

# YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMINDAKİ GELİŞMELER; GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE FİNANSMAN MODELLERİ<sup>1</sup>

## DEVELOPMENTS IN THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES; SOLAR ENERGY SYSTEMS AND FINANCING MODELS

*Canan KARAKAŞ ULUSOY \**

### ÖZET

Günümüzde hızlı nüfus artışı, nüfusun kentlerde yoğunlaşması, kentsel planlamanın, enerji verimliliği ve güvenliğinin dikkate alınmadan yapılması, ulaşım, sanayi ve konutlarda enerji sarfiyatının artması ve sonuç olarak tüketim toplumuna dönüşülmesi nedeniyle enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Bununla birlikte artan enerji talebinin karşılanabilmesi ve küresel iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında; küresel enerji arzı, iletimi, dağıtımı ve tüketimi, geleneksel enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynaklarına (su, güneş, rüzgar, jeotermal, dalga, biokütle ve atıklar) ve bütünsel planlamaya doğru kayma eğilimindedir.

Son dönemlerde küresel ölçekte özellikle güneş enerjisine olan ilginin arttığı görülmektedir. Panel ve hücre teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, kurulumların kolaylığı, zaman içerisinde düşen maliyetler ve çeşitli devletlerin aldıkları önlem ve sağladıkları teşvikler sayesinde, fotovoltaik sistemler kendisine küresel alanda oldukça önemli bir yer edinmiştir. Özellikle kablo kayıplarının azaltıldığı net elektriğin elde edildiği çatı sistemleri, güneş enerjisinin geleceği olarak düşünülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre 2050 yılına kadar güneş enerjisinin dünya elektrik ihtiyacının %11'ini karşılayacağı öngörülmektedir. Ancak güneş enerjisi, sürdürülebilir, temiz enerji kaynağı olmakla birlikte, elektrik üretiminin saat, gün ve mevsim ile doğru orantılı değiştiği kesintili bir kaynaktır. Bu nedenle enerji arzı güvenliği ve etkin kullanımı için enerji depolama teknolojileri de geliştirilmeye başlanmıştır. Bu teknolojiler, elektrik şebekelerinin daha etkin, verimli, düşük karbon emisyonlu ve güvenilir çalışmasına katkı sağlamaktadır.

Enerjide dışa bağımlı olan elektrik üretimi amacıyla kullanılan kömürün yüzde 90'ını, doğal gazın ise neredeyse tamamını yurtdışından ithal eden Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olmasına rağmen, sektörde henüz yenidir. Ancak; Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti enerjide dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla enerji üretim ve tüketiminde kaynak çeşitliliğini ve yerli enerji projelerini desteklemeye başlamıştır. 2023 yılı itibarı ile doğal gazla dayalı elektrik üretim oranının %50'den %30'lara seviyesine çekilmesi, yenilenebilir enerji oranının da %30'lara erişmesi hedeflenmektedir. Türkiye'nin bu hedeflere ulaşabilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına çok daha fazla yatırım yapabilmesi için hem yüksek fiyatlı kurulum malzemelerinin yerli üretime geçilerek maliyetlerinin düşürülmesi, hem de gerekli finansman kaynakları ve mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir.

Bu kapsamda makalede özellikle bu konuda öncü ülkelerden biri olan Almanya'daki gelişmeler ve finansal mekanizmalar irdelenerek, güneş enerji sistemlerinin teknik özellikleri, sistem kurulumları, bu konudaki çevresel yaklaşımlar ve tartışmalar ele alınacaktır. Ayrıca Türkiye'deki yasal/yönetimsel durum ve finansman modelleri ile bütünsel enerji sistem yönetiminin Türkiye açısından önemi ortaya konmaya çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Güneş Enerji Sistemleri, Enerji Depolama Teknolojileri, Finansal Mekanizmalar.

### ABSTRACT:

Today rapid population growth, concentration on urban areas, doing urban planning without regarding any energy efficiency and security, the increase of energy consumption in the transportation, industry and houses, and eventually because of shifting to consumer society, energy demand has gradually increased. Besides,

<sup>1</sup>Bu makale, 25-27 Ekim 2018 tarihinde Kırıkkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü'nde düzenlenen 12. Uluslararası Kamu Yönetimi Sempozyumu'nda (KAYSEM 12) sunulan bildirinin geliştirilmesiyle hazırlanmıştır.

\* Dr., Karayolları Genel Müdürlüğü, Türkiye, c.karakasulusoy@gmail.com

the meeting growing energy demand and within the scope of struggling with global climate change, the global energy supply, transmission, distribution and consumption tend to change from conventional energy sources into renewable energy ones (hydro, solar, wind, geothermal, tide, biofuels and waste) and integrated planning.

It has recently seen that increase especially interesting of solar energy on a global scale. Due to developments of panel and cell technologies, facility of its setup, decreasing its cost in time and various countries's precautions and incentives, photovoltaic (PV) systems have considerably gained a place in the global market. In particular, roof systems getting net energy with decreasing cable losses are thought the future of solar energy. According to International Energy Agency (IEA), it is projected that solar energy will met 11% of world electrical demand by 2050. Solar energy, however, is a non-continuous source that varies directly by the hour, day and season as well as it is sustaniable and clean energy source. Because of this, it has begun to improve energy storage technologies for security of energy supply and efficient use. This technologies contribute grid circuits to work more efficient, productive, with low carbon emission and stable.

Turkey that is dependent on outside in terms of energy and imports 90 % of coal being used electric power generation, also almost whole of natural gas, has entered the sector newly.although She is rich with regard to renewable energy sources. However, State of the Republic of Turkey has begun to give support resources diversity at energy generating and consumption and domestic energy projects in order to reduce energy dependency on outside. As of 2023, it will be aimed at electric generation rate depending natural gas to reduce from 50 % to 30%, while renewable energy rate to attain about 30%. As Turkey achive the aim and can invest in renewable energy sources much more, it is neccesary both to be reduced their cost passing domestic production of high cost setup equipment and to be established required financial sources and mechanisms.

In this context, in this article, as principally being scrutinized developments and financial mechanisms in German, the one of the pioneer countries, it will be dealt with technical specifications of solar energy systems, system setups, environmental approachs and discussions on this subject. Furthermore, it will be tried to reveal the importance of integrated energy system management in terms of Turkey along with legal/managerial condition and financial models in Turkey.

**Key Words:**Renewable Energy Sources, Solar Energy Systems, Energy Storage Technologies, Financial Mechanisms.

## 1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yirmi birinci yüzyılda, toplumların varoluş mücadeleleri ve yerkürenin doğal dengesine tekrar kavuşturulma çabaları;uluslararası, ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte,hem sektör içi hem de sektörler arası, ekonomik, sosyal ve çevresel parametrelerin bütünsel ve eş zamanlı değerlendirilmesinin gerekli olduğu, politik, yönetsel ve teknolojik dönüşümleri zorunlu kılmaktadır. Nitekim küresel elektrik enerjisi arzında da;üretim amaçlı kaynak kullanımı, elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, yönetim ve finansman modelleri açısından, enerji güvenliğinin ve verimliliğinin sağlanması, enerjiye bağlı mevcut ekonomik, sosyal ve çevresel sorunların çözülmesi ve öngörülen risklere karşı önlemlerin alınması amacıyla, fosil yakıtlara dayalı merkezi konvansiyonel enerji arzı modellerinden, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yerel, ayrık, çeşitlendirilmiş, dağıtılmış,depolanabilen, verimli, akıllı enerji sistemimodellerine geçiş için politik ve teknik çalışmaların arttığına şahitlik etmekteyiz.

Genel olarak enerji güvenliğinin sağlanmasına yönelik yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etme yönünde yapılan çalışmalara hız verilmesinin nedenleri irdelendiğinde; küresel nüfus artışı, nüfusun kentlerde yoğunlaşması,kent sınırlarının genişletilmesi ve sektörler arası bütünsellik ve verimlilik düşünülmeden kent planlamasının yapılması,ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılı olarak yaşam standartlarının her geçen gün artması ile birlikte, toplumların zamanla tüketim toplumuna dönüşmesi birinci sırada yer alan önemli sorunlar zinciri olarak görülmektedir.

Birleşmiş Milletler 2017 Dünya Nüfusu Araştırma Raporu'na göre; dünya nüfusu 2017 yılı ortalarında yaklaşık 7.6 milyardır. 2030 yılında yaklaşık 8.6 milyar; 2050 yılında yaklaşık 9.8 milyar ve 2100 yılında ise, yaklaşık 11.2 milyar olacağı öngörülmektedir(UN, 2017:1-2). Bu nüfusun büyük çoğunluğu da kentlerde yaşamaktadır. 1990'larda dünya nüfusunun %43'ü (2.3 milyar) kentlerde yaşarken, 2015 yılında bu oran %54'e (4 milyar) yükselmiştir. Bu yüzyılın ortalarında ise bu oranın %68'e ulaşacağı belirtilmektedir (UN, 2018:1;UN-HABITAT, 2016:5-22).

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak ulaşım, konut, sanayi, altyapı hizmetleri ve tarımda enerji talebi artmaktadır. 2015 yılı verilerine göre küresel elektrik tüketimi 22,200 TWs (tera vat saat) olmuştur. Bu tüketimin %42'si sanayide, %27'si evsel tüketimde, %22'si ticari ve kamu hizmetlerinde, %3'ü tarım ve ormancılıkta, %2'si ulaşımında kullanılmıştır. Mevcut elektrik tüketiminin karşılanmasına yönelik olarak son on yılda küresel elektrik üretimi her yıl ortalama %2.8 büyümektedir. Her sektörde dijitalleşmeye geçilmesi, elektrikli araçların kullanılmaya başlanması gibi teknolojik gelişmelerle birlikte gelecekte elektrik enerjisine olacak talep daha da artacaktır. Fosil kaynakların rezervlerinin azalması ve yüzyıl sonra tamamen tükeneceğinin hesaplanması nedeniyle, enerji üretiminin sadece fosil yakıtlardan karşılanabilmesi artık sürdürülebilir görülmemektedir. Bundan dolayı; aslında 1970'li yıllarda başlayan ancak ekonomik olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etme yönünde teknolojik çalışmalara 2000'li yıllarla birlikte hız verilmiştir. Nitekim 2015 yılı verilerine göre 24,100 TWs olan toplam elektrik üretiminin %76.5'i yenilenebilir olmayan kaynaklardan, %23.5'i ise yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmiştir (IRENA, OECD/IEA, REN21, 2018:57-58).

Elektrik enerjisi elde etmede, ulaşım, sanayi ve ısınmada ağırlıklı olarak şu an için fosil yakıtların kullanılması nedeniyle atmosferdeki sera gazlarının artışına bağlı olarak küresel iklim değişikliğinin meydana gelmesi ve bunun sonucunda, sıcaklık artışı, hava, su ve toprak kirliliğinin ciddi halk sağlığı sorunlarına sebep olması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin en önemli ikincil sebebidir. Bu konuda verilen küresel çabalar, ülkeleri politika değişikliğine yönlendirmeleri bakımından etkili olabilmektedir. Nitekim BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü'nün ardından, 04 Kasım 2016 tarihinde 195 ülkenin taraf olmasıyla yürürlüğe giren Paris Anlaşması, kabulünden yaklaşık bir yıl sonra yürürlüğe girmiştir. Anlaşmanın uzun dönemli hedefi, sanayileşme öncesi dönemle kıyaslandığında küresel sıcaklık artışının 2°C'nin olabileceğince altında tutulmasıdır (Madde2). Bu hedef fosil yakıt (petrol, kömür) kullanımının tedricen azaltılarak, yenilenebilir enerjiye yönelmesini gerektirmektedir (Dış İşleri Bakanlığı, 2018). Özellikle hızla büyüyen ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayalı elektrik üretimi ve ulaşım sektörünün kontrol altında tutulmasının sera gazı azaltım stratejilerinin başarıya ulaşmasında kilit rol oynayacağı düşünülmektedir (Princiotta, 2011:17). Dolayısıyla ülkeler, sera gazı azaltım hedeflerine ulaşabilmeleri için yenilenebilir düşük karbonlu enerji üretimine, daha verimli teknolojik kullanımına geçişlerini hızlandırmışlardır (IRENA, OECD/IEA, REN21, 2018:19). Büyük ölçüde fosil yakıtların kullanıldığı elektrik üretiminde, yenilenebilir enerji kaynakları olan hidroenerji, biyoenerji, jeotermal enerji ve atıklardan faydalanmanın yanında rüzgar, güneş ve dalgadan elektrik elde etme yönünde yasal, finansal ve teknolojik çalışmalara daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin payının, rüzgar ve güneşten elektrik üretimi ile 2050 yılına kadar %85'e çıkartılması öngörülmektedir. Düşük karbonlu elektrik üretiminin elektrik üretiminde ana taşıyıcı olabilmesi için 2015 yılında yaklaşık %20 olan son sektörel kullanımının, 2050 yılında %40'a çıkması gerektiği belirtilmektedir (IRENA, 2018:10). Bu dönüşüm, elektrik sisteminin planlanmasında, sistem ve piyasanın işletilmesinde, kamu politikasında da yeni yaklaşımlar ve yasal düzenlemeleri beraberinde getirecektir.

Ulaşım sektöründe elektrikli araç kullanımının artırılmasına yönelik çalışmalar hızlanmıştır. Ancak; Paris Antlaşması'ndaki hedeflere ulaşmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının şu anki kullanımından altı kat daha fazla olması, yenilenebilir enerji kullanımının, tüm sektörlerde enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik sektörel planlama ve uygulamalarla birleştirilmesi gerekliliğindedir, özellikle dikkat çekilmektedir (IRENA, 2018:8). Enerji verimliliğinin sağlanmadan, sadece yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinerek, hedeflenen sera gazı azaltımının başarılamayacağı konusu, üzerinde durulması gereken en önemli konulardan biridir.

Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına dayalı yeni bir enerji modeline geçişin uluslararası ilişkiler boyutu da son derece önemlidir. Küresel ölçekte fosil kaynak rezerv alanlarının bazı ülkelerde yoğunlaşması nedeniyle çoğu devletin enerjide dışa bağımlı durumda olması, bu kaynakların ekonomik ve politik kontrolünü elinde bulundurmamak ve bunu uluslararası ilişkilerde bir güç olarak kullanmak amacıyla, özellikle gelişmiş ülkelerin, fosil kaynakların bulunduğu gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde, ekonomik-siyasi istikrarsız ortamları oluşturması da, ulusal ve

uluslararası güvenlik açısından yaşanan çok önemli bir sorundur. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynak kullanımının, enerji ithalatına dayanmayı azaltarak uluslararası enerji savaşlarını azaltacağı ve istikrarlı olmayan küresel enerji piyasasına karşı enerji güvenliğini sağlamayı kolaylaştıracağı düşünülmektedir (IRENA, OECD/IEA, REN21, 2018:19). Ayrıca mevcutta elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan fosil yakıtlara dayalı konvansiyonel enerji arzı modelinde, elektrik enerjisi depolanamamakta ve üretildiği anda eş zamanlı olarak tüketiciye ulaştırılması gerekmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan doğalgaz, kömür gibi kaynakların yerleşim alanlarının uzağında olması, hava kirliliği ve güvenlik sorunu gibi sebeplerden dolayı elektrik enerjisi üreten santrallerin de genellikle yerleşim alanlarının uzağında tesis edilmesine neden olmaktadır. Santrallerden elektriğin tüketiciye ulaştırılması, iletim ve dağıtım hatlarıyla sağlanmaktadır. Santrallerde üretilen elektrik enerjisi, yüksek gerilimli iletim hatlarıyla yerleşim birimlerinin veya sanayi bölgelerinin yakınına kurulan trafo merkezlerine iletilmektedir. Trafo merkezlerinde yüksek gerilim uygun değerlere indirgenerek, orta gerilimli dağıtım hatlarıyla şehirlerin girişindeki dağıtım trafolarına bağlanmaktadır. Buradan da kent içi dağıtım hatlarıyla abonelerin kullanımına sunulmaktadır (Kul ve diğ., 2013).

Modelde, bir bölgenin ve ülkenin elektrik enerjisi talebini kesintisiz bir şekilde karşılamak üzere o ülkenin bütün elektrik santralleri, trafo merkezleri ve tüketicilerinin birbirine bağlı olduğu, tüketimdeki değişimlere karşı üretim ayarlamayı sağlayan enterkonnekte sistem ile merkezi bir kontrol mekanizması da oluşturulmuştur. Enterkonnekte sistemin ülkeler arasında tesis edilmesiyle de ülkeler arası elektrik enerjisi ticareti yapılabilir. Dolayısıyla, fosil yakıtlara dayalı konvansiyonel enerji arzı modelinde, üretim için gerekli olan doğalgaz ve kömür yataklarının araştırılması, ülke sınırları içinde bulunmuyorsa veya rezerv hacmi sınırlıysa dışarıdan ithal edilmesi, doğalgazın boru hatlarıyla, kömürün kara ve deniz taşımacılığıyla getirilmesi, uygun yerlerde depolanması, elektrik üretim veya santrallerinin kurulması, tüm ülkeyi kapsayan iletim ve dağıtım hatlarını içeren elektrik sistemlerinin inşası, birbirine bağlı bu sistemlerin işletilmesi, bakım ve onarımı, denetim ve güvenliğinin sağlanması, son derece maliyetli ve zor bir işittir.

Yeni enerji modelinde ise; yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak enerji kaynaklarının çeşitlendirildiği tamamen esnek üretimin olduğu, enerji arz ve talebinin yönetilebileceği akıllı şebeke sistemlerinin planlandığı, dijitalleşmiş akıllı şebeke yönetimi ve standartlarının oluşturulduğu, anlık sistem takibinin yapılabilmesi ve hataların, şebeke kayıp ve kaçığının anında giderilebileceği nesnelerin interneti ve yapay zeka gibi teknolojilerin kullanıldığı dijital kontrollerin yapılabilmesi enerji verimli sistemlerin kurulması hedeflenmektedir (IRENA, OECD/IEA, REN21, 2018:81-93; IEA, 2017). Burada müşterek olarak hedeflenen, enerji verimliliği, arz güvenliği ve çevresel uyum üçgeninin kurulmasıdır (Droste-Franke ve Diğ., 2012:9). Enerji verimli ve güvenli yeni sistemlerin yaygınlaştırılması amacıyla; yenilenebilir elektrik üretim sisteminin mevcut şebekeye bağlanabileceği enerji yükü kalitesinin şebekenin kabul edebileceği kaliteye getirilebileceği yük dengelemesinin yapıldığı, mevcut şebekeden enerji alıp vermenin başarılabilmesi enerji depolama çalışmaları yürütülmektedir. Enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi ile merkezi enerji dağıtım sisteminden tamamen bağımsız olarak enerji ihtiyacının yerel olarak karşılanabileceği şebekeden bağımsız ayırık sistemler (off-grid) de kurulabilecektir. Bu sayede; uzun hatlar şeklinde olan enerji iletim ve dağıtım şebekelerinin yaygınlaştırılmasının gerekli olmayacağı, dolayısıyla; maliyetli olan bu yatırımların her yere yapılma zorunluluğunun ortadan kalkacağı, daha küçük, ayırık, yerel, hatta evsel sistemlerle elektrik ihtiyacının karşılanabileceği, dolayısıyla mevcut şebeke kayıp kaçaklarının minimuma indirilebileceği ve sonuç olarak enerjiye erişimin daha az maliyetle sağlanacağı öngörülmektedir. Ayrıca tüketicilerin de enerji tüketiminde tercihlerinin ve ekonomik koşullarına göre seçme özgürlüklerinin olması söz konusu olacaktır.

## 2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

İlk büyük petrol krizinden sonra 1970'lerde, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı denenmiştir. O dönemlerde en önemli konuların ekonomik konular olmasından dolayı petrol fiyatlarının düşmesiyle birlikte bu kaynakların kullanımından ve finansal destek gerektiren Ar-Ge çalışmalarından vazgeçilmiştir. 1990'lı yıllarla birlikte, fosil enerji sistem kullanımından kaynaklı hava kirliliği gibi çevre sorunları, buna bağlı sağlık sorunlarının ciddi

boyutlarda yaşanmaya başlanması ve tüm dünyayı tehdit eden iklim değişikliği etkilerinin azaltım zorunluluğunun ortaya çıkmasıyla, tekrar yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir (Camacho et al., 2012:4).

Yerkürede asla tükenmeyen güneş radyasyonu ve jeotermal ısı gibi temel enerji kaynaklarının yenilenebilir enerji kaynakları olduğu düşünülmektedir. Temel enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, yeryüzünde doğrudan ve dolaylı enerji kaynaklarının birçoğunun oluşumunda etkin olan tek kaynaktır. Güneş enerjisine bağlı olarak yenilenebilir olarak oluşan dolaylı yenilenebilir enerji kaynakları; hidroenerji, rüzgar, okyanus enerjisi ve biokütle enerjisidir (Dinçer and Zamfirescu, 2011:283). Jeotermal ve atıklardan elde edilen enerji de yenilenebilir enerji kaynakları olarak değerlendirilmektedir.

## **2.1. HidroEnerji , Rüzgar Enerjisi, Jeotermal Enerji , Okyanus Enerjisi ve Biokütle Enerjisi**

Genel olarak değinmek gerekirse, hidroelektrik santralleri, akarsu veya yüksek noktalardan düşürülen suyun kinetik enerjisinden elektrik enerjisi üreten teknolojilerdir. Bu üretimde, kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akıtılır. Elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesi ile önce suyun kinetik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür. Sonra, türbinlere bağlı jeneratörlerle elektrik enerjisi elde edilir (Ghosh and Mark, 2011:157; YEGM: 2018).

Rüzgarın kinetik enerjisinden elektrik üretmek için ise rüzgar türbinleri kullanılır. Rüzgar türbinleri, rüzgarın kinetik enerjisini ilk önce mekanik enerjiye, sonra da elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir (Ghosh and Mark, 2011:6). Bir rüzgar türbini, çevredeki engellerin rüzgar hız profilini değiştirmeyeceği yükseklikteki bir kule üzerine yerleştirilmiş gövde ve rotordan oluşur. Kanatlar ve göbek, rotor olarak adlandırılır. Kanatlar polyster ile kuvvetlendirilmiş, fiberglass veya epoxy ile güçlendirilmiş fiber karbondan yapılmakta ve çelik omurga ile desteklenmektedir. Rotor düşük devirli bir ana mile bağlıdır. Rüzgarın kinetik enerjisi rotor tarafından mekanik enerjiye çevrilir ve düşük devirli ana milin dönüş hareketi gövde içerisindeki iletim sistemine (dişli kutusu vb.), oradan da jeneratöre aktarılır. Böylelikle elektrik enerjisi elde edilir (YEGM: 2018). Ticari olarak üretilen rüzgar türbinlerinin boyut ve kapasitesi 1982 ile 2006 yılları arasında hızla büyüyerek, kısa süre içinde güvenilir enerji teknolojileri haline getirilmiştir (Gasch and Tvele, 2012:1).

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerjinin ise; yerkürenin kabuk tabakasının altında kayaçların erimiş halde bulunduğu manto katmanında, radyoaktif maddelerin bozunması sonucu sürekli üretilen ısıdan kaynaklandığına inanılmaktadır. Bu faaliyet dünyanın oluşumundan beri devam etmektedir. Dolayısıyla jeotermal enerji de, güneş gibi temel yenilenebilir enerji kaynağıdır (Ghosh and Prelas, 2011:217) ve yerkabuğunun işletilebilir derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaçların içerdiği termal enerji olarak tanımlanmaktadır. Yeraltına sızan sular burada gözenekli ve geçirimli özellikleri bulunan hazne kayalarda toplanmaktadır. Çeşitli araştırma tekniklerinin uygulanması sonucunda, jeotermal enerjinin olduğu uygun jeolojik koşullarda yapılan sondajlarla aşırı derecede ısınmış sular, yağ ve kuru buhar olarak yeryüzüne çıkarılmaktadır. Bu jeotermal akışkan, üzerindeki basıncın azalması ile su-buhar fazlarına ayrılmaktadır. Ayrılan buhar, jeotermal santrallere gönderilerek, elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Yerkabuğunun derinliklerinden elde edilen kızgın kuru buhar ise, doğrudan jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisi elde edilmektedir (Sara Enerji, 2018).

Okyanus enerjisi ise, okyanus ve denizlerden elde edilen enerjidir. Dünyanın en geniş güneş enerjisi kolektörü ve enerji depolama sistemi olan yerkürenin %70'ini kapsayan okyanusların, teorik olarak 60 milyon kilometre kare yüzey alanı, enerji içeriği bakımından, günlük 250 milyar varil petrole denk gelecek güneş ışınımını absorbe etmektedir. Okyanusun depoladığı bu enerji, çeşitli formlarda olup potansiyel olarak elektrik üretiminde kullanılabilir. Okyanustan elektrik elde etmek için birkaç teknoloji geliştirilmiştir. Bunlar; dalga gücü, gel-git gücü, gelgit akıntı enerjisi, okyanus ısı enerjisi dönüşümü ve tuzluluk gradyan enerjisidir (Ghosh and Prelas, 2011:267).

Biokütle enerjisinde, biokütle adı verilen çeşitli biyolojik kaynaklardan elde edilen enerjidir (Ghosh and Prelas, 2011:327). Biokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik



çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır (YEGM, 2018).Biyokütle enerjisi, biyokütle atıklarının yakılarak veya farklı işlemlerden geçirilerek kullanılması sonucunda elde edilen enerjidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde günümüzde en fazla elektrik enerjisi elde edilen yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik santralleridir. 2015 yılı verilerine göre hidroelektrik santralleri dünya elektrik üretiminin %17.2'sini, rüzgar %3.5'ini, biyoenerji %1.4'ünü, güneş fotovoltaik sistemler %1'ini, jeotermal %0.3'ünü ve yoğunlaştırılmış güneş santrali ve okyanus %0.1'ini karşılamaktadır (IRENA, OECD/IEA, REN21, 2018:57-58).Ancak son dönemlerde,bu makalede detaylı olarak ele alınacak olan güneş enerji sistemlerine olan küresel ilgi artmıştır.

## 2.2. Güneş

Yarıçapı  $6.955 \times 10^5$  km olan güneş, dünya çapının 109 katı olup, dünyadan yaklaşık olarak 149.600.000 km uzaklıktadır. Güneşin merkez sıcaklığı 15 milyon °K (Kelvin derece) iken yüzey sıcaklığı yaklaşık 5800 °K'dir. Güneşin toplam kütesinin %72'si hidrojen %26'sı helyumdan oluşmaktadır.Güneşin merkezinde gerçekleşen füzyon reaksiyonları güneşin sahip olduğu enerjinin kaynağını oluşturmaktadır. Füzyon reaksiyonu iki atom çekirdeğinin birleşerek başka bir atom çekirdeği oluşturmasıdır. Güneşin merkezinde hidrojen gazı çok sıcak olan plazma ortamında proton ve elektronları iyonize olmuş bir şekilde hareket eder.Proton-proton birleşmesi sonucunda helyum meydana gelir. Helyumun oluşumu sırasında belirli bir kütle kaybı gerçekleşir. Einstein'ın,  $\Delta E = \Delta m c^2$  ( $\Delta E$  enerji,  $\Delta m$  kütle,  $c$  ışık hızı) şeklinde formüle ettiği üzere kayıp kütle enerjiye dönüşmüştür. Güneşte gerçekleşen bu reaksiyonlar sonucu açığa çıkan bu enerjinin elektromanyetik radyasyon şeklinde dünya atmosferinin dışına gelen miktarı  $1367 \text{ W/m}^2$  (vat/metrekare)'dir. Bunun %30'u atmosfer tarafından geri yansıtılmakta, %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulmakta, ancak %50'si yeryüzüne ulaşabilmektedir (Camacho et al., 2012:4; Özgün, 2018:27-32; YEGM, 2018).

Yenilenebilir enerjinin önem kazanmaya başladığı andan itibaren, güneş enerjisinin, insanlığın kullanabileceği faydalı enerjiye nasıl dönüştürülebileceği konusu bilim insanları ve mühendislerin ilgilendiği konular arasına girmiştir.İçinde bulunduğumuz yüzyılda güneş enerjisinden termal enerji ve elektrik enerjisi forumunda yararlanabilme teknolojileri zamanla geliştirilebilmiştir. Bunların arasında günümüzde elektrik enerjisi üretiminde dünyada en yaygın olarak kullanılan sistemler, fotovoltaik enerji sistemleridir. Bu sistemler yarı iletken teknolojisine dayalı doğrudan elektrik enerjisi üreten sistemlerdir (Sangster, 2010:65-66; Özgün, 2018:15-18).

### 2.2.1. Fotovoltaik enerji sistemleri

İlk kez fotovoltaik etkiyi 1839'da Alexandre-Edmond Becquerel gözlemlemiştir. 1873'de de Willoughby Smith'in,güneş ışının selenyumun iletkenliğini bin kat arttırdığını keşfetmesiyle, fotovoltaik elektrik üretim tarihi başlamıştır. Sonra, 1876'da William Grylls Adams ve Richard Evand Day ise, selenyumun ışına maruz kaldığında elektrik ürettiğini göstermişlerdir. 1905'de ise Albert Einstein, kendisine 1921'de Nobel Ödülü kazandıran fotovoltaik etki üzerine makalesini yayınlamıştır (Burn et al., 2011:162).

Bununla birlikte yarı iletken teknolojisi ve fotovoltaiklerin özelliklerinin belirlenmesinde 1916'da Jan Czochralski'nin tek kristal metodunu keşfetmesi önemli bir adım olmuştur. Teknik, 1940'larda daha da geliştirilmiştir. 1954'de ABD'de Bell Laboratuvarları ilk silikon güneş hücresini üretmiştir. Maliyetlerinin çok yüksek olmasından dolayı 1950 ve 1960'larda ilk olarak uzay çalışmalarında kullanılmıştır (Burn et al., 2011:162-163).

Fotovoltaik enerji sistemleri;fotovoltaik hücre, fotovoltaik panel, inverter, sistemi koruyan elektriksel ekipmanlar, kablolar ve elektriksel bağlantı elemanları, sayaç ve izleme programından oluşmaktadır. Sistem parçalarının bir birleriyle uyumlu bir şekilde seçilmesi sistemin verimini, güvenliğini ve ömrünü doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle her bir projede hangi ekipmanların tercih edileceği son derece önemlidir (Özgün, 2018:90-91).

Fotovoltaik hücreler; güneşten gelen farklı dalga boylarına sahip elektromanyetik dalgalar olan enerji yüklü fotonların yarı iletken içindeki elektronları uyarması ile elektrik üretimini sağlayan yapılardır. Yarı-iletken özellik gösteren birçok element arasında fotovoltaik hücre yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür,alüminyum, indiyum, bor gibi yarı iletken elementlerdir. Fotovoltaik hücreler, teknolojik gelişmelere bağlı olarak farklı boyut ve verimde üretilebilmektedir. Bunlar; monokristal, polikristal, ince film ve çok katmanlı fotovoltaik hücrelerdir.

Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilmektedir. Alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup>'dir. Kalınlıkları ise 0,1- 0,4 mm arasında değişmektedir. (Burn et al., 2011:161;Rekiova and Matagne, 2012:4;Özgün, 2018:18; GÜNDER, 2018:1-2;YEGM, 2018).

Fotovoltaik panel; fotovoltaik hücrelerin seri ve paralel bağlanması ve dış etkenlere karşı korunması için bir çerçeve içine yerleştirilmesi ile oluşturulur. Paneller,monokristal, polikristal ve ince film fotovoltaik hücrelerin elektriksel ve mekaniksel dizayn koşullarına bağlı olarak farklı tiplerde üretilir. Güç talebiyle ilişkili olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç vattan mega vatlara kadar sistem oluşturulabilir. Tablo 1'de hücre ve panel verimliliğinin hücre tipi teknolojilerine göre nasıl değiştiği görülmektedir.Günümüzde %44 verimlilik düzeyine ulaşan hücrelerolmasına rağmen, ticari olarak henüz üretilmemektedir. Bugünkü teknolojide panelin çalışma ömrü yaklaşık 25 yıldır. Ancak önerilen verimin 25 yıl boyunca elde edilebilmesinde sertifikalı panellerin kullanılması gerekliliği önemli bir detaydır. Sistemin geneli incelendiğinde toplam maliyetin %55-60'ını fotovoltaik paneller oluşturmaktadır (Özgün, 2018:92-95; YEGM, 2018).

Hücre ve panelde verimlilik artışını sağlamak amacıyla farklı yarı iletkenler kullanılarak en az on yıl süren laboratuvar ve Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır. Gelecekte, hücre ve panel verimliliğinin daha da artacağı öngörülmektedir. Burada önemli olan Ar-Ge çalışmalarına devam edilmesidir.

Tablo 1.Hücre ve panel verimleri karşılaştırma tablosu (Özgün, 2018:92)

Hücre Tipi	Hücre Verimi (%)	Panel Verimi (%)
<b>Monokristal</b>	24	13-17
<b>Polikristal</b>	18	11-15
<b>Amorf Slikon İnce Film</b>	11-12	5-8

İnverter ise; panellerin ürettiği doğru akımı, alternatif akıma çeviren ve şebekeye bağlı sistemlerde fotovoltaik sistemin şebeke ile uyumlu çalışmasını sağlayan elektronik kontrol cihazıdır. Şebekeden ayrı sistemlerde kullanılan inverterler ise, depolama ünitesi olan akülerde depolanmış doğru akımı alternatif akıma çevirmek için kullanılmaktadır (Camacho vd., 2012:11; Özgün, 2018:92-95).

Sistemin güvenli çalışması, can ve mal kayıplarının önlenmesi amacıyla kullanılan sigorta gibi sistemi koruyan elektriksel ekipmanların doğru seçimi ve boyutlandırılması da son derece önemlidir. Bunun yanında sistemin diğer ekipmanları olan kablolar ve elektriksel bağlantı elemanlarının, yüksek sıcaklık değişimleri, UV ışınları, rüzgar, kum, yağmur ve kar gibi dış etkilerden en az etkilenen şekilde üretilmesi gerekir. Tüm ekipmanların birbirleriyle uyumlu çalışıp çalışmadığı, 25 yıllık kullanım ömründe sistem veriminin yıllar içinde ne şekilde değiştiği gibi sistemin performansının belirlenmesine yönelik teknik takibin yanında, üretilen enerjinin dağıtım şirketlerine satışı için yapılacak anlaşmada, üretilen ve tüketilen enerjinin kesin olarak bilinmesi gerekliliği nedeniyle sayaçve izleme programları da fotovoltaik sistemin ekipmanları içinde yer almaktadır (Özgün, 2018:109-123).

Fotovoltaik sistemler, yer, çatı, bina yüzeyi ve otoparklarda kurulabilmektedir. Sistem, şebekeye bağlı ve şebekeden ayrı sistemler (off-grid) şeklinde tasarlanabilmektedir. (Özgün 2018:85). Şebekeden ayrı sistemlerolarak daha çok bireysel veya lokal ölçekte kullanımlar için kurulan çatı sistemleri önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle şu an için henüz çok yeni olan enerji depolama sistemlerinin yaygın hale geleceği gelecekte, ayrı ve özellikle çatı sistemlerinin daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Çatı sistemleri kurulurken, güneş paneli kurulmak istenen evin çatısının uygun olup olmadığının belirlenmesi, çatı cephesi, eğimi, statığı, invertör alanı ve toz emisyonu gibi faktörlerin incelenmesi, çatının hangi yöne baktığını ve gün içinde ne kadar güneş ışını aldığı belirlenmesi gerekmektedir. Çatı cephesinin güney yönlü oluşu, verimliliği olumlu yönde etkilemektedir. Yani panellerin güneye, güney batıya ya da güney doğuya bakacak şekilde monte edilmesi en iyi sonucu vermektedir. 1 kW elektrik üretimi için ortalama 8 m<sup>2</sup> alan gereklidir. Çatı alanı hesaplanırken gölge yapacak baca, çanak

anten, ağaç, çevre binalar, su deposu, asansör kulesi gibi etkenlere dikkat edilmeli, tüm gün boyunca kesintisiz güneş alan alanlara paneller kurulmalıdır. Paneller için en ideal eğim 30 ile 45 derece arasındadır. Ancak, 15 derece ile 50 derece arasına kadar montaj yapılması mümkündür. Bunun dışındaki eğimlerde performans kaybı görülmektedir (GÜNDER ve diğ., 2018:8).

Fotovoltaik sistemler tasarlanırken öncelikle sistemin kurulacağı koordinatların global ışınım değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Çünkü fotovoltaik hücrelerin üreteceği güç, üzerine gelen güneş ışığının yoğunluğu ve dalga boyuyla orantılıdır. Güneş ışınlarını dik alan paneller daha fazla enerji üretmektedir. Güneş ışınımının yoğunluğu, atmosferdeki soğrulmalar ve saçılmalar, su buharı ve hava kirliliği, enlem ve boylam değişimlerine bağlı olarak mevsimsel, aylık, günlük ve saatlik olarak değişir. Bu nedenle, kurulum yapılacak alana hangi gün, saat, ay ve mevsimde hangi yoğunluk ve açıda güneş ışığının gelebileceğinin bilinmesi gerekir. Bunun için yeryüzü ölçümleri ve hesaplamalı uydu verileri olmak üzere iki yöntem kullanılır. Yeryüzü ölçümleri için ölçüm istasyonları kurularak, pirometre ile sürekli ölçüm yapılır. Uydu verilerinden hesaplama yönteminde ise uydudan alınan veriler program aracılığıyla değerlendirilerek gerekli bilgiler hesaplanır. Bunun için yaygın olarak, örneğin, PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) olarak bilinen Avrupa Birliği tarafından desteklenen ışınım veri bankası kullanılmaktadır (Özgün 2018:32-45).

### **2.2.2. Fotovoltaik enerji sisteminin gelişimi ve finansman modellerine örnek ülke Almanya deneyimi**

Almanya’da yaşanan 1973/1974 ve 1979/1980 petrol şokları, ithal ham maddelere bağımlılığı azaltma arzusu, ekonomik büyümenin sınırlandırılmasının gerekliliğinin ve fosil yakıt rezervlerinin biteceğinin farkına varılması, konvansiyonel enerji kaynaklarının çevresel etkileri, nükleer enerjiye karşı duyulan tepkiler, ABD, Japonya ve Avustralya gibi diğer ülkelerde güneş enerjisi konusundaki gelişmeler, tükenmeyen enerji kaynaklarına dayalı teknolojilerin çekiciliği, Almanya’da fotovoltaiklerin gelişmesine neden olan başlıca sebepler olarak söylenebilir (Burnsvd., 2011:163).

1970’lerden günümüze değin geçen yaklaşık 60 yıllık bu süreçte, fotovoltaiklerden elektrik enerjisi elde etme konusunda çalışan aktörler, çıkartılan yasalar, uygulanan finansal mekanizmalar ve teşvik programları, fotovoltaik enerji sistemlerinin teknoloji, ekipman ve standartlarının gelişmesine, verimlilik artışına, ticari olarak kullanımlarının yaygınlaştırılmaya başlanmasına olanak sağlamıştır. 1991 yılında yürürlüğe giren Elektrik Tarife Yasası ve 1998 yılında çıkartılan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası, fotovoltaik enerjinin kullanımının yaygınlaştırılması için oluşturulan önemli düzenlemelerdir. Her iki yasa da dönemin ihtiyaçları gereği muhtelif dönemlerde revizyona uğramıştır (Burnsvd., 2011:51).

Fotovoltaik enerji sistemlerinin gelişiminde etkin olan esas aktör, Federal Araştırma Bakanlığı olmuştur. Bakanlık; eyalet yönetimleri, belediyeler, bu konuda çalışan ve teknoloji geliştiren AEG-Telefunken, Siemens gibi özel sektör temsilcileri, üniversiteler ve araştırma enstitüleri arasında işbirliğini sağlamıştır (Burns et al., 2011:165). Gelişimi sağlamak için finansal destek de, devlet tarafından sağlanmıştır. Devlet desteği federal, eyalet ve belediye seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Federal seviyede, araştırma geliştirme projeleri için federal teşvik programları uygulanmış, araştırma fonları sağlanmış ve hibeler verilmiştir. Eyaletler ve belediyelerin verdiği fonlar da enerji araştırmalarına çok önemli katkı sağlamıştır. Örneğin eyaletlerin verdiği katkı 2003’de, Federal Yönetimin toplam araştırma harcamalarının üçte biri olan 80 milyon Avro olmuştur (Burnsvd., 2011:57).

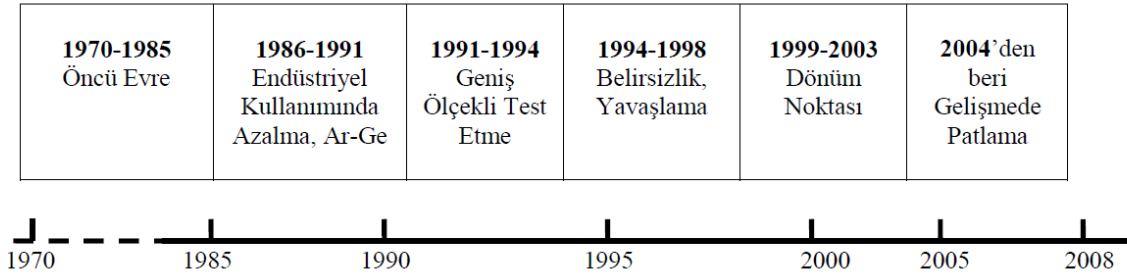
1994 yılında başlatılan ve 1999 yılında genişletilen Federal Yönetim Pazar Teşvik Programı, yenilenebilir enerji kaynaklarına destek veren önemli bir programdır. Örneğin bu program, 2006-2008 yılları arasında tüm yenilenebilir enerji santrallerinin inşasının %95’inden fazlasını desteklemiştir (Burnsvd., 2011:52).

Federal Araştırma Fonları ise, 1970’lerden beri, enerji araştırma ve geliştirmeyi destekleyen fonlar olmuştur. Bu fonlar yardımıyla, Birinci Araştırma ve Enerji Teknoloji Programı (1977-1980), İkinci Enerji Araştırma Programı (1980-1990), Üçüncü Enerji Araştırma ve Enerji Teknolojileri Programı (1990-1996), Dördüncü Araştırma ve Enerji Teknolojileri Çerçeve Programı (1996-2005),



Beşinci Enerji Araştırma (Yenilik ve Yeni Enerji Teknolojileri) Programı (2005-2008) gerçekleştirilmiştir (Burnsvd., 2011:51-57). Gelişmeye yönelik teknik çalışmalar durmaksızın halen devam etmektedir.

Almanya’da 1970’lerde başlayan fotovoltaik enerji sistemlerinin gelişim dönemleri, dönemsel faktörler ve fotovoltaiklerdeki sistematik gelişmeler dikkate alınarak altı dönemde ele alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Almanya’da Fotovoltaiklerin Gelişme Evreleri (Burnsvd., 2011:162)

1970-1985 Dönemi: İlk fotovoltaik santral 1983’de, Pellworm adasındakurulmuştur. Bu santral, AEG tarafından üretilen hücrelerin kullanıldığı pilot santraldır. Federal araştırma fonu ile finanse edilen santral, 300 kW çıkışı ile o zaman Avrupa’daki en büyük santraldır. Fotovoltaiklerle ilgili tüm önemli keşifler bu santralden elde edilen bilgiye dayanılarak 1984’de yapılmıştır. Nitekim, %18 laboratuvar verimine sahip mono kristal silikon güneş hücreleri bu dönemde üretilmiştir. Ayrıca endüstriyel üretim için potansiyele sahip üç ince film teknolojisi keşfedilmiştir. Fotovoltaik hücrelerin kurulum prensipleri de bu dönemde oluşturulmuştur. O dönemden günümüze, güneşten elektrik enerjisi üretmek için teknolojik gelişmeleri ilerletme faaliyetleri 4 alana odaklanmıştır: Mono veya polikristal silikondan ve ince filimden güneş hücreleri geliştirme, inverter geliştirme ve endüstriyel üretim teknolojisi geliştirmektir. Bu dönemde fotovoltaik hücrelerin verimi düşük, kurulum maliyetleri çok yüksektir. Bunun yanı sıra, 1980’lerin ikinci yarısında, fotovoltaik sistemlerin mevcut elektrik şebekesine ilk bağlantısı yapılmıştır (Burnsvd., 2011:168, 175).

1986-1991 Dönemi: İlk fotovoltaik santral kurulumundan elde edilen bilgiler, elektrik üretiminde fotovoltaik teknolojinin potansiyelini göstermiştir. Ancak sanayicilerin, fotovoltaiklerin verimliliğinin artırılması beklentileri karşılanamamıştır. Bu nedenle, İkinci Enerji Araştırma Programı, teknoloji geliştirmeye odaklanmıştır. Araştırma fonları azaltılmıştır. Ancak, Çernobil Kazası’ndan sonra fonlar tekrar artırılmıştır. Fotovoltaikler, çevre dostu elektrik üretim teknolojisi olarak yeniden önem kazanmaya başlamıştır. Bu dönemde, araştırma ve geliştirme politikalarını, fonların kullanım alanlarını belirlemek amacıyla, araştırmacıların, sektör temsilcilerinin, proje yöneticilerinin, diğer sektör temsilcilerinin katıldığı özellikle *Glottertal Talks* isimi verilen stratejik uzman tartışmalarının yapılmaya başlandığı görülmektedir. İlki 1987’de yapılmıştır (Burnsvd., 2011:169-173, 177-178).

1991-1994 Dönemi: Bu dönemde, Federal Almanya Yönetimi’nin İklim Koruma Programı, Rio Konferansı, sürdürülebilir gelişme prensipleri, gelişmeleri yönlendiren önemli kavramsal faktörlerdir. Bunun yanı sıra, yeniden birleşen Almanya’nın, ulusal enerji politikalarını Avrupa pazarıyla bütünleştirilmesi çalışmaları da bu dönemde başlamıştır. Fotovoltaik sistemler açısından bu dönemi karakterize eden en önemli gelişmelerden biri, 1000 Çatı Programı’dır. Elektrik Tarife Anlaşmasıyla birlikte geniş ölçekli test programı olarak 1000 Çatı Programı, teknolojik ve politik gelişmelerde kilit rol oynamıştır. Üreticilere, sistem tedarikçilerine ve kurulum firmalarına güvenilir sistem ve bileşenlerin önerilmesini sağlamıştır. Program, Almanya’da destek programlarının izlenmesinin gerekliliğini ortaya çıkarmış ve yurt dışında birçok benzer programlara ilham kaynağı olmuştur. Özel konutları enerji üretim süreçleriyle bütünleştirmiştir. Endüstri dışındaki kullanımlar dışında, farklı sektörlerde kullanımların araştırılmasını tetiklemiştir. Bunlar; materyallerin gelişimi, sistem teknolojisi, üretim teknolojisi ve aynı zamanda bu teknolojilerin değişken yelpazesidir. 1990 yılında,

kurumsal yapıları ve ağırları oluşturmak amacıyla verilen çabalar sonucunda, tüm ilgili araştırma kurumları birleştirilerek, bu sektörün gelişiminde önemli kilometre taşı olan Güneş Enerjisi Araştırma Birliği kurulmuştur(Burnsvd., 2011:178-184).Fotovoltaik sistemlerin gelişme ve yaygınlaşması,ilk bu dönemde görülmüştür.

1994-1998 Dönemi:1990'ların başında umut verici dönemden sonra, 1000 Çatı Programı devam etmemişve pazar tanıtım programının oluşturulması içinoluşturulan sonraki planlar başarısız olmuştur.Federal Yönetim fonları azaltılmıştır. Ancak, bu dönemdeneoliberal ekonominin belediyeler, eyalet yönetimleri ve özel sektörün güçlenmesine neden olması, fotovoltaik sektöründe hem yatırımların finansmanının karşılanmasında, hem de yatırımın yapılmasında geniş platformlu işbirliğinin vebirçok sayıda sektöre girecek yeni firmanın kurulmasına yol açmıştır(Burns et al., 2011:184).Bu dönemdeAlmanya'da, fotovoltaik alanda uzmanlık artık son derece gelişmiştir. Ancak, halen kırılgan olan fotovoltaik pazarın konumu tehdit altındadır. Federal Yönetim, Almanya'da fotovoltaik pazarın gelişmesi için uygun bir stratejiye sahip değildir. Hiç bir bakanlık, fotovoltaik pazarın genişlemesinde sorumluluk almamaktadır. Ancak özellikle belediyelerin, elektrik üretiminde fotovoltaiklerin gelişiminin devam etmesi için sistemin maliyetini karşılamak amacıyla hibeler vermesi, fotovoltaik teknolojisinin gelişiminin devam etmesini sağlayan çok önemli bir adım olmuştur. Hem fotovoltaik pazar, hem de örnek kurulum alanında bir çok sayıda belediye, ilk kez bu dönemde, maliyeti karşılama ve farklı fon modellerini uygulama sorumluluğunu üstlenmiştir (Burnsvd., 2011:193).

1999-2003 Dönemi: Bu dönem, fotovoltaik gelişimdeulusal seviyede çok önemli politika önlemlerinin yukarıya doğru gidişi ateşlemesinden dolayı dönüm noktası olarak tanımlanmaktadır. ABD ve Japonya gibi öncü ülkelerdeki gelişmelerde bunu teşvik etmiştir. Ancak, istenmeyen sonuçlar da ortaya çıkmıştır. Yüksek talep ve sınırlı üretim kapasitesi, fotovoltaik modül fiyatlarının artmasına neden olmuştur. Bunun yanısıra tarihi alanları koruma birliklerinin temsilcileri, koruma altındaki binalara fotovoltaik sistemlerin kurulmasına karşı duruş sergilemişlerdir. Çevreciler de, bu sistemlerin olası negatif etkilerine dikkat çekerek yere montajlı sistemlerle ilgili endişelerini yüksek sesle dile getirmeye başlamışlardır (Burnsvd., 2011:193).

Yeni yönetime gelen Kırmızı-Yeşil Federal Yönetimi ise, bu dönemde en önemli itici güç olmuştur. Yenilenebilir enerjiyi desteklemek için Federal Ekonomi Bakanlığı işbirliğinde oldukça sıkı çalışılmış ve 100,000 Çatı Programı'nın onaydan geçirilmesi başarılmıştır. Federal Çevre Bakanlığı ve Almanya Federal Meclisi'ndeki (Bundestag) bir çok grup, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası'nda fotovoltaiklerin dönüm noktası olmasında önemli rol oynamıştır. Bu başarının diğer bir bileşeni olanbir çok eyalet, destek programları başlatmıştır(Burnsvd., 2011:203).

Yeni kurulan veya birleştirilen birlikler mevcut faaliyetleri desteklemiş, bakanlıklara, Federal Yönetime ve parlamentoya güç katmıştır(Burn vd., 2011:204).

2004'den Sonraki Dönem:Yenilenebilir Enerji KaynaklarıYasası'nın değiştirilmiş versiyonu, 2004'den beri gelişmelerin patlamasının arkasındaki itici güç olmuştur. Aslında, Almanya'da fotovoltaik pazarın genişlemesine ek olarak sektörün kesintisiz devam etmesini de sağlamıştır. Ancak üreticilerin özellikle silikon maddesinde yokluk çekmeleri gelişimi yavaşlatmıştır (Burns et al., 2011:222). Bu dönemde sistem artık ticari olarak yurt içi ve dışı pazarlanabilir duruma gelmiştir. Sistemin veriminin %40'lara çıkarılması çalışmalarınaodaklanılmıştır.

Bunun yanında, özellikle çatı sistemlerinin mevcut konvansiyonel elektrik şebekesine bağlanmadan güvenli ve sürdürülebilir elektrik enerjisi sağlayabilmesi amacıyla depolama sistemlerinin geliştirilmesine odaklanılmıştır.Ocak 2013'den sonra,fotovoltaik güneş enerji sistemlerinde batarya depolama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması için eyalet fonu sağlanmıştır. Buna göre; kendi çatılarındaki güneş elektrik sistemlerine batarya depolama sistemlerini dahil etmek isteyen sistem kullanıcılarına, her kilovat başına maksimum 660 Avro finansal destek verilecektir. Güneş enerji sisteminin boyutuna ek olarak, depolama sisteminin satışındaverilecek eyalet fonunun tam miktarı, seçilen depolama sisteminin maliyetine bağlı olacaktır. Sistem kullanıcıları, güneş enerji sistemlerini Ocak 2013'den sonra kurmuşlarsa ve maksimum 30 kilovat kapasiteye sahiplerse, bu fona başvurabilecektir.Depolama sistemlerinin güneş enerjisi kullanıcılarına, kendi

ürettikleri güneş enerjisini direkt tüketme paylarını iki katından daha fazlaya çıkartmaları imkanını sağlayacağı belirtilmektedir. Ayrıca, kendi çatılarında ürettikleri güneş enerjisi, şirketlerden alınan elektrikten önemli ölçüde daha ucuzdur. Bununla birlikte Güneş Enerji Sistemi, Frankfurt Enstitüsü tarafından hesaplandığı üzere, batarya depolama sisteminin kullanıldığı fotovoltaik bir sisteme sahip müstakil bir evde, elektrik tüketimi %60'a kadar azaltılabilmektedir. Depolanmış elektrik, ya tüketilmekte, ya da elektrik şebekesine besleyebilmektedir. Bu durumda, fotovoltaik sistemlerin uygulanmasına yönelik destek oranlarına göre, elektrik şebekesine verilen elektrikten para kazanılacaktır (BSW-Solar, 2013:1).

Sonuç olarak, Almanya Federal Ağ İdaresi (Bundesnetzagentur) tarafından açıklanan verilere göre, 2018 Ağustos Ayı sonu itibari ile Almanya'da teşvik mekanizmasından yararlanan, şebeke bağlantısı olan güneş elektrikli sistemlerinin kurulu gücü 44,95 GW'a ulaşmıştır (Yeşil Ekonomi, 2018a). Almanya, on yıl içinde çatı sistemlerinde 42 GW kapasiteye erişmeyi, 2030 yılında %100 yerli enerji kaynakları kullanmayı hedeflemektedir (GÜNDER, 2018:3).

### 2.2.3. Çevresel tartışmalar

Güneş enerjisiyle ilgili en önemli çevresel tartışmaların; yersel kurulumlar için geniş araziye gereksinim duyulması, bu alanlarda yaşayan canlıların zarar görüp görmeyeceği, karayollarına yakın kurulumlarda parlama ve ışıdamadan kaynaklı trafik güvenliği sorununun yaşanabilmesi, güneş kolektörlerinin üretimi ve bertarafı esnasında karşılaşılabilecek zararlı materyaller, güneş enerjisinin saat, gün, ay ve mevsimle doğru orantılı kesintili bir kaynak olması nedeniyle, elektrik enerjisinin depolanması gerektiği düşüncesiyle birlikte ortaya çıkabilecek etkilerin neler olabileceği konuları üzerinde yapıldığı görülmektedir.

Fotovoltaik sistemlerin verimliliğinin daha da artırılması durumunda, kilovat saat başına gerekli olan alan miktarının azaltılmasının mümkün olacağı belirtilmektedir. Bununla birlikte çatı sistemleri kurulum ve kullanımının artırılması, enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi ve bunların inşaat sektörüyle bütünleştirilmesiyle, yersel güneş enerji sistem kurulumlarının çok daha azalacağı öngörülerinde bulunmaktadır (Miller and Gage, 2011: 389).

Güneş enerji sistemlerinin kurulacağı alanlardaki canlıların ise uygun yaşam alanlarına taşınarak korunabildikleri projeler yapılmaktadır. Örneğin; Meksika'da Eylül 2018 tarihinde İtalyan Enerji Şirketi Enel Green Power tarafından uygulamaya geçirilen 828 MW gücündeki Villanueva GES Projesi'nde yerel ekosistemi korumak için kaktüsler gibi 150 binden fazla bitki ile 25 binden fazla kurbağa, yılan ve kertenkele gibi canlı, uygun yaşam alanlarına taşınmıştır (Yeşil Ekonomi, 2018b).

Fotovoltaik sistemlerle ilgili endişe duyulan diğer bir konu, üretim prosesi ve fotovoltaik hücrelerin üretimi için gerekli olan yarı iletkenlerin çevre ve insan sağlığına verebilecekleri zararlarıdır. Fotovoltaik sistemlerde örneğin kadmiyum tellurium (CdTe) bileşenlerinin kullanılması ve maden işletmeciliğinde artan kadmiyum emisyonları potansiyeli, kadmiyumun artırılması, üzerinde önemle durulması gereken konulardır. Fotovoltaik hücre ve modül üretiminde kullanılan diğer zararlı materyaller ise; arsenik bileşenleri, karbon tetra klorit, hidrojen florit, hidrojen sülfid, kurşun ve selenyum bileşenleridir. Fikir ayrılıkları olmasına rağmen, üretimde kullanılan bileşenlerin herhangi bir yangın durumunda serbest kalabileceğine yönelik görüşler de vardır. Bu nedenle fotovoltaik modüllerin üretimi, kullanımı ve bertarafı uzmanlık gerektiren son derece önemli bir konudur. Ömrünü tamamlamış fotovoltaik modüllerin teknolojik ve ekolojik olarak uygun geri dönüşüm ve kazanım yöntemleriyle bertarafının yapılması durumunda, çevresel etkilerinin minimuma indirilebileceği düşünülmektedir (Miller and Gage, 2011: 389-390).

Güneş enerji sistemleri ile ilgili tartışılan bu sorunlara çözüm bulabilmek amacıyla yeni bilimsel çalışmalar ise durmaksızın devam etmektedir. Bu çalışmalara iki örnek verilebilir. Birincisi, Fransız güneş araştırmacılarının potansiyel olarak mevcut güneş modüllerinden çok daha fazla güç elde edilebileceği ve çok daha az yersel alanların kullanılacağı fikirleri üzerinde yaptıkları çalışmalarıdır. Örneğin; Jean François Guillemoles, kot olarak bulutlardan daha yükseğe hareketli fotovoltaik balonlar yerleştirme fikri ile hava kapalı veya yağmurlu olsa dahi enerjinin üretilebileceğini savunmaktadır. Bu teorinin uygulamaya geçirilebilmesi için yapılacak işbirlikleri araştırılmaktadır.

Uygun koşulların sağlanması durumunda, prototipinin iki yıl içinde üretilbileceği belirtilmektedir(<https://gineersnow.com>, 2018).

İkincisi, uzayda güneş enerjisi üretilip, radyo dalgaları aracılığıyla yeryüzüne elektrik enerjisi iletilmesi konusunda yapılan araştırma geliştirme çalışmalarıdır. Bu kapsamda dünya yörüngesine yerleştirilecek devasa güneş enerjisi uyduları ile uzayda üretilen elektrik enerjisinin yeryüzüne iletilmesi yoluyla, dünyanın enerji sorununun çözülmesi planlanmaktadır. Mevcut teknolojik gelişmelerle bu projenin yapılabilirliğinin söz konusu olduğu belirtilmektedir. Ancak maliyetin yıllık kabaca 200 milyar \$ olacağı ifade edilmektedir. Söz konusu bu araştırma ve geliştirme projesinde ABD, Avrupa Birliği, Çin, Japonya ve Hindistan işbirliği içinde çalışmaktadır (Flournoy, 2012).

### 3. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI

Türkiye'nin elektrik enerji ihtiyacı; nüfus artışı, nüfusun kentlerde yoğunlaşması, kentlerin genişlemesi, konut, sanayi, ticarethane, ulaşım, tarım, kentsel altyapı sistemleri ve benzerlerinde enerji tüketiminin artması sonucu gün geçtikçe artmaktadır. Bunun yanı sıra ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayalı elektrik enerjisi üretiminde dışa bağımlı olunması, enerji maliyetlerinin değişken olmasına ve enerji güvenliği sorunlarının yaşanmasına yol açmaktadır.

Küresel enerji fiyatlarının istikrarsızlığı Türkiye ekonomisini kırılgan hale getirmekte ve cari açığın artmasına neden olmaktadır. Örneğin; 2014 yılında küresel enerji fiyat artışlarının çok yüksek olmasından dolayı, Türkiye'nin enerji ithalat maliyeti 53 milyar US \$'a kadar yükselmiş, 2017 yılında 36 milyar US \$'a düşmüştür (Saygın ve diğ., 2018:4). Küresel enerji piyasasındaki her türlü aşağı veya yukarı doğru değişimler, doğrudan Türkiye ekonomisini etkilemektedir.

Bu nedenle, enerji arz güvenliğini sağlamak, iklim değişikliği azaltım ve uyum politikaları ölçeğinde küresel ölçekte verilen mücadelenin içinde yer almak ve finansal mekanizmalardan yararlanabilmek, sera gazı emisyon miktarını, fosil yakıt kullanımından kaynaklı hava, su, toprak kirliliğini azaltmak ve yaşanan ve yaşanması öngörülen olası sağlık sorunlarıyla baş edebilmek amacıyla, Türkiye, 2011 yılından itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etme seçeneklerini değerlendirmeye başlamıştır.

Bunun yanında Türkiye Paris Anlaşması'nı imzalamış, ancak henüz onaylamamıştır. Ancak sera gazı azaltım taahhüdünde bulunmuştur. 2016 yılında açıklanan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) eşdeğeri olarak toplam sera gazı emisyon değeri 496.1 milyon ton (Mt) CO<sub>2</sub>'dir. 2020'de 673 Mt CO<sub>2</sub>'in 599 Mt CO<sub>2</sub>'e; 2025'de 934 Mt CO<sub>2</sub>'in 790 Mt CO<sub>2</sub>'e; 2030'da 1175 Mt CO<sub>2</sub>'in 929 Mt CO<sub>2</sub>'e indirileceği, dolayısıyla %21 oranında azaltım yapılacağı taahhüt edilmiştir (<https://www4.unfccc.int>; Bkz. Saygın ve diğ., 2018:8). Bunun yanında, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından hazırlanan 2018 tarihli Türkiye Sera Gazı Envanter Raporu'na göre; 2016 yılı CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak toplam sera gazı emisyonunun %72.8'nin enerji sektöründen kaynaklandığı görülmektedir (TÜİK, 2018).

TÜİK verilerine göre Türkiye'nin 2017 yılı nüfusu 80.810.525 kişidir. Bu nüfusun 74.761.132 (%92.5) kişisi il ve ilçelerde, 6.049.393 (%7.5) kişisi belde ve köylerde yaşamaktadır. 2019 yılında bu nüfusun ortalama 83 milyon, 2027 yılında 90 milyon olacağı öngörülmektedir. Elektrik enerjisi üretim miktarına bakıldığında; Türkiye'nin 2016 yılı enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi toplam 274.408 GWh (gigavat saat) olup, bunun %33,7'si kömürden, %32,5'i doğal gazdan, %24,5'i hidro enerjiden, %8,6'sı yenilenebilir enerji kaynaklarından ve atıklardan, %0,7'si sıvı yakıtlardan sağlanmıştır (TÜİK, 2018). Görüldüğü üzere 2016 verilerine göre fosil kaynaklardan enerji üretimi, %66'nın üzerindedir ve doğal gazın hemen hemen tamamı, kömürün de nerdeyse %90'ını ithal edilmektedir. 2016 yılı toplam net elektrik tüketim miktarı ise, 231.204 GWh olup, bunun %46,9'u sanayide, %22,2'si konutlarda, %18,8'i ticarethanelerde, %3,9'u resmi dairelerde, %1,8'i aydınlatmada ve %6,4'ü ise diğer alanlarda kullanılmıştır (TÜİK, 2018).

2017 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin brüt elektrik enerjisi talebi 294,9 milyar kilovat saat (kWh) olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılında mevcut sistemle, termik santrallerden 210,5 milyar kWh, hidrolik santrallerden 58,4 milyar kWh, rüzgâr santrallerinden 17,9 milyar kWh, jeotermal santrallerinden 6,0 milyar kWh ile güneş enerji santrallerinden 2,7 milyar kWh olmak üzere toplam 295,5 milyar kWh üretim yapılmıştır (TEİAŞ, 2018:2).



Temel parametreler olarak nüfus, sanayi ve ekonomik gelişmeler dikkate alınarak yapılan talep tahmin çalışmaları sonuçlarına göre önümüzdeki on yıllık dönemde talebin ortalama %4,5 oranında artması beklenmektedir. 5 yıllık üretim kapasite projeksiyonuna bakıldığında, 2019 yılında enerji talebinin 319,5 Milyar kWh olacağı öngörülmektedir (TEİAŞ, 2018:3). Türkiye elektrik enerji talebinin 2027 yılında düşük senaryoya göre %4,0 artış ile yaklaşık 420 milyar kWh'ı aşması, baz senaryoya göre ortalama %4,7 ile yaklaşık 450 milyar kWh'i aşması, yüksek senaryoya göre ise ortalama %5,7 artış ile yaklaşık 500 milyar kWh'i aşması beklenmektedir (TEİAŞ,2017:56).

Talep artışının fosil yakıtlardan karşılanması politikasına devam edilmesi durumunda, enerji güvenliği sorunu devam edecek, sera gazı emisyon değeri çok daha yükselecek, buna bağlı olarak çok büyük olasılıkla yeni, çok ciddi çevre ve sağlık sorunları ortaya çıkacaktır.

Gelecek enerji güvenliğinin sağlanabilmesi ancak milli kaynaklara dayalı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının artırılmasıyla sadece değil, aynı zamanda, her sektörde enerji verimliliğinin sağlanması, enerji verimliliği için sektörler arası bütünleşmenin başarılabilmesi, enerji verimliliği ile yenilenebilir enerji kullanımının her sektörde bütünleştirilmesi, son derece önemlidir. Bu nedenle gerekli örgütsel ve yasal düzenlemeler yapılmaya çalışılmaktadır.

### 3.1. Örgütsel ve Yasal Düzenlemeler

Türkiye'de enerji üretim, iletim ve dağıtımından, enerji piyasasının düzenlenmesi, enerji ithalat ve ihracatının yapılması, enerji arz güvenliği ve veriminin sağlanması ve izlenmesinden, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinden, enerji politikalarının üretilmesinden 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu gereği merkezi yönetim olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) sorumludur. Günümüz itibarıyla Bakanlığın merkez teşkilatında, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü yer almaktadır. 2 Kasım 2011 tarihinde yayımlanan 662 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile kurulmuş olan Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM, 2018) ise, 10 Temmuz 2018 sayılı Resmi Gazetede (R.G.'de) yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'ne (Kararname Numarası: 1) göre, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü altında Daire Başkanlığı'na dönüştürülmüştür. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği, yerli kaynaklara dayalı enerji politikalarının belirlenmesi ve enerji arz güvenliğinden sorumludur.

Enerji sektöründe liberalleşmenin getirdiği örgütsel ve yasal yeniden yapılanma sonucu Bakanlığa bağlı kuruluşlar, ilgili kuruluş olarak anonim şirketlere dönüştürülmüştür. Bunlar; elektrik arzında hizmet veren genel müdürlükler olan Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'dir (TEDAŞ),(TEİAŞ, 2014:11; TEİAŞ, 2018:2). 01.12.2018 tarihi itibarıyla üretimde, 4 kamu kuruluşu, 889 özel sektör; tedarikte, 1 kamu kuruluşu, 154 özel sektör; dağıtımda 21 özel dağıtım şirketi, iletimde ise sadece TEİAŞ hizmet vermektedir (EPİAŞ, 2018).03/03/2001 tarihli ve 24335 (Mükerrer) sayılı R.G.'de yayımlanan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile kurulmuş olan Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ise ilişkili kuruluş olarak, piyasanın düzenlenmesi ve izlenmesi hizmetinden sorumludur (EPDK, 2018).

Yasal düzenlemelere bakıldığında; yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etmek için lisanslı ve lisansız yatırımlar yapılmasına yönelik düzenlemeler yapıldığı görülmektedir. Türkiye'de, 17 Mayıs 2005 tarihli R.G.'de yayımlanan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile yenilenebilir enerji yatırımlarının yolu açılmıştır (Özberk, 2018:58). 8 Ocak 2011 tarihli R.G.'de yayımlanan 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ve daha sonra yürürlüğe giren 21.07.2011 tarih ve 28001 sayılı R.G.'de yayımlanan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelikle birlikte, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destek Mekanizması (YEKDEM) getirilerek lisanslı yatırımların önü açılmıştır.

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nda belirtildiği üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etmek isteyen anonim veya limited şirketlerinin Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan öncelikle ön lisans, sonrasında lisans alması gerekmektedir. Güneş enerjisi yatırımlarında, ön lisans alındıktan sonra, lisans alınmadan önce 25.11.2014 tarih ve 29186 sayılı ÇED



Yönetmeliği gereği; 2 hektar ve üzeri alanlarda kurulması planlanan kurulu gücü 1-10 MWe (mega vat elektrik) olacak güneş enerjisi yatırımları için ÇED Gerekli Değildir Belgesi, 10 Mwe ve üzeri için ÇED Olumlu Belgesi alınması zorunludur.

Lisanssız yatırımlar ise; 02.10.2013 tarih ve 28783 sayılı R.G.'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik yürürlüğe girdikten sonra hızlanmıştır. Bu Yönetmeliğe göre 1 MW'a kadar yapılacak üretimde ön lisan, lisans ve şirket kurma yükümlülüğü yoktur. Ayrıca, ihtiyacın üzerindeki elektriğin mevcut sisteme verilmesi durumunda YEKDEM'den de yararlanılabilmektedir.

Bunun yanı sıra, çatı mevzuatı olarak bilinen, tüketim tesisleriyle aynı noktada olan ve 10 kW güç ile sınırlanan üretim tesisleri için başvuruları ve başvuru sonrası işlemleri düzenleyen EPDK'nın 28.12.2017 tarih ve 7590 sayılı kararı olan; Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisi İle Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisanssız Üretim Başvurularına ve İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar, 18/01/2018 tarihli R.G.'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Enerji teknolojisindeki ve piyasadaki gelişmeler dikkate alınarak 10 kW'a kadar (10 kW dahil) olan cephe uygulamalı üretim tesislerinin de bu mevzuat kapsamına alınması kararlaştırılmıştır. Bu itibarla söz konusu usul ve esaslar, sadece çatı uygulamalarını değil, cephe uygulamalarını da kapsamaktadır.

Çatı mevzuatı olarak bilinen Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisi İle Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisanssız Üretim Başvurularına ve İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar, Lisanssız Elektrik Yönetmeliğinde olmayan birçok kolaylığı beraberinde getirmiştir. Elektrik aboneliği olan her şahıs veya şirket güneş enerjisi sistemi kurdurabilmektedir. Konutlar için izin verilen üretim, abonenin abonelik sözleşme gücü ile sınırlıdır (GÜNDER ve diğ., 2018:8). Yani bölgedeki elektrik dağıtım firması ile yapılan sözleşmedeki maksimum güç kadar bir güç için başvuru yapılır. Bu güç 10 kW saati geçer ise 10 kW ve altı uygulamalar için getirilen kolaylıklardan yararlanılamaz. 10 kW altı çatı sistemlerinin kurulumu için 18 Ocak 2018 tarihli R.G.'de yayımlanan EPDK'nın 7590 sayılı ve 28.12.2017 tarihli kurul kararına göre; lisanssız üretim bağlantı başvuru formu, nüfus cüzdanı fotokopisi (tüzel kişiler için yetki belgesi), tapu kaydı, kira sözleşmesi veya kullanım hakkını gösterir belge, apartman sakinleri için karar defteri noter onaylı sureti, abone sözleşmesi, inşaat ruhsatı veya inşaat ruhsatı yerine geçen belge ile birlikte ilgili şebeke işletmecisinin merkez veya taşra birimine başvurulur. Üretim ile tüketim tesisi aynı ölçüm noktasında olması zorunludur (GÜNDER ve diğ., 2018:16). Ayrıca ÇED Yönetmeliğinde lisanssız üretim ile çatı/cephe uygulamaları birbirinden ayrılarak, çatı uygulamaları ve binaların cephelerine yapılacak güneş enerji sistemleri ÇED Yönetmeliği hükümlerinden muaf tutulmuştur.

### 3.2. Güneş Enerji Sistemlerinin Kullanımındaki Gelişmeler ve Finansman Modelleri

ETKB tarafından hazırlanan Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na göre; Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük toplamı 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kW saat/m<sup>2</sup>.yıl, günlük ortalama 4.18 kW/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiş olup, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli 380 milyar kW saat/yıl olarak hesaplanmıştır (ETKB, 2018) olup, güneş enerjisi üretimi için son derece elverişli bir ortama sahip olduğu görülmektedir. Küresel ölçekte 2010 yılından bu yana fotovoltaik modül fiyatlarındaki %83 oranındaki düşüş, seviyelendirilmiş enerji maliyetine<sup>2</sup>de yansımış, 2010-2017 yılları arasında büyük ölçekli fotovoltaik projelerin seviyelendirilmiş enerji maliyetlerinin küresel ağırlıklı ortalaması %73 oranında azalmıştır. Bu durum, Türkiye'nin güneş enerjisi yatırımlarına başlanılmasını tetiklemiştir. Türkiye, 2023 yılı itibarı ile doğalgaza dayalı elektrik üretim oranını %50'den %30'lar seviyesine indirmeyi, yenilenebilir enerji kaynaklarından gerçekleştirilecek üretim oranını ise % 30'lara çıkarmayı hedeflenmektedir (GÜNDER, 2016:6). Türkiye'de 2014 yılı sonunda 248 MW olan güneş enerjisi kurulu gücü, Temmuz

<sup>2</sup>Seviyelendirilmiş enerji maliyeti; bir güneş enerji santralinin yatırım, işletme, bakım ve benzeri masraflarının dahil edilerek hesaplandığı enerji birim maliyetidir.

2018 sonunda, 4.8 GW seviyesine yükselmiştir (GÜNDER, 2018a: 3-7).ETKB tarafından 2023 yılı hedefi 5.0 GW, 2027 yılı hedefi ise 15 GW olarak belirlenmiştir.

Türkiye'nin fotovoltaik sistemlerle elektrik enerji elde etme konusunda sektörde henüz yeni olmasından dolayı, bu sistemlerin kurulmasına yönelik makine, ekipman ve hizmetler büyük oranda ithal edilmekte, teknoloji, yetişmiş eleman ve finansal kaynak sorunları yanında, sistemlerin standartlaşması, veriminin denetlenmesi ve izlenmesi sıkıntıları yaşanmaktadır. Yatırımların yerli olmayan malzeme ve teknolojilerin kullanılarak yurt dışı kredilerine dayanılarak yapılması, yatırım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, gecikmeden ve hiç ara verilmeden, uluslararası standartları sağlayacak yerli fotovoltaik sistem kurulumunda gerekli olan tüm ekipman ve yazılımların yerli üretiminin yapılabilmesi için üniversite-kamu-özel sektör işbirliğinde Ar-Ge çalışmalarının yapılması, finansman kaynakları ve mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir.

### 3.2.1. Finansman modelleri

Türkiye'de güneş enerjisi projeleri (GES) için devlet çeşitli destek mekanizmaları sunmaktadır. YEKDEM'e dayalı elektrik üreticileri için uygulanan 2020 yılına kadar 13,3 ABD Dolar Cent/kW saattenbaşlayan sabit birim fiyatla 10 yıllık alım garantisi, 5 yıl garantili yerli ürün desteği, iletim hatları izin ve kira bedellerinde ilk 10 yıl için sağlanan indirim ve destekler ve KDV avantajı GES projelerine sunulan önemli teşviklerdir (GÜNDER,2016:6).Ancak;ilk yatırım maliyetleri çok yüksek olan GES'lerin finansman ihtiyacının karşılanması, yatırımın gerçekleştirilmesinde karşılaşılan en önemli sorundur.

Türkiye'de GES yatırımları için finansman, uluslararası kuruluş ve bankalar ile ulusal ticari kredi veren kuruluş ve bankalardan karşılanmaktadır. Finansmanın sağlanmasında üç ayrı model uygulanmaktadır: Öz sermaye kullanımı, EPC (Engineering Procurement and Construction = Mühendislik, Tedarik ve Kurulum) firması finansmanı ve projenin finansmanı (GÜNDER,2016:6).

Öz sermaye kullanımında yatırımcı firmalar, kendi öz kaynaklarını kullanarak yatırım yapmakta veya öz sermayesine karşılık anahtar teslimi şeklinde sistem kurulumunu mühendislik firmalarına yaptırmaktadır (GÜNDER,2016:7).

EPC firması modeli ise; yatırımcının kredi limitlerini aşması veya finansal verilerin yeni kredi kullanımı için uygun bulunmaması durumunda uygulanmaktadır. Öncelikle yatırımcı, EPC firması ile anlaşmakta, EPC firması tüm maliyetleri karşılamak amacıyla bankaya başvurmaktadır. Bankadan kredi kullanımı için gerekli teminat EPC firması tarafından karşılanmaktadır. Krediyi EPC firması almaktadır, ancak; sistemin sahibi yatırımcı olduğundan kredi giderlerini yatırımcı üstlenmektedir (GÜNDER,2016:8).

Proje finansmanı modelinde ise; yatırımcı ve EPC firmasının kredi verilebilir bulunması durumunda daha çok kullanılan bir modeldir. Yatırımcının bankaya kredi talebinde bulunması üzerine, hakkediş usulüyle kredi tahsisi yatırımcıya değil, anahtar teslimi sistem kuracak olan EPC firmasına yapılmaktadır. Ancak, kredi geri ödemesinden yatırımcı sorumlu olmaktadır (GÜNDER,2016:9).

Finansman türü olarak; hibeler, uluslararası finans kuruluşlarının programları, banka kredileri ve finansal kiralama (leasing) türleri mevcuttur (GÜNDER,2016:9).

**Hibeler:**Hibeler, kalkınma ajansları ve Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK) tarafından verilmektedir. TKDK, özellikle kırsal kalkınma alanında faaliyet gösteren kuruluşlara Avrupa Birliği Katılım Öncesi Yardım Aracı (IPARD) desteği ile %50'ye kadar hibe fırsatı sunmaktadır.Bunun yanı sıra kalkınma ajansları GES projeleri için hibe seçeneklerini son yıllarda kullanmaya başlamışlardır. Temiz Enerji Mali Destek Programları kalkınma ajansı destekleriyle ilan edilmektedir. Kalkınma ajansları, kar amacı güden şirketlere projelerinin yüzde 50'sine kadar, kar amacı gütmeyen kuruluşlara ise proje bedelinin yüzde 75'ine kadar mali destek imkanı sağlayabilmektedir. Bu destek paketleri yıldan yıla ve ajanstan ajansa değişiklik gösterebilmektedir. Hibe destek programlarının esas amacı, elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasını sağlamaktır. Bu nedenle hibeler, çoğunlukla tüketimi olan kuruluşları

ve özellikle kırsalda tarımsal faaliyet yürüten tüzel kişilikleri hedeflemektedir. Türkiye’de henüz yatırımcılara açık, uluslararası hibe programı bulunmamaktadır (GÜNDER,2016:10).

**Uluslararası Finansman:**Uluslararası finans kuruluşları olarak Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (The European Bank for Reconstruction and Development - EBRD), Asya Kalkınma Bankası gibi kıta ve çevresi özelinde hizmet veren kalkınma bankaları ile Fransa Kalkınma Bankası, Alman Yatırım Bankası, Japon Kalkınma Bankası gibi gelişmiş ülkelerin kendi kalkınma bankaları, enerji yatırımlarına fon sağlamaktadır. GES yatırımları için bu fonlar ulusal ticari bankalar aracılığıyla verilmektedir. Bu kapsamda Türkiye’de; Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF), Türkiye Orta Ölçekli Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (MidSEFF) ve Türkiye Konutlarda Enerji Verimliliği Finansman Programı (TuREEFF) uygulanmaktadır (GÜNDER,2016:12-14).

TurSEFF, kamu ve özel sektör tarafından uygulanacak sürdürülebilir enerji ve kaynak verimliliği yatırımları için finansman sağlamak üzere oluşturulmuş bir programdır. Proje, EBRD tarafından geliştirilmiştir. 2010 yılından bu yana Avrupa Birliği tarafından desteklenen bu programda, katılımcı finansal kuruluşlar olarak; Aklease, Garanti Leasing, QNB Finans leasing, İş Bankası ve Vakıfbank bulunmaktadır. İlk faz (2010-2013) ve ikinci faz (2013-2017) süresince 1000’den fazla yatırım projesine 535 milyon €’dan fazla finansman sağlanmıştır. 2017’de EBRD tarafından TurSEFF’in üçüncü fazı başlatılmıştır. Finansman miktarı 400 milyon €’dur. 2015 sonu itibarıyla bu program kapsamında lisanssız yaklaşık 152 MW’lık GES finansmanı sağlanmıştır (TurSEFF, 2018).

MidSEFF, Avrupa Yatırım Bankası ve Avrupa Komisyonu’nun desteğiyle EBRD tarafından uygulamaya konan bir programdır. Bu program kapsamında; yenilenebilir enerji, atıktan enerji elde etme ve endüstriyel enerji verimliliği konularında orta ölçekli yatırımların finansmanı için toplam 1 milyar Avro tutarındaki krediyi, Akbank, Denizbank, Finansbank, Garanti Bankası, İş Bankası, Vakıfbank, Yapı Kredi Bankası aracılığıyla özel sektöre kullanılmaktadır. Programda her ne kadar GES projeleri desteklense de, ölçek açısından büyük projelerin hedef alınması ve lisanslı sektörün yeterli düzeyde gelişmemiş olmasından dolayı, bu program altında henüz GES finansmanı karşılanmamıştır. Lisanslı GES’in gelişmesi durumunda projeler desteklenebilecektir (GÜNDER,2016:13).

TuREEFF ise; EBRD tarafından geliştirilip Temiz Teknoloji Fonu ve Avrupa Birliği tarafından desteklenen, konutlarda enerji verimliliği projelerinin gerçekleştirilmesine finansal destek sağlayan bir çerçeve programdır. Programda Şekerbankve İş Bankası ulusal katılımcı bankalar olarak yer almaktadır (GÜNDER,2016:14).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yatırımların finansmanı için uluslararası piyasalardan düşük faizli borçlanılabilmesi amacıyla yeşil tahvillerin kullanılabilmesi de son derece önemlidir. Türkiye de ilk yeşil tahvil ihracı, 2016 yılında Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB) tarafından yapılmıştır. TSKB uluslararası piyasalara 300 Milyon dolarlık 5 yıl vadeli yeşil tahvil ihracı gerçekleştirmiştir. 2016 yılı Aralık Ayı sonu itibarıyla TSKB tarafından Türkiye’de toplam kurulu gücü 86 MW olan toplam 83 adet GES finanse edilmiştir. Özellikle dünyada yeşil tahvillerin daha çok yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanında kullanıldığı düşünüldüğünde, Türkiye’de yeşil tahvil piyasasının gelişmesi en çok yenilenebilir enerji alanında yatırım yapacak firmalar için önemli bir finansman aracı olacağı düşünülmektedir (Kandır Yılmaz ve Yakar, 2017:s.17; TSKB, 2018).

Bununla birlikte Türkiye, Paris Anlaşması’nı imzalamıştır. Ancak, Ek-1 listesinde yer aldığından dolayı, Yeşil İklim Fonu ve Temiz Kalkınma Mekanizması altındaki finansal desteklerden yararlanamamaktadır. Bu nedenle Anlaşmayı onaylamamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapabilmek amacıyla bu mekanizmalardan yararlanabilmek için Aralık 2018’de yapılan COP24 Birleşmiş Milletler İklim Zirvesi’nde Türkiye’nin Ek 1’den, dolayısıyla gelişmiş ülke sınıflandırmasından çıkma önerisi, zirvenin müzakere gündemine dahi alınmamıştır (<https://www.iklimhaber.org/turkiyenin-ek-1-den-cikma-onerisi-muzakere-gundemine-giremedi/>, 2018). Bu durumda, söz konusu bu finansal destek mekanizmalarından diğer gelişmekte olan ülkeler yararlanırken, Türkiye yararlanamayacaktır.

**Banka Kredileri:**Yenilenebilir kaynaklardan enerji elde etme yönünde sağlanan yurtdışı finansmanı, firmalara, Türkiye’deki ticari bankalar aracılığıyla kullanılmaktadır. Ekim 2013 tarihinden itibaren lisansız GES yatırımları için Türk Bankaları kredi sağlamıştır. Kredilendirme firmaların teminatları baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Güneş enerjisi yatırımlarının Türkiye’de henüz yeni olması ve yüksek risk taşıdığı düşünülmesinden dolayı, bankalar güneş enerjisi projelerini ihtiyaç kredisi gibi değerlendirerek işlem yapmaktadır. GES projelerine yurtdışından kredi temin etmede faaliyet gösteren bankalar; özellikle Garanti Bankası, Halk Bankası, Türkiye Ekonomi Bankası, TSKB, Türkiye Finans’dır (GÜNDER,2016:14-16).

Garanti Bankası, “Kendi Elektrikliğini Üreten KOBİ Destek Kredisi” adı altında, KOBİ kapsamına giren firmalara lisanssız GES projeleri için 2 yıla kadargeri ödemesiz kredi programı önermektedir.Halkbank, “Lisanssız Elektrik Üretimi Destek Kredisi” ve “Fransız Kalkınma Ajansı Yenilenebilir Enerji Kredisi” adlı kredi paketleri sunmaktadır. Lisanssız elektrik paketi, KOBİ sınıfına giren firmalara yönelik bir finansman modeli olup 2 yılı geri ödemesiz 7 yıla kadar vade seçenekleri mevcuttur. Fransız Kalkınma Ajansı paketinde yenilenebilir enerji projelerini daha geniş müşteri portföyüne sunmakta, KOBİ’ler için öngörülen azami 250 çalışan sayısını 500’e kadar çıkartabilmektedir. Proje başına üst limit 5.000.000 Avro’dur. 3 yılı geri ödemesiz, toplam 10 yıllık bir vadelenendirme seçeneği vardır. Türkiye Ekonomi Bankası, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu ve karbon salınımına dikkat çekmek ve KOBİ’lerin bu konuya yatırım yapmalarını teşvik etmek amacıyla, Fransız Kalkınma Ajansı tarafından sunulan toplamda 50.000.000 Avro tutarındakifon, 1 yılı geri ödemesiz toplam 7 yıla varan vadelerle müşterilere sunulmaktadır.Türkiye Finans Bankası, “Kendi Elektrikliğini Kendin Üret” sloganı ile lisanssız enerji üretimine konu olan projelerinanahtar teslim maliyetlerini 1 yıla kadar geri ödemesiz toplam 5 yıl vadeli finansmankaynakları ile kredilendirmektedir(GÜNDER,2016:16-17).

**Finansal kiralama (leasing) :** Bu modelde, GES’lerde, sistemin satın alınması yerine, yatırımcı firma tarafından uzun vadeli kiralanarak kullanılması sağlanmaktadır. Sistemin sahipliği genellikle 10 yıl süresince, sistemin ödemesi bitene kadarfinansal kiralama kuruluşunda kalmaktadır (GÜNDER,2016:18).

#### 4. SONUÇ

Her yeni modelin uygulanması, Almanya örneğinde görüldüğü üzere uzun süre çalışma gerektirmektedir. Çünkü; tüm enerji kaynakları karmaşık bir arz zincirinin unsurudur. Modelin olgunlaşması ve verimli olabilmesi, üretimden tüketime birbirleriyle bağlantılı olan sistemin bütün unsurlarının uyumlu bir şekilde çalışması ile mümkün olabilir (Curley,2014:12-13). Yeni sistemin enerji arz güvenliğini sağlayıp sağlayamayacağı, sistemin öngörülen enerji verimliliğinin uygulamada karşılığının olup olmayacağı uzun süreli alansal prototip deneme çalışmalarıyla netliğe kavuşturulabileceği ve bunun da ciddi finansal kaynak ve Ar-Ge çalışması gerektirdiği aşikardır. Dolayısıyla; başlangıç aşamalarında, yenilenebilir enerji kaynakları gibi henüz yeni kullanılmaya başlanan alternatif kaynaklara dayalı enerji çözümlerinde; düzenleme, denetleme ve standartlarda yetersizliklerin yaşanması, teknolojik pürüzlerle karşılaşılması, verimlilik sorunlarının olması, piyasa talebinde değişimlerin olması, ilk yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması ve uygun finansal mekanizmaların bulunamaması, çevresel etkilerinin henüz tam olarak bilinmemesi, sistemlerin ekonomikliği ve güvenilir olup olmadıkları gibi sorunlar yaşanması normaldir.

Ayrıca buna ek olarak; özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir elektrik enerjisi üretiminde kullanılan teknoloji, yazılım, malzeme ve ekipmanların ithal edilme zorunluluğu, yetişmiş insan kapasitesi eksikliği ve finans sorunu söz konusudur. Bu nedenle yeni modellerin olgunlaştırılması ve millileştirilmesi için yerli teknoloji, malzeme ve ekipmanların geliştirilmesi, verimliliğin artırılması yönünde teknolojik Ar-Ge çalışmalarının yapılabilmesi, çevresel tartışmaların dikkate alınarak, çevreye ve canlılara verilebilecek negatif etkileri en aza indirecek projelerin yapılabilmesi, hücre üretiminde kullanılan mevcut yarı iletkenlerin bertarafında ve yeniden kullanımında çevreye duyarlı teknoloji ve yöntemlerin kullanılmasının yanı sıra, bor gibi ülkemizde bol bulunan yarı iletkenlerin kullanımına yönelik çalışmaların yapılabilmesi, eğitilmiş insan kapasitesinin artırılabilmesi amacıyla politik ve finansal destekle birlikte yeterli zamanın verilmesi, sonrasında yatırımların yaygınlaştırılması tercih edilmelidir. Türkiye’de Bölüm 4.2.1’de açıklandığı

üzere, yenilenebilir enerji sistem kurulumlarının neredeyse tamamının uluslararası kredilere dayalı olarak gerçekleştirilmesi durumu; yurt içi ekonomik ve politik istikrarsızlık durumlarında, yurt dışı kredi temininin azalmasına veya kredi veren finans kuruluşları aracılığıyla Türkiye'nin enerji sektörünün istenildiği şekilde yönlendirilmesi ve kontrol altına alınması riskini taşımaktadır. Bu nedenle yerli teknolojik gelişmeyi sağlamanın yanında yurt içi finans kaynaklarına dayalı yerli finansman modellerinin de geliştirilmesi son derece önemli ve gereklidir. Bu konuda Almanya deneyimi model alınabilecek güzel bir örnektir.

Bununla birlikte; gelecekte çatı sistemlerinin yaygınlaştırılabilmesi için yerel güneş enerjisi potansiyeli değerleri dikkate alınarak, kentsel dönüşüm sürecini yaşayan Türkiye'nin, bina projelerine, enerji verimliliği ve çatı sistem projelerinin entegre edilmesi zorunluluğunu getirmesi gerekir. Ayrıca henüz çok yeni teknoloji olan, enerji sektörünü ve enerji yönetim modellerini kökten değiştirecek enerji depolama, elektrifikasyon ve dijitalleşme gibi gelişmelere yönelik üniversite, kamu ve özel sektör ortaklığında proje ve Ar-Ge çalışmalarının yapılması, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde edilmesi politikalarıyla, her sektörde enerji verimliliğinin sağlanması politika ve uygulamalarının bütünleştirilmesi, Bölüm 2.2.3'de bahsedilen uzayda güneş enerjisi üretimi projesinde, Türkiye'nin hem kendisi, hem de dünyanın gelecekteki enerji politikalarını yönlendirme, yönetme ve enerji güvenliğini sağlama konusunda söz sahibi olabilmesi için orta ve uzun dönemli enerji politikalarını kurgularken, bu konuyu ilk sırada değerlendirmesi, bu tarz uluslararası projeler içinde olması, Türkiye'nin enerji güvenliğinin sağlanması açısından son derece önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Burns, Elke, Ohlhorst, Dörte, Wenzel, Bernd, Köppel, Johann (2011). *Renewable Energies in Germany's Electricity Market A Biography of Innovation Process*, ISBN 978-90-481-9904-4, Springer.
- BSW-Solar (2013). [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de), Erişim Tarihi: 10.10.2018.
- Camacho, F. Eduardo, Berenguel, Manuel, Rubio, R. Francisco, Martinez, Diego (2012). *Control of Solar Energy Systems*, Springer.
- Curley, Michael (2014). *Finance Policy For Renewable Energy and A Sustainable Environment*, CRC Press Taylor & Francis Group.
- Dış İşleri Bakanlığı (2018). <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, Erişim Tarihi: 01.11.2018.
- Diñçer, İ. and Zamfirescu, C. (2011). *Sustainable Energy Systems and Applications*, DOI 10.1007/978-0-387-95861-3\_9, Springer Science+Business Media.
- Droste-Franke, Bert, P. Paal, Boris, Rehtanz, Christian, Sauer, Dirk Uwe, Schneider, Jens-Peter, Miranda, Schreurs, Ziesemer Thomas (2012). *Balancing Renewable Electricity Energy Storage, Demand Side Management, and Network Extension from an Interdisciplinary Perspective*, e-ISBN 978-3-642-25157-3, Springer.
- EPDK (2018). <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/1-1167/tarihce>;
- Erişim Tarihi: 05.12.2018.
- EPİAŞ (2018). <https://rapor.epias.com.tr/rapor/xhtml/dgpKatilimciSayisi.xhtml>;
- Erişim Tarihi: 09.12.2018.
- ETKB (2018). <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>; Erişim Tarihi: 12.12.2018.
- Flournoy, Don M. (2012). *Solar Power Satellites*, Springer Brifs in Space Development, DOI 10.1007/978-1-4614-2000-2\_1, Springer.



- Gasch, Robert and Twele, Jochen (2012).*Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation*, DOI 10.1007/978-3-642-22938-1\_1 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ghosh, K. Tushar and Prelas, A. Mark (2011).*Energy Resources and Systems Volume 2: Renewable Resources*, ISBN 978-94-007-1401-4, Springer.
- GÜNDER (2018).*Güneş Enerjisi Bilgilendirme Klavuzu*.
- GÜNDER (2018a) .*Güneşin Sürdürülebilirliğini Sağlamak Güneş Enerjisi Yol Haritası*.
- GÜNDER vd., (2018).*Güneş Enerjisi Bilgilendirme Klavuzu Sahil Kentlerinde Çatı Üstü Kurulumlar Projesi*.
- GÜNDER (2016).*Güneş Enerjisi İçin Finansman Modelleri*, Ankara.
- IEA (2017).*Energy Technology Perspective 2017 Catalysing Energy Technology Transformations Executive Summary*.
- IRENA, OECD/IEA and REN21 (2018).*Renewable Energy Policies in a Time of Transition*, ISBN 978-92-9260-061-7.
- IRENA (2018).*Global Energy Transformatio A Roadmap To 2050*,ISBN978-92-9260-059-4, pp.76.
- Kandır , Yılmaz, Serkan, Yakar, Soner (2017). “Yeşil Tahvil Piyasaları: Türkiye’de Yeşil Tahvil Piyasasının Geliştirilmesi İçin Öneriler”, *Ç.Ö. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 26, Sayı 2, s. 159-175.
- Kul, Metin, Uyaroğlu, Yılmaz, Ayasun, Saffet, Vatanserver, Fahri, Eminoğlu, Ulaş ve İmal, Nazım (2013).*Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım*, ed. Süleyman Demir, Anadolu Üniversitesi, ISBN 978-975-06-1440-8.
- Miller, C., Andrew and Gage, Cynthia, L. (2011). “Potential Adverse Environmental Impacts of Greenhouse Gas Mitigation Strategies”, F.T. Princiotta (ed.), *Global Climate Change-The Technology Challenge*, Advances in Global Change Research 38, DOI 10, 1007/978-90-481-3153-2\_12, Springer, pp.377- 415.
- Özberk, Osman (2018). “Ülkemiz Solar Enerji Sektörünün Durum Değerlendirmesi”, *Gündergi*, Mart Sayısı, s.58-59.
- Özgün, Haluk (2018).*Fotovoltaik Enerji Sistemleri Temel Kavramlar ve Örnek Projelerle Fotovoltaik Güneş Enerji Sistemleri*, GÜNDER.
- Princiotta, Frank (2011). “Global Climate Change and Mitigation Challenge” in *Global Climate Change-The Technology Challenge*, ed. Frank Princiotta, Springer, pp.1-51.
- Rekiova, Djamil, Matagne,Enest (2012).*Optimization of Photovoltaic Power Systems Modelization, Simulation and Control*, Springer.
- Sangster, J., Alan (2010).*Energy For a Warming World, A Plan To Tasten The Demise of Fossil Fuels*, Springer, ISSN 1865-3529.
- Sara Enerji (2018).<http://www.saraenerji.com.tr/index.php/faaliyet/8-blog/4-jeotermal-enerji>; Erişim Tarihi: 10.11.2018.
- Saygın, Değer, Hoffman, Max, Gordon, Phillipp (2018).*How Turkey Can Ensure A Successful Energy Transition*.
- TEİAŞ (2014).*Stratejik Plan 2015-2019*.
- TEİAŞ (2017).*On Yıllık Talep Tahminleri Raporu (2018-2027) Raporu*.
- TEİAŞ (2018).*2017 Yılı Türkiye Elektrik İletimi Sektör Raporu*.
- TÜİK (2018).[www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr); Erişim Tarihi: 10.12.2018.

TÜİK (2018). *Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990-2016, National Inventory Report For Submission Under The United Nations Framework Convention On Climate Change.*

TurSEFF (2018). [www.turSEFF.org](http://www.turSEFF.org); Erişim Tarihi: 14.12.2018.

TSKB (2018).

<http://www.tskb.com.tr/tr/surdurulebilir-bankacilik/surdurulebilirlik-finansmani/yenilenebilir-enerji>; Erişim Tarihi: 17.12.2018.

United Nations (2015). *Paris Agreement.*

UN-HABITAT (2016). *Urbanization And Development: Emerging Futures, World Cities Report 2016.*

United Nations (2017). *World Population Prospects The 2017 Revision Key Findings and Advance Tables*, ESA/P/WP/248, New York.

United Nations(2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.*

YEGM (2018). <http://www.yegm.gov.tr>, Erişim Tarihi: 09.11.2018.

[https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Turkey/1/The\\_INDC\\_of\\_TURKEY\\_v.15.19.30.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Turkey/1/The_INDC_of_TURKEY_v.15.19.30.pdf); Erişim Tarihi: 11.12.2018.

<https://www.iklimhaber.org/turkiyenin-ek-1den-cikma-onerisi-muzakere-gundemine-giremedi/>;  
Erişim Tarihi: 03.12.2018.

Yeşil Ekonomi (2018a).

<https://yesilekonomi.com/almanya-yillik-25-gw-gunes-hedefine-ulasmak-uzere/>;

Erişim Tarihi: 10.10.2018.

Yeşil Ekonomi (2018b).

<https://yesilekonomi.com/amerika-kitasinin-en-buyuk-gunes-santrali-devreye-girdi/>;

Erişim Tarihi: 10.10.2018.

<https://gineersnow.com/industries/renewables/solar-balloons-clouds-will-get-energy-amid-rain>;  
Erişim Tarihi: 10.10.2018.

02.10.2013 tarih ve 28783 sayılı Resmi Gazete.

21.07.2011 tarih ve 28001 sayılı Resmi Gazete.