

Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Hedef Ve Politikaları İle Fotovoltaik Güneş Enerjisinin Gelişimi

Hüseyin ALTUNTAŞ¹⁺, Kerim MARTİN^{1*} ve Kurtuluş BORAN¹

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği/Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar: kerimmartin@gazi.edu.tr

+Konuşmacı: huseyin.altuntas@gazi.edu.tr

Sunum/Bildiri Tipi: Sözlü / Tam Metin

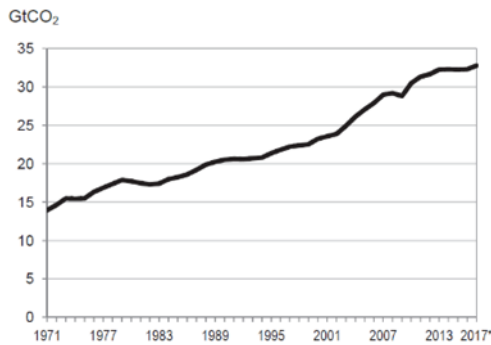
Abstract – Dünya genelinde elektrik enerjisi tüketimi refah seviyesinin yükselmesi, nüfus artışı gibi faktörlere bağlı olarak sürekli artış göstermektedir. Enerji üretiminin büyük çoğunluğunu oluşturan fosil kaynaklı yakıtlar, atmosfere zarar veren sera gazlarının artışına sebep olmaktadır. 1970’li yıllardan günümüze CO₂ emisyon değerleri yükseliş göstermektedir. Emisyon seviyesini azaltmak isteyen ülkeler için en başta gelen çözüm önerilerinden biri, temiz ve sürdürülebilir olan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını ve teknolojilerini kullanmaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan fotovoltaik (FV) güneş enerjisi ise küresel çapta son yıllarda en hızlı büyüme oranına sahip enerji çeşididir. Türkiye’de de hem CO₂ emisyonlarının azaltılması, hem de enerji alanında dışa bağımlılığın azaltılması ve arz güvenliği sorununun aşılması bakımından yenilenebilir enerji potansiyelinden faydalanılması önemlidir. Bu nedenle Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasına yönelik politikalar ve hedefler belirlenmiştir. Söz konusu politikalara mevzuat düzenlemelerinin yanı sıra çeşitli ulusal belgelerde ve planlarda da yer verilmiştir. Bunlardan biri olan ve 2015 yılında yayımlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planında, 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından en az %30 elektrik üretimi ve 5.000 MW FV güneş enerjisi kurulu gücü hedeflenmiştir. Bu hedeflere ulaşırken yenilenebilir enerji üretimini destekleyici mekanizmalar ve teşvikler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Türkiye’de genelde yenilenebilir elektrik enerjisi, özelde (FV) güneş enerjisi üretimini destekleyen hedef ve politikalar ile mevcut durumda FV güneş enerjisinde geline noktanın uyumunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Türkiye’de yenilenebilir elektrik enerjisi üretimini destekleyici politikaların ve mekanizmaların etkisinin takip eden yıllarda elektrik piyasasına olumlu yönde katkı yaptığı ortadadır. 2014 yılı itibariyle gerçekleşen FV güneş enerjisi kurulu gücünde ve üretiminde hızlı bir yükseliş olduğu, özellikle 2017 yılından sonra hedef değerlerin aşıldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Güneş Enerjisi, Işınım Parametreleri, Fotovoltaik Performans, PV Teknolojileri,

I. GİRİŞ

Dünya genelinde elektrik enerjisi tüketimi refah seviyesinin yükselmesi, nüfus artışı gibi faktörlere bağlı olarak sürekli artış göstermektedir. Enerji üretiminin büyük çoğunluğunu fosil kaynaklar oluşturmaktadır [1] ve doğaya zarar veren insan kaynaklı sera gazlarının artışına sebep olmaktadır.

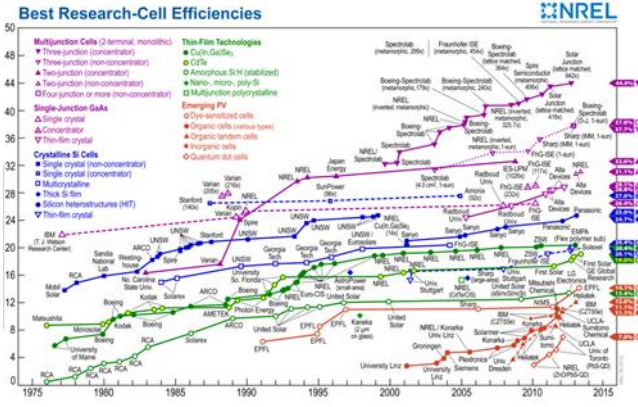
1970’li yıllardan günümüze CO₂ emisyon değerleri yükseliş göstermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan CO₂ Emisyonları [2]

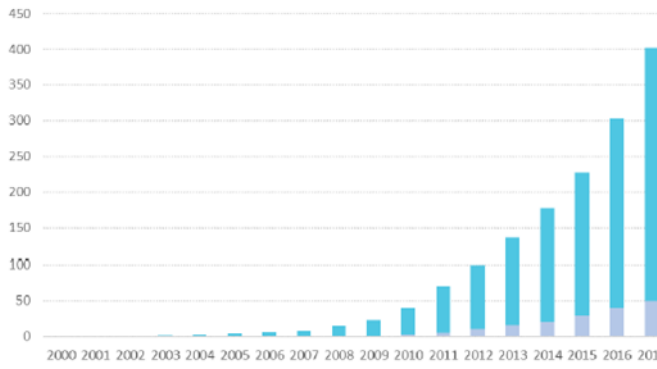
Emisyon seviyesini azaltmak isteyen ülkeler için en başta gelen çözüm önerilerinden biri, temiz ve sürdürülebilir olan yeni ve yenilenebilir enerji (YE) kaynaklarını ve teknolojilerini kullanmaktır. Yeni ve YE kaynaklarının kullanımı günden güne artmaktadır. YE kaynaklarından biri olan FV güneş enerjisi ise küresel çapta son yıllarda en hızlı büyüme oranına sahip enerji çeşididir [3].

Şekil 2’de görüldüğü üzere FV güneş enerjisi teknolojilerindeki gelişme ve yaygınlaşmanın söz konusu büyüme katkısı olduğu söylenebilir.



Şekil 2. FV Güneş Hücreleri Teknolojileri ve Verimlilik Değerleri [4]

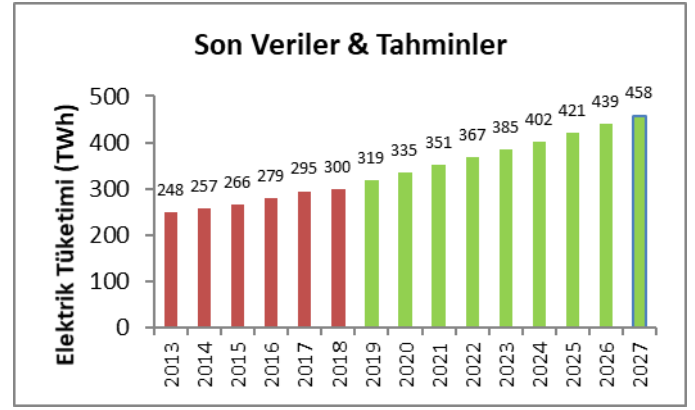
Şekil 3’te yer alan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine dünyada güneş enerji kurulu gücünün yıllara göre gelişimi görülmektedir. 2017’de, güneş enerjisi toplam kurulu gücü 398 GW seviyesine ulaşmış, küresel elektrik üretiminin yaklaşık %2’sini güneş enerjisi oluşturmuştur.



Şekil 3. Dünyada Yıllara Göre Kümülatif FV Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (GW) [5]

Toplam kurulu güçte Çin, ABD, Japonya, Almanya ve İtalya ilk 5 sırayı alırken, Türkiye 2017 yılında kurulu güç artışı bakımından 2,6 GW ile beşinci ülke olmayı başarmıştır [5].

Ülkemizde ekonomik gelişime ve nüfus artışına paralel olarak, enerji talebi de artış trendindedir. 2008-2017 yılları arasında Türkiye’de elektrik enerjisi tüketimi yıllık ortalama %4,5 artış göstermiştir ve sonraki on yıl içerisinde de baz talep tahmin serisine göre yıllık ortalama %4,5 oranında artış beklenmektedir [6]. 2017 yılında toplam elektrik tüketimi 294,9 TWh değerine ulaşmıştır. Elektrik tüketiminin 2017 yılındaki 295 TWh seviyesinden 2027 yılında 458 TWh’a yükselmesi, yani 2017 rakamlarına göre %55’lik bir artış yaşanması beklenmektedir (Şekil 4) [6].



Şekil 4: Türkiye’de Elektrik Tüketimi: Geçmiş Veriler ve Tahminler

II. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ HEDEF VE POLİTİKALARI

Türkiye’nin YE alanındaki politikaları çeşitli ulusal belgelerde yer almaktadır. Bu politikalar kapsamında çeşitli politika araçları kullanılmaktadır. Bu araçların başında teşvikler gelmektedir. Teşvikler dışında, bilgi ve eğitim, çeşitli destekleme politikaları, düzenleyici araçlar, Ar-Ge politikaları ve gönüllü anlaşmalar kullanılmaktadır [7].

Bu çalışmada Türkiye’de YE alanındaki hedefler ile genel itibariyle uygulanan politikalar, 2015 yılında yayımlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (YEEP) çerçevesinde ele alınmıştır. Bu politikaların izlenebileceği diğer kaynaklar:

- Elektrik Piyasası Kanunu (2001),
- Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi (2004),
- 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK Kanunu) (2005),
- Enerji Verimliliği Kanunu (2007),
- Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi (2009),
- 6094 sayılı Değişiklik Kanunu (2010),
- 6446 sayılı Yeni Elektrik Piyasası Kanunu (2013),
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) 2015-2019 Stratejik Planı olarak belirlenmiştir.

5346 sayılı YEK Kanunu (2005) ile YE kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Kanunda, 2011 yılı sonuna kadar yenilenebilir kaynaklardan üretilecek elektrik enerjisinin, bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış üzerinden satın alınmasına[8], yatırımcılara, vergi ve arazi kullanım bedellerinde indirim, projelerin hizmet bedellerinden muafiyetine, enerji üretim tesislerinde ve AR-GE yatırımlarında çeşitli teşviklere de yer verilmektedir [9].

Elektrik Enerjisi Piyasası Ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi’nde (2009) elektrik enerjisi üretiminde yerli kaynakların payının artırılması öncelikli olarak hedeflenmiştir. Bu belgede;

- YE payının elektrik üretiminde %30’u aşması,
- Hidrolik kurulu gücünün 36.000 MW’a yükseltilmesi,
- Rüzgar kurulu gücünün 20.000 MW’a yükseltilmesi,
- Jeotermal kurulu gücünün 600 MW’a yükseltilmesi,
- Güneşten elektrik üretiminin yaygınlaştırılması ve bu alandaki teknolojik gelişmelerin takibi hedeflenmiş, güneş

enerjisini özendirmek üzere 5346 sayılı YEK Kanunu’nda değişiklik yapılacağı belirtilmiştir [10].

2010 yılında çıkartılan 6094 sayılı söz konusu Değişiklik Kanununda YEK Destekleme Mekanizması tanımlanmıştır. Buna göre;

- Kaynak bazında yeni bir sabit fiyat garantisi getirilmiştir (Tablo 1). Güneş enerjisine dayalı üretim için 13,3 dolar cent/kWh fiyat garantisi uygulanmıştır. Yurt içinde gerçekleştirilen imalat için toplamda 6,7 ABD dolar cent/kWh’e kadar yerli katkı ilavesi getirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 1. Türkiye’de YE için Uygulanan Sabit Fiyat Garantisi [11]

Kaynak Türü	Teşvik (ABD \$cent/kWh)
Hidroelektrik	7,3
Jeotermal	10,5
Güneş	13,3
Rüzgar	7,3
Biyokütle	13,3

Tablo 2. FV Güneş Enerjisi Yerli Katkı İlavesi [11]

Yurt içinde gerçekleştirilen imalat	Yerli katkı ilavesi (ABD \$cent/kWh)
PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
PV modülleri	1,3
PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
İnvertör	0,6
PV modülü üzerine güneş ışınımı odaklayan malzeme	0,5

- Lisanslı YE tesisleri için sabit fiyat mekanizmasına katılım zorunlu olmayıp, üretilen elektriğin piyasada ikili anlaşmalar yoluyla veya gün öncesi/gün içi piyasasında satılması yatırımcının tercihine bırakılmıştır.
- Lisanslı tesislerde sabit fiyat garantisi 10 yıl geçerli olup, yerli katkı ilavesi ilk 5 yılda uygulanır. Lisanssız tesislerde ise 23.10.2016 tarihinden itibaren yerli katkı ilavesi kaldırılmıştır.
- YEK destekleme mekanizması 2020 yılı sonuna kadar üretime başlayan santraller için geçerlidir. Kanunda ayrıca, YE kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için Arazi Kullanım Teşvikleri yer almıştır. Kanunda 2013 yılı sonuna kadar şebekeye bağlanacak güneşten elektrik üretim santrallerinin kurulu güç toplamının en fazla 600 MW olabileceği, 2013 yılı sonu itibarıyla bağlanabilecek toplam kurulu gücü belirlemeye Bakanlar Kurulunun yetkili olduğu ifade edilmiştir [11].

6446 sayılı Yeni Elektrik Piyasası Kanunu’nda (2013) YE ile ilgili;

- Lisanssız YE santrali için belirlenen maksimum kurulu güç seviyesi 500 kW’tan 1 MW seviyesine çıkarılmış ve alınacak bir Bakanlar Kurulu kararı ile Kanunda bir değişikliğe gerek olmadan bunun 5 MW seviyesine yükseltilmesine olanak sağlanmıştır.
- YEK Kanununda belirtilen arazi kullanımına yönelik indirimler ve muafiyetler belirlenmiştir.
- İletim sistemine bağlantı haklarına yönelik yarışmaya girecek rüzgar ve güneş enerjisi tesisleri için, ihale süreçleri yenilenmiştir. [12].

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik kullanımının teşvik edilmesine yönelik 2009/28/AT Sayılı Direktif kapsamında 2015 yılı başlarında hazırlanan YEPP içeriğinde; ülkemizin ulusal YE politikası ve YE’de mevcut durumun ortaya konulması ile 2023 yılı YE hedefleri belirlenmiş, hedeflere ulaşmak için ülkemizde YE’nin geliştirilmesini teşvik etmeye yönelik stratejilerin oluşturulması amaçlanmıştır. 2023 yılı hedefleri şu şekildedir:

- Hidrolikte 34.000 MW,
- Rüzgarda 20.000 MW,
- Jeotermalde 1.000 MW,
- Güneşte 5.000 MW,
- Biyokütlede 1.000 MW [13].

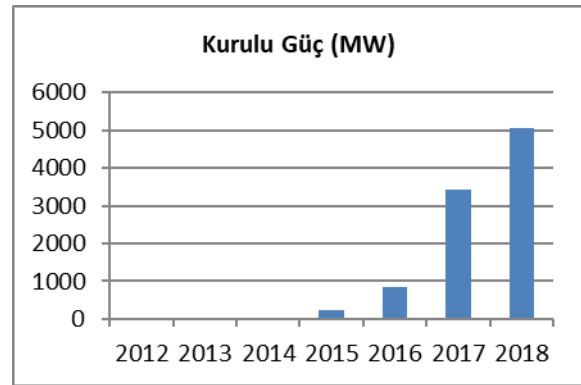
Buna göre 2023 yılında, YE elektrik üretiminde yaklaşık 159 TWh, YE kurulu güçte 61.000 MW seviyesine ulaşılacaktır. Bu üretim miktarı 2023 yılı toplam elektrik tüketim tahmininin yaklaşık yüzde 37’sine karşılık gelmekte ve en az yüzde 30 hedefi sağlanmaktadır. Güneş enerjisi için hedeflenen elektrik üretimi 8.000 GWh’tir [13].

III. TÜRKİYE’DE PV GÜNEŞ ENERJİSİNİN GELİŞİMİ

Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına göre, Türkiye’de 56.000 MW’lık termik santrale eşdeğer güneş enerji kapasitesi bulunduğu ve yıllık ortalama 380 TWh elektrik enerjisi üretme imkanının olduğu belirlenmiştir. (2017 yılı Türkiye’nin toplam üretimi 295,5 TWh). Günlük ortalama güneşlenme süresi 7,5 saat, m² başına yıllık toplam güneş enerjisi 1.527 kWh olarak tespit edilmiştir.

Lisanslı güneş enerjisi kapasitesi kanunla ilk etapta 2013 yılı sonuna kadar 600 MW ile sınırlandırılmış, EPDK tarafından başvurular 2013 yılında alınmış, TEİAŞ tarafından 2014 yılında bölge bazında yarışmalar yapılmıştır. Lisanssız güneş enerjisi başvuruları, 2012 yılında Lisanssız Elektrik Üretimi Tebliği ile alınmaya başlanmıştır.

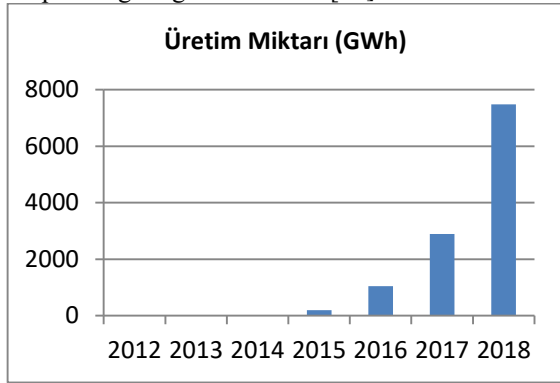
2018 yıl sonu itibarıyla Türkiye’de 4.981 MW lisanssız, 81 MW lisanslı olmak üzere FV güneş enerjisi kurulu gücü toplamda 5.062 MW’tır (Şekil 5). Lisanslı güneş santrali sayısı 5.859, lisanslı 9’dur. Lisanssız üretimde en yoğun ilgi güneş enerjisine aittir. Lisanssız güneş enerjisi kurulu gücünün, toplam lisanssız kurulu güce oranı %93’tür. Toplam güneş enerjisinin toplam kurulu güce oranı %5,7’dir.



Şekil 5. Türkiye’de Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllara Göre Gelişimi

Güneş enerjisi üretiminde 2014 yılı itibarıyla sürekli ve yüksek oranda artış yaşanmaktadır. Güneş enerjisinin toplam üretimdeki payı 2013 yılında %0 iken, 2018 yılında brüt ve geçici değer olan 7.477 GWh ile bu oran %2,4 seviyesindedir (Şekil 6). 2022 yılında ise güneş enerjisinin güvenilir enerji

kapasitesinin 16.057 GWh ve toplam üretim içerisinde %3,5 paya sahip olacağı öngörülmektedir [13].

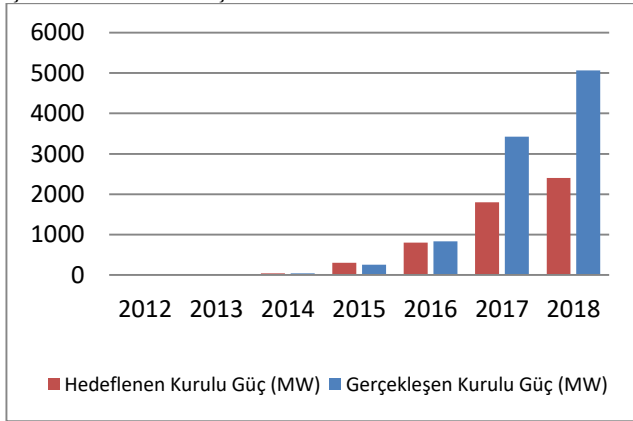


Şekil 6. Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretiminin Yıllara Göre Gelişimi

IV. SONUÇLAR

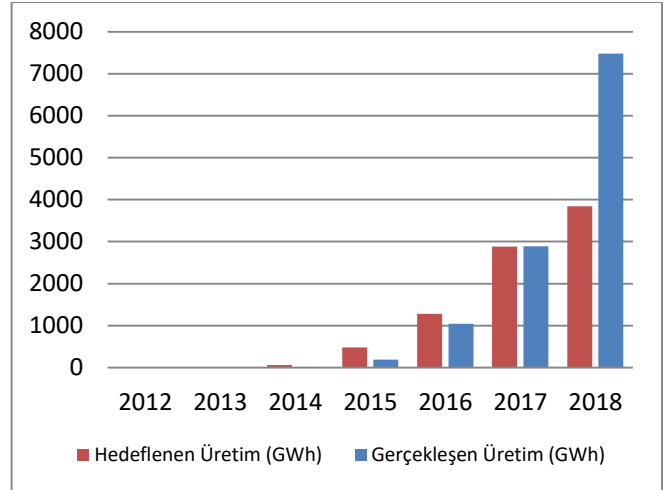
YEEP’te 2012 baz yılı olarak alınarak 2023’e kadar yıllık hedefler konmuştur. Güneş enerjisi için de kurulu güç kapasitesinde 2023 yıl sonuna kadar 5.000 MW’lık önemli bir hedef ortaya konmuştur [13].

Bu hedeflerle, 2018 yılı dahil gerçekleşen güneş enerjisi santrallerine ait (GES) kurulu güç ve üretim değerleri Şekil 7 ve Şekil 8’de sunulmuştur:



Şekil 7. Yıllara göre YEEP Hedefleri ile Gerçekleşen GES Kurulu Güç Karşılaştırması

Şekil 7’de görüldüğü üzere Türkiye’de 2014 yılı itibariyle güneş enerjisi santralleri işletmeye hazır hale gelmiştir. 2015 yılı haricinde diğer yıllarda gerçekleşen kurulu güç miktarları, hedeflenenin üzerindedir. 2014-2016 yıllarında hedeflenen ile gerçekleşen kurulu güç seviyeleri birbirine yakınken, 2017-2018 yıllarında gerçekleşen kurulu güç seviyeleri, hedeflenenin çok üzerindedir. 2018 yılında kurulu güç hedefi 2.400 MW iken, bunun iki katının üzerinde 5.062 MW seviyesine ulaşılmıştır. YEEP’te öngörülen 2023 hedefine 2018 yılında ulaşılmıştır.



Şekil 8. Yıllara göre YEEP Hedefleri ile Gerçekleşen GES Üretim Miktarları Karşılaştırması

Şekil 8’de görüldüğü üzere Türkiye’de 2014 yılı itibariyle GES elektrik üretimi şebekeye verilmeye başlanmıştır. 2014 itibariyle ilk üç yıl gerçekleşen üretim miktarları hedeflerin altında kalmış, 2017’de gerçekleşen ve hedeflenen üretim miktarı hemen hemen aynı seviyededir. 2018 yılında ise 7.477 GWh üretim miktarı ile kurulu güç grafiğinde olduğu gibi, 3.840 GWh olan hedeflenen değer için çok üzerinde, yaklaşık iki katı seviyesinde gerçekleşmiştir.

YEK Kanununda 2010 yılı Aralık ayında getirilen değişikliklerle birlikte, bazı yenilenebilir kaynaklara sabit fiyat mekanizmasında daha yüksek bedeller ile bazı teşvikler getirilerek, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin fark edilebilir şekilde arttığı görülmektedir[13]. Güneş enerjisi için I sayılı cetvelde en yüksek fiyat olan 13,3 \$ cent/kWh fiyatının belirlenmiş olmasının, güneş enerjisine olan ilginin bir hayli artmasındaki temel sebeplerden biri olduğu aşikardır.

YEKA GES proje yatırımlarının hayata geçmesi, lisanssız yönetmelik değişikliğinin[14] yayınlanması ve kredi faizlerinin düşmesi, Türkiye’de güneş enerjisi kapasitesindeki artışa destek olacaktır.

V. REFERANSLER

- [1] (2019) EİGM website. Erişim: <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Sankey-Diyagramlari>
- [2] IEA Statistics, CO2 Missions From Fuel Combustion 2018, pp. xi.
- [3] IEA Market Report Series, Renewables 2018, pp. xiv.
- [4] (2019) NREL website. Erişim: <https://www.nrel.gov/pv/assets/pdfs/pv-efficiency-chart.20181221.pdf>
- [5] IEA PVPS, Snapshots 2018 of Global Photovoltaik Market, pp. 3.
- [6] TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.), Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2018-2022), pp. 14,27.
- [7] Yesevi Ç.G., Yavuz Tiftikcigil B. “Sosyal İnşacılık Açısından IRENA’nın Değerlendirilmesi ve Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikası”. KOSBED, 33: 113-136, (2017).
- [8] 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (2005)
- [9] Yılmaz, O., “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler Ve Türkiye”, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın, 102, (2015)
- [10] Elektrik Enerjisi Piyasası Ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi, (2009).
- [11] 6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, (2010)
- [12] 6446 Sayılı Yeni Elektrik Piyasası Kanunu, (2013).
- [13] ETKB, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, Aralık 2014.
- [14] Elektrik Piyasasında Lisanssız Yürütülebilecek Faaliyetlere İlişkin Yönetmelik Taslağı, (2018) Erişim: <http://www.epdk.org.tr/Detay/DownloadDocument?id=MFBXKdmcGck=>