gelen bir sorunun parçası iken bunlara sonradan eklenen Fukushima Daichii kazası bir noktada belirleyici olmuştur. Diğer yandan kömüre olan güven 1960'lardan itibaren sağlık endişeleri nedeniyle giderek azalmıştır. Buna cevap olarak fosil yakıt lobilerinin sözcüleri kömürün daha temiz kullanılabileceğini belirtmişlerdir ve depolama yardımıyla kirlетici içeriğin salımını azaltacak politikalar devreye alınmıştır[155]. Ancak sürecin devamında nitrat emisyonu salan ve asit yağmurlarına neden olduğunu düşünülen bu depolamalar yavaş yavaş ormanları kurutmakla suçlanmıştır[156]. 1990'lar ve sonrasında kömür karşıtı görüş iklim değişikliği hakkındaki bilincin artmasıyla sürekli güçlenmiştir. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak kömürün sağlam bir yerel kaynak olduğu ve nükleer enerjinin ucuz ve çevreci olduğu anlatıları sorgulanmış ve açık protestolara maruz kalınmıştır. Algıdaki bu değişim toplum tavrında da değişim ile neticelenirken aynı zamanda kamunun düzenleme ve risk yönetimi konularında da ayarlamalara gitmesine neden olmuştur[157]. Bir zamanlar elektrik üretiminin %85'inden fazlasını oluşturan iki kaynak artık toplum tarafından istenmemeye başlamıştı. 2000 ile 2010 yılları arasında elektrik ve akaryakıt (trafik) ihtiyaçları artarken ısı üretimi için kullanılan birincil enerji kaynakları ciddi oranda azalmıştır[158][159]. 2010 yılına kadar üretilen enerjinin yarısı kömür ve linyitten sağlanırken diğer yarısı nükleer, gaz ve yenilenebilir teknolojilerinden sağlanmaktaydı. 2010 yılından beri yenilenebilir enerjilerin payı gittikçe artarken nükleer enerjinin payı aynı süreçte azalmış, kömür ve linyit ise bu süreçte neredeyse aynı kalmıştır[159]. Bunlara ek olarak, eğer devreden çıkarma planlarında bir değişiklik olmazsa 2017 yılında kurulu gücü 10793 MW mertebesine düşen nükleer santraller 2022 yılında tamamen kullanımdan çekilecektir[160].

Enerji konusunda izlenilen yollara bakmadan önce Almanya'nın politik yapısını anlamakta fayda vardır. Federal bir yapıya sahip olan Almanya'da eyaletler de yasaların hazırlanması sürecine dâhil olmaktadır. Bütün enerji yönetmelikleri ve düzenlemeleri federal düzeyde planlanır ve kabul edilir ancak bu yasaların uygulanmasından eyalet düzeyindeki hükümetler sorumludur[161]. Buna ek olarak eyalet yönetimleri yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi gibi konularda kendi programlarını hazırlayıp uygulayabilmektedir. Federal seviyede ise enerji politikalarını

belirleyici olan makam Ekonomi ve Teknoloji Federal Bakanlığı (BMWİ) mevkiidir. BMWİ ÷lkedeki iklim değişikliği, doğanın korunması, n÷kleer g÷venlik gibi çevre politikalarını da ilgilendiren konularda söz sahibidir. Uygulama noktasında ise bakanlık dışa açıktır ve genelde rapor sonuçlarına dayanan, bilimsel uzmanların yoğun katıldığı tartışma ortamları sağlanır. Örneğin Fukushima kazasının hemen sonrasında kurulan ve diğer adı Enerji Politikalarının Geleceği olan Etik Komisyonu n÷kleer santrallerin devreden çıkartılması ve yenilenebilir enerjilere ağırlık verilmesi konularında hem yön gösteren hem de gerekçeleri sağlayan bir yol haritası çizmiştir[162]. N÷kleer santrallerin devreden alınması ve yenilenebilir teknolojilerinin geliştirilmesi ile birlikte enerji verimliliği konuları Enerji Değişimi'nin (Energiewende) üçayağını oluşturmaktadır.

Fukushima kazası sonrasında federal hükümet en eski 7 reaktörünü kapatma ve o an hizmette olmayan bir reaktörünü hizmete geri sokmama kararı almıştır[163], kalan 11 n÷kleer ünite için ise n÷kleer güvenlik komisyonunun bir stres testi yapması istenmiştir[164]. Bununla birlikte Etik Komitesi yenilenebilir enerjilerin kullanımını ve enerji verimliliği uygulamalarını artıran ve n÷kleer güç üretimi sonraki 10 sene içerisinde azaltarak bitirecek olan çözümler önermiştir. Komisyon önerisinde 2015 yılında salınacak karbondioksit miktarının 2005 değerinden %20 azaltılmasını önerilmiş ve Enerji Değişimi'nin pürüzsüz ilerlemesi ve yeni politikaların kabulünü artırmak için hem seçilmiş bir komite hem de bir kamuya açık enerji forumu oluşturulmasının gerekliliği savunulmuştur[165][163].

2011-2015 yılları arasında Enerji Değişimi programının etkileri net bir şekilde gözlenebilir olmuştur. Üretimde yenilenebilir enerji teknolojilerinin payı %17'den %28'e çıkmış n÷kleerin payı %23'ten %16 mertebesine düşmüştür. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımındaki bu artış özellikle hava koşullarının uygun olduğu durumlarda doğal gaz santrallerinin hatta bazen taş kömürü santrallerinin bile rekabetçi durumlarını yitirmeleri ile sonuçlanmıştır, sadece çok ucuz fakat karbondioksit salımları çok yüksek olan linyit santralleri bu ortamda rekabetçi kalabilmişlerdir. Bu da paradoksal bir duruma yol açmıştır; Almanya Enerji Değişi programına daha çok para yatırdıkça (teşvikler yoluyla son tüketiciler tarafından

karşılana n €27 milyar programa aktarılmıştı) karbondioksit miktarı artmıştır çünkü mevcut piyasa ortamında sadece linyit rekabetçi kalabilmiştir[166].

Çizelge 8’de elektrik üretiminde kullanılan kaynakların yıllara göre değişimi verilmektedir[167].

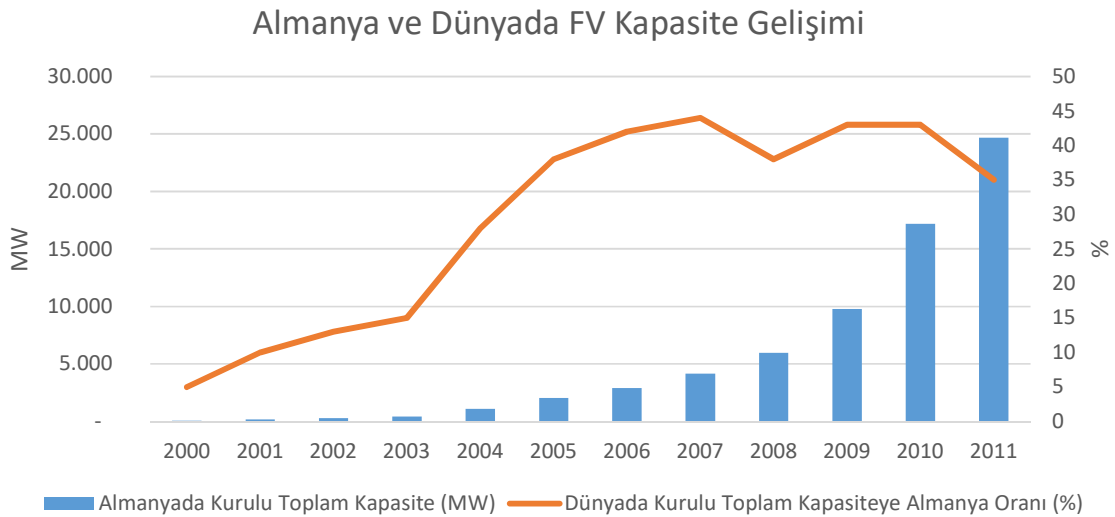
Çizelge 8 Üretilen Elektriğin Kaynaklara ve Yıllara Göre Dağılımı (Almanya)[167]

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015
Linyit	170,9	142,6	148,3	154,1	145,9	155,8	155,0
Nükleer	152,5	154,1	169,6	163,0	140,6	97,1	91,8
Taş Kömürü	140,8	147,1	143,1	134,1	117,0	118,6	118,0
Doğalgaz	35,9	41,1	49,2	72,7	89,3	61,1	59,6
Petrol	10,8	9,1	5,9	12,0	8,7	5,7	5,4
Yenilenebilir	19,7	25,1	37,9	62,5	104,8	162,5	195,9
Diğerleri	19,3	17,7	22,6	24,1	26,8	27,0	26,1
Toplam	549,9	536,8	576,6	622,5	633,1	627,8	651,8

Bu bilgilere ek olarak Almanya ithal ettiği elektrikten (2014 yılında 40 TWh) çok daha fazlasını ihraç(2014 yılında 75TWh) etmektedir[168].

Kömür ve nükleer enerjiye paralel olarak Almanya yenilenebilir enerji teknolojilerini geliştirmeyi ve yaygınlaştırmayı çok uzun süreden beri desteklemektedir. İlk dönemlerinde verilen destekler ulusal FIT uygulamaları şeklinde olmayıp, doğrudan Ar&Ge fonlaması, küçük yerel inisiyatifler ve Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı’nın rüzgâr ve güneş için tanıtım programları şeklinde gerçekleştirilmiştir. 1000 Çatı Programı 1989 yılında başlayıp 1994 yılında tamamlanmış ve ortalama 2,6kWp ile 2250 çatıda 6,15 MWp toplam kapasiteye erişilmiştir. Ortalama sistem maliyeti USD 15000 /kWp olmakla beraber ortalama yatırım teşvik oranı %70 mertebesinde olmuştur[169]. Bu arada 1991 yılında ilk FIT yasası (Stromeinspeisungsgesetz) geçmiş ancak maliyetin altında kalan teşvikler nedeniyle sadece bu yasaya bağlı olarak bir FV gelişimi görülememiştir[170]. Rüzgâr içinse 1988 yılında ise Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı başka bir tanıtım programı belirlemiş, daha olgun olan rüzgâr teknolojisi için 20MW olan kurulu gücün 100MW’ye artırılması öngörülmüştür fakat sonradan bu rakam 250MW’ye çıkartılmıştır[171]. 1998 yılına gelindiğinde Almanya’da iktidar değişmiş, gelen yeni

koalisyon enerji için bir çevre vergisi, yenilenebilir enerji gelişimi için yeni yönetmelikler ve devam programı olanı 100000 Çatı Programı ve nükleer santrallerin anlaşmalı devreden çıkartılması konularında hem fikir olmuş ve tüm bu hedeflerini 2001 yılına kadar gerçekleştirmiştir[172]. 100000 Çatı Programı dâhilinde verilen düşük faizli borçlar ile ödemelerdeki iyileştirme FV teknolojileri piyasasında bir sıçramaya neden olmuştur ve 1999 yılında 9MW olan yıllık kurulu güç artışı 2003 yılına gelindiğinde 15 kattan daha fazla artmıştır. Bu süreçte 2000 yılında çok önemli olan ve sonrasında daha çok değişiklik ve eklentiler yaşayacak olan yenilenebilir enerji yasası (EEG) yürürlüğe girmiştir. EEG özellikle son kullanıcı elektrik fiyatlarının artması, enerji yoğun endüstrilerin uluslararası rekabeti ve Alman yenilenebilir enerji teknolojileri endüstrisinin gelişimi üçgeninde sürekli ihtiyaçlara ve koşullara göre güncellenmiştir[173].



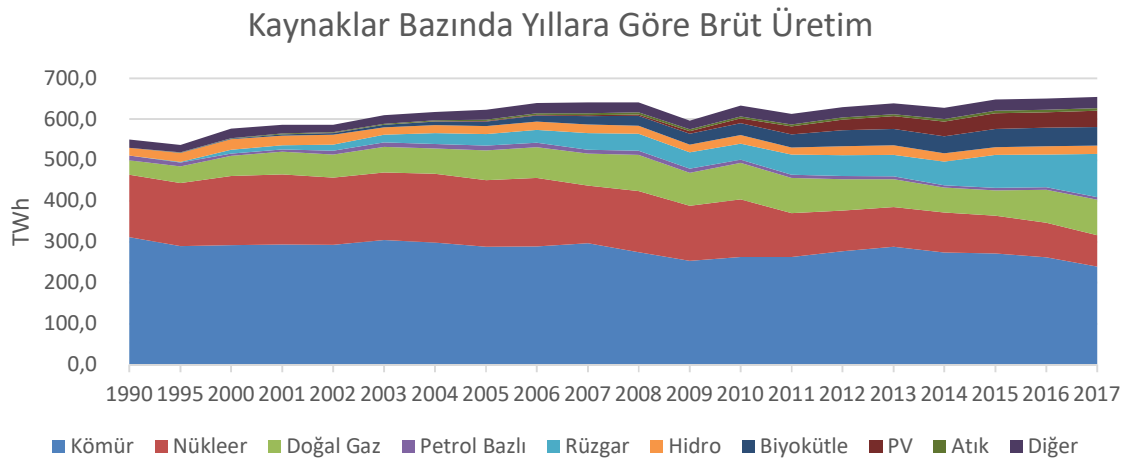
Şekil 6 Almanya ve Dünyada FV Kapasite Gelişimi[173]

Şekil 6'da dünyadaki ve Almanya'daki FV kapasite gelişimleri gösterilmektedir ve belli bir dönem için Almanya neredeyse dünya üzerindeki kurulu FV gücünün yarısına sahip olmuştur. Her ne kadar üretim kaynaklarındaki değişimler istenilen hedefe doğru ilerleniyormuş algısı yaratsa da konunun ekonomik boyutu negatif sonuçlar

yaratmaktadır. Hükümet tarafından verilen 20 yıllık teşvikler yüzünden 2012 yılından beri elektrik fiyatları ciddi biçimde artmaktadır. Şebekenin teşvikli kaynaklar tarafından beslenmesi nedeniyle artan fiyatlar yüzünden enerji yoğun sanayi mensupları dışında bütün tüketiciler etkilenmektedir[174]. Bu konu ile ilgili diğer bir sorun ise fırsat ve gelirlerin adaletsiz dağılımıdır. 40000'den fazla özel güneş enerjisi yatırımcısı mevcut faiz oranlarından çok daha yüksek bir getirisi olan garantilenmiş gelir kaynağından faydalanırken toplumun daha yoksul kesimleri bu garantili getirilerin bedelini ödemek zorunda kaldıkları iddia edilmektedir[175][155]. Bu sürecin sonucu olarak ortalama hane elektrik fiyatı 2010 yılından beri üç kat artmıştır[174].

4.1.2 Mevcut Durum ve Hedefler

Alman elektrik sektörü için 1990 – 2017 yılları arasında kaynaklara göre brüt üretim miktarları Şekil 7'deki gibidir.

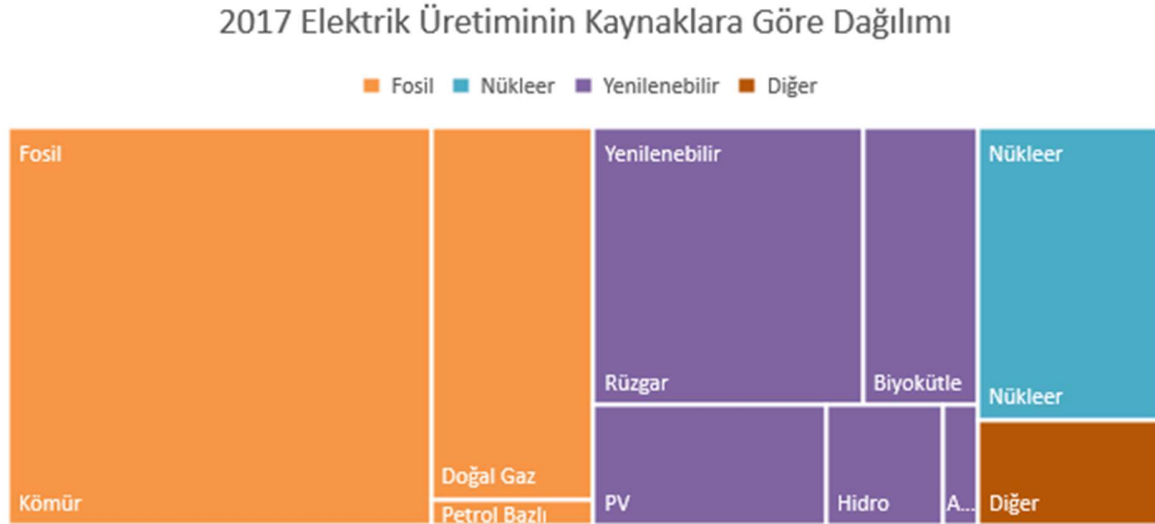


Şekil 7 Almanya 1990-2017 Kaynaklar Bazında Brüt Üretim[159]

Ülke içerisinde her ne kadar yenilenebilir enerjilerin gelişiminde ilkler yaşanmış, kömür karşıtı bir toplum görülmüş olsa da 2017 yılında Almanya'nın elektrik üretiminde bir numaralı kaynağı 240,1 TWh saat ile kömürler olmuştur. 1990 yılında başlayan süreç içerisinde kömürün üretimdeki miktarı neredeyse yatay seyretmiş, nükleer enerji azalırken yenilenebilir kaynaklarda artış görülmüştür. Toplam üretimin

son 27 yıldır neredeyse yataya yakın seyretmesinin nedeni ise enerji verimliliğinde yapılan ciddi çalışmalardır.

2017 yılına odaklanıldığında ise üretimin kaynaklara göre dağılımı Şekil 8'deki gibidir.



Şekil 8 2017 Almanya Üretimin Kaynaklara Göre Dağılımı [159]

2017 sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin toplama oranı %33,31 civarında olmuştur. Bununla birlikte Almanya birçok kaynakta dünya sıralamasında ilk sıralarda yer almıştır. Kurulu güç bakımından incelendiği zaman Almanya 8993 MW ile bioenerjide 5., 42396 MW ile FV'de 4. Ve 55876 MW ile rüzgârda ise 3. sıradadır. Bu sıralamalarda kendisini geçen ABD ve Çin'in nüfus yoğunlukları düşünüldüğü zaman Almanya kişi başına değerlerde listede daha da yukarıya çıkmaktadır.

Elektrik üretimi konusunda izlenen politikalara baktığımızda ise FIT kapsamında yararlanılacak olan miktar teknolojilere göre yasalarda ayrı ayrı tanımlanmıştır ve buna ek olarak 2017 yılında güncellenen EEG'ye göre aşağıdaki gibi durumlarda tarife değerlerinde düşüş gerçekleşmektedir[176]:

- Santral işletmecisi bölgesel sertifikalandırmadan faydalaniyorsa destek kısmi azaltılır,

- Vergi indirimlerinden faydalanma söz konusu ise destek aynı oranda azaltılır,
- Yasa zorunluluğu olan kayıt işlemleri yapılmadıysa destek sıfıra indirilir,
- Teknik gerekler yerine getirilmemişse destek piyasa seviyesine indirilir,
- Yenilenebilir enerji ile birlikte metan gazının çoklu satışı yapılıyorsa destek piyasa seviyesine indirilir.

Yukarıda sıralananlar ile birlikte fiyatlar, teknoloji, arazi sahipliği, süre, sertifikasyon ve daha birçok konuda tanımlayıcı ifadeler bulunan EEG 2017 içerisinde herhangi bir teknolojinin faydalanabileceği destek miktarı noktasal olarak belirtilmektedir. Bu miktarları aralık olarak incelediğimizde ise Çizelge 9'daki gibi bir liste oluşmaktadır.

Çizelge 9 Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Verilen Destekler[177]

Kaynak	Teknoloji	€ct / kWh
Rüzgâr	Kara	4,66 – 8,38
	Açık Deniz	3,9 – 1,4
Güneş	Tanımlı Bina Uygulamaları	8,91 – 12,7
Jeotermal	-	25,2
Biyogaz	Çeşitli	5,66 – 23,14
Hidroelektrik	-	3,47 – 12,4
Biokütle	-	5,71 – 13,32

FIT teşviklerine ek olarak devlete ait KfW Gelişim Bankası'nın sağladığı düşük faizler, elektrikli veya hidrojenli araç kullananların araçları için aldıkları elektrikte indirim sağlayan çevre bonusu uygulaması, 100 kW üzerinde kapasitesi olup tek fiyat yerine piyasa primi uygulamasından faydalanan santraller, konut çatılarında üretilip yine buralarda tüketilen elektrik için ek ödemeler, yan hizmet sağlayabilen biyogaz santralleri için ek ödemeler ve ihale gibi daha pek çok sistemleri bulunmaktadır[178].

FIT uygulamalarında teşvikler devlete ait merkezi bir kaynaktan ödenmemekte, bunun yerine destekler nedeniyle oluşan sürşarj da denilen ek maliyetler son kullanıcılar arasında paylaştırılmaktadır. Bu kavram adına 2017 yılı için hesaplanan bedel EUR 6,88 Cent/kWh olmuştur ve bir önceki yıla göre %8'lik bir artış göstermiştir. Ancak artan sürşarj miktarı toplamın da arttığı anlamına gelmemektedir. 2013 yılında elektrik fiyatı ve sürşarj toplamı EUR 10,55 Cent/kWh seviyesine çıkmış sonrasında ise bu toplam her sene daha da azalmıştır ve 2016 yılında EUR 9,69 Cent/kWh olan son fiyat 2017 yılında EUR 9,56 Cent/kWh'e düşmüştür[179]. 2016 yılında EEG'den dolayı yapılan toplam ödeme 27,4 milyar avro bunun olmuş, karşılığında üretilen enerji ise 161479 GWh olmuştur. Güneş enerjisi üretimde %21,36 katkı sağlarken maliyette ise %38,06 rol oynamıştır. Bu destek – maliyet oranının tersine rüzgâr santrallerinin üretimi %41,07 iken maliyetteki payı %22,71 olmuştur[177]. Sürşarj ödemeleri ise muaf olmayan paydaşlar arasında neredeyse eşit dağılmıştır; hane kullanımı ve hizmet sektörü eşit miktarda yani %36, endüstri %27 ve trafik %1. Almanya bu ödemelerde sadece enerji yoğun endüstrilerine uluslararası rekabette zor bırakmamak adına bir üst sınır belirlemiş kalan tüketiciler ise toplam masrafı aralarında paylaşmıştır. 2300 adet firma 2017 yılında sürşarj uygulamasından muaf edilmiştir ve sadece bu firmaların teşvik mekanizması için katkısı 600 milyon avro olmuştur[179].

Almanya'nın gelecek ile ilgili hedeflerine bakıldığında ise çıtaı yükseltmekte olduğu görülebilir. 2030 yılı için daha önceden belirlediği %55'lik elektrik üretiminde yenilenebilir enerjilerin payını artırma görüşmelerini başlatmış durumdadır[180]. Bu nedenle güncellenmekte olan hedeflerin bilgisine yer verilmemiştir .

4.2 İspanya

İspanya'nın seçiminde iki önemli ölçüt rol oynamıştır; birinci neden güneşlenme süresi ve miktarları bakımından Avrupa ülkeleri arasında görece iyi değerlere sahip olması ve bu bakımdan diğer seçilmiş ülkelere nazaran Türkiye ile daha karşılaştırılabilir olması, ikinci ve daha önemli neden ise FIT uygulaması esnasında yapılan hatalardan dolayı piyasanın bir süre çok ciddi bir sıçrama yapması sonrasında ise bir yıl sıfır

kurulum gerçekleştirmesi ve günümüzde normalleşen politikada hatanın gözlenebilir izlerinin olmasıdır.

4.2.1 Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi

İspanya'da yenilenebilir enerjilerin güç üretimine katılımları 1997'de çıkan Elektrik Sektörü Yasası (54/97) ile olmuştur. Bu yasa liberal elektrik piyasalarına geçiş için hazırlanmış olan Avrupa Direktifi 96/92/EC'ye göre hazırlanmış ve serbest piyasanın önünü kısmi de olsa açmıştır. 2818/1998 numaralı Kraliyet Kararnamesi 1999 yılında yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin alımını garantilemiş, sabit fiyat veya piyasa fiyatı üzerine verilecek sabit fark seçeneklerini sunmuştur ancak o dönem için sadece 5 kW'ya kadar olan kapasiteler yeterli desteklenmiştir.

2004 yılına gelindiğinde ise 436/2004 numaralı Kraliyet Kararnamesi ile önceki düzenleme üzerinde ciddi değişiklikler yapılmış ve İspanya için FV piyasalarını ivmelendirmek hedeflenmiştir. Kararname FIT ücretini referans elektrik ücretine yani o dönemin elektrik ücreti ile bir katsayının çarpımına bağlamıştı böylelikle tarife otomatik olarak güncellenmekteydi. Ayrıca 2010 yılına kadar ülke çapında 135 MW FV kurulu gücü hedefi belirlenmiştir. Ancak bu kararname 100 kW kapasiteye kadar olan santraller için daha iyi bir tarife sunuyor, bu kapasite geçilince verilen teşvik neredeyse yarı yarıya düşüyordu. Örneğin 2005 yılında 100 kW kapasite ve altı için EUR 42 Cent/kWh olan tarife 100kW kapasite geçilince EUR 21,99 Cent/kWh'e düşüyordu. Tarife ise ömür boyu geçerliydi, sadece 25 yıl sonra miktarında düşüş olacaktı. Bu düzenlemelerin bir sonucu olarak tesisler 100 kW kapasiteli bloklar halinde yapılmaya başlanmıştır[181]. Kararname 436/2004 yürürlüğe girdiğinden beri FIT uygulaması anahtar destek elemanı olmuştur. 2004 ve 2005 yıllarında Enerjinin Çeşitlendirilmesi ve Korunması Enstitüsü (IDAEA) tarafından verilen ulusal fonlama tasarısı ile düşük faizli krediler ve doğrudan teşvik sistemleri gibi ek destek sistemleri de kullanmak mümkün olmuştur[182]. Bunun da dışında bölgesel ve yerel yönetimler de hibeler söz vermiştir ancak birçoğu çıkarılan zeyilname ile aşırı desteklemenin önüne geçmek için kesilmiştir.

Ancak fiyatlarında Almanlardaki gibi giderek azalan bir seyir izlemeyen İspanyol FIT mekanizması ile FV yatırımı için mükemmel denebilecek bir ortam sunulmuştur. 436/2004 numaralı kararname ile birçok yerli ve yabancı yatırımcının %10 gibi yüksek bir karlılık oranı ile dikkatini çekmiştir ve ayrıca İspanyol bankaları da FV kullanımını benimsemiş ve borç vermeye istekli konuma gelmişlerdir[183]. 2006 yılına kadar 30 TWh saat kadar elektrik yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş ancak her ne kadar FV için verimli bir ortam oluşturulmaya çalışılsa da bu üretimin %80'i karadaki rüzgâr santralleri tarafından gerçekleştirilmiştir[169].

2007 yılının haziran ayında yürürlüğe giren Kraliyet Kararnamesi 661/2007 İspanya'nın FV sektörünün gelişmesinde önemli rol oynamıştır. Yenilenebilir Enerji Planı 2005-2010'un görece gerisinde olan kurulum miktarı hedeflere ulaşmak için hızlandırılması hedeflenmiştir[184]. Ayrıca yeni kararname FIT ücretlendirmesi ile referans elektrik ücreti arasındaki bağı koparılmış çünkü sadece 2005 – 2006 yılları arasında elektrik referans ücreti %4,5 artmıştı ve bu da tüm destek mekanizmasındaki maliyetlerin artmasına neden olmuştu[185]. Bu karardan sonra FV üreticileri değişken ve genellikle artan bir ücret yerine sabit bir fiyata mecbur bırakılmıştır. Tek bir istisna dışında teşvik miktarları değişmedi; kapasitesi 100 kW - 10 MW arasında olan santrallerin tarifesinde %82 oranında bir değişiklik yapılmıştı. 661 numaralı kararnamenin getirdiği diğer önemli değişiklikler ise[186]:

- 2010 yılından başlamak üzere, her dört yıllık sürede veya hedef kapasiteye ulaşıncaya FIT tarifleri gözden geçirilmiştir. Hedeflenen kapasitenin %85'ine ulaşıldıktan sonra 12 ay içerisinde kurulacak olan kapasiteler piyasa toptan fiyatı üzerinden alınması uygulanan FIT rejiminin sonunu getirirken yenisi için çalışmaları tamamlayacak ve geçişi sağlayacak süreyi sağlaması öngörülmüştür.
- FV derneklerinin isteği üzerine kurulum ve kapasite hakkında söylentileri engellemek için zorunlu depozito uygulamalarına geçilmiştir. Yani çatı uygulamaları dışında kurulacak her güneş santrali için 500 €/kW depozito

ödenmesi koşulu getirildi. Böylelikle altyapı hazırlıkları konusunda şebeke harcamaları gereksiz yapılması engellenmiştir.

- Yenilenebilir enerji tesisleri şebekeye bağlanma garantisi almışlar ve kapasitesi 10 MW ve üzeri santrallerin yük tevzi merkezine bağlanması zorunluluğu getirilmiş, yine şebeke dengesini korumak için güneş ve rüzgâr gibi kesikli çalışan teknolojiler için toplam üretim kapasitesinin %5'i üst limit olacak şekilde üretim sınırı getirilmiştir.
- 2011 – 2020 yılları için hazırlanmış olan yenilenebilir enerji planı daha da geliştirilmiş; yatırımcılara 2010 sonrasında teşviklerin devam edeceğinin sinyali verilmiştir.
- Piyasa fiyatları üzerine prim ile çalışacak santraller için tavan ve taban fiyatları getirilmiştir. Yani ücretlendirme üst ve alt tarafta sınırlanarak fiyat aralık bandı belirlenmiş ve risk oluşturan belirsizlik azaltılmıştır.

Bu süreçte paydaşlar arasındaki iletişim kanalları henüz tam oturtulamamıştı ve idari makamlar teknoloji maliyetlerini elde etmek için bilgi maliyetine katlanmak istememişlerdir. Bu nedenle FIT düzenlemesinde kullanılacak bilgiler parça üreticilerinden, santral kurulumu yapan veya sahibi olan firmalardan alınmış bu da düzenlemeye tabi olan tarafın bilgi asimetrisi nedeniyle düzenleyiciyi aldatma ihtimalinin önünü açmıştır[185].

2007 yılında İspanya FV pazarında bir patlama yaşanmıştı ve bunun nedeni çok açıktır; sürekli düşen teknoloji maliyetleri yanında sağlanan FIT rakamları çok yüksekti. Del Rio'nun[185] o dönem bir devlet görevlisi ile yaptığı görüşmeye göre ücretler belirlenirken yatırımcılara %7 oranında bir iç karlılık oranı sağlayacak ücretler belirlenmeye çalışılmış ancak gerçek uygulamadaki karlılık oranı %10-15 arasında oluşmuştur ve bunun sonucu olarak Nisan 2007 ile Ağustos 2008 arasında aylık 500 MW civarında bir kapasite artışı gerçekleşmiştir. 2006 yılı kapasitesi 2007 yılında 5'e, 2008 yılında ise 26'ya katlanmıştır. 2004 – 2012 yılları arasında FV tarifleri ve üretimlerini yıllara göre Çizelge 10'da verilmiştir[187].

Çizelge 10 İspanya İçin FV Üretim ve Tarife Verilerinin Yıllara Göre Değişimi[187]

Yıl	FV Kaynaklı Üretimler İçin Harcanan Toplam	FV MWh için Ortalama Maliyet	FV Tariflerinin Kaynaklar Arasında Oranı	Tüm Yenilenebilir Kaynaklara Oranla FV Katkısı	Tüm Kaynaklara Oranla FV Katkısı
2004	6.146	341,44	%0,93	%0,08	%0,01
2005	13.995	341,34	%1,75	%0,15	%0,01
2006	39.887	372,78	%3,53	%0,35	%0,04
2007	194.162	392,25	%13,44	%1,36	%0,16
2008	99.083	388,71	%40,88	%6,09	%0,96
2009	2.634.236	424,6	%55,90	%11,72	%2,45
2010	2.653.720	414,25	%49,66	%10,65	%2,46
2011	2.402.986	390,22	%47,79	%10,46	%2,41
2012	2.567.302	392,31	%47,28	%11,98	%2,58

Bu gelişmelerin ardından Ekim 2008'de yeni bir kararname (RD 1578/2008) yürürlüğe girmiştir ve bu kararnamenin iki önemli düzenlemesi olmuştur; ilki kurulacak yeni kapasite için 500 MW sınır getirilmesi ki bu sonraki üç yılda da devam etmiştir, ikincisi ve daha önemlisi ise FIT yapısındaki düzenlemelerdir. Tarifeler yaklaşık %30 oranında azaltılmış, üretim tesisleri daha detaylı tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır[188]. Tüm bu yeni değişiklikler, bürokratik gecikmeler ve FV

sektörünün neden olduğu ekonomik kriz nedeniyle azalan finansman kaynakları yüzünden 2009 yılında kapasite artışı gerçekleşmemiştir.

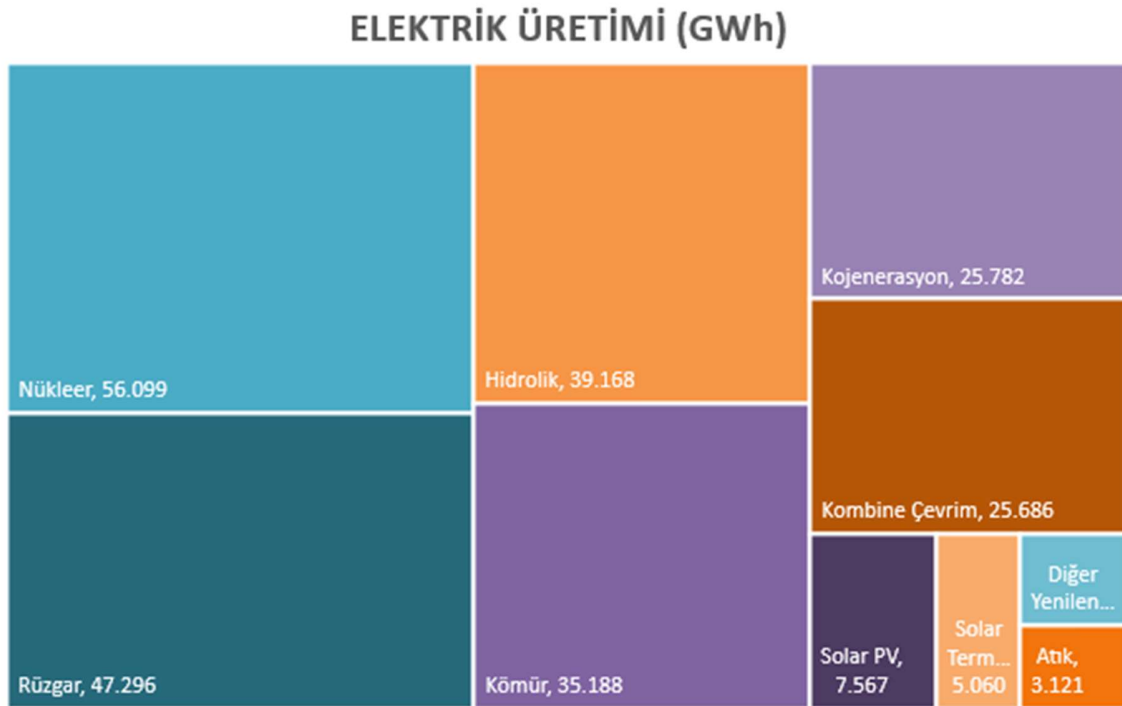
Sürecin devamında 1565/2010 sayılı kararname ile 661/2007 numaralı kararname döneminde kurulan tüm üretim tesislerinin teşvik süreleri 25 yıla indirilmiş ve 1578/2008 numaralı kararnameye tabi olanların ise tarifelerinde indirimde gidilmiştir. 2010 yılında ise 14/2010 numaralı kanun hükmünde kararname çıkartılmıştır. 14/2010 ile FV tesisleri nedeniyle oluşan maliyetlerin kontrol altına alınması için kritik bir içeriğe sahip olmuş ve üç yıl içerisinde maliyette 4,6 milyar avroluk bir azalma hedeflenmiştir ve bu rakamlara ulaşabilmek için geriye dönük olan üst sınır uygulamaları getirilmiştir. Güneşlenme miktarlarına göre ülke bölgelere ayrılmış ve daha iyi güneş alan yerler için daha yüksek teşvik saatleri belirlenmiştir. Benzer bir şekilde tesisin teknolojisine göre de üst sınırlar belirlenmiş; sabit, tek eksenli ve çift eksenli tesisler sırasıyla yükselen üst sınırlar çerçevesinde teşviklerden faydalanmaları sağlanmıştır[189]. Şebekeye erişim ile ilgili maliyetler Kanun Hükmünde Kararname 14/2010 ile tanımlanmış olsa da Kararname 1544/2011 ile yürürlüğe alınmış ve 1 Ocak 2011 tarihinden sonra elektrik üreticileri şebekeye verilen her MWh elektrik için 0,5 avro bedel ödemek zorunda bırakılmıştır. Sürecin devamında da maliyet azaltmaya yönelik düzenlemelere devam edilmiş, bir yıl sonra 15/2012 numaralı yasa ile enerji satışından %7 kesinti uygulanmaya başlanmış ve bu kesintinin düzenlemesi son tüketicilere yansıtılmayacak şekilde yapılmıştır. Son olarak 2013 yılında çıkan bir kanun hükmünde kararname ile tarife fiyatlarının düzenlenme şeklinde değişiklik yapılmıştır. Buna göre ücretler ya da primler yıllık olarak enflasyon oranına göre güncellenecek, güncelleme ise tüketici fiyat endeksinden yemek ve enerji kısımları çıkartılarak yapılacak şekilde düzenlenmiştir.

4.2.2 Mevcut Durum ve Hedefler

Bugün İspanya'da uygulanan teşvik sistemi Kanun Hükmünde Kararname 9/2013 ile tanımlanan makul karlılık mantığına dayanmaktadır. Projelerin vergi öncesi gelirleri devlet bankalarının 10 yıllık gelirlerinin %3 fazlası olarak tanımlanıyor ve bu karlılık miktarı 6 yılda bir gerekirse revize edilebiliyor. Bu hesaba göre makul karlılık oranı

yasa kabul edildiğinde (Aralık 2013) %7,39 idi. Bu hesaplama hem mevcut hem de yeni kurulumlar için kullanılabiliyor[189]. Hesaplama yapılırken tesis Bakanlık Emri IET/1045/2014 gereği tanımlanmış olan üretim tesisleri tiplerinden birine göre değerlendiriliyor. Bu değerlendirmede ilk yatırım miktarı, işletme, faydalı mevzuatsal ömrü, en az ve en çok tam yük üretim saati, piyasanın yıllık taban ve tavan fiyatları gibi değişkenler kullanılıyor.

İspanya 2017 yılında FV teknolojisinde 4978 MW kurulu güce sahipti. Bu değer ile ilk ona giremezken dünya üzerinde en fazla CSP kapasitesine (2300 MW) sahip olması nedeniyle güneşten elektrik üretilmesinde dünya altıncısı konumundadır[27]. 2015 yılında yenilenebilir enerji sektörünün cirosu 13,48 milyar avro miktarında olup bunun %40,8'i ısı pompalarına, %33,38'i ise rüzgâr enerjisine aittir. Elektrik sektörü için üretim miktarları ise Şekil 9'da görüldüğü gibidir[190].



Şekil 9 Elektrik Üretim Kaynaklarına Göre Dağılımı (İspanya)[190]

Üretim miktarları yukarıda belirtildiği gibi olsa da kapasiteler karşılaştırıldığı zaman nükleer tesisler ve kombine çevrim tesisleri yer değiştirmiş, diğer büyük kaynaklar ise aynı sıradadır. 2016 yılında %40,8 olan üretimdeki yenilenebilir payı 2017 yılında tüketimdeki düşüşün de etkisi ile %42,53 olmuştur[191]. Elektrik sektöründe %42,53 yenilenebilir oranı NREAP belgesinde belirttiği 2020 yılında %40 oranını çoktan geçtiğini göstermektedir. Ayrıca yine bu plan içerisinde yenilenebilir teknolojilerin elektrik üretiminde kullanımının artması için yapacağını taahhüt ettiği 10 maddeden 9'u yasal düzenleme içermektedir[192]. Bu noktada Dünya Bankası'na bağlı olan RISE isimli kuruluş yaptığı değerlendirmede İspanya için özellikle yenilenebilir enerji için teşvik ve yasal destekler ile karşı taraf riski konularında çok düşük puanlar vermiştir. Bunun nedeni FIT tariflerinin uygulanmayışı ve ödemelerde devlet güvencesinin eksikliği olarak gösteriyor[193].

Son olarak İspanya elektrik sisteminin zayıf diğer bir yönü düşük enterkonneksiyon kapasitesidir. 2017 yılında sadece Fransa ile olan bağlantı %5,8 (2,8 GW) kapasitesindeydi ki bu 2020 için öngörülen %10 değerinin çok altında. Bu düşük kapasite nedeniyle elektrik fiyatları daha ucuz olan diğer birlik üyeleri ile sınırlı ticaret yapabilmekte ve diğer bir yandan kapasite düşüklüğü Portekiz'i de dolaylı olarak etkilemektedir[194].

4.3 Danimarka

Danimarka'nın değerlendirme için seçimindeki ölçüt özellikle kesikli bir yenilenebilir enerji türü olan rüzgâr alanında teknolojinin geliştirilmesinde ve kullanımda gerçek anlamda bir öncü olmasıdır. Buna ek olarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin mevcut şebekeyle bütünleşmesi ve üretimdeki yenilenebilir enerji ağırlığı seçim için öne çıkan diğer özellikleridir. Ayrıca Dünya Enerji Konseyi'nin yayınladığı bir rapora[195] göre 2016 yılında olduğu gibi 2017 yılında da enerji güvenliği, enerji öz kaynakları ve çevresel sürdürülebilirlik ölçütlerinde birinci sırada gösterilmiştir ve bunda yenilenebilir enerji için çok fazla avantajı olan coğrafyasının da payı vardır.

4.3.1 Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi

Danimarka'nın politik ve endüstriyel gelişimini incelemeden önce farklı bir noktayı ele almakta fayda vardır; fiziksel durumu. Bir ülkenin doğal kaynakları ve coğrafi yapısı elvermediği takdirde yenilenebilir enerji altyapısını kurmak ve bunu geliştirecek politikaları uygulamak kamu desteği ile bile zor olabilir.

Coğrafya bakımından incelendiğinde Danimarka'nın rüzgâr enerjisinden başarılı bir şekilde faydalanmasına düz olan toprak yapısının ve uzun sahil şeritlerinin etkisi büyüktür. Fiziksel olarak rüzgâr düz alanlarda herhangi bir engel ile karşılaşmadığı için daha güçlü ve kesintisiz eser ve bu türbinlerden enerji üretimi için çok önemlidir. Dağların olması durumunda ise rüzgâr engellerin etrafından dolanırken kinetik enerjisini kaybeder. Danimarka, uzun sahilleri sayesinde deniz üzeri rüzgâr tarlaları için yüksek potansiyele sahiptir. Her ne kadar deniz üzerine bir tesis inşa etmenin maliyeti karadakinin oranla fazla olsa da enerji üretimi bakımından geri dönüş ve güvenilirlik daha iyidir. Ortalama olarak deniz üzeri bir rüzgâr tesisi karadaki bir tesise göre %50 daha güvenilirdir[196]. Danimarka'yı yenilenebilir enerji kullanımı için avantajlı kılan diğer önemli bir faktör ise alan olarak küçük boyutudur. Neredeyse Konya ili kadar olan bu ülkede doğal kaynaklar ve iklim özellikleri tutarlı bir şekilde dağılmıştır. Diğer ülkelerde bu konu sorun teşkil edebilir; örneğin Amerika veya Rusya gibi büyük alanlı ülkelerde iyi güneşlenen alanlar birbirlerinden daha da önemlisi mevcut altyapıdan uzakta olabilirler. Bu durum hem altyapı maliyetlerini artırır hem de daha verimsiz ancak yakın bölgelerin tercih edilmesi nedeniyle üretimdeki dalgalanmaları engellemek adına güvenlik sağlayabilecek fosil yakıtlı üretim tesislerinin de kurulmasını gerektirebilir. Danimarka için küçük yapısı ile hem bu alanlardan iyi faydalanması hem de tutarlı dağılım sayesinde ülke çapında daha dengeli yenilenebilir enerji politikaları kullanması mümkündür[197].

Rüzgâr enerjisinin sisteme entegrasyonuna ve gelecek hedeflerine baktığımızda 3 basamaklı bir geçişten söz edilebilir. İlki fosil yakıt temelli bir sisteme yenilenebilir enerji teknolojilerinin marjinal katkıda bulunması, ikincisi diğer teknolojiler ile rekabetçi

fiyatlara gelerek ülke elektrik üretimine büyük ölçüde katkı sağlaması, üçüncü basamak ise %100 yenilenebilir enerji üretimli bir şebeke için temel kaynak olması.

Danimarka elektrik sisteminde rüzgâr enerjisinin 1992 yılındaki %3'lük katkısını 2015 yılına gelindiğinde %40 seviyesine çıkarması daha büyük ölçekli bir sistem için daha önce görülmemiş bir olaydır[198]. Ülke için rüzgâr enerjisi son 40 yıldır şebekeye farklı oranlarda nüfuz etmektedir. Özellikle 1990 sonrasında giderek artan bir ivme ile elektrik üretiminde payını artırmıştır. 2016 yılında 1271 MW kapasitesinde deniz üstü rüzgâr tarlası enerji üretimine başlamıştır ve bunlardan sonuncusu yapımına 2013 yılında başlanan 399,6 MW kapasiteli Anholt Rüzgâr Tarlası'dır; Anholt şebekeye katılım sağlayan 100 MW kapasite üzerindeki beşinci rüzgâr tarlası olmuştur. Mart 2017 için Danimarka'da toplam kurulu rüzgâr gücü 5241 MW kapasitesindedir[198]. Bununla eş zamanlı olarak Danimarka alan ısıtması ve sıcak su sağlayan ısı – güç birleşik üretim (CHP) uygulamalarında da önemli ilerleme kaydetmiştir[199]. 2014 yılında Danimarka'daki konutların %63,2'si merkezi ısıtma olarak CHP sistemlerine bağlanmıştır ve yine bu sistemler elektrik üretimine rüzgâr nedeniyle önceki üretim payına göre daha az olan %33 mertebesinde bir katkı sağlamışlardır[198]. CHP kaynaklı merkezi ısıtma sistemleri öncelikle nüfusun yoğun olarak toplandığı bölgelerde toplanmış olsa da zaman içerisinde destek politikaları ve teşvikler sayesinde küçük yerleşim yerlerine kadar nüfuz etmiştir[200]. Bu ısıtma sistemleri bugün termal depolama ile donatılmış olup elektrik üretiminde ısı ihtiyacına bağlı yük değişimlerini ortadan kaldırmışlardır. Elde kalan elektrik sadece şebeke ihtiyacına yönelik kullanılmaya başlansa da rüzgâr enerjinin sistemdeki payının artması ile bazı dönemlerde tüm yükü rüzgâr tesisleri karşılayınca kelimenin tam anlamı ile CHP üretimleri gereksiz olmaya başlamıştır. Bu nedenle CHP sistemleri baz yük üretimi odaklı olmaktan çıkıp rüzgâr enerjisinin sisteme katılımından kaynaklanan dalgalanmaları engellemeye yönelik bir rol üstlenmişleridir.

Geçmişten beri enerji sisteminin odağında olan rüzgâr teknolojileri, yapılan kamu ve akademik araştırmalarının sonuçlarından anlaşıldığı üzere gelecekte de Danimarka sisteminin odağında olacaktır[201]. Ancak merkezde kesintili ve tek bir yenilenebilir enerji kaynağının olması çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Yapılan

analizler %100 rüzgâr enerjisi kullanımındansa bunu çeşitli diğer kaynaklar ile karıştırmanın maliyet ve sistem gerekleri bakımından çok daha verimli olduğunu göstermektedir. Bu noktada biokütle kaynakları oldukça kısıtlı[202], dalga teknolojisi ise hem henüz gelişim aşamasında hem de rüzgâr gibi düzensiz bir yapıya sahip olduğu için FV teknolojisi bu sistemde ön plana çıkmaya başlamaktadır. Yapılan analizler sonucunda görülmüştür ki tamamen rüzgâr üzerine kurulmuş bir sistemden %80 rüzgâr ve %20 FV oranındaki bir sistem ihtiyaç duyulan yedek kapasiteyi azaltacak ve yedek kapasitenin arbitrajı için daha yüksek potansiyele sahip olacaktır[203].

Enerji politikaları olarak incelediğimizde; yetmişli yıllarda ülke enerji teminini %90 oranında petrol üzerinden gerçekleştirmekteydi ve bu 1973 ve 1979 yıllarında gerçekleşen petrol krizlerinde ciddi ekonomik zorluklar yaratmıştır. Bu krizler sonucu ülke petrolden kömüre ve arz güvenliğini sağlamak için de nükleer enerjiye yönelme kararı almış ve bu karar sonraki yirmi yılda uygulanacak dört enerji planının temelini oluşturmuştur[204]. İlk plan 1976 yılında yayınlanmış ve amacı ülkeyi petrole olan aşırı bağımlılığından ve arz krizlerinden korumak olmuştur. Temelinde enerji tasarrufu, petrol ile çalışan santrallerin kömüre çevrilmesi ve nükleer santrallerin sisteme dâhil edilmesi yer almaktaydı. O dönemde yenilenebilir enerji kaynakları sisteme sadece marjinal bir katkıda bulunmaktaydı fakat dönem içerisinde enerji üzerine yeni vergiler uygulanmış ve buradan elde edilen gelirler araştırma ve geliştirme çalışmaları için harcanmaya başlanmıştır. 1979 yılına gelindiğinde Danimarka Enerji Bakanlığı kurulmuştur. 1973 yılında elektrik şirketleri nükleer santral kurma niyetlerini duyurmuşlar ve bunun sonucu olarak nükleer santrallerin kurulması için 16 olası nokta belirlenmiştir ancak bu gelişmeler henüz hız kazanamadan ülkede nükleer karşıtı bir hareket başlamış ve sonraki 11 yıl boyunca geniş kamu desteği görmüştür. 1985 yılının mart ayına gelindiğinde parlamento çoğunluğunun nükleer enerjiyi Danimarka'nın gelecek enerji planlarından çıkarması ile bu hareketler son bulmuştur. Sürecin bu şekilde ilerlemesinde bağımsız enerji uzmanlarının yayınladığı Danimarka Enerji Planı İçin Taslak (Skitse til alternativ energiplan for Danmark) ve Gelecek İçin Enerji: Alternatif Enerji Planı (Energi for fremtiden:Alternativ Energiplan)

isimli çalışmalar önemli rol oynamıştır[205]. Nükleer teknolojinin enerji planlarından çıkarılması yenilenebilir enerji teknolojileri ile birlikte dağıtılmış kojenerasyon santrallerinin önünü açmıştır. Seksenli yılların başına gelindiğinde üreticiler çoktan 55 kW kapasitesini aşan türbinleri üretmeyi başlamışlardı ancak bu üretimin maliyeti çok yüksek olduğu için bireysel sahiplik yerine yerel rüzgâr kooperatifleri konsepti tercih ediliyordu[206].

1999 yılında hükümet elektrik piyasasının 2002 yılına kadar liberalleşmesini sağlayacak bir yasa tasarısı çıkarmış ve reformlar ile 2003 yılına kadar yenilenebilir enerji katılımının %20 seviyesine çıkması hedeflenmiştir. Yine 1999 yılında Danimarka FIT uygulamasını bırakıp yeşil sertifika kullanımı da olan RPS uygulamasına geçmeye karar vermiştir. Yeşil sertifikaların kullanımı başlamış olsa da bunu destekleyici olan düzenlemeler parlamentodan geçememiştir. Devamında rekabeti artırmak adına önceden planlanmış olan 5 rüzgâr tarlası iptal edilmiş ve FIT fiyatlarında kademeli olarak azaltma uygulanmıştır. 2004 yılında Danimarka enerji sektöründe ciddi bir yeniden yapılanma gerçekleştirilmiş, kurumlar özelleştirilmiş, dağıtım, iletim ve üretim farklı çerçeveler ile tanılanmış ve sınırlanmış olan farklı ve bağımsız sektörler haline getirilmiştir[207]. Bu yenilikler nedeniyle 2008 yılına kadar rüzgâr gücüne eklenen kapasite miktarı giderek azalmış ve bir duraksama yaşanmıştır. 2001 – 2008 yılları arasında uygulanan enerji politikaları hırsız olarak değerlendirilmektedir ve 2004 – 2008 yılları arasındaki kapasite artışı sadece 129 MW olmuştur[205]. 2008 yılında hükümet kendisini iklim değişikliği ile mücadeleye adanmış ve bunu minimum maliyet ve enerjide arz güvenliğini tehlikeye atmayacak bir çerçevede yapma kararı almıştır. Bu karar toplam enerji kullanımının azaltılması ve elektrik kullanımında yenilenebilir enerji payının artırılması konularında hedefler de içermiştir. Yeni hedeflere ulaşabilmek için hükümet araştırma ve geliştirme ile tanıtım fonlarını yıllık 135 milyon avro mertebelerine çıkarmıştır.

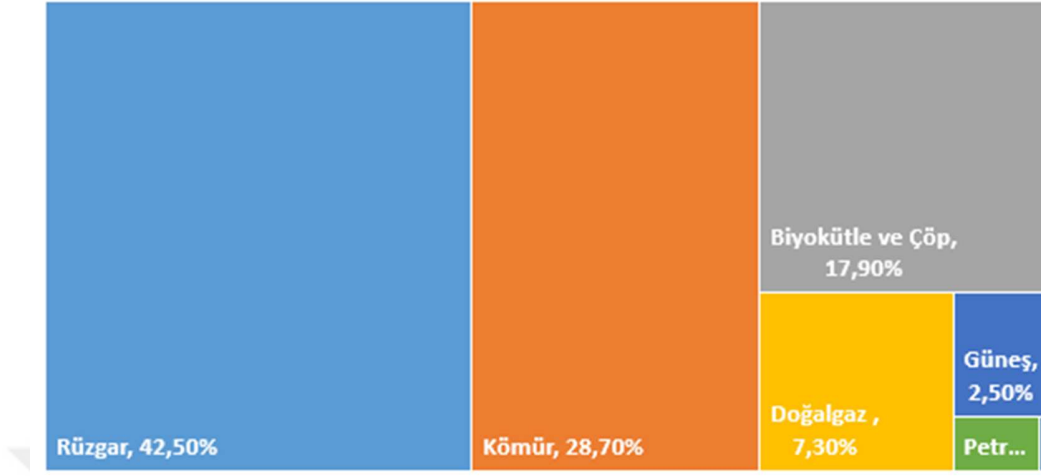
2009 yılına gelindiğinde rüzgâr enerjisi için temel destek mekanizması piyasa fiyatının üzerine çevresel katkı payı olarak 22.000 saatlik işletme için DKK 0,25/kWh (USD 0,05/kWh) olarak belirlenmişti. FIP uygulamaları ve ihaleler ile desteklenmeye devam eden rüzgâr enerjisi için ortaya çıkan her maliyet tüketiciler arasında ortak olarak

paylaştırılmıştır. Şubat 2011 tarihinde hükümet Enerji Stratejisi 2050 dokümanını yayınlamış ve buna göre 2050 yılında petrol, kömür ve gaz kullanmayan bir sistem ve 2020 yılına kadar %30 yenilenebilir enerji katılımı olan bir sistem hedeflenmiştir. Eylül 2011 tarihinde ise yeni hükümet seçilmiş, yeni seçilen partinin manifestosunda ise 2035 yılına kadar elektrik ve ısıtma sektöründe %100 yenilenebilir enerji kaynak kullanımı, en geç 2030 yılına kadar kömür santralleri ve özel girişim petrol kazanlarının devreden alınması, 1990 yılına oranla sera gazları salımında %40 azalma sağlanması, 2020 yılına kadar rüzgâr payının elektrik tüketiminde %50'ye çıkarılması, akıllı şebekeler için kapsamlı yeni stratejilerin belirlenmesi gibi maddeler yer almıştır.

4.3.2 Mevcut Durum ve Hedefler

Danimarka elektrik sektörü son on yıl içerisinde ciddi değişiklikler yaşamıştır. 2006 ile 2016 yılı arasında üretim %34 düşmüş ve 30,1 TWh mertebesine gelmiştir. Bu azalma ile eş zamanlı olarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin üretimdeki payı büyümüştür ve neredeyse toplam üretimin üçte ikisini gerçekleştirir duruma gelmişlerdir. Bu artış ve azalan tüketim miktarına paralel olarak fosil yakıtların üretimdeki payı iyice azalmıştır. Şekil 10'da 2016 yılı için kaynaklara göre üretim miktarları görülmektedir[208].

KAYNAKLARA GÖRE ÜRETİM



Şekil 10 Kaynaklara Göre Elektrik Üretim Payı (2016) [208]

Elektrik tüketimi 2005 yılından bu yana %7,3 azalırken tüketim payları %37 ticari, %32,1 konut, %26,5 endüstri, %3,3 diğerleri ve %1,3 ulaşım şeklinde dağılmıştır.

Yıllık bazda dalgalanmalar olsa da rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi kayda değer bir şekilde gerçekleşmektedir; 2006 yılında 6,4 TWh olan üretim 2016 yılında 12,8 TWh mertebesine yükselmiştir ve ilerleyen yıllarda daha da yükselmesi beklenmektedir. Kurulu türbin kapasitesi 2015 yılında 5,1 GW iken bu rakamın 2025 yılına kadar 7,8 GW seviyesine çıkacağı ve yıllık 25 TWh üretim ile toplam ihtiyacın %60'ının rüzgâr enerjisinden karşılanacağı öngörülmektedir. Güneş enerjisinden faydalanmada da ciddi gelişme kaydedilmiş olsa da rüzgâr ile kıyaslanamayacak durumdadır. 2005 yılında kayda değer olmayan rakamlardan 2015 yılında 0,7 TWh üretim elde edilen güneş enerjisi 2025 yılında 2,1 GW kurulu kapasite ve 1,9 TWh üretim hedeflemektedir. Fosil yakıtlarda ise geçen 20 yılda üretim payında ciddi düşüş yaşanmıştır. Bir zamanlar üretimin %90'dan fazlasından sorumlu olan fosil yakıtların payı 2016 yılında %28,8 seviyesine düşmüştür. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin paylarını artırması ile birlikte fosil yakıtların payı azalsa da kömüre, özellikle kurak

dönemlerde İsveç ve Norveç'in barajlarını ihracat yapacak kadar dolduramadıkları zamanlarda ihtiyaç duyulacaktır.

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik net ölçüm ve sabit prim garantisi üzerinden desteklenmektedir. Deniz üstü rüzgâr tarlaları için prim rakamları ihaleler yoluyla belirlenmekte, ısı amaçlı yenilenebilir enerji kullanımı üretim tedarik ve kaynak kullanımında vergi zorunluluklarından muaf tutulmaktadır. Şebekeye erişimde yenilenebilir enerji kaynakları arasında öncelik bakımından ayırım yapılmazken diğer kaynaklara göre öncelik verilmektedir. Çizelge 11'de verilen prim miktarları gösterilmektedir.

Danimarka gelecekte de yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımını artırmayı hedeflemektedir; ülke 2030 yılına kadar tükettiği enerjinin %50'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı hedeflemekte ve düşük karbon toplumu olmayı hedeflemektedir. Bu hedefe ulaşmak için karada 100 metre yükseklikte ortalama 6 – 10 m/s hızla esen rüzgârın, 7300 metreden fazla ve ortalama derinliği çok fazla olmayan kıyı şeridinin potansiyelinden faydalanmak yeterli olacaktır.

Bunlar ile birlikte Danimarka'nın AB üyeliğinden kaynaklanan iki bağlayıcı hedefi vardır. İlki brüt final enerji tüketiminde yenilenebilir enerji payını 2020 yılına kadar %30 seviyesine çıkartmak ki 2016 yılında %32,4 rakamı ile bu sınır çoktan aşılmıştır ve 2020 yılına kadar %40 seviyesine ulaşılması beklenmektedir. Diğer bağlayıcı hedef ise kara taşımacılığında yenilenebilir enerji payını 2020 yılına kadar en az %10 seviyesine çıkartmaktır. Baz projeksiyonlar göstermektedir ki mevcut ilerleme hızı ile devam edilirse Danimarka hedefinin gerisinde kalacak ve 2020 yılında ve yenilenebilir enerji kaynakları taşımacılıkta ancak %8,4 gibi bir paya sahip olacaklardır.

Çizelge 11 Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Göre Verilen Primler[209]

Kaynak	Teknoloji	€ct / kWh	Süre
Rüzgâr	Kara	3 – 8	6.600 saat
	Açık Deniz ³	5-9	15.000-42.000 saat
Güneş	Tanımlı Bina Uygulamaları	2-17	10 yıl
	Arazi Üzerine	8-12	10 yıl
Biyogaz	-	11-17	10 yıl
Biyogaz	Çeşitli	5,66 – 23,14	10 yıl
Hidroelektrik	-	1-17	10 yıl
Biokütle	-	11	10 yıl

2020 yılı için %30 yenilenebilir enerji payı hedefine ulaşmak için ayrı bir çaba gerekmezken taşımacılıktaki %10 ve 2030 yılındaki %50 yenilenebilir enerji payı için çaba gösterilmelidir. Enerji Komisyonu'nun yayınladığı rapora göre Danimarka'nın %50 hedefi yönetilebilir ve ilerleyen süreçte ilerleme teşvik kullanımından piyasa temelli bir hale dönüştürülebilir. Komisyon yakın dönemdeki teşviklerin kaçınılmaz olduğunu vurgularken destek mekanizmalarının sadece bir teknolojiyi destekleyecek şekilde değil her teknoloji için tarafsız olacak şekilde düzenlenmesi gerektiğini savunmaktadır[210].

4.4 Çin

Her ne kadar bu çalışma temelinde AB içerisinde uygulanan politikalar ile Türkiye'de uygulananları karşılaştırsa da Çin Halk Cumhuriyeti gerek üretimde gerekse

³ İhale kapsamında olmayan tesisler.

kullanımda neredeyse her yenilenebilir enerji teknoloji alanında en yüksek paya sahip olduğu için bu ülkedeki akımlar, anlayışlar, uygulamalar ve politikalar incelenmeye değer görülmüştür.

4.4.1 Enerji Politikası ve Endüstrisinin Gelişimi

1978 yılında ekonomik reformun yapılması ile birlikte Çin hızlı bir ekonomik büyüme yaşayarak dünyanın en büyük ikinci ekonomisi haline gelmiştir. Enerji için kaynakların aşırı tüketimi ciddi çevresel sorunlara yol açarken ülke nüfusunun üçte ikisi kırsal alanda bulunduğu için bu bölgelere de temin edilmesi gereken enerji miktarı artmıştır. Özellikle uzak ve kırsal alanların ekonomik olarak gelişmesinde elektrik kesintileri önemli bir engel olmaya başlamıştır. Bunların sonucu olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı uzak bölgelerdeki elektrik kesintileri için değerli bir çözüm olmuştur. Yetmişli yılların sonunda Çin hükümeti yenilenebilir enerji kaynaklarının kırsal ve uzak bölgelerde kullanımı için kademeli politikalar uygulamıştır[211]. Bu politikaların amacı yenilenebilir enerji teknolojilerini, özellikle de birçok kırsal alandaki biogaz uygulamalarını teşvikler yoluyla geliştirmek şeklinde idi. Doksanlı yılların ortasına gelindiğinde ise hükümet biyogaz, güneş, rüzgâr ve su kaynaklarının muazzam bir potansiyel içerdiğini fark etmiş, bu süreçte merkezi yönetim tarafından Çin'in sürdürülebilir gelişimine katkı sağlamak için bazı projeler ve programlar gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak hükümet yenilenebilir enerji teknolojileri için araştırma ve geliştirme çalışmalarını fonlar ve proje teşvikleri yardımıyla yüksek ölçüde desteklemiş, benzer şekilde vergi indirimleri ve diğer teşvikler ile de yenilenebilir enerji endüstrisinin gelişmesi için çaba sarf edilmiştir.

Her ne kadar öncesinde de düzenlemeler yapılmış olsa da 2005 yılından başlayarak Çin yenilenebilir enerji kullanımını için yaklaşımını değiştirmiş ve yenilenebilir enerji yasası yürürlüğe sokulmuştur. Bu yasanın amacı birinci maddesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini ve kullanımını artırmak, enerji arzını geliştirmek, enerji yapısını güçlendirmek, arz güvenliğini garanti altına almak, çevreyi korumak ve sosyal ekonomik gelişimde sürdürülebilir bir ortam sağlamak olarak belirtilmiştir. Ayrıca dördüncü madde yenilenebilir enerji kullanımını ve gelişimini ulusal hükümetin

öncelikle hedefi olarak belirtmiş, gelecek için hedefler koymuş ve piyasa gelişimi için etkin önlemler almıştır[212]. Bu yasa sayesinde Çin ilk kez düzenlemeler ve prensipler yardımıyla yenilenebilir enerji gelişiminde belirli bir hedefe ilerlemiş ve bunu çeşitli mekanizmalar ile destekleyerek büyütüştür[213]. Yasanın bazı temel prensipleri vardı; öncelikle ulusal enerji stratejisinde yenilenebilir enerji kullanımının önemini netleştirmek, ikinci olarak piyasa önündeki engelleri kaldırmak, üçüncü olarak yenilenebilir enerji için bir piyasa oluşturmak ve son olarak bu yenilenebilir enerji sektörü için farkındalık ve gerekli vasıfların oluşturulması. Yasa ile belirlenmiş olan maliyet paylaşımı ve cezalar tüketici sınıfları arasında farklı tanımlanmış, bu cezalar ile birlikte uygulanan teşvik yöntemleri şirketlerin belirlenmiş olan yenilenebilir enerji stratejileri ve hedefleri doğrultusunda hareket etmelerine neden olmuştur. Buna ek olarak yasa ile uzun vade için araştırma ve geliştirme planları, teknoloji standartları ve kaynak anketleri sağlamıştır[214].

Yasanın yürürlüğe girmesi ile önceden olmayan zorunluluklar ve kısıtlamalar da uygulanmaya başlanmış ve yenilenebilir enerji maliyetleri enerji tüketicileri arasında paylaştırılmıştır. FIT tariflerine ek olarak rüzgâr ve biokütlede yabancı yatırımcıları da çekmek için fiyat mekanizmaları kurulmuştur[214]. Ağustos 2007'de Ulusal Gelişim Reform Komisyonu 2010 ve 2020 yılı hedeflerini barındıran orta ve uzun dönem yenilenebilir enerji planlarını düzenlemiş ve bu planlar ile ilk kez yenilenebilir enerji için hem genel hedefler paylaşılmış hem de farklı kaynaklar özelinde hedefler belirtilmiştir[215]. Bu plana göre su gücü dışındaki kaynakların toplam üretimde payları 2010 yılında en az %1, 2020 yılında ise en az %3 olarak hedeflenmiştir. Yasa 2009 yılında tadil edilip 2010 yılında tekrar girmiştir. Bu değişiklikte öncelikle iletim ve dağıtım bazında yenilenebilir enerji teknolojilerinin yerel ve ulusal şebekeye katılımları için detaylı bir geliştirme ve koordinasyon planı yapılmıştır. Bunun nedeni ise özellikle rüzgâr enerjisinin hızlı bir gelişme göstermesi ancak bunun iletim ve dağıtım için aynı hızda tepki verilememesi olmuştur. Rüzgâr projeleri için verilen yerel onayların merkezi onaylamadan bağımsız olması bu projelerin fiziki olarak iletim sistemindeki etkilerinin hesaplanmamış olması nedeniyle şebeke erişimlerinde de sorunların çıkmasına neden olmuştur. İkinci olarak, tedarik şirketlerine yenilenebilir enerji

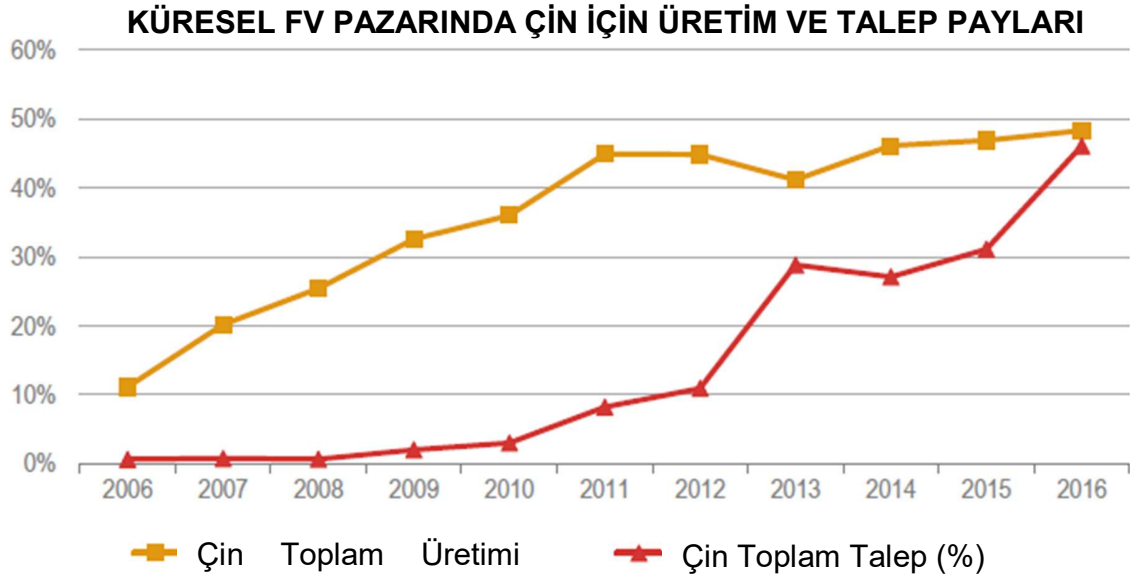
kaynaklarından üretilmiş olan elektriğin alınması zorunluluğu getirilmiş, bölgede yeterli talep olmasa bile elektriğin alınması ve ulusal şebekeye verilerek başka yerde kullanılması sağlanmıştır. Ayrıca tedarik şirketlerine bu uygulama ile ilgili tarih ve miktar konularında yaptırımlar da belirlenmiştir. Son olarak Finans Bakanlığı bünyesinde olan enerji fonu güçlendirilmiştir ve genel gelirlerden fon aktarmasına da olanak tanımıştır çünkü eski sistemde elektrik için sürşarj uygulaması FIT ve diğer teşviklerin maliyetini karşılamamaya başlamıştır[214].

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişiminde ise Çin seksenli yıllardan beri çalışmalarına devam etmektedir. O dönemden beri rüzgâr, FV, okyanus biokütlesi ve jeotermal teknolojilerine uzun süredir yatırım yapılmış ve teşvik verilmiştir. Geçmişte kırsal bölgelerin elektriğinin sağlanması için genellikle su gücü, güneş ve rüzgâr kaynakları tercih edilmiştir. 2003 – 2004 yılları arasında Köyleri Elektriklendirme Programı adı altında su gücü ve güneş kaynakları kullanılarak 1,3 milyon kişiye elektrik sağlanmış, sonraki birkaç sene içerisinde ise Çin için odak dağıtılmış üretimden merkezi üretime doğru kaymıştır[214]. Yenilenebilir Enerjiyi Büyütme Projesi kapsamında Danimarka ile işbirliği yapılmış, 25 MW büyüklüğünde ve yakıt olarak kamış kullanan Jiangsu Rudong projesi hayata geçirilmiş ve bazı bölgelerin biokütle kaynakları ile potansiyelleri çıkartılmıştır[216]. Buradan elde edilen bilgiler sayesinde de Çin kırsal biokütle enerjisi için Ulusal Hareket Plan'ını oluşturmuştur.

Gelişmeleri sadece FV endüstrisi ve uygulamaları için inceleyecek olursak 2004 yılında Çin sınırları içerisinde yapılan elektrifikasyon programından ayrı olarak Almanya gibi bazı ülkeler yüksel FIT rakamları içeren FV teşvik programlarını uygulamaya başlamıştır. Bu gelişme uluslararası FV pazarında gelecek olduğuna dair en somut kanıtlardan biri olmuştur ve fırsat gören Çinli yatırımcılar ölçek etkisini kullanarak maliyetlerini düşürmek için yeni girişimlerde bulunmuşlardır[217]. 2006 yılında yenilenebilir enerji yasasının da yürürlüğe girmesi ile FV endüstrisi için büyüme daha da hızlanmış ve 2004 – 2008 yılları arasında genişleme %100 olmuştur. 2009 yılında Avrupa borç krizi gerçekleşmiş ve FV ürünleri için talep azalmıştır ve 2012 yılına doğru Çinli üreticiler için daha da kötüsü AB ve ABD karşı-teşvik (anti-subsidy) uygulamaları ile Çin malı ürünlerin pazarlara girişini daha da

zorlaştırmışlardır[218]. Çin FV endüstrisi deniz aşırı ticarete dayandığı için karşı-teşviklerin etkisi büyük olmuş ve bunun üzerine hükümet yerel FV piyasasının canlanması için harekete geçmiştir. İki ulusal güneş teşvik programı; Çatı Teşvik Programı ve Altın Güneş Tanıtım Programı başlatılmıştır ve Altın Güneş Programı iki yıl içerisinde 500 MW FV kurulumunu sağlamıştır. Devamında kademeli olarak geliştirilen program 2012 sonunda 2872 MW kurulum gerçekleştirirken FV bina projelerinden kurulu güce katkı aynı yıllar arasında 551,2 MW olmuştur. Buna ek olarak uygulanmış FV İmtiyaz Programı ile amaç hem yerel pazarı geliştirmek hem de FV kaynaklı elektrik üretiminde referans fiyatı ölçme amacını taşımaktaydı. İlk turda çeşitli alanlarda 10 MW'lık projeler için ihaleye çıkılmış, ikinci turda hem kapasite 60 MW mertebesine çıkartılmış hem de proje sayısı artırılmıştır. Kapasite artışına ek olarak şebeke fiyatı 2009 yılında USD 0,1784/kWh değerinden 2010 yılında USD 0,01193 – 0,01622/kWh aralığına kadar düşmüştür[218].

FV endüstrisinin yapısını ayarlamak ve yönetim ile teknoloji konularında inovasyonu sağlamak için Endüstri ve Bilgi Bakanlığı 2013 yılında FV Üretim Endüstrisi Normları uygulamasını başlatmıştır. Bu normlar üretim parçaları üzerinde bağlayıcı olup ölçek, teknoloji, kalite ve diğer alanlarda bağlayıcı sınırlamalar getirmiştir. Örneğin üretim şirketleri bölgesel veya daha yüksek seviyede bağımsız araştırma ve geliştirme kuruluşları seviyesinde olmalı ve Ar&Ge ve süreç geliştirmelerine harcanan para toplam satışların %3'ünden az olmamalıdır koşulu koyulmuştur. Benzer şekilde çevirim verimlilikleri yeni ve mevcut girişimler için açıkça belirtilmiştir; polikristal ve monokristal gözeler için çevirim sırası ile %18 ve %20'den az olmayacak, modüllerde ise bu rakamlar %16,5 ve %17,5'in altına inmeyecek şeklinde kısıtlamalar getirilmiştir. Normları sağlamayan şirketler ve projeler yerel teşviklerden veya ihracat vergi indirimlerinden faydalanmaları engellenmiştir. Şekil 11'de Çin için küresel pazardaki üretim ve talep miktarı verilmektedir[219].



Şekil 11 Çin'in küresel FV pazarında arz ve talep gelişimi[219]

Çin FV endüstrisinin gelişimini ve kullanılan teknolojileri kontrol altına alarak hem uluslararası pazarlarda giderek artan bir paya sahip olmuş hem de kullandığı yerli teknolojileri belirli bir sınırın üstünde tutarak kaynaklarından en iyi şekilde faydalanmayı garanti altına almıştır. Yukarıdaki şekilde Çin için yıllar bazında FV üretiminin ve kapasite artışının küresel toplamdaki paylarını görmek mümkündür. Şekilde sadece Çin içerisinde yapılan üretimler görülmekte olup, AB ve ABD'nin uyguladığı karşı-teşvik uygulamalarından etkilenmemek için Tayvan'da açılmış olan Çin sermayeli şirketlerin üretimleri dâhil edilmemiştir. Bu üretimler de eklenince Çin kökenli firmaların FV üretiminde küresel pazar payı 2017 yılı için %70 seviyelerine çıktığı belirtilmektedir[220].

4.4.2 Mevcut Durum ve Hedefler

Geçtiğimiz birkaç yılda gerçekleşen olaylar Çin'in enerji politikasında köklü değişikliklere neden olmuştur. Yerel anlamda ekonomi yavaşlamış ve endüstri temelli bir ekonomiden hizmet temelli bir ekonomiye kayma başlamıştır ve bu kayma beraberinde birincil enerji tüketiminde yavaşlamayı da getirmiştir. Buna ek olarak kömür kaynaklı hava kirliliği sosyal bir problem olmuş ve temiz enerji kullanımına

geçiş öncelikli bir mesele halini almıştır. Tüm bu gelişmeler ve ihtiyaçlar çerçevesinde 17 Ocak 2017 tarihinde Ulusal Gelişim ve Reform Komisyonu on üçüncü beş yıllık enerji gelişim planını yayınlamıştır. Bu plana göre enerji arz ve talep yapısında geliştirmeler yapılmış ve ikili alternatif tanıtılmıştır; bu ikili alternatifler; kömürden doğalgaza veya fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi alternatiflerini içermektedir. Plana göre 2015 yılında %64 olan kömür kullanımı 2020 yılına kadar %58 miktarı ile kısıtlamak ve benzer şekilde fosil olmayan enerjilerin kullanım oranı %15 seviyelerine yükseltmek hedeflenmiştir. Ancak, Çin için kömür %90 oranında kendi kendine yeterliliği ve ucuzluğu nedenleri ile çok önemli bir unsur durumundaydı. Şekil 12’de 2017 yılında kaynaklara göre üretim grafiği gösterilmektedir[221].



Şekil 12 Çin Kaynaklara Göre Elektrik Üretimi – 2017 [221]

Çin’de uygulanan politikaları incelendiği zaman; en dikkat çekici özellik genellikle birbirine alternatif veya rakip görülen RPS ve FIT sistemlerinin beraber uygulanmaları olmuştur. RPS ilk olarak 2007 yılında Yenilenebilir Enerjiler için Orta – Uzun Dönem Planı dokümanında tanıtılmıştır. Politika şebeke şirketleri için 2010 yılına kadar %1, 2020 yılına kadar ise %3 oranında, üretim şirketleri içinse 2010 yılına kadar %3, 2020 yılına kadar ise %8 su kaynaklı olmayan yenilenebilir enerji üretimi şartlarını koymuştur. Ancak bu politikanın detayları üzerinde yeterince durulmamıştır. Özellikle

izleme ve uyum konusundaki eksiklikler yüzünden politika bağlayıcı olmaktan çıkıp gönüllü uygulanır hale gelmiştir. Örneğin 2010 yılına gelindiğinde altı büyük üreticiden hiçbirinin %3 hedefini yakalayamadığı görülmektedir. Dahası, asıl hedef üretim miktarı değil kapasite olduğu için birçok rüzgâr tarlası kötü bağlantı koşulları veya dağıtım şirketlerinin erişim kısıtları ile karşılaşmıştır[213].

RPS uygulaması ile ilgili olarak gelişimi etkileyen dört etken olduğu belirtilmektedir: hedefler, kullanılacak teknolojiler, cezalar ile izleme ve yeşil sertifikalar[222]. Hedefler incelenecek olursa zamanla rakamlar ve koşullar geliştirilmiş, on ikinci planda %12 olan fosil olmayan kaynakların kullanım oranı on üçüncü plan ile %15 seviyesine çıkartılmıştır. Her ne kadar on üç numaralı beş yıllık plan açıkça hedefler koymuş olsa da uzun dönem hedeflerini küçük parçalara ayırmamıştır ve bu nedenle elektrik tedarik şirketleri için yerel hükümetler üretimdeki yenilenebilir enerji payını tanımlayamamışlardır.

İkinci olarak yenilenebilir enerji teknolojilerinden yüksek maliyetli olanları RPS sistemi içerisinde tercih edilmemektedir; önemli olan kapasite olduğu için en ucuz çözümü sağlayan teknolojiler uygulanmakta kaynak kullanımında çeşitliliğe gidilmemektedir. Hatta çoğu durumda rekabetçi teknolojilerin iletim maliyetleri fazla ise bu teknolojilerden bile vazgeçilmektedir ve daha ucuz toplam maliyeti olan seçenekler tercih edilmektedir.

Üçüncü olarak politik sistemin güçlü bir bütünlük gösterememesi yatırımcı özgüvenini azaltmaktadır. Hala yetersiz teşvik sistemleri ve yönetimdeki zayıflıkların devam etmesi RPS sisteminin de Çin içerisinde zayıf veya gönüllülük esasına dayanan bir sistem olduğunu işaret etmektedir.

Son olarak Çin hala yeşil sertifika pazarını oluşturmamıştır. 2016 yılında bu pazarın gelecekte kurulacağı açıklanmış, bu sayede yenilenebilir enerji teknolojilerinin destekleneceği ifade edilmiştir. Ancak bu pazarın henüz kurulmamış olması yenilenebilir enerji gelişimini de olumsuz etkilemektedir.

FIT uygulamalarına baktığımızda ise 2003 yılının başlarında kullanımına başlanmış olup özellikle rüzgâr gücünün geliştirilmesi için çıkartılmıştır. Ancak ilk çıkartıldığında

her proje için ayrı ayrı pazarlık yapılmış ya da ihaleye çıkılmış ve bu rakamlar arasında farklılıklar özellikle yenilenebilir enerji üretimi alanındaki kamu iktisadi teşebbüsler de önemli yatırımcılar olduğundan kamu içerisinde rekabete ve çoğu zaman projenin gerçekleşmesine yetmeyecek kadar düşük fiyatlarla sonlanmasına neden olmuştur. Temmuz 2009'da bu duruma son vermek için Ulusal Gelişim ve Reform Komisyonu bir bildiri yayınladı. Bu bildiriye göre ülke dört bölgeye ayrılmış ve her bölge için ayrı fiyat uygulamaları gerçekleştirilmiştir. 2011 yılında FV teknolojisi için de FIT uygulamasına başlandı fakat yine rüzgârda olduğu gibi tek fiyat ile verimsiz bir şekilde başlamış ancak sonradan fiyatlarda farklılık sağlanmıştır[223].

Her ne kadar Çin hükümeti FIT ile yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini hedeflemiş olsa da hala bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Öncelikle FIT yapısında eşit olmayan kaynak dağılımı göz önüne alınmamıştır; Çin'de kaynaklar kuzey, kuzeybatı ve güney bölgelerinde toplanmıştır ve gelişmiş bölgelerde pek fazla kaynak bulunmamaktadır. Bu nedenle, gelişmiş bölgelerdeki üretim şirketleri yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi ile pek fazla ilgilenmemiş bu da FIT uygulamalarının yaygınlaşmasını engellemiştir. Buna ek olarak, fiyatlar uluslararası ortalamaya göre çok düşük olduğu için özel yatırımcılar riski daha yüksek olan yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmakta isteksiz davranmışlardır. Çizelge 12'de Çin için 2020 hedefleri yer almaktadır.

Çizelge 12 Çin İçin 2020 Yenilenebilir Enerji Kapasite Hedefleri [222]

Kaynak	2012 (GW)	2020 (GW)
Biokütle	8	30
Su Gücü	249	350
Pompalı Su Gücü	20	70
FV	5,4	100
CSP	0,014	3
Rüzgâr	75	200 (kara)
		30 (deniz)

5 TÜRKİYE'DEKİ DURUM VE DİĞER ÜLKELER İLE KARŞILAŞTIRMA

Bu bölüm altında dördüncü bölümde yapıldığı gibi Türkiye için piyasa ve mekanizmaların gelişimi incelenecek devamında ise Türkiye'nin mevcut durum ve uygulamaları ile birlikte AB müktesebatına dair bilgiler paylaşılacaktır. Bölümün sonunda seçilmiş ülkeler ile Türkiye arasında kıyaslama yapılacak, farkların nedenleri irdelenecektir.

5.1 Piyasanın ve Teşvik Mekanizmalarının Tarihsel Gelişimi

Uluslararası tecrübeler göstermektedir ki köklü reformlar yapmak çok uzun zaman almaktadır ve Türkiye bu konuda bir istisna değildir. Elektrik piyasasında 1980'li yıllarda başlayan yolculuk özelleştirme uygulamalarının dünyada yayılması ve kamu iktisadi teşebbüslerin harcamalarının giderek artması piyasa anlayışının da gelişmesine neden olmuştur. Bütçenin sürdürülebilir olması ve dış dengelerin korunması doksanlı yılların sonuna doğru giderek artmış ve 2001 yılında piyasa geçişi için reformlar gerçekleştirilmiştir. Bazı kaynaklara göre gerçekleştirilen bu reformlar elektrik piyasası için bir milat olarak değerlendirilmektedir[224].

Öncelikle 1980 – 2001 dönemine bakılacak olursa; piyasa yapısına geçiş öncesinde özel sektörün kademeli katılımının sağlandığını görmek mümkündür. Elektrik sektörü 1984 yılında tamamen kamu kontrolünde ve ithal ikamesi endüstrileşme yönünden yurtiçinde ve dışında ticarete dayanan liberal ekonomi yönüne doğru yüzünü dönmüştür. Bu dönemde hidrolik enerjiden elde edilen üretilere ek olarak yenilenebilir kaynaklardan sadece ülkenin güney kesimde güneş ısı dönüşümü yapabilen su ısıtma sistemleri ile fayda sağlanmıştır. O döneme kadar üretim iletim ve dağıtım konularında tekel haline gelen Türkiye Elektrik Kurumu'na 1984 yılında çıkan 3096 numaralı "Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı Ve Ticareti İle Görevlendirilmesi Hakkında Kanun" ile ilk defa özel sektör katılımı sağlanmıştır. Bu katılım temelde dört model üzerinden gerçekleştirilmiştir; işletme haklarının devri, Yap-İşlet-Devret, Yap-İşlet, ve Otoprodüksiyon[224].

2001 yılına gelindiğinde 4628 numaralı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun ile hem Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuş hem de liberalleşme ve özelleştirmelere hız verilmiş olsa da sürecin devamında yani 2003 – 2007 yılları arasında elektrik talebi kapasite artışını geçmiş, rezerv marjları %5 seviyelerine kadar düşmüştür. Bu düşüş Yüksek Planlama Teşkilatı'nı harekete geçirmiş, 2009 yılında Elektrik Enerji Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi çıkartılmıştır. Belge sadece tam bir piyasa tarihi ve özelleştirme adımlarını tanımlamakla kalmamış, 2030 yılına kadar yenilenebilir kaynakların katılımını %30 ve linyitler ile hidrolik potansiyelin katılımını ise %100 olarak hedeflemiştir[225].

Bu sürecin paralelinde ise 2005 yılında 5346 numaralı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” (YEK) yürürlüğe girmiştir. Kanunun amacı elektrik üretiminde kullanılan kaynakları çeşitlendirmek, doğal kaynakların ekonomik ve arz güvenliği sağlayacak şekilde kullanımını sağlamak, sera gazı salımlarını azaltmak, ilgili sektörleri geliştirip bu kaynakların kullanımını ekonomik faydaya çevirmek gibi çeşitli kalemlerden oluşmaktaydı. Yasa yenilenebilir kaynakları hidrolik, güneş, jeotermal, biyoenerji, dalga, akım ve gelgit olarak tanımlamaktaydı. Ayrıca yasa o dönem için tüm kaynaklarda geçerli EUR 5 – 5,5 cent/kWh aralığında bir FIT sunmuştur. Yasa ile doğal kaynakları kullanarak dış ticaret açığını azaltmak ve yabancı yatırımları da çekmek hedeflendiği gibi aynı zamanda AB ile elektrik sektörü ve diğer ilgili diğer sektörlerdeki politikaların da uyumlu hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Bazı kaynaklara göre yasa kendisine temel olarak Alman Yenilenebilir Enerji Yasası'nı almıştır[226]. Bu konu ile ilgili Avrupalı bazı kaynaklar gelişme için uygun bir başlangıç noktası olarak görseler de vergi avantajlarının olmayışının geleneksel yakıtlar ile rekabette zorluk yaşanabileceğini, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı arasında uygun ve etkin görev dağılımının pek etkili olamayacağını savunmuşlardır. Ek olarak AB yasayı kendi 2010 hedefleri ile uyumlu olmadığı için de eleştirmiştir[227].

YEK maddeleri tüm paydaşlar ile yapılan uzun görüşmeler sonrasında 8 Ocak 2011 tarihinde güncellenmiştir. Güncellenmiş YEK'e ve diğer düzenlemelere göre bir havuz gibi çalışan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) piyasaya tanıtılmış, bu havuza göre yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemek için yapılan harcamalar elektriği üreticiden alan kurumlar yerine bir havuzda toplanarak destek maliyeti tüm elektrik tedarikçileri arasında eşit dağıtılacak şekilde tasarlanmıştır. Havuza katılıp sabit fiyatlardan yararlanmak veya serbest piyasada faaliyet göstermek mekanizmaları yenilenebilir elektrik üreticilerine seçenek olarak sunulmuştur. Ekim ayında seçtikleri mekanizmayı bildiren üreticiler bir sonraki ekime kadar buna sadık kalmak zorunda bırakılmışlardır ve dönem tarifeleri 10 yıl geçerliydi. 6094 numaralı kanuna göre belirlenen kaynaklara göre teşvik miktarları Çizelge 13'te görülebilir.

Çizelge 13 6094 Sayılı Kanun'a Göre Teşvik Miktarları

KAYNAK TİPİ	UYGULANACAK FİYAT AYNAK TİPİLERLİ İMALAT KATKISI ÜST SINIRI (USD cent/kWh)	YERLİ İMALAT KATKISI ÜST SINIRI (USD cent/kWh)
Hidroelektrik Üretim Tesisi	7,3	2,3
Rüzgâr Enerjisi Tesisi	7,3	3,7
Jeotermal Enerjisi Tesisi	10,5	2,7
Biokütle Tesisi	13,3	6,7 – 9,2 ⁴
Güneş Tesisi	13,3	

⁴ FV – CSP.

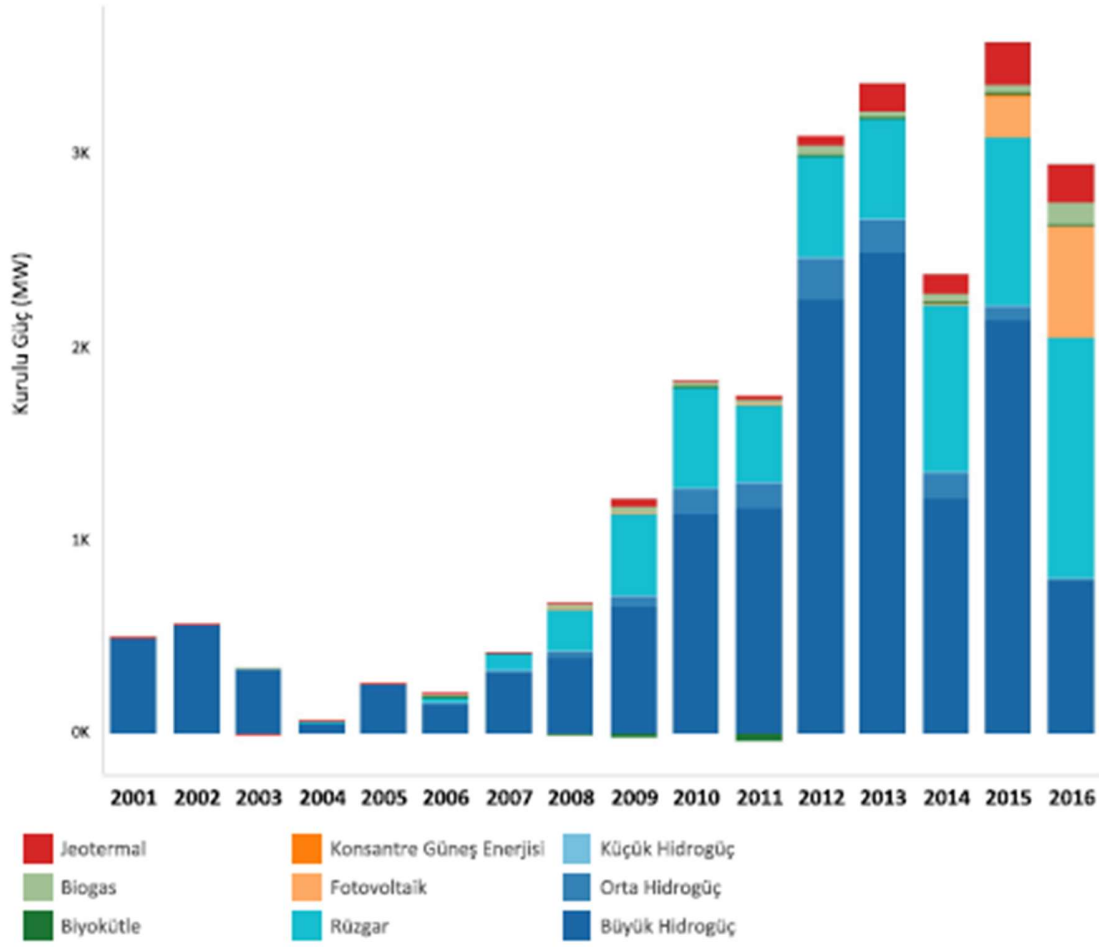
Verilen teşvikler, özellikle rüzgâr ile güneş için belirlenen miktarlar üreticilerin beklediklerinden çok daha düşük olmuştur. Bunun bir nedeni öncelikle yüksek verimli tesislerin kurulmasını sağlamak olarak gösterilmektedir. Sonrasında yatırım maliyetleri düştükçe orta verimli santraller de zamanla üretime katılacak. İletim şebekesindeki sorunlar ve sistem güvenilirliği ile elektrik kalitesi gibi konular güneş ve rüzgâr tesisleri gibi kesikli üretimi olan santrallerden olumsuz etkilendikleri için kademeli gelişim gerekli görülmüştür[224].

5346 Numaralı Kanun ekinde yer alan II Sayılı Cetvele göre aynı zamanda üretim tesisinde yerli malların kullanılması durumunda da ek teşvik verileceğini bildirilmektedir ayrıca bu süreçte fiyatların belirlenmesi, belgelenmesi ve denetlenmesi konularında düzenleyici olan “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik” 2011 yılında çıkartılmıştır ve 2013 yılında da tadil edilmiştir. Tanımları yönetmelikte belirtilmiş olan aksamlar için üst seviye miktarları Çizelge 13 içerisinde verilmiş olsa da tesislerin elektromekanik elemanlarının %55’inin yerli olması koşulu getirdiği için orta vadede bu rakamlara ulaşmanın pek mümkün olmadığı belirtilmektedir. Bunun nedeni özellikle yabancı yatırımların ve ithal makine ile ekipmanın temininin desteklenmesini sağlamak için KDV istinası, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, Faiz Desteği, Kaynak Kullanım Destekleme Fonu Muafiyeti ve Vergi indirimi sağlanmasıdır. Bu durum yabancı yarımı teşvik ederken, yerli ekipman üretiminin rekabet şartlarını bozmaktadır ve yerli aksam üretimi için hazırlanmış olan düzenlemelerin amacı ile çelişmektedir[228]. Bu durum sadece ekipman olarak değerlendirilmemeli, aynı zamanda yabancı parçaların kurulumu için gelen teknik ekip ve yönetim seviyesinde de ithalat gerçekleştirilmektedir.

Bunlara ek olarak, elektrik üretimi amaçlı arazi kiralamalarında ilk 10 yıl için %85 indirim, lisans ücretinin sadece %1’inin ödenmesi, ilk 8 yıl için yıllık lisans aidatlarının alınmaması gibi destekleyici teşvikler de mevcuttur.

Yenilenebilir enerji gelişiminde diğer önemli bir değişiklik ise lisanssız üretim kavramının tanımlanmış olmasıdır. İlk kez 2007 yılında 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile tanımlanan kavram, kendi ihtiyaçlarını karşılamak adına 200 kW kapasiteye kadar yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapacak kişileri şirket kurmaktan ve lisans almaktan muaf bırakmıştır. 2010 yılında yapılan yasal düzenlemeler ile bu sınır 500 kW'ya çıkartılmış ve üretim fazlasını dağıtım şirketlerine satmalarına izin vermiştir. 2013 yılında ise başka bir düzenleme ile bu sınır 1 MW kapasitesine yükseltilmiştir.

Tüm bu yasal düzenlemelerin getirdiği ilerleme incelenecek olursa 2006 yılı öncesinde hidrolik tesisler sayılmadığı zaman kayda değer bir yenilenebilir enerji üretim tesisinin varlığından bahsetmek mümkün değildi. YEK yürürlüğe girdiğinde Türkiye'nin rüzgâr için kurulu gücü sadece 20 MW idi. Benzer şekilde jeotermal kaynaklar için toplam kurulu güç 15 MW kadardı. Şekil 13'te yenilenebilir enerji kapasitelerinin yıllara göre artışı görülmektedir[27].



Şekil 13 Yıllara Göre Kapasite Artışı[27]

Hızlı kapasite artışının iki nedeni olduğu savunulmaktadır. Birincisi yapı olarak FIT'lerin finansal riskleri ciddi biçimde azaltması ve bu nedenle projelerin finansman bulma konusunda rahatlamalarını sağlamasıdır. Bir diğeri ise Dünya Bankası'nın yenilenebilir kaynaklar için sağladığı kredilerdir. İlk başta yerel bankaların bu yeni alandaki tereddütleri Dünya Bankası kredilerini kullanan Türkiye Kalkınma Bankası ve Türkiye Sınai Kalkınma Bankası tarafından yolun açılması ile yok olmuştur. Başlangıçta \$ 200 milyon olan krediye sonradan \$ 500 milyon kadar daha bir ekleme yapılmıştır[224].

Güneş enerjisinin gelişiminde ise güneş – sıcak su sistemlerinde küresel anlamda ciddi potansiyeli olan Türkiye'nin güneş – elektrik konusunda bu konumundan çok uzakta olduğunu söylemek mümkündür. Yasanın ilk halinde teşvik rakamı € 5,5 cent/kWh olarak yatırımcılara çok düşük geldiği için bu rakam yeniden düzenlenene kadar yatırım yapılmamıştır. Düzenleme yapıldıktan sonra her ne kadar teşvik rakamları AB üyelerinin verdiklerinden çok daha az olsa da güneşlenme konusunda daha iyi bir coğrafyaya sahip olduğu için Türkiye birçok Avrupa ülkesinden daha fazla kapasite kurmuştur. Güneş enerjisi için hazırlanan düzenleyici yol haritasında ise 2013 yılının sonuna kadar kurulacak olan kapasite, çatı tipi lisanssız üretimler hariçler tutularak, 600 MW kapasitesini geçemeyecek şekilde hazırlanmıştı. Kapasitenin bu şekilde düşük tutulması dikkatli bir yaklaşımı ve bedeli ağır olmayan bir tecrübe edinmesi süresini amaçlamaktaydı. Ayrıca Elektrik Piyasası Lisanslama Yönetmeliğine göre kurulu güç 50 MW'ı geçemeyecek ve bağlantılar en yakın trafodan yapılacaktır.

5.2 Mevcut Durum ve Hedefler

2013 yılında yayınlanan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile elektrik piyasası türev piyasalar, gün öncesi piyasası, gün içi piyasası ve dengeleme ve güç piyasası olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Türev piyasalar orta-uzun vadede üretim ve tedarik optimizasyonu temelinde kurulmuş olan piyasalardır. Vadeli İşlem ve Opsiyon Piyasası olarak Borsa İstanbul tarafından işletilir ve EPDK, Sermaye Piyasaları Kurulu ve Rekabet Kurumu tarafından düzenlenir. Gün öncesi piyasa ise adından da anlaşılacağı üzere kısa vadeli bir piyasadır ve 2011 yılından beri vardır. Bu piyasada üretim tüketim dengesi sağlanır. 2015 yılında kurulan Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ) tarafından işletilir ve Rekabet Kurumu ile EPDK tarafından düzenlenir. Haziran 2015'de getirilen diğer bir yenilik ise gün içi piyasasıdır. Gün öncesi piyasası gibi çalışır ancak beklenmedik risklere karşı çok daha kısa sürede tepki verilmesi gerektiği için risk miktarı çok daha yüksektir. Son olarak dengeleme güç piyasasında ise Türkiye Elektrik İletim A.Ş. sistem güvenliği için gerekli düzenlemeleri yapar[229].

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için doğrudan ve dolaylı olarak birçok teşvik verilmektedir. Çizelge 14'te en sık kullanılan teşvik mekanizmaları verilmiştir.

Çizelge 14 Türkiye’de Verilen Başlıca Teşvikler[230]

TEŞVİK	PROJE GELİŞTİRME	FAALİYET
Gelir ve Fiyat Desteği		FIT Alım Garantisi
Feragat edilen devlet geliri		KDV Muafiyeti Gümrük Vergisi Muafiyeti
Malların ve hizmetlerin piyasa değerinin altında temini	Sistem Bağlantısı Önceliği Hazine Arazilerine Erişim İzni 1 MW altındaki tesisler için ruhsat muafiyeti Ruhsatlama maliyetinin değerinin %1’inde sabitlenmesi	

Bunlara ek olarak 5346 sayılı kanun gereği yerli ürün kullanımında kullanılan ürün miktarına ve türüne göre çeşitli teşvikler verilmektedir.

Üretim tesislerinin mevcut durumlarına bakılacak olursa Çizelge 15 ile karşılaşılmaktadır.

Çizelge 15 Türkiye Elektrik Sistemi Kaynaklara Göre Kurulu Güçler [231]

	2018		
	Kurulu Güç	Katkı %	Santral Sayısı
FUEL-OİL + NAFTA + MOTORİN	303,6	0,3	12,0
YERLİ KÖMÜR(TAŞ KÖMÜRÜ + LİNYİT + ASFALTİT)	9.872,6	11,4	30,0
İTHAL KÖMÜR	8.793,9	10,1	11,0
DOĞALGAZ + LNG	23.182,8	26,7	251,0
YENİLEN.+ATIK+ATIKISI+PİROLİTİK YAĞ	580,7	0,7	99,0
ÇOK YAKITLILAR KATI+SIVI	706,9	0,8	22,0
ÇOK YAKITLILAR SIVI+D.GAZ	3.412,1	3,9	47,0
JEOTERMAL	1.129,2	1,3	40,0
HİDROLİK BARAJLI	19.881,0	22,9	117,0
HİDROLİK AKARSU	7.574,4	8,7	507,0
RÜZGAR	6.561,9	7,6	163,0
GÜNEŞ	22,9	-	3,0
TERMİK (LİSANSSIZ)	224,7	0,3	78,0
RÜZGAR (LİSANSSIZ)	46,9	0,1	62,0
HİDROLİK(LİSANSSIZ)	7,4	-	10,0
GÜNEŞ (LİSANSSIZ)	4.567,4	5,3	5.113,0
TOPLAM	86.868,4	100,0	6.565,0

Kurulu güçlerin katkısına bakıldığında zaman özellikle hidrolik tesislerin katkısı ile yenilenebilir kaynaklar %45,9 gibi bir paya sahiptirler. 2017 yılı sonu ile Mart arasında devreye giren yeni tesislere baktığımızda 1668 MW'lık bir kapasite artışı görülmekte ve bu artışın %69,8'inden yeni kurulan lisanssız güneş tesisleri, %4-6 arasında değişen rakamlarda da rüzgâr, hidrolik ve jeotermal tesisler sorumludur[232]. Her ne kadar yenilenebilir kaynaklar kapasite bakımından olumlu bir tablo çizse de Türkiye enerjide %76 oranında dışa bağımlıdır ve oranın bu denli yüksek olması enerji bağımlılığı konusunda ciddi endişe yaratmaktadır. Bu endişeyi gidermek adına Türkiye üç önemli girişimde bulunmuştur.

İlk girişim Türkiye'nin uzun süredir hedeflediği nükleer enerji santrallerinin yardımıyla arz güvenliğinin ve enerjide ithalatların iyileştirilmesidir. Türkiye nükleer enerji kullanmaya başlayan ülkelerde gözlenen tüm özelliklere uzun süredir sahiptir: büyük bir ekonomi, uygun bir şebeke, büyüyen enerji ihtiyacı ve enerji bağımlılığı

endişeleri[233]. Tüm bu faktörler Türkiye'nin neden 50 yıldır nükleer enerji planının olduğunu açıklamaktadır. Ancak Türkiye politik olarak en dengesiz 30 ülke arasında algılanmaktadır[234] ve bu da nükleer gelişimini zorlaştırmaktadır[233]. Ayrıca bu süreç içerisinde Türkiye'nin nükleer enerjiyi sadece barışçıl amaçlarla değil, aynı zamanda silah üretiminde de kullanacağından endişelenen Kanada gibi bazı ülkeler de zaman içerisinde nükleer konusundaki desteklerini çekmişlerdir[235]. 1950'li yıllardan itibaren altı tane girişim olmuş ancak hepsi askeri darbeler gibi politik kaynaklı nedenlerle yarım kalmıştır. Altıncı girişim ise 2023 hedefleri doğrultusunda en az iki nükleer santral devreye sokarak dışa bağımlılığı azaltmak şeklindedir. İlk inşaat halinde olan, 4800MW kurulu gücündeki Akkuyu Nükleer Santrali'dir. Kapasite faktörünün de yardımıyla bu tesis inşaatı tamamlanınca elektrik tedarikinin %10'u kadar bir miktarı karşılayabileceği iddia edilmektedir. Akkuyu ile birlikte Sinop tarafına yapılması planlanan ikinci bir santral daha bulunmakta ancak henüz fizibilite çalışmaları tamamlanmamıştır. Bir diğer santralin ise İğneada tarafında kurulacağına dair kesinleşmemiş bilgi bulunmamaktadır. Bu santraller ile Türkiye hem arz güvenliğini sağlamak hem de nükleer teknolojiyi öğrenerek kaynak çeşitliliğini artırmayı hedeflemektedir. Diğer yandan nükleer reaktör yatırımları ile ilgili çarpıcı bir veri 1995 yılından sonra gelişmiş batılı ülkelerin bu yatırımları neredeyse durduğu, ancak gelişmekte olan Asya ülkelerinde yeni yatırımların yapıldığıdır. Yatırımların azaltılması ile birlikte Siemens gibi Avrupalı birçok nükleer enerji devi pazardan çekilmiş, bu da tedarikçilerin azalmasında ve dolayısı ile fiyatların artmasında etkili olmuştur. Ayrıca her ne kadar nükleer santraller çevre dostu olarak karbon emisyonlarının azaltılmasında faydalı olabilseler de özellikle Çernobil ve Fukuşima kazaları sonucu oluşan felaketlerin büyüklüğü nedeniyle güvenlik kriterleri ön plana çıkmış bu da maliyetlerin 1970 – 1990 yılları arasındaki gibi rekabetçi veya ucuz olmalarını engellemiştir[236]. Yapılan anlaşmalarda Akkuyu için USD 0,1235 / kWh, Sinop için ise USD 0,1083/kWh alım garantileri verilmiştir. Bu noktada sürekli ucuzlayan ve dağıtılmış üretim sayesinde şebekeye daha az yük olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak yerine merkezi üretim yapacak ve en az beş yıl

sonra devreye girecek santrallere yatırım yapmak ekonomik anlamda kolayca gerekçelendirilememektedir.

İkinci girişim ise Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi (TANAP) ile doğalgaz için ithalatçı çeşitliliğini artırarak arz güvenliğini sağlamaktır.

Üçüncü ve son girişim ise yenilenebilir kaynakların üretime katılmasını sağlamaktır. Jeotermal ve hidrolik tesislerde potansiyel kullanımını tamamlamak, güneş ve rüzgâr gibi tesislerde ise kapasiteleri genişletmek istenmektedir[237].

Hükümet tarafından yapılan düzenlemelere baktığımızda hem arz güvenliği hem verimlilik hem de kaynak çeşitliliğinin optimizasyonu sağlayacak politikalar geliştirdiğini görebiliriz[238]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na (ETKB) göre bunu başarmanın koşulu yerel kaynakların kullanımını artırmak, yenilenebilir enerjileri yaygınlaştırmak ve AB ile şebeke bağlantılarını güçlendirmektir ancak bu politika sadece 2015-2019 aralığı ile sınırlı ve 10'uncu kalkınma planında yer almaktadır. Bununla birlikte Türkiye Avrupa Parlamentosu'nun 23 Nisan 2009 Avrupa Konseyi'nin 2009/28/EC sayılı Direktifi'ne uygun bir şekilde 2013 – 2023 yılları için Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı hazırlamıştır. 2015 yılında ise Paris Anlaşmasını imzalayarak 2030 için taahhütlerini belirlemiş oldu. Ancak Türkiye'nin 2030 sonrası için bir resmi planı bulunmamaktadır.

Gelecek hedeflerine bakacak olursak Türkiye 2023 yılında 34 GW hidrogüç, 20 GW rüzgâr, 5 GW güneş ve 600 MW jeotermal kurulu gücüne ulaşmayı hedeflemektedir[239]. Bunu kaynaklara göre inceleyecek olursak; Türkiye'de tahmin edilen hidrogüç potansiyeli 42 GW kadardır[240][241]. 2018 yılında ise hidrogüçte kurulu güç 27,45 GW seviyesine gelmiştir[232]. Ancak bu değerler gelecekte geçerli olmayabilir. Bazı kaynaklara göre Türkiye su stresi yaşayan bir ülkedir ve zamanla kaynaklarında azalma gözlenecektir. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için kişi başına yıllık su potansiyeli 8000 – 10000 m³ arasında olmalıdır. Türkiye'de ise 1997 yılının başında 3700m³ olan bu rakam 2000 yılında 3000m³'e düşmüş, 2009 yılında ise artan nüfusun da etkisi ile kullanılabilir miktar 1600m³ olarak gözükmemektedir[242][243]. Bunun üzerine küresel ısınmadan kaynaklı kayıplar da

eklendiği zaman su için kullanım önceliği elektrik üretiminden önce içme ve sulama olarak kayması ihtimali yükselmektedir.

Mevcut kurulu rüzgâr kapasitesi ise 6,6 GW civarındadır ve 2023 için hedef 20 GW olarak belirlenmiştir. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) verilerine göre Türkiye için toplam kapasite 115 GW civarındadır. Özellikle Ege Bölgesi'nde ve Türkiye'nin kuzey batı bölgeleri en elverişli olduğundan kurulu santrallerin %75 kadarı buralarda bulunmaktadır[244]. 2014 tarihinde yayınlanan bir rapora göre rüzgâr türbini için yatırım maliyetleri USD 1127- 1376 /kW olarak değişmektedir[245]. Buna göre 2015 yılından 2023 yılına kadar hedeflere ulaşmak için harcanması gereken miktar 18,6 ile 22,7 milyar dolar mertebesinde[246]. Türkiye'de uygulanan FIT ve düzenleyici politikalar ABD, Çin ve bazı AB ülkeleri ile benzerlik göstermektedir ancak kamu finansmanı, açık ihaleler, kamu kredileri, mali teşvikler ve enerji üretim ödemeleri gibi birçok sistem henüz tam gelişmemiştir ve bunlar rüzgâr enerjisinin gelişimindeki büyük engeller olarak gösterilmektedir[247].

Güneş potansiyeline baktığımızda ise Türkiye Avrupa'da ilk beş ülke arasında yer almaktadır[248]. Yıllık ortalama güneşlenme miktarı 1311 kWh/(m² a) ya da 3,6 kWh/(m² gün) olarak hesaplanmıştır. En yüksek güneşlenme miktarları Güneydoğu, Akdeniz ve Doğu bölgelerinde görülmektedir. 2018 yılında yaklaşık 4590 MW kadar kurulu güç hesaplanırken hedef 5 GW olduğu için güncellenmesi gerekmektedir. Kurulu kapasite FV tipi tesislere ait olup ülkemizde CSP türü tesis bir tane ve tanıtım amaçlı olarak kurulan Greenway Mersin CSP Kule Tipi 5 MW'lık üretim tesisidir[249]. Yine IRENA raporundan[245] bir hesaplama yapacak olursak kW başına gereken yatırım miktarı 800-1800 USD arasında olduğu için 2015 – 2023 yılları arasında 2023 yılı hedeflerine ulaşmak için yapılması gereken yatırım miktarı ortalama 4 milyar dolar olarak çıkmaktadır.

İdeal iklim koşulları ve tarımcılığın da yaygın olması nedeniyle bioenerji potansiyeli çok yüksektir. Türkiye'de atık – enerji dönüşümü 1996 yılında başlamış ve 2014 yılında 260 MW kapasiteye ulaşmıştır[250]. ETKB ülke genelinde potansiyeli 236,2

TWh[251] olarak belirtse de Alman Biokütle Araştırma Merkezi bu rakamın 61,7 TWh olduğunu savunmaktadır[252].

Toplamda Türkiye yenilenebilir enerji alanındaki 2023 hedeflerini yakalayabilmek için 31,4 ile 90,5 milyar dolar arasında bir harcama yapması gerektiği iddia edilmektedir[246].

Bu hedefleri yakalayabilmek için tabi ki bir de buna uygun altyapı geliştirilmesi gerekmektedir. 2023 hedeflerinde iletim hatlarının 60.717 km'ye, dağıtım ünitelerinin kapasitelerini ise 158.460 MVA'ya çıkarmak gibi hedefler yer almaktadır. Buna ek olarak doğalgaza bağlı üretimi güvence altına alabilmek için 5 milyar metreküplük bir depolama hacmi de hedeflenmektedir. Toplam kurulu gücün 120000 MW'a ulaşması beklenirken üretime iki tane de nükleer santralin destek vermesi bekleniyordu ancak günümüz itibari ile ilerlemelere bakıldığında nükleer enerjinin 2023 yılına yetişmesi mümkün gözükmemektedir. Son olarak tüm bu sistemi verimli ve güvenli bir şekilde çalıştırabilecek olan akıllı şebeke uygulamalarına geçilmesi bekleniyor. Tüketim tarafından bakacak olursak 2023 yılında 530000 GWh'lik bir miktar beklenirken bunun 160000 GWh'inin yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanması beklenmektedir[253]. Konu emisyonlar olarak incelendiğinde ise yine AB'nin sera gazı salımında bağlayıcı beklentileri vardır ve 2030 yılında salımlarda %40 oranında bir azalma hedeflemektedir[254]. Türkiye de 2023 hedeflerini gerçekleştirerek salım oranlarının azaltılmasını hedeflemektedir. Yapılan bir çalışmaya göre 2023 yılında karbon vergisinin her birim karbondioksit ton için \$50 olduğu kabul edilirse 2023 hedeflerine ulaşılması durumunda yenilenebilir enerji kaynaklarının \$2.175 milyar tutarında salımı engelleyeceği öngörülmüştür[253]. Ancak tüm hedeflerin önünde teşvik politikalarındaki belirsizlik engeli vardır. Tezin önceki kısımlarında da bahsedildiği üzere yenilenebilir enerji politikalarında istikrar, şeffaf ve öngörülebilir süreçler çok önemli olmasına rağmen Türkiye için 2020 yılı sonrasında teşvik politikalarının durumu hakkında herhangi bir resmî belge bulunmamaktadır. Bu durum gelecekteki risklerin öngörülmesini imkânsız hale getirdiği için yeni yatırım ve projelerin geliştirilmesine engel olmaktadır. Raporun uzatılacağı bilgisi paylaşılsa yapımı 2020 sonrasında bitecek projelerin geliştirilmesine başlanarak kapasite

artışına katkı sağlanabilir ancak konu hakkındaki erteleme yeni projelerin geliştirilmesine engel olacaktır. Bununla birlikte yeni yasa sadece fiyat düzenlemesi için değil, eleştirilen diğer noktaların düzeltilmesi için de kullanılabilir[255];

- Lisanslama ve diğer yatırım öncesi süreçlerinin çok uzun olması ve bu esnada açılan davaların (acele kamulaştırmanın iptali, ÇED iptal vs.) süreçleri çok daha fazla uzatması yatırımlarda gecikmelere neden olmaktadır. Bu gecikmeler lisans almış olmalarına rağmen süreçlerin uzaması nedeniyle 2020 yılına kadar geçerli olan teşviklerden yararlanamayacak projeler yaratabilir.
- Şebeke kısıtlarına karşı önlemlerin alınması ve şebekenin iyileştirilmesini sağlayacak şebeke yatırımlarının hızlandırılması
- YEKDEM maliyetlerinin sadece tedarik lisansı sahibi tüzel kişilere yansıtılması piyasa dengelerini bozmakta, serbest piyasanın oluşmasını engellemekte, nihai tüketiciye özellikle de sanayi kesimine büyük bir yük getirmekte ve referans fiyatların oluşmasını engellemektedir.
- Yerli ekipman üreticilerinin geliştirilmesi için malzeme ve ekipman payları yeniden düzenlenmelidir.

5.3 AB Müktesebatı ile Karşılaştırma

Türkiye, AB'ye katılımı için Birlik müktesebatı olarak da isimlendirilen, Birlik sistemini ve Birliğin kurumsal çerçevesine bağlanan hak ve yükümlülüklerin katılım tarihindeki hali ile uygulamak zorundadır. Enerji konusunda koşullar farklı direktif ve düzenlemeler ile belirlenir. Bu düzenlemeler elektrik, doğalgaz, arz güvenliği, yakıtlar, altyapı, çevre ve yenilenebilir enerjiler hakkında olabilmektedir.

Bu çerçevelerden ilki elektrik iç piyasa düzenlemelerini ele alan Direktif 2009/72/EC'dir. 1999'dan beri süregelen düzenlemelerin güncel halidir. Bu düzenlemedeki amaç Birlik içerisindeki kişi ya da tüzel tüm tüketicilere gerçek anlamda seçme hakkının verilmesini amaçlar. Buna ek olarak sınır ötesi ticareti destekler, verimlilik, rekabetçi fiyatlar ve yüksek hizmet standartları ile arz güvenliği ve sürdürülebilirliğini destekler. Üçüncü enerji paketinin bir parçası olarak Direktif 2009/72/EC hem üretim, iletim, dağıtım ve tedarikte ortak kurallar uygulanması

amaçlar hem de tüketici hakları, hizmet standartları gibi koşulları belirleyerek rekabet ortamını tanımlar ve geliştirir. Direktif üretim ve iletim konularında ayrışmayı zorunlu kılar, yani bir şirket iletimci ise üretimden daha fazla fayda sağlayabilmek adına rakiplerinin bağlantı önceliklerine farklı yaklaşabilir. Bu da adil rekabeti engelleyeceği için fiyatların yükselmesine neden olacaktır. Ayrışma üye ülkenin seçimine göre farklı şekillerde yapılabilmektedir.

Düzenleme (EC) 714/2009 sınır ötesi ticaret ve erişim koşulları ile ilgilidir. Amaç sınır ötesi ticarete adil kurallar belirleyerek bölgesel ve piyasa özelliklerini de dikkate alarak iç piyasalarda rekabeti geliştirmektir. Yapısında sınır ötesi akımlar için dengeleme mekanizmalarının kurulması ve harmonizasyonun sağlanması prensiplerini de içerir.

Düzenleme (EC) 838/2010 iletimde dengeleme mekanizmalarını ve genel iletim fiyatlandırmasına dair Birlik içerisinde ortak bir yaklaşım belirlemek için çıkartılmıştır. Sınır ötesi ticaret esnasında dengeleme mekanizmalarından dolayı doğacak masrafların hesaplanmasında kullanılır. Üyeler arasında hem adil bir rekabet ortamı yaratarak piyasa fiyatlarını azaltmayı hedefler hem de Birlik içerisindeki altyapının güçlenmesine yardımcı olarak arz güvenliğinin artırılmasını sağlar.

Düzenleme (EU) 543/2013 elektrik piyasalarında bilginin teslimi ve yayınlanması konusunda temel çerçeveyi belirler. Önceki dönem düzenlemelerine göre çok daha fazla veri grubunun yayınlanmasını sağlar. Diğer bir yandan bu verinin toplanacağı, düzenleneceği ve dağıtılacağı merkezi platformlar ile ilgili de yetki ve sorumlulukları belirler. Bu verilerin üretim, tüketim ve ticari kararlarda zaruri olduğu, daha derin market entegrasyonunun ve yenilenebilir enerjiler gibi kesikli üretim kaynaklarının daha hızlı gelişiminin yüksek kaliteli ve kolay işlenebilir bilgiler sayesinde gerçekleşebileceği belirtilir. Tüm veri setinin sürekli emre amade olması anlık arz – talep dengesinin yakalanmasında da yardımcı olacağı için arz güvenliğine de destek olmaktadır. Son olarak piyasada yeterli şeffaflığın sağlanması, bilginin piyasa katılımcıları arasında dengesiz dağılımından dolayı büyük oyuncuların çok daha fazla

bilgiye erişimi olduğu ve bunun diğer katılımcılar veya yeni katılacaklar için dezavantaja dönüşmesini sağlamak için önemlidir.

(EU) 2016/1388 şebeke kodlamasının geliştirilmesi ve genel bir uygulama için altyapının hazırlanması için düzenlenmiştir. Sistem operatörlerinin talep tarafı ile dağıtım arasındaki ilişkiyi şeffaf ve ayrımcılık olmadan kurmalarına yardımcı olarak rekabet koşullarını herkes için dengeler.

Direktif 2005/89/EC Birlik içerisinde elektrik arz güvenliğini güvence altına alarak işler bir piyasanın varlığını sürdürmesine yardımcı olmak adına çıkartılmıştır. Üyeler arasında makul bir iletim kapasitesinin, üretim miktarının ve arz – talep dengesinin sağlanmasına da yardımcı olacak öğeler içerir. Taraflar arz güvenliğini sağlarken kendi piyasalarında rekabetin de devamlılığını sağlamak zorundadır. Taraflar aynı şekilde piyasadaki paydaşların rollerini ve yetkilerini tanımlamak durumundadırlar.

Altyapı ile ilgili bir diğer direktif ise (EU) 347/2013 numaralı trans-Avrupa enerji altyapısı için ana esasları belirler. Birlik içerisinde üyeler arası iletim kapasitelerinin artırılması ciddi bir yatırım gerektirmektedir. Bu düzenleme ile Enerji Birliği'nin enerji ve çevre hedeflerine ulaşmak için yapılacak yatırımların için kolaylıkların sağlanması ve izin prosedürlerinin tanımlanması sağlanmaktadır.

İki taraf bu müzakereleri 3 Ekim 2005 tarihinde başlatmıştır. Aynı tarihte, müzakerelerin usul ve esaslarını belirleyen "Müzakere Çerçeve Belgesi" de kabul edilmiştir. Türkiye'nin AB Katılım Müzakereleri, Müzakere Çerçeve Belgesi kapsamında, 35 fasıl üzerinden yürütülmektedir ve toplumsal yaşamın hemen her alanını kapsamaktadır. Enerji konusu ise 15 numaralı fasılda incelenmektedir. Enerji faslının kapsamında mevzuat, iç piyasa, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer güvenlik ve arz güvenliği gibi farklı konular vardır. 2006 yılında fasıl ile ilgili toplantılara başlanmış günümüze kadar çeşitli toplantı ve zirveler ile ilerlemeler kaydedilmiştir. 2012 yılında yapılan çalışma grup toplantılarında beş ana unsur belirlenmiştir[256]:

- Türkiye ve AB'de enerji senaryoları ve enerji sepeti,
- Piyasa entegrasyonu ve altyapıların geliştirilmesi,

- Enerji iş birliği,
- Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve temiz enerji teknolojileri,
- Nükleer enerji ve radyasyondan korunma.

Bu alanlarda uzun dönemde enerji sektörü için ortak niyetlerin ortaya çıkarılması amaçlanmış, çalışmanın sonucunda ise iki tarafında katkıları ile Türkiye-AB Enerji Sektörü Geliştirilmiş İş Birliği Belgesi oluşturulmuştur.

2013 ve 2014 yıllarında da grup çalışmaları devam ettirilmiş elektrik, doğalgaz, nükleer enerji, enerji verimliliği, yenilenebilir enerjiler ve iletim sistemleri (ENTSO-E) konuları ele alınmıştır. 2015 yılında ise taraflar enerji tedarik kaynaklarını güvence altına alma, çeşitlendirme ve rekabetçi enerji pazarları oluşturma hedefi doğrultusunda “Yüksek Düzeyli Enerji Diyaloğu” başlatmıştır.

İlerleme raporlarına baktığımızda ise AB Türkiye’yi enerji faslı için orta derecede hazır olarak değerlendirmektedir. Özellikle dönem raporlarında şeffaf, maliyet yansıtan ve ayrımcı olmayan elektrik ve gaz tarifelerinin uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır[257].

TEİAŞ’ın Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri’nin gözlemci üyesi olması elektrik şebekesi konusunda enterkonnekte hatların çoğaltılması ile birlikte tam entegrasyon için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Elektrik piyasasında ise özellikle AB’nin Üçüncü Enerji Paketi ile uyumlu düzenlemeler devam etmektedir. Elektrik piyasalarında tedarikçi seçimi için yeterlilik sınırının 2016 yılında 3600 kWh’e düşürülmesi ile teorik piyasa açıklığının %86’ya, 2018 yılında ise bu rakamın 2400 kWh’e indirilmesi ve teorik piyasa açıklığının %90 seviyesine yükselmesinden olumlu bahsedilirken tam bir piyasa açıklığı için bir tarih belirlenmemiş olması eleştirilmektedir. Ayrıca EPDK’nın bilgi güvenliği ve siber güvenlik alanındaki düzenlemeleri yan hizmetler ve şebeke için kritik olarak ifade edilmiştir.

Yenilenebilir enerjiler alanında ise Türkiye’nin Birlik çerçevesi ile büyük ölçüde örtüştüğü vurgulanmıştır. 2023 yılı için %30 yenilenebilir enerji hedefi ve Direktif

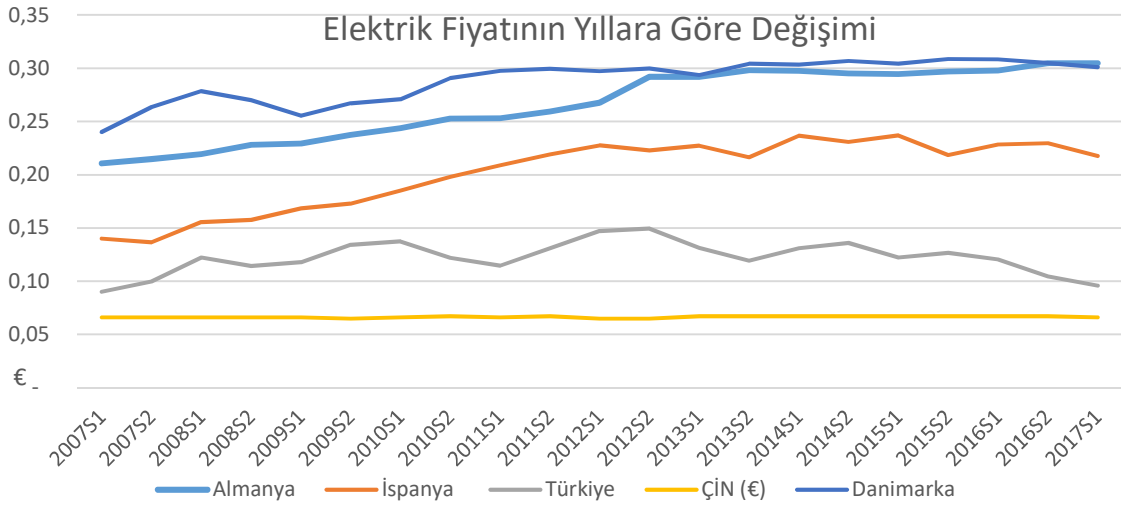
2009/28/EC ile paralel olan bir yenilenebilir enerji aksiyon planının varlığından olumlu olarak bahsedilmiştir. Bunlara ek olarak hidroğüç dahil olmak üzere, yenilenebilir üretim tesislerinin çevresel konularda müktesebat çerçevesine sadık olmalarının önemini vurgulamaktadır ve bu noktada düzenlemelerin güncellenmesi gerektiği belirtilmektedir[258]. 2018 raporunda güneş ve rüzgâr için yapılan 1000 MW'lık ihaleler “mega” olarak adlandırılmış, büyük ölçekli yenilenebilir alanların tahsis edilmesine dikkat çekilmiştir.

5.4 Seçilmiş Ülkeler ile Karşılaştırma

Seçilmiş ülkeler ile Türkiye karşılaştırıldığı zaman birçok alanda farklılıklar hemen göze çarpmaktadır. 2016 yılı verilerine göre beklendiği gibi Çin 1,3787 milyar kişilik nüfusu ile en kalabalık ülke olurken, Almanya 82,4 milyon ile ikinci sıradadır, bunu Türkiye 79,5 milyon ile takip ederken İspanya 46,4 milyon ile üçüncü, Danimarka ise 5,7 milyon ile sonuncu sıradadır. Ancak nüfusun büyüme hızlarına bakıldığı zaman farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. 2016 – 2010 yılları arasında Almanya nüfusu dalgalı bir seyir göstererek ortalama yıllık %0,2 civarında artarken bu rakam İspanya'da ara ara negatif değerlere düşmekte, Çin için yıllık artış %0,55 bandında olurken Danimarka %0,4 mertebesinde kalmakta, Türkiye'de ise %1,5 bandındadır yani tüm ülkeler arasında en yüksek nüfus artış hızına sahiptir. Diğer yandan son tüketim için müsait elektrik değerlerine baktığımızda ise yine 2016 yılında Çin için 5920000 GWh iken Almanya için bu rakam 517377 GWh, İspanya için 233172 GWh, Türkiye için 228398 GWh, Danimarka için ise 32000 GWh'dir[259]. Burada önemli olan nokta Almanya, Danimarka ve İspanya için 2000 yılından bu yana tüketim değerinin en yüksek olduğu dönem 2006 – 2011 dönemi iken Çin ve Türkiye için her sene değer de artarak büyümektedir. Son olarak kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hâsıla rakamlarına bakacak olursak bu rakam Danimarka için \$56307, Almanya için \$44469, İspanya için \$28156 Türkiye için \$10540 ve Çin için \$8826 miktarındadır. Bu değeri 2000 yılı ile karşılaştırdığımızda ise en büyük artış \$25563 ile Danimarka'nın olurken, Türkiye \$6224 artış ile sonuncu sıradadır[260].

Fotovoltaik panellerin ülkelerdeki kurulu gücüne baktığımızda ise 2016 yılında Almanya'daki üretim tesislerinin toplam kapasitesi 40714 MW iken bu değer

İspanya'da 4973 MW, Danimarka'da 906 MW, Türkiye'de 833 MW, Çin'de ise 130631 idi. Türkiye kapasite artışı 2014 yılından sonra başlarken Çin 2011, İspanya 2008, Almanya ise 2004 yılında 1 GW sınırını geçmişti.



Şekil 14 Ülkelerin Elektrik Fiyatlarının Yıllara Göre Değişimi[259][261]

Şekil 14'te verilmiş olan hane tüketimi için uygulanan fiyatlar incelenirse, Çin neredeyse tüm süreç boyunca sabit ve en ucuz elektrik fiyatına sahip olan ülke olarak kalmış, Türkiye 2012 yılında 15 dolar sent sınırına yaklaşmış ancak sonrasında tekrar azalmış ve seçilen AB ülkelerine göre daha ucuz hane elektrik fiyatına sahip olarak kalmış, Almanya ile Danimarka'da ise 2012 yılına kadar elektrik fiyatları yükselmiş, sonrasında ise yatay bir seyir almıştır.

6 SONUÇ

Günümüzde değişen çevresel ve ekonomik koşullara enerji bakımından ayak uydurmamıza yardımcı olacak teknolojilere sahip olsak da bu yüksek bir maliyet ve dikkatli bir süreç değerlendirme gerektiriyor. Bu maliyetleri girişimciler için daha katlanılır hale getirmek ve süreçteki riskleri azaltmak için de çeşitli destek mekanizmaları uygulanıyor. Her ülke bu değişimi kendi koşul ve önceliklerine göre yaparken Türkiye de bu değişim sürecinde önemli bir yol kat etmiş durumdadır ancak önünde daha uzun bir yol vardır. Bu yolda ilerlerken diğer ülkelerin uygulamalarını iyi değerlendirmek, başarılarını ve hatalarını iyi anlamak gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında farklı ülkelerin uygulamaları ve teşvikler açısından süreç içerisindeki kararları ve sonuçları incelenmiştir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda geriden gelerek diğer ülkelerin uyguladığı yanlış politikalardan ders çıkarmış olsa da kaynak kullanımında geri kalmış durumdadır. Her ne kadar Avrupa ülkelerinde ekonomi kadar iyi bir ekonomisi olmasa da geçen süre içerisinde ciddi bir kapasite elde etmiştir.

Türkiye, bu kapasiteyi daha da artırmak için;

- Teşvik politikaları dinamik bir hale getirilmeli, sürekli piyasa ve teknoloji izlemelerine göre düzenlemeler güncellenmelidir;
- 5346 sayılı kanun ekindeki 1 numaralı cetvel fiyatları 2020 yılı sonrası için güncellenmeli ve desteklerde süreklilik sağlanmalıdır;
- 5346 sayılı kanun ekindeki 2 numaralı cetvelde belirtilen yerli aksam desteği çok daha detaylı hale getirilmeli, proje sahipleri ile birlikte üretimdeki ana ve yan sanayinin de faydalanması sağlanmalıdır;
- Yerli aksam FV üretimi için teknoloji transferi ile AR&GE çalışmaları da destek kapsamına alınmalıdır;
- Oluşturulacak yerli endüstri için taban verimler ile AR&GE payı tanımları yardımıyla desteklenecek firmalar belirlenmeli, bu sayede hem rekabetçi endüstri oluşturulmalı hem de yerel kaynaklardan faydalanma miktarı en üst seviyeye çıkartılmalıdır;

- Yüksek kapasiteli ihaleler için bölgeler hazırlanmalı, özellikle büyük yatırımcıların sahip oldukları bilgi ve rekabetin de yardımıyla yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi daha da ucuza getirilmelidir;
- Hedeflere ulaşabilmek ve kapasiteleri artırabilmek için yabancı yatırımcıyı çekecek değişiklikler yapılmalıdır;
- 2030 yılına kadar ve sonrası için genel bir yol haritası çizilmeli, planda istikrara özen gösterilmeli ve tüm paydaşların sektör için risk algısı azaltılmalıdır;
- Şebekeye yapılan yatırımların artırılması yoluyla kısıtlar azaltılarak kapasite artışı sağlanmalıdır;
- Yüksek kapasiteli ihaleler için bölgeler hazırlanmalı, özellikle büyük yatırımcıların sahip oldukları bilgi ve rekabetin de yardımıyla yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi daha da ucuza getirilmelidir;
- Yatırım öncesi izin süreçleri kısaltılmalı, özellikle süreç içerisinde hukuk kaynaklı beklemler olduysa proje özelinde ek süre uygulanmalıdır;
- Fosil yakıtlara verilen teşvikler kademeli olarak kaldırılmalı, yenilenebilir enerji teknolojileri için rekabet ortamı iyileştirilmelidir;
- FV çatı uygulamaları ayrıca tanımlanmalı, farklı teşvik koşullarına sahip olmalıdır;
- Tek fiyat yerine bölgesel tarifeler uygulanmalı, potansiyel ve teknoloji ile detaylandırılan teşvikler yardımıyla yenilenebilir enerji üretimi yurt geneline dağıtılmalıdır;
- Süreçlerdeki bürokrasi noktaları azaltılmalı; lisans, projelendirme ve yatırım kalemleri tek merkezden takip edilmelidir;
- Gerekli piyasa düzenlemeleri yapılmalı, piyasa açıklığı %100'e çıkartılmalı ve tüketicilere firma seçeneği dışında kaynak seçeneği de sunulmalı, böylece teşvik maliyetlerinin bir kısmı gönüllü tüketiciler tarafından karşılanmalıdır;
- Elektrik piyasasındaki şeffaflık artırılmalıdır;

Önerilerini uygulayabilir.

7 KAYNAKLAR

- [1] O. Ellabban, H. Abu-Rub, and F. Blaabjerg, Renewable Energy Resources: Current Status, Future Prospects and Their Enabling Technology, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 39, pp. 748–764, **2014**.
- [2] IEA, *Deploying Renewables 2011: Best and Future Policy Practice*. Paris, France, **2011**.
- [3] S. Müller, A. Brown, and S. Ölz, Policy Considerations for Deploying Renewables, *Renew. Energy*, p. 72, **2011**.
- [4] W. P. Linak *et al.*, Ultrafine Ash Aerosols from Coal Combustion: Characterization And Health Effects, *Proc. Combust. Inst.*, vol. 31 II, pp. 1929–1937, **2007**.
- [5] K. Donaldson *et al.*, Combustion-Derived Nanoparticles: A Review Of Their Toxicology Following Inhalation Exposure, *Part. Fibre Toxicol.*, vol. 2, pp. 1–14, **2005**.
- [6] F. Aguilera, J. Méndez, E. Pásaroa, and B. Laffona, Review On The Effects Of Exposure To Spilled Oils On Human Health, *J. Appl. Toxicol.*, vol. 30, no. 4, pp. 291–301, **2010**.
- [7] M. . Hamlat, S. Djeflal, and H. Kadi, Assessment Of Radiation Exposures From Naturally Occurring Radioactive Materials In The Oil And Gas Industry, *Appl. Radiat. Isot.*, vol. 55, no. 1, pp. 141–146, **2001**.
- [8] C. S. Lee, M. E. Lutcavage, E. Chandler, D. J. Madigan, R. M. Cerrato, and N. S. Fisher, Declining Mercury Concentrations n Bluefin Tuna Reflect Reduced Emissions To The North Atlantic Ocean, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 23, pp. 12825–12830, **2016**.
- [9] E. Sunderland, Mercury Exposure from Domestic and Imported Estuarine and Marine Fish in the U.S. Seafood Market, *Env. Heal. Perspect.*, vol. 115, pp. 235–242, **2007**.
- [10] Reuters, China To Close More Than 1,000 Coal Mines, *Web Article*, 2016. [Online]. Available: <https://www.reuters.com/article/us-china-energy-coal/china-to-close-more-than-1000-coal-mines-in-2016-energy-bureau-idUSKCN0VV0U5>. (Temmuz, **2018**).
- [11] S. Yan, China Plans To Cut 1.8 Million Steel And Coal Jobs, *CNN Money*, 2016. [Online]. Available: <http://money.cnn.com/2016/02/29/news/economy/china-steel-coal-jobs/index.html>. (Temmuz, **2018**).
- [12] IRENA, *Renewable Energy and Jobs Annual Review (2018)*, Annual Review Series, Abu Dhabi **2018**.
- [13] NASEO, *U.S. Energy And Employment Report*, Washington **2017**.

- [14] EIA, What is U.S. Electricity Generation By Energy Source?, 2017. [Online]. Available: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427&t=3>. (Temmuz, **2018**).
- [15] D. Coady, I. Parry, L. Sears, and B. Shang, How Large Are Global Fossil Fuel Subsidies?, *World Dev.*, vol. 91, pp. 11–27, **2017**.
- [16] B. Clements, H. S. Jung, and S. Gupta, Real And Distributive Effects Of Petroleum Price Liberation: The Case of Indonesia, *Dev. Econ.*, vol. 45, no. 2, pp. 220–237, **2007**.
- [17] I. Fofana, M. Chitiga, and R. Mabugu, Oil Prices And The South African Economy: A Macro-Meso-Micro Analysis, *Energy Policy*, vol. 37, no. 12, pp. 5509–5518, **2009**.
- [18] IRENA, *Renewable Energy in the Water Energy & Food Nexus*, Abu Dhabi, **2015**.
- [19] IEA, *World Energy Outlook 2012*, Data and Publications, Paris, **2012**.
- [20] M. Bazilian and F. Roques, *Analytical Methods For Energy Diversity And Security*, Elsevier Science, **2008**.
- [21] S. Awerbuch and R. Sauter, Exploiting the oil-GDP effect to support renewables deployment, *Energy Policy*, vol. 34, no. 17, pp. 2805–2819, **2006**.
- [22] F. Cherubini Neil D. Bird, Annette Cowie, Gerfried Jungmeier, Bernhard Schalamadinger, Susanne Woess-Gallasch, Energy and Greenhouse Gas Based Lca of Biofuel and Bioenergy Systems: Key Issues, Ragnes, and Recommendations, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 53, no. 8, pp. 434–447, **2009**.
- [23] IEA, *World Energy Outlook 2010*, Data and Publications, Paris, **2010**.
- [24] M. B. Müller, S.G. A. Marmion, *Markets and Prospects*, IEA Reports, Paris, **2011**.
- [25] IEA, *Energy Technology Perspectives 2010: Scenarios & Strategies to 2050*, Report, Paris, **2010**.
- [26] U.S. Department of Energy, *U.S. Energy and Employment Report*, p. 84, **2017**.
- [27] IRENA, Data and Statistics, 2018. [Online]. Available: <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=17>. (Mart, **2018**).
- [28] US Department of Energy, Solar Energy Technologies Office. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-energy-technologies-office>. (Eylül, **2018**).
- [29] WEC, *World Energy Resources 2016*, Annual Report, London, **2016**.
- [30] IRENA, *Power Generation Costs in 2017*, Technical Report Series, Abu Dhabi, **2017**.

- [31] SOLARGIS, Photovoltaic Electricity Potential, *Photovoltaic Electricity Potential*. [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>. (Ağustos, 2018).
- [32] R. Fu, D. Feldman, and R. Margolis, U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017, NREL Technical Report, Denver, 2017.
- [33] H. Zou, H. Du, J. Ren, B. K. Sovacool, Y. Zhang, and G. Mao, Market Dynamics, Innovation, and Transition in China's Solar Photovoltaic (Pv) Industry: A Critical Review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 69, no. February 2016, pp. 197–206, 2017.
- [34] Solarpower, What's Next for Solar in Europe?, <http://www.solarpowereurope.org/whats-next-for-solar-in-europe/> (Temmuz, 2018).
- [35] R. Fu, Innovations in Solar Plant Assembly Drive Costs Towards \$1 Per Watt in 2017, 2016. [Online]. Available: <http://analysis.newenergyupdate.com/pv-insider/innovations-solar-plant-assembly-drive-costs-towards-1-watt-2017>. (Mayıs, 2018).
- [36] M. Osborne, Global PV Manufacturing Capacity Expansion Announcements in March Increase To 7.3gw, *PV-Tech*, 2016.
- [37] M. Schmela and G. Concas, *Solar Cell & Module Production 2016 in Europe Survey*, SolarPower Europe Report, 2017.
- [38] SolarPowerEurope, *Global Market Outlook For Solar Power 2018 - 2022*, Technical Report, Brussels, 2018.
- [39] Z. Zhao, S. Zhang, B. Hubbard, and X. Yao, The Emergence of the Solar Photovoltaic Power Industry in China, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 21, pp. 229–236, 2013.
- [40] X. Lei, W. Xiurong, and H. Lixin, Study On Dynamic Mechanism Of Photovoltaic Industry Development, *Sci Technol Prog Policy*, vol. 27, no. 22, p. 91, 2010.
- [41] L. Xiaohua, The Development Model Comparison Between China's Photovoltaic Industry And Solarthermal Industry, *Sino-Global Energy*, vol. 2, pp. 29–34, 2011.
- [42] R. Zhao, G. Shi, H. Chen, A. Ren, and D. Finlow, Present Status And Prospects Of Photovoltaic Market In China, *Energy Policy*, vol. 39, no. 4, pp. 2204–2207, 2011.
- [43] Solar Energy Development Programmatic EIS, Concentrating Solar Power (CSP) Technologies. [Online]. Available: <http://solareis.anl.gov/guide/solar/csp/>, (Ağustos, 2018).
- [44] M. Christopher and Y. Goswami, *Solar Energy Pocket Reference*. Earthscan Publishing, 2005.
- [45] California Energy Comission, Solar Energy Projects in California, 2018.

- [Online]. Available: <http://www.energy.ca.gov/sitingcases/solar/>. (Mayis, **2018**).
- [46] IRENA, Renewable Cost Database. [Online]. Available: <http://www.irena.org/costs>, (Mayis, **2018**).
- [47] S. Dieckmann *et al.*, LCOE Reduction Potential of Parabolic Trough and Solar Tower Csp Technology Until 2025, *AIP Conf. Proc.*, vol. 1850, **2017**.
- [48] J. Burney, L. Woltering, M. Burke, R. Naylor, and D. Pasternak, Solar-Powered Drip Irrigation Enhances Food Security In The Sudano-Sahel, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 107, no. 5, pp. 1848–1853, **2010**.
- [49] T. Tsoutsos, N. Frantzeskaki, and V. Gekas, Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies, *Energy Policy*, vol. 33, no. 3, pp. 289–296, **2005**.
- [50] A. B. Lovins, Energy Strategy: The Road Not Taken?, *Foreign Aff.*, vol. 55, no. 1, p. 65, **1976**.
- [51] T. P. Fluri, The Potential of Concentrating Solar Power In South Africa, *Energy Policy*, vol. 37, no. 12, pp. 5075–5080, **2009**.
- [52] R. R. Hernandez *et al.*, Environmental Impacts of Utility-Scale Solar Energy, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 29, pp. 766–779, **2014**.
- [53] J. Fischer and D. B. Lindenmayer, An Assessment of the Published Results of Animal Relocations, *Biological Conservation*, vol. 96, no. 1, pp. 1–11, **2000**.
- [54] DRECP, Recommendations of Independent Science Advisors for the California Desert Renewable Energy Conservation Plan (DRECP), **2010**.
- [55] J. E. Lovich and J. R. Ennen, Wildlife Conservation and Solar Energy Development in the Desert Southwest, United States, *Bioscience*, vol. 61, no. 12, pp. 982–992, **2011**.
- [56] M. D. McCrary, R. L. McKernan, R. W. Schreiber, W. D. Wagner, and T. C. Sciarrotta, Avian Mortality at a Solar Energy Power Plant, *Journal of Field Ornithology*, vol. 57, pp. 135–141, **1986**.
- [57] J. L. Gelbard and J. Belnap, Roads as Conduits for Exotic Plant Invasions in a Semiarid Landscape, *Conserv. Biol.*, vol. 17, no. 2, pp. 420–432, **2003**.
- [58] T. A. Zink, M. F. Allen, B. Heindl-Tenhunen, and E. B. Allen, The Effect of a Disturbance Corridor on an Ecological Reserve, *Restor. Ecol.*, vol. 3, no. 4, pp. 304–310, **1995**.
- [59] S. A. Abbasi and N. Abbasi, The Likely Adverse Environmental Impacts of Renewable Energy Sources, in *Applied Energy*, vol. 65, no. 1–4, pp. 121–144, **2000**.
- [60] U.S. Dept. of Energy, *Energy Demands On Water Resources*, Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water, Washington, **2006**.
- [61] V. Fthenakis and H. C. Kim, Life-Cycle Uses of Water in U.S. Electricity Generation, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 7, pp. 2039–2048, **2010**.

- [62] G. He, C. Zhou, and Z. Li, Review of Self-Cleaning Method for Solar Cell Array, *Procedia Engineering*, vol. 16, pp. 640–645, **2011**.
- [63] C. L. Schwartz, *Concentrated Thermal Solar Power and the Value of Water for Electricity*, Edward Elgar Publishing Ltd., **2011**.
- [64] K. E. Holbert and C. J. Haverkamp, Impact of Solar Thermal Power Plants on Water Resources and Electricity Costs in the Southwest, in *North American Power Symposium (NAPS)*, pp. 1–6, **2009**.
- [65] R. R. Hernandez, M. K. Hoffacker, and C. B. Field, Land-Use Efficiency of Big Solar, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 48, no. 2, pp. 1315–1323, **2014**.
- [66] J. Li, G. S. Okin, L. Alvarez, and H. Epstein, Quantitative Effects of Vegetation Cover on Wind Erosion and Soil Nutrient Loss in a Desert Grassland of Southern New Mexico, USA, *Biogeochemistry*, vol. 85, no. 3, pp. 317–332, **2007**.
- [67] W. H. Schlesinger *et al.*, Biological Feedbacks in Global Desertification, *Science* (80-.), vol. 247, no. 4946, pp. 1043–1048, **1990**.
- [68] V. M. Fthenakis, End-of-Life Management and Recycling of PV Modules, *Energy Policy*, vol. 28, no. 14, pp. 1051–1058, **2000**.
- [69] P. Gevorkian, *Large-Scale Solar Power System Design: an Engineering Guide for Grid Connected Solar Power*, The McGraw-Hill Companies, **2003**.
- [70] G. F. Nemet, Net Radiative Forcing from Widespread Deployment of Photovoltaics, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 43, no. 6, pp. 2173–2178, **2009**.
- [71] D. Millstein and S. Menon, Regional Climate Consequences of Large-Scale Cool Roof and Photovoltaic Array Deployment, *Environ. Res. Lett.*, vol. 6, no. 3, **2011**.
- [72] P. Zhai, P. Larsen, D. Millstein, S. Menon, and E. Masanet, The Potential for Avoided Emissions from Photovoltaic Electricity in the United States, *Energy*, vol. 47, no. 1, pp. 443–450, **2012**.
- [73] W. Witzel and D. Seifried, *Renewable Energy, the Facts*. Earthscan Publishing, **2010**.
- [74] C. L. Archer, Evaluation of Global Wind Power, *J. Geophys. Res.*, vol. 110, no. September 2004, pp. 1–20, **2005**.
- [75] A. McCrone, U. Moslener, F. D'Estais, and C. Grünig, Global Trends in Renewable Energy Investment 2017, *Frankfurt School UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance Frankfurt School of Finance & Management*, **2017**.
- [76] International Energy Agency (IEA), Medium-Term Renewable Energy Market Report 2016, Paris, **2016**.
- [77] C. Moné, M. Hand, M. Bolinger, J. Rand, D. Heimiller, and J. Ho, 2015 Cost of

- Wind Energy Review, *Natl. Renew. Energy Lab.*, no. February, p. 113, **2017**.
- [78] NREL, NREL Bioenergy Lab. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/full-text-glossary#bioenergy>. (Mayıs, **2018**).
- [79] WBA, *WBA Global Bioenergy Statistics 2017*, Stockholm, **2017**.
- [80] A. McCrone, U. Moslener, F. D'Estais, and C. Grünig, Global Trends in Renewable Energy Investment 2017, Frankfurt School UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance Frankfurt School of Finance & Management, **2017**.
- [81] IRENA, *Cost-Competitive Renewable Power Generation: Potential Across South East Europe*, Abu Dhabi, **2017**.
- [82] E. Barbier, Geothermal Energy Technology and Current Status : an Overview, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 6, pp. 3–65, **2002**.
- [83] E. E. S. Michaelides, Future Directions and Cycles for Electricity Production from Geothermal Resources, *Energy Convers. Manag.*, vol. Article in, **2015**.
- [84] L. Muffler and R. Cataldi, Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources, *Geothermics*, vol. 7, pp. 53–89, **1978**.
- [85] EIA, Use of Geothermal Energy. [Online]. Available: www.eia.gov. , (Mayıs, **2018**).
- [86] W. A. Elders, G. Ó. Fri, and A. Albertsson, Geothermics Drilling into Magma and the Implications of the Iceland Deep Drilling Project (Iddp) for High-Temperature Geothermal Systems Worldwide, *Geothermics*, vol. 49, pp. 111–118, **2014**.
- [87] C. N. Hance, Factors Affecting Costs of Geothermal Power Development, *Geotherm. Energy Assoc.*, no. August, **2005**.
- [88] IEA, Technology Roadmap Geothermal Heat and Power, Paris, France, **2011**.
- [89] IHA, Hydropower Country Profiles - China, 2016. [Online]. Available: <https://www.hydropower.org/country-profiles/china>. (Mayıs, **2018**).
- [90] IRENA, *Renewable Capacity Statistics 2017*, Abu Dhabi, **2017**.
- [91] M. S. M. Jentsch, M. S. Iwes, and M. S. Zsw, *Erneuerbares Methan Kopplung von Strom- und Gasnetz Inhalt*, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, **2010**.
- [92] REN21, *Renewables 2017: Global Status Report*, Paris, **2017**.
- [93] Sandia National Laboratories, DOE Global Energy Storage Database, 2018. [Online]. Available: https://www.energystorageexchange.org/projects?utf8=√&technology_type_sort_eqs=&technology_type_sort_eqs_category=&country_sort_eq=&state_sort_eq=&kW=&kWh=&service_use_case_inf=&ownership_model_eq=&status_eq=&

siting_eq=&order_by=&sort_order=&search_page=&. (Mayıs, **2018**).

- [94] World Energy Council, *E-storage: Shifting from Cost to Value Wind and solar applications*, London, **2016**.
- [95] EIA, How Much of U.S. Carbon Dioxide Emissions are Associated With Electricity Generation? [Online]. Available: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=77&t=11>, (Ağustos, **2018**).
- [96] U.S. Environmental Protection Agency, *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2015*, Washington, **2017**.
- [97] IEA, *Deploying renewables: Principles for Effective Policies*, Paris, **2008**.
- [98] E. L. Boasson and J. Wettestad, *Eu Climate Policy: Industry, Policy Interaction and External Environment*, Ashgate Publishing Ltd, **2013**.
- [99] N. I. Meyer, European Schemes for Promoting Renewables In Liberalised Markets, *Energy Policy*, vol. 31, no. 7, pp. 665–676, **2003**.
- [100] J. B. SKJERSETH, The Climate Policy of the EC: Too Hot to Handle?, *JCMS J. Common Mark. Stud.*, vol. 32, no. 1, pp. 25–46, **1994**.
- [101] R. Hildingsson, J. Strippel, and A. Jordan, Governing Renewable Energy in the EU: Confronting a Governance Dilemma, *European Political Science*, vol. 11, no. 1, pp. 18–30, **2012**.
- [102] P. O. Busch and H. Jörgens, The International Sources of Policy Convergence: Explaining the Spread of Environmental Policy Innovations, *Journal of European Public Policy*, vol. 12, no. 5, pp. 860–884, **2005**.
- [103] V. Lauber, *Switching to renewable power: A framework for the 21st century*, Taylor and Francis, **2012**.
- [104] F. and I. S. (eds) Morata, *European Energy Policy: An Environmental Approach*. Edward Elgar, **2012**.
- [105] D. Reiche and M. Bechberger, Policy Differences in the Promotion of Renewable Energies in the EU Member States, *Energy Policy*, vol. 32, no. 7, pp. 843–849, **2004**.
- [106] I. H. Rowlands, The European Directive on Renewable Electricity: Conflicts And Compromises, *Energy Policy*, vol. 33, no. 8. pp. 965–974, **2005**.
- [107] S. Langsdorf, EU Energy Policy: From the ECSC to the Energy Roadmap 2050, *Green Eur. Found.*, no. December, p. 9, **2011**.
- [108] EPIAŞ, Gün Öncesi Elektrik Piyasası - Piyasa Takas Fiyatı Belirleme Yöntemi, Ankara, **2016**.
- [109] M. Klobasa, M. Ragwitz, and I. Research, Demand Response – A New Option for Wind Integration, *Proc. Eur. Wind Energy Conf. Exhib.*, pp. 85–89, **2006**.
- [110] M. Frondel, N. Ritter, C. M. Schmidt, and C. Vance, Economic Impacts from the

Promotion of Renewable Energy Technologies: The German Experience, *Energy Policy*, vol. 38, no. 8, pp. 4048–4056, **2010**.

- [111] J. Cludius, H. Hermann, F. C. Matthes, and V. Graichen, The Merit Order Effect of Wind and Photovoltaic Electricity Generation in Germany 2008-2016 Estimation and Distributional Implications, *Energy Econ.*, vol. 44, no. 2014, pp. 302–313, **2014**.
- [112] A. C. Marques, J. A. Fuinhas, and J. R. Pires Manso, Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach, *Energy Policy*, vol. 38, no. 11, pp. 6877–6885, **2010**.
- [113] F. C. Menz and S. Vachon, The Effectiveness of Different Policy Regimes for Promoting Wind Power: Experiences From the States, *Energy Policy*, vol. 34, no. 14, pp. 1786–1796, **2006**.
- [114] S. Carley, State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness, *Energy Policy*, vol. 37, no. 8, pp. 3071–3081, Aug. **2009**.
- [115] L. Stokes, The Politics of Renewable Energy and Ambitious Policies : Comparing Ontario , California , and Texas, 2015, pp. 1–5, **2015**.
- [116] D. Popp, I. Hascic, and N. Medhi, Technology and the Diffusion of Renewable Energy, *Energy Econ.*, vol. 33, no. 4, pp. 648–662, **2011**.
- [117] T. Chien and J. L. Hu, Renewable Energy: an Efficient Mechanism to Improve GDP, *Energy Policy*, vol. 36, no. 8, pp. 3035–3042, **2008**.
- [118] L. Gan, G. S. Eskeland, and H. H. Kolshus, Green Electricity Market Development: Lessons from Europe and the US, *Energy Policy*, vol. 35, no. 1, pp. 144–155, **2007**.
- [119] B. van Ruijven and D. P. van Vuuren, Oil and Natural Gas Prices and Greenhouse Gas Emission Mitigation, *Energy Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4797–4808, **2009**.
- [120] K. Würzburg, X. Labandeira, and P. Linares, Renewable Generation and Electricity Prices: Taking Stock and New Evidence for Germany and Austria, *Energy Econ.*, vol. 40, **2013**.
- [121] L. Gelabert, X. Labandeira, and P. Linares, An Ex-Post Analysis of the Effect of Renewables and Cogeneration on Spanish Electricity Prices, *Energy Econ.*, vol. 33, no. SUPPL. 1, **2011**.
- [122] T. H. Chang, C. M. Huang, and M. C. Lee, Threshold Effect of the Economic Growth Rate on the Renewable Energy Development from a Change in Energy Price: Evidence From OECD Countries, *Energy Policy*, vol. 37, no. 12, pp. 5796–5802, **2009**.
- [123] M. Aguirre, G. Ibikunle, Determinants of Renewable Energy Growth: a Global Sample Analysis, *Energy Policy*, vol. 69, pp. 374–384, Jun. **2014**.
- [124] A. Campoccia, L. Dusonchet, E. Telaretti, and G. Zizzo, An Analysis Of Feed-in

Tariffs for Solar PV in Six Representative Countries of the European Union, *Sol. Energy*, vol. 107, pp. 530–542, **2014**.

- [125] D. Nelson, B. O 'connell, L. De, and L. M. Huxham, *European Renewable Energy Policy and Investment*, Climate Policy Initiative Report, **2016**.
- [126] Y. Wang, Renewable Electricity in Sweden: an Analysis of Policy and Regulations, *Energy Policy*, vol. 34, no. 10, pp. 1209–1220, **2006**.
- [127] P. Lamers, *Assesment of Non-Economic Barriers to the Development of Renewable Electricity: Global Recommendations*, ECORYS Report, Berlin, **2009**.
- [128] J. P. Painuly, Barriers To Renewable Energy Penetration: a Framework for Analysis, *Renew. Energy*, vol. 24, no. 1, pp. 73–89, **2001**.
- [129] B. Cointe, The Politics of (Bad) Policy Design: French Solar Panels and Northern Irish Boilers, 2017. [Online]. Available: <https://environmentaleurope.ideasoneurope.eu/2017/01/27/french-solar-rhi/>. (Temmuz, **2018**).
- [130] T. D. Couture, K. Cory, and E. Williams, A Policymaker's Guide to Feed-in Tariff Policy Design, NREL Technical Reports, Denver, **2010**.
- [131] F. Beck and E. Martinot, Renewable Energy Policies and Barriers, *Encyclopedia of Energy*, vol. 34, no. 3. pp. 365–383, **2004**.
- [132] REN21, *Global Status Report 2012*, Annual Report, Paris, **2012**.
- [133] IEA, Renewable Energy: Market and Policy Trends in IEA Countries, Report, Paris, **2004**.
- [134] Solar Energy Industries Association, Net Metering, 2018. [Online]. Available: <https://www.seia.org/initiatives/net-metering>. (Eylül, **2018**).
- [135] IEA, Renewable Energy, Market and Policy Trends in IEA Countries, Report, Paris, **2004**.
- [136] NAO, Report by the Comptroller and Auditor General, 2005. [Online]. Available: www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2005/02/0405210.pdf. (Nisan, **2018**).
- [137] H. Zhou, Impacts of Renewables Obligation With Recycling of the Buy-Out Fund, *Energy Policy*, vol. 46, pp. 284–291, **2012**.
- [138] A. Flamos, W. Van der Gaast, H. Doukas, and G. Deng, EU and Asian Countries Policies and Programmes for the Diffusion of Sustainable Energy Technologies, *Asia Eur. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 261–276, **2008**.
- [139] IEA, *Solar Energy Perspectives*, Technical Report, Paris, **2011**.
- [140] D. Toke, *Ecological Modernization and Renewable Energy*. London: Palgrave Macmillan, **2011**.
- [141] F. Aydınli, Supporting Renewable Energy: The Role of Incentive Mechanisms,

Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, **2013**.

- [142] EC, Excise Duties: Energy Tax Proposal. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/taxation_customs/business/excise-duties-alcohol-tobacco-energy/excise-duties-energy/excise-duties-energy-tax-proposal_en. (Nisan, **2018**).
- [143] R. Missaoui and S. Marrouki, *Study on Innovative Financing Mechanisms for Renewable Energy Projects in North Africa*, Provisional Report, **2012**.
- [144] IEA, Cities, Towns & Renewable Energy: Yes In My Front Yard, Report, Paris, **2009**.
- [145] A. T. C. J. Dagerman and H. J. Schellnhuber, Energy Systems Transformation, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 110, no. 7, pp. E549–E558, **2013**.
- [146] Eurostat, Over half of EU's energy consumption from imports, 2018. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/DDN-20180420-1>. (Mayıs, **2018**).
- [147] European Commission, A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030, Brussels, **2014**.
- [148] R. Eriksson, *The European Energy Policy - In Framing of Energy Security in the European Union*. Lund: Lund University Publications, **2011**.
- [149] IEA, *European Union 2014 Review*, Report, Paris, **2014**.
- [150] Öko Institute, Study on Technical Assistance in Realisation of the 2016 Report on Renewable Energy , in preparation of the Renewable Energy Package for the Period 2020-2030 in the European Union, Freiburg, **2017**.
- [151] European Commission, *Renewable Energy Progress Report 2017*, Report, Brussels, **2017**.
- [152] European Commission, *Accelerating Clean Energy Innovation*, Report, Brussels, **2016**.
- [153] EurObserv'ER, *Renewable Energy Policy Fact Sheet*, RES Policy Reports, Frankfurt, **2017**.
- [154] European Commission, *REFIT evaluation of the Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council*, Brussels, SWD(2016) 417 final, **2016**.
- [155] O. Renn and J. P. Marshall, Coal, Nuclear and Renewable Energy Policies in Germany: From the 1950s to the 'Energiewende,' *Energy Policy*, vol. 99, pp. 224–232, **2016**.
- [156] G. Kenk and H. Fischer, Evidence from nitrogen fertilisation in the forests of Germany, *Environ. Pollut.*, vol. 54, no. 3–4, pp. 199–218, **1988**.
- [157] World Energy Council, *World Energy Perspective: Nuclear Energy One Year After Fukushima*, Report, Paris, **2012**.

- [158] AG Energiebilanzen, *Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre 1990 bis 2014*, Report, Berlin, **2015**.
- [159] AG Energiebilanzen, *Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern*, Report, Berlin, **2015**.
- [160] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), *Entwicklungen in der Deutschen Stromwirtschaft 2013 Entwicklung des Gesamt-Stromverbrauchs*, Report, Hannover, **2017**.
- [161] M. T. Hatch, *Politics And Nuclear Power Energy Policy in Western Europe*. Kentucky: The University Press of Kentucky, **1986**.
- [162] Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung, *Deutschlands Energiewende - Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft*. Berlin, **2011**.
- [163] O. Renn and M. Dreyer, Risk Governance: Ein neues Steuerungsmodell zur Bewältigung der Energiewende, **2013**.
- [164] D. Energy, *After Fukushima: EU Stress Tests Start on 1 June*, EU Commissioner for Energy Report, Commission Report, **2011**.
- [165] Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung, *Deutschlands Energiewende - Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft*, Report, Berlin, **2011**.
- [166] H. Chrischilles, E., Bardt, *Ein Strommarkt für die Energiewende – Leitlinien für die Zukunft?*, IDDWS Report, Cologne, **2015**.
- [167] AG Energiebilanzen, *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland, Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschl. 1990 bis 2016*, Report, Berlin, **2017**.
- [168] Statista, *Stromeinfuhr und -ausfuhr von und nach Deutschland in den Jahren 1991 bis 2016 (in Terawattstunden)*, 2016. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164150/umfrage/stromeinfuhr-und--ausfuhr-von-und-nach-deutschland-seit-1999/>, (Nisan, **2018**).
- [169] R. Haas, C. Panzer, G. Resch, M. Ragwitz, G. Reece, and A. Held, A Historical Review of Promotion Strategies for Electricity From Renewable Energy Sources in EU Countries, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 2, pp. 1003–1034, **2011**.
- [170] BMWi, *Briefing by the German Government: Experience Report by the German Ministry of Economy on the Feed-in Law*, Report, Berlin, **1995**.
- [171] S. Jacobsson and V. Lauber, The Politics and Policy of Energy System Transformation—Explaining the German Diffusion of Renewable Energy Technology, *Energy Policy*, vol. 34, no. 3, pp. 256–276, **2006**.
- [172] F. (Ed) Staiss, *Jahrbuch Erneuerbare Energien*, Annual Report, Radebeul, **2003**.
- [173] J. Hoppmann, J. Huenteler, and B. Girod, Compulsive policy-making—The

evolution of the German feed-in tariff system for solar photovoltaic power, pp. 1–20, **2014**.

- [174] M. Andor, M. Frondel, C. M. Schmidt, M. Simora, and S. Sommer, Klima- und Energiepolitik in Deutschland: Dissens und Konsens, *List Forum*, vol. 41, no. 1, pp. 3–21, **2015**.
- [175] M. González-Eguino, Energy Poverty: An overview, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 47, pp. 377–385, **2015**.
- [176] Federal Republic of Germany, Act on the Development of Renewable Energy Sources - RES Act 2017, no. July, p. 179, **2017**.
- [177] BMWi, *EEG in Zahlen : Vergütungen , Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2018*, Report, Berlin, **2017**.
- [178] T. Sternkopf, Legal sources on renewable energy - Promotion in Germany. [Online]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/germany/tools-list/c/germany/s/res-e/t/promotion/sum/136/lpid/135/>. (Eylül, **2018**).
- [179] BMWi, *EEG-Umlage 2017 : Fakten und Hintergründe*, Report, Berlin, **2017**.
- [180] BMWi, Putting policies in place for an electricity supply that is fit for the future: the 'Electricity 2030' discussion process. [Online]. Available: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/electricity-2030.html>. (Mayıs, **2018**).
- [181] S. Lüthi, *Effective Renewable Energy Policy - Empirical Insights from Choice Experiments with Project Developers*, University of St. Gallen, **2011**.
- [182] I. Weiss, *Assesment of 12 National Policy Frameworks for Photovoltaics*, European Best Practice Report, **2006**.
- [183] J. Sieber, A Hot Market: Investments in Solar Parks in Spain, *Photon*, pp. 34–36, **2007**.
- [184] P. Del Río and P. Mir-Artigues, Support for Solar PV Deployment in Spain: Some Policy Lessons, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 8. pp. 5557–5566, **2012**.
- [185] P. Río González and P. Mir-Artigues, *A Cautionary Tale: Spains Solar PV Investment Bubble*, IISD Report, Manitoba, **2014**.
- [186] M. Tsikintikou, Improving Feed-in Tariff Policy Design for Solar PV, Yüksek Lisans Tezi, TU Delft, Delft, **2015**.
- [187] Comisión Nacional de Mercados de Competencia, CNMC - Reports - Energy. [Online]. Available: <https://www.cnmc.es/en/informes?t=solar&idambito=9&edit-submit-buscador-informes=Buscar&idprocedim=All&idtipoexp=All&datefrom=&dateto=>. (Mayıs, **2018**).
- [188] K. H. Solangi, M. R. Islam, R. Saidur, N. a. Rahim, and H. Fayaz, a Review on

- Global Solar Energy Policy, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 4, pp. 2149–2163, **2011**.
- [189] P. Mir-Artigues, E. Cerdá, and P. Del Río, Analyzing the Impact of Cost-Containment Mechanisms on the Profitability of Solar PV Plants in Spain, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 46, pp. 166–177, **2015**.
- [190] Red Eléctrica de España, *Producción De Energía Eléctrica Eléctrica*, Report, Barcelona, **2016**.
- [191] Red Eléctrica de España, The Spanish Electricity System 2016, Barcelona, Report, **2016**.
- [192] IDAE, Spain's National Renewable Energy Action Plan 2011-2020, Report, Barcelona, **2010**.
- [193] RISE, Regulatory Indicators For Sustainable Energy [Online]. Available: <https://rise.org/>. (Temmuz, **2018**).
- [194] EC, *Energy Union Factsheet Spain*, Brussels, **2017**.
- [195] World Energy Council, World Energy Trilemma Index, Report, Paris, **2017**.
- [196] Danish Wind Industry Association, Offshore. [Online]. Available: <http://www.windpower.org/en/policy/offshore.html>. (Temmuz, **2018**).
- [197] E. Ogden, *Structures , Norms , and Renewable Energy Policy : A Comparative Analysis of the Driving Forces Behind Energy Policymaking in the United States and Denmark*, Lisans Tezi, Trinity College, Hartford, **2017**.
- [198] Danish Energy Agency., Energistatistik 2014, Report, Kopenhagen, **2015**.
- [199] R. Parajuli, Looking into the Danish Energy System: Lesson to be Learned by Other Communities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 4, pp. 2191–2199, **2012**.
- [200] A. Chittum and P. A. Østergaard, How Danish Communal Heat Planning Empowers Municipalities and Benefits Individual Consumers, *Energy Policy*, vol. 74, no. C, pp. 465–474, **2014**.
- [201] P. S. Kwon and P. A. Østergaard, Comparison of Future Energy Scenarios for Denmark: IDA 2050, CEESA (Coherent Energy and Environmental System Analysis), and Climate Commission 2050, *Energy*, vol. 46, no. 1, pp. 275–282, **2012**.
- [202] B. V. Mathiesen, H. Lund, and D. Connolly, Limiting biomass consumption for heating in 100% renewable energy systems, *Energy*, vol. 48, no. 1, pp. 160–168, **2012**.
- [203] G. B. Andresen, R. A. Rodriguez, S. Becker, and M. Greiner, The Potential for Arbitrage of Wind and Solar Surplus Power in Denmark, *Energy*, vol. 76, pp. 49–58, **2014**.
- [204] Danish Energy Agency, *Danish Energy Policy 1970-2010*, Report,

Copenhagen, **2010**.

- [205] IRENA, *30 Years of Policies for Wind Energy: Lessons from 12 Wind Energy Markets*, Report, Paris, **2013**.
- [206] Grobbelaar, *The Danish Commercial Wind Turbines Industry: A Business Eco-System Perspective*. Cambridge: University of Cambridge, **2010**.
- [207] P. Maegaard, *Danish Renewable Energy Policy*, World Council of Renewable Energy Report, **2009**.
- [208] IEA, *World Energy Balances: An Overview of Global Trends*, Report, Paris, **2017**.
- [209] A. Poblocka-Dirakis, Premium tariff (Law on the Promotion of Renewable Energy) / Denmark, 2017. [Online]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/denmark/single/s/res-e/t/promotion/aid/premium-tariff-law-on-the-promotion-of-renewable-energy/lastp/96/>. (Temmuz, **2018**).
- [210] IEA, *Energy Policies of IEA Countries: Denmark 2017*, Report, Paris, **2017**.
- [211] Z. Peidong, Y. Yanli, S. jin, Z. Yonghong, W. Lisheng, and L. Xinrong, Opportunities and Challenges for Renewable Energy Policy in China, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, no. 2. pp. 439–449, **2009**.
- [212] National People's Congress, *Renewable Energy Law of People's Republic of China*, Beijing, **2005**.
- [213] S. Schuman and A. Lin, China's Renewable Energy Law and its Impact On Renewable Power in China: Progress, Challenges and Recommendations for Improving Implementation, *Energy Policy*, vol. 51, pp. 89–109, **2012**.
- [214] E. Martinot, Renewable power for China: Past, Present, and Future, *Front. Energy Power Eng. China*, vol. 4, no. 3, pp. 287–294, **2010**.
- [215] L. Hong, N. Zhou, D. Fridley, and C. Raczkowski, Assessment of China's Renewable Energy Contribution During the 12th Five Year Plan, *Energy Policy*, vol. 62, pp. 1533–1543, **2013**.
- [216] Z. Y. Zhao, J. Zuo, T. T. Feng, and G. Zillante, International Cooperation on Renewable Energy Development in China - a Critical Analysis, *Renew. Energy*, vol. 36, no. 3, pp. 1105–1110, **2011**.
- [217] Q. Wang, Effective policies for renewable energy-the example of China's wind power-lessons for China's photovoltaic power, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 2. pp. 702–712, **2010**.
- [218] X. Zhao, G. Wan, and Y. Yang, The Turning Point of Solar Photovoltaic Industry in China: Will it Come?, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 41, pp. 178–188, **2017**.
- [219] H. Bahar, *Renewables 2017*, IEA Report, Tokyo, **2017**.

- [220] Fraunhofer ISE Institute, Photovoltaics Report 2018, Report, Frankfurt, **2018**.
- [221] China Energy Portal, 2017 Electricity & Other Energy Statistics (update of June 2018), 2018. [Online]. Available: <https://chinaenergyportal.org/en/2017-electricity-other-energy-statistics-update-of-june-2018/>. (Temmuz, **2018**).
- [222] Q. Y. Yan, Q. Zhang, L. Yang, and X. Wang, Overall Review of Feed-In Tariff and Renewable Portfolio Standard Policy: a Perspective of China, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 40, no. 1, **2016**.
- [223] M. Pocchi, *Feed-In Tariff Handbook for Asian Renewable Energy Systems*, Winston & Strawn, **2014**.
- [224] B. Dilli, Turkey's Energy Transition: Milestones and Challenges, World Bank Report, Washington, **2015**.
- [225] IEA, *Energy Policies of IEA Countries - Turkey 2016*, Country Report Series, Paris, **2016**.
- [226] D. Gaupp, Turkey ' s New Law on Renewable Energy Sources within the Context of the Accession Negotiations with the EU, *Ger. Law J.*, vol. 08, no. 04, pp. 413–416, **2007**.
- [227] European Commission, *Turkey 2010 Progress Report*, Commission Report, Brussels, **2010**.
- [228] Makine Mühendisleri Odası, *Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi Durum Değerlendirmesi ve Öneriler*, Oda Yayını, Ankara, **2014**.
- [229] EPDK, Mevzuatlar. [Online]. Available: <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/23-2-3/mevzuat>, (Ağustos, **2018**).
- [230] S. Acar and L. Kitson, Türkiye' de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri, IISD Raporu, Manitoba, **2015**.
- [231] TEİAŞ, Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş ve Kaynaklara Göre Kurulu Güç 2018/04, 2018. [Online]. Available: <https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-04/kuruluguc.pdf>, (Mayıs, **2018**).
- [232] TEİAŞ, Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş ve Kaynaklara Göre Kurulu Güç 2018/04, 2018. [Online]. Available: <https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-04/kuruluguc.pdf>, (Mayıs, **2018**).
- [233] J. Jewell, Ready for Nuclear Energy?: An Assessment of Capacities and Motivations for Launching New National Nuclear Power Programs, *Energy Policy*, vol. 39, no. 3, pp. 1041–1055, **2011**.
- [234] D. Kaufmann, A. Kraay, and M. Mastruzzi, Governance Matters VI: Aggregate and Individual Governance Indicators for 1996-2006, *World Bank Policy Res. Pap. No. 4280*, p. Washington, DC, **2007**.
- [235] J. Jewell and S. A. Ates, Introducing Nuclear Power in Turkey: a Historic State Strategy and Future Prospects, *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 10, pp. 273–282,

2015.

- [236] Elektrik Mühendisleri Odası, Nükleer Enerji Raporu - II 2016, Oda Yayını, Ankara, **2016**.
- [237] World Energy Council, *World Energy Trilemma Index 2016*, Report, Paris, **2016**.
- [238] ETKB, *2015 - 2019 Stratejik Plan*, Ankara, **2017**.
- [239] ETKB, *Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı*, Ankara, **2014**.
- [240] K. Baris and S. Kucukali, Availability of Renewable Energy Sources in Turkey: Current Situation, Potential, Government Policies and the EU Perspective, *Energy Policy*, vol. 42, pp. 377–391, **2012**.
- [241] A. Demirbaş, Sustainable Developments of Hydropower Energy in Turkey, *Energy Sources*, vol. 24, no. 1, pp. 27–40, **2002**.
- [242] I. Yuksel, Water Management for Sustainable and Clean Energy in Turkey, *Energy Reports*, vol. 1, pp. 129–133, **2015**.
- [243] UNDESA, Water Scarcity. Water for Life Decade, United Nations Report, New York, **2013**.
- [244] A. Kilickaplan, D. Bogdanov, O. Peker, U. Caldera, A. Aghahosseini, and C. Breyer, An Energy Transition Pathway for Turkey to Achieve 100% Renewable Energy Powered Electricity, Desalination and Non-Energetic Industrial Gas Demand Sectors by 2050, *Sol. Energy*, vol. 158, no. June, pp. 218–235, **2017**.
- [245] IRENA, *Renewable Power Generation Costs in 2014: An Overview*, Technical Report, Abu Dhabi, **2015**.
- [246] M. Melikoglu, The Role of Renewables and Nuclear Energy in Turkey's Vision 2023 Energy Targets: Economic And Technical Scrutiny, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 1–12, **2016**.
- [247] Y. A. Kaplan, Overview of Wind Energy in the World and Assessment of Current Wind Energy Policies in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, pp. 562–568, **2015**.
- [248] M. Šúri, T. A. Huld, E. D. Dunlop, and H. A. Ossenbrink, Potential of solar Electricity Generation in the European Union Member States and Candidate Countries, *Sol. Energy*, vol. 81, no. 10, pp. 1295–1305, **2007**.
- [249] NREL, Concentrating Solar Power Projects. [Online]. Available: https://www.nrel.gov/csp/solarpaces/by_country_detail.cfm/country=TR, (Ağustos, **2018**).
- [250] J. Farfan and C. Breyer, Structural Changes of Global Power Generation Capacity Towards Sustainability and the Risk of Stranded Investments Supported by a Sustainability Indicator, *Journal of Cleaner Production*, vol. 141, pp. 370–384, **2017**.

- [251] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası. [Online]. Available: <http://bepa.yegm.gov.tr/>, (Temmuz, **2018**).
- [252] D. Thrän *et al.*, Globale und Regionale Verteilung von Biomassepotenzialen, BMVBS Report, Berlin, **2010**.
- [253] M. Melikoglu, Vision 2023: Feasibility Analysis of Turkey's Renewable Energy Projection, *Renew. Energy*, vol. 50, pp. 570–575, **2013**.
- [254] B. Knopf, P. Nahmmacher, and E. Schmid, The European renewable energy target for 2030 - An impact assessment of the electricity sector, *Energy Policy*, vol. 85, pp. 50–60, **2015**.
- [255] Enerji Hukuku Araştırma Enstitüsü, 2020 Sonrası YEK Kanunu ve YEKDEM Nasıl Olmalı, Çalıştay Raporu, Ankara, **2018**.
- [256] TC Avrupa Birliği Bakanlığı, Fasıl 15 - Enerji. [Online]. Available: https://www.ab.gov.tr/fasil-15-enerji_80.html. (Mayıs, **2018**).
- [257] EC, Turkey 2018 Report, Commission Report, Brussels, **2018**.
- [258] EC, Turkey 2016 Report, Commission Report, Brussels, **2016**.
- [259] EC, Eurostat DataBase. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. (Mayıs, **2018**).
- [260] World Bank, DataBank. [Online]. Available: <https://data.worldbank.org/>. (Mayıs, **2018**).
- [261] CEIC Price Monitoring Center, China CN: Service Price: 36 City Avg: Electricity: for Resident: 220v, 2018. [Online]. Available: <https://www.ceicdata.com/en/china/electricity-price>. (Ağustos, **2018**).

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Ad Soyad: Anıl ÜLGEN

Doğum Yeri: Gölbaşı/ANKARA

Medeni Hali: Evli

E-posta: ulgenanil@gmail.com

Adresi: Esenlik Sokak 9/2 Güvenlik Caddesi

Çankaya/ANKARA

Eğitim:

Lise: Deneme Lisesi

Lisans: İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği

Yabancı Dil ve Düzeyi: İngilizce, İleri

Almanca, Orta

İş Deneyimi: Ersis Enerji - Proje Mühendisi (2018)

Cengiz İnşaat - İnşaat Mühendisi (2013-2017)

EDB Enerji - Proje Mühendisi (2012-2013)

Deneyim Alanları: Proje yönetimi, yenilenebilir enerji, fizibilite çalışmaları, sözleşme yönetimi

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçeleri: -

Tezden Üretilmiş Yayınlar: -

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar: -



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 01/10/2018

Tez Başlığı / Konusu: Yenilenebilir Enerji Kullanımını Teşvik Yolları Üzerine Bir Değerlendirme

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 128 sayfalık kısmına ilişkin, 01/10/2018 tarihinde ~~şahsım~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %2 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/~~dahil~~
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.


Tarih ve İmza
01/10/2018

Adı Soyadı:	Anıl ÜLGEN
Öğrenci No:	N12123784
Anabilim Dalı:	Temiz Tükenmez Enerjiler
Programı:	Temiz Tükenmez Enerjiler
Statüsü:	☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.



Prof.Dr. Necmiddin BAĞDADOĞLU

(Unvan, Ad Soyad, İmza)