

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Güneş Enerjisi Potansiyeli: Trabzon İli Örneği

Solar Energy Potential of Eastern Black Sea Region of Turkey: A Case Study for Trabzon Province

Recep Çakmak¹, İsmail Hakkı Altaş²

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gümüşhane Üniversitesi
rcakmak@gumushane.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi
ihaltas@ktu.edu.tr

Özet

Artan elektrik talebini karşılamak ve çevreye daha az zarar vererek elektrik üretmek için elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına bir yönelim söz konusudur. Güneş, önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır ve Fotovoltaik (FV) paneller güneş enerjisinden elektrik üretiminde en yaygın kullanılan sistemlerden biridir. Almanya kişi başına düşen kurulu FV gücü(watt) bakımından dünyada ilk sırada yer almaktadır. Bu çalışmada Trabzon'un güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli ele alınmıştır ve Almanya ile karşılaştırılmıştır. Trabzon'un güneş enerjisi verileri dört farklı kaynaktan alınarak sunulmuş ve Trabzon'da FV sistemlerle üretilebilecek elektrik miktarları verilmiştir. Almanya'dan FV santral örnekleri verilerek, aynı sistemlerin Trabzon'da kurulu olması durumunda üretilebilecek elektrik enerjisi miktarları karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilerin analiziyle Doğu Karadeniz Bölgesi'nin güneş enerjisi potansiyeli hakkındaki önyargıları yıkmak ve Trabzon'da güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli hakkında farkındalık oluşturmak istenmiştir.

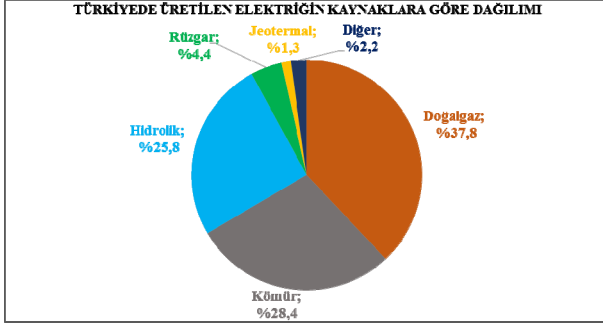
Abstract

In electricity generation, there is a tendency towards renewable energy sources in order to supply the increased electricity demand and in an effort to generate electricity with less environmental damages. The Sun is a significant renewable energy source and photovoltaic (PV) panels are one of the most commonly used systems in electricity generation by utilizing solar energy. Germany is the leader country in the world in terms of installed PV watt per capita. In this paper, potential of electricity generation by utilizing solar energy in Trabzon Province has been studied and compared with that of Germany. Solar energy data of Trabzon Province, which is provided from four different sources, have been presented and amount of electricity power that can be generated by PV systems in Trabzon Province

have been given. By presenting the PV power plant examples from Germany, the quantity of electricity that can be generated in case of the same systems installed in Trabzon Province have been given. By analyzing the obtained data, it is aimed to create awareness about the potential of electricity generation from solar energy in Province of Trabzon in Turkey and to subvert prejudices about the solar energy potential in Eastern Black Sea Region of Turkey.

1. Giriş

Bugün yaşadığımız dünyada elektrik önemli bir ihtiyaçtır. Nüfus, şehirleşme ve endüstrileşme elektriğe olan ihtiyacı arttırmaktadır. Türkiye'de elektrik enerjisine olan talebin 2015-2024 yılları arasında baz talep senaryosuna göre yıllık % 5,5 artış göstereceği tahmin edilmektedir [1]. Türkiye'de elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar arasında ilk sırayı fosil kaynaklar almaktadır. 2015 yılında Türkiye'de üretilen elektriğin %37,8'i doğalgazdan, %24,8'i ise kömürden elde edilmiştir [2]. Şekil 1'de Türkiye'deki elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı yer almaktadır. Doğalgaz Türkiye için ithal bir üründür. Doğalgazın elektrik üretiminde ilk sırada yer alması Türkiye'nin cari açığını arttırmakta ve Türkiye'yi enerjide dışa bağımlı hale getirmektedir. Kömür gibi fosil kaynakların çevre kirliliği, sera gazı salınımı ve küresel ısınma gibi sorunlara yol açtığı da bilinen bir gerçektir. İşte bu noktada artan elektrik talebini karşılamak ve enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir potansiyeldir. Yenilenebilir enerji kaynakları hem yerli hem de çevreye daha az zarar vererek enerji üretimi yapılmasına imkân sağlayan enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla enerjide dışa bağımlılık azaltılabilir ve elektrik üretiminde kaynak çeşitliliği artırılarak enerji arz güvenliğine katkı sağlanabilir.

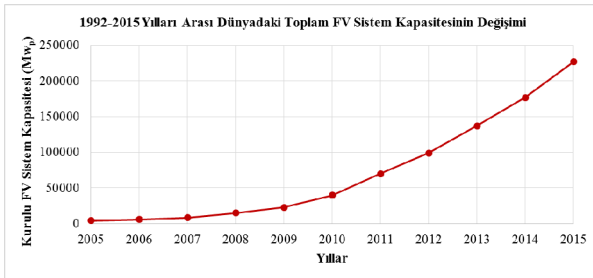


Şekil 1: Türkiye’de üretilen elektriğin kaynaklara göre dağılımı [2].

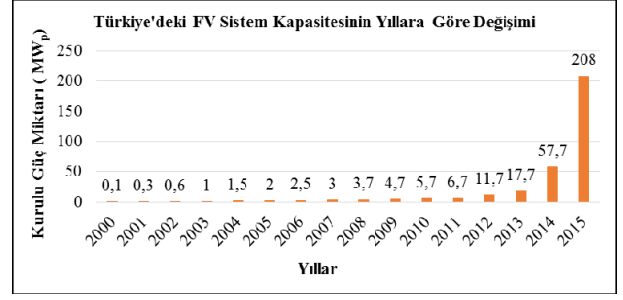
Avrupa’da yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı 2010 yılında % 21 iken, Uluslararası Enerji Ajansı’nın yeni politikalar senaryosuna göre bu payın 2035’te % 43 olması beklenmektedir [3].

Enerji yüklü fotonlardan oluşan güneş ışığı dünyamıza hem ısı hem de ışık sağlamaktadır. Güneş’ten dünyamıza ulaşan enerji o kadar büyüktür ki, 90 dakika boyunca yeryüzüne ulaşan toplam güneş ışığı tüm dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilecek miktardadır [4]. Güneş enerjisinden elektrik üretimine olan ilgi tüm dünyada hızla artmaktadır. Hem OECD ülkelerinde hem de dünya genelinde 2012-2040 yılları arasında elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları arasında yıllık olarak en fazla artışın güneş enerjisinden elektrik üretiminde olacağı tahmin edilmektedir [5].

Güneş ışığının ısısından ve foton enerjisinden yararlanılarak elektrik üretimi yapılabilmektedir. Fotovoltaik (FV) sistemler güneş ışığının fotonlarındaki enerjiyi doğrudan elektriğe dönüştürürler, hareketli parça içermezler ve sessiz çalışırlar. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde FV sistemler diğer yöntemlere göre olan avantajlarından dolayı en yaygın kullanılan sistemlerdir. Tüm dünyada FV sistemlerin kurulumu son on yılda hızla artmıştır. 2015 yılı itibarıyla dünyadaki toplam kurulu FV sistem kapasitesi 227 GWp’ye ulaşmıştır[6]-[7]. Türkiye’de kurulmuş olan FV sistem gücü 2015 yılında 208 GW’a ulaşmıştır [7]. 2005-2015 yılları arasında dünyadaki toplam FV sistem kapasitesinin değişimi Şekil 2’de yer almaktadır. Türkiye’de kurulan FV sistem miktarlarının yıllara göre değişimi Şekil 3’te yer almaktadır



Şekil 2: 2005-2015 yılları arasında dünyadaki toplam FV sistem kapasitesinin değişimi [6]-[7].



Şekil 3: Türkiye’deki FV sistem kapasitesinin yıllara göre değişimi [7].

Almanya FV sistem kapasitesi bakımından öne çıkan bir ülkedir. 2004-2014 yılları arasında toplam kurulu FV sistem kapasitesi bakımından ilk sırada hep Almanya yer almıştır. Çin 2015 yılında birinci sıraya yükselse de kişi başına düşen FV sistem gücü (Watt) bakımından dünyada ilk sırada Almanya yer almaktadır [6].

Trabzon ili, Doğu Karadeniz Dağlarının oluşturduğu yayın ortasındaki Kalkanlı dağlık kütesinin kuzeye bakan yamaçlarında 38° 30’ - 40° 30’ doğu meridyenleri ile 40° 30’ - 41° 30’ kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Trabzon’un yüzölçümü 4.664 km²’dir. Kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Gümüşhane ve Bayburt, doğusunda Rize, batısında Giresun ili bulunmaktadır [16].

Literatürde Trabzon’un güneş enerjisi potansiyeline ilişkin müstakil bir çalışmaya rastlanmazken, Altaş [8], 1998 yılında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini incelerken Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün verileri ışığında Trabzon’un güneş enerjisi potansiyelini de vermiştir. Çakmak ve Altaş [9] numaralı çalışmalarında Doğu Karadeniz Bölgesi’nin güneş enerjisi potansiyelini güneş potansiyeli haritası [10] ışığında Almanya ile karşılaştırmışlardır. Literatürde yer alan ve yukarıda açıklanan bu çalışmalar güncelliğini yitirmiştir ve bu çalışmalarda Trabzon’a yönelik ayrıntılı bir inceleme-karşılaştırma yer almamaktadır.

Bu çalışmada ise Trabzon ilinin güneş enerjisi potansiyeli yukarıda ifade edilen çalışmalardan farklı olarak, dört adet veri kaynağından elde edilen en güncel veriler ele alınarak incelenmiştir ve güneş enerjisinden elektrik üretiminde en önde gelen ülke olan Almanya ile karşılaştırılmıştır. Almanya’dan FV sistem örnekleri verilerek aynı sistemlerin Trabzon’da kurulu olması durumunda üretilebilecek enerji miktarları sunulmuştur.

Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekildedir: İkinci bölümde güneş enerjisi potansiyeline ilişkin verilerin alındığı kaynaklar açıklanmıştır. Üçüncü bölümde dört farklı veri kaynağından elde edilen veriler ışığında Trabzon ilinin güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir ve Almanya ile karşılaştırılmıştır. Dördüncü bölümde Almanya ve Trabzon güneş enerjisinden elektrik üretimi bakımından karşılaştırılmıştır. Son bölümde bu çalışmada sunulan bilgiler ışığında bir değerlendirme yapılarak Doğu Karadeniz Bölgesi’nin ve özel olarak Trabzon ilinin güneş enerjisi potansiyeline vurgu yapılmıştır.

2. Yararlanılan Veri Kaynakları

Güneş'ten yeryüzüne ulaşan toplam ışıınım (global ışıınım) yayılı ışıınım ve direkt ışıınım olmak üzere iki kısımdan oluşur. Yeryüzünde yatay düzleme gelen toplam ışıınım "pyranometer" ile ölçülür ve yataya gelen toplam ışıınım (global horizontal irradiance) olarak ifade edilir. Trabzon ilinin güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli aşağıda açıklanan dört farklı veri kaynağından faydalanılarak belirlenmiştir.

2.1. Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri

Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Trabzon ilindeki ölçüm merkezinde (40°59'54" N 39°45'41" E) ölçülen yatay düzleme gelen "Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti" değerlerinin [11] 10 yıllık (2002-2012) ortalamaları kullanılmıştır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde "Meteoroloji 2002-2012" olarak isimlendirilecektir.

2.2. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) Verileri

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan GEPA [12] 1985 - 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 22 yıllık saatlik güneş ölçüm değerlerini kullanarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada GEPA'nın Trabzon ilinin merkezine ait yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonu (ışıınımı) verileri kullanılmıştır. GEPA verileri çalışmanın ilerleyen bölümlerinde "GEPA" olarak isimlendirilecektir.

2.3. Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Enstitüsü PVGIS Verileri

Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Enstitüsü tarafından hazırlanan PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) interaktif harita uygulamasında [13] yer alan PVGIS verileri 1981-1990 yılları arasında ölçülen yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonunun aylık ortalamalarına dayanmaktadır [10],[13]. Bu çalışmada Trabzon için PVGIS interaktif uygulamasında [13] "Classic PVGIS" veri tabanı seçilerek Trabzon Meteoroloji Müdürlüğü'nün koordinatlarının (40°59'54"N 39°45'41"E) girilmesiyle elde edilen veriler kullanılmıştır. Elde edilen bu veriler çalışmanın ilerleyen bölümlerinde "PVGIS" olarak isimlendirilecektir.

2.4. Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Enstitüsü CM-SAF PVGIS Verileri

Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaşım Enstitüsü tarafından hazırlanan PVGIS interaktif harita uygulamasında [13] yer alan CM-SAF PVGIS (Climate Monitoring- Satellite Application Facility Photovoltaic Geographical Information System) veri tabanı 1998-2011 yılları arasında meteorolojik uydu verilerinden elde edilen ölçümlere göre hazırlanmıştır [13]-[15]. Bu çalışmada Trabzon PVGIS interaktif uygulamasında [13] CM-SAF PVGIS veri tabanı seçilerek Trabzon Meteoroloji Müdürlüğü'nün koordinatlarının girilmesiyle elde edilen veriler kullanılmıştır. Elde edilen bu veriler çalışmanın ilerleyen bölümlerinde "CM-SAF PVGIS" olarak isimlendirilecektir.

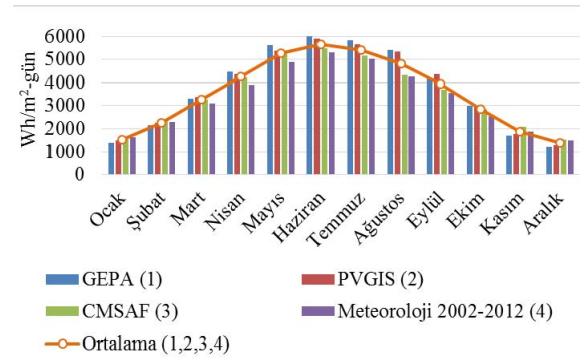
3. Trabzon İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bu bölümde Trabzon'un güneş enerjisi potansiyeli verilmiş ve FV sistem uygulamalarında önde gelen ülke olan Almanya ile karşılaştırılmıştır. Trabzon ili için dört farklı kaynaktan elde edilen yatay düzleme gelen "Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti" verileri ve bu dört veri kaynağının ortalamaları Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1: Dört farklı veri kaynağından elde edilen verilere göre Trabzon ili için yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddetleri (Wh/m²)

Aylar	GEPA (1)	PVGIS (2)	CM-SAF PVGIS (3)	Meteoroloji 2002-2012 (4)	Ortalama (1,2,3,4)
1	1390	1500	1640	1635	1541
2	2150	2250	2320	2291	2253
3	3310	3370	3290	3091	3265
4	4470	4370	4220	3906	4242
5	5600	5360	5270	4896	5281
6	5990	5880	5480	5290	5660
7	5810	5660	5160	5019	5412
8	5390	5330	4340	4252	4828
9	4170	4350	3680	3552	3938
10	3000	2980	2850	2528	2839
11	1700	1780	2070	1891	1860
12	1200	1290	1540	1496	1382

Şekil 4'te Çizelge 1'de yer alan veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.

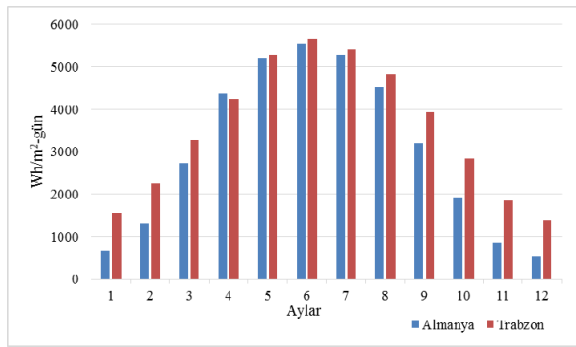


Şekil 4: Trabzon ili için yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddetleri

Çizelge 2'de Almanya ve Trabzon yatay düzleme gelen "Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti" verileri bakımından karşılaştırılmaktadır. PVGIS interaktif harita uygulamasında [13] Almanya için Almanya'nın en büyük FV santrallerinden biri olan 166 MW_p kurulu gücündeki Solarpark Meuro'nun koordinatları, Trabzon için Çizelge 1'de hesaplanan ortalama değerler kullanılmıştır. Şekil 5'te Çizelge 2'deki veriler grafik olarak yer almaktadır.

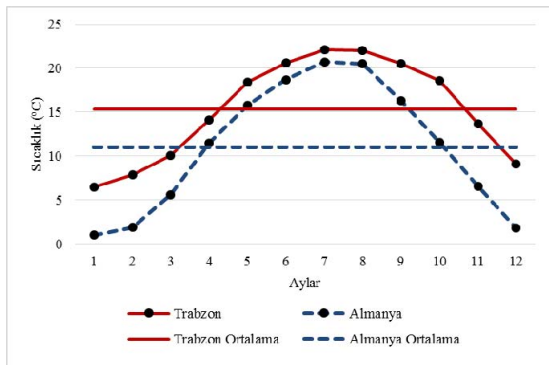
Çizelge 2: Almanya ve Trabzon'un yatay düzleme gelen "Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti" bakımından karşılaştırılması (Wh/m²-gün)

AYLAR	ALMANYA	TRABZON	FARK(%)
1	662	1541	+132,8
2	1310	2253	+72,0
3	2740	3265	+19,2
4	4360	4242	-2,7
5	5210	5281	+1,4
6	5550	5660	+2,0
7	5280	5412	+2,5
8	4530	4828	+6,6
9	3200	3938	+23,1
10	1920	2839	+47,9
11	867	1860	+114,5
12	544	1382	+154,0



Şekil 5: Almanya ve Trabzon'un yatay düzleme gelen "Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti" bakımından karşılaştırılması

Şekil 6'da Almanya ve Trabzon'un gündüz sıcaklık değerlerinin aylık ortalamaları ve yıllık ortalamaları CM-SAF PVGIS verileri esas alınarak grafiksel olarak verilmiştir. PVGIS interaktif harita uygulamasında [13] Almanya için Almanya'nın en büyük FV santrallerinden biri olan 166 MW_p kurulu gücündeki Solarpark Meuro'nun koordinatları, Trabzon için Trabzon Meteoroloji Müdürlüğü'nün koordinatları kullanılmıştır.



Şekil 6: Almanya ve Trabzon'un gündüz sıcaklık değerlerinin aylık ve yıllık ortalamaları

4. Trabzon ve Almanya'nın Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Bakımından Karşılaştırılması

Bu bölümde Almanya'daki büyük güçlü FV santrallerden örnekler verilerek bu santrallerin Trabzon'da olması durumunda üretebileceği elektrik miktarları PVGIS interaktif harita uygulaması [13] kullanılarak karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. PVGIS interaktif harita uygulaması üretilen elektrik enerjisi miktarlarını hesaplarken kayıpları (evirici, kablo, yansıma, düşük radyasyon ve sıcaklık) göz önünde bulundurarak hesaplama yapmaktadır.

Çizelge 3'te Almanya'daki en büyük FV santrallerden 5 tanesi yer almaktadır. PVGIS interaktif harita uygulamasında [13] her bir santralin koordinatları girilerek ve CM-SAF PVGIS veri tabanı seçilip bu santrallerin üretebileceği elektrik enerjisi miktarları elde edilmiştir. Ardından bu santrallerin Trabzon ilinde Trabzon Meteoroloji Müdürlüğü'nün koordinatlarında kurulu olması durumunda üretebileceği elektrik enerjisi miktarları PVGIS interaktif harita uygulamasından CM-SAF PVGIS veri tabanı seçilerek elde edilmiştir. Çizelge 3'te yer alan bu verilere göre bu santraller Trabzon'da olsa Almanya'da üretebileceği elektrik enerjisinden %7,5 ile %14,4 arasında değişen oranlarda daha fazla elektrik üretebileceklerdir.

Çizelge 3: Almanya'dan FV sistem örnekleri ve bu sistemlerin Trabzon'da olması durumunda üretebilecek elektrik miktarları

Santral No	FV Santral Adı	Almanya'da yıllık üretim miktarı (GWh)	Trabzon'da olsa yıllık üretim miktarı (GWh)	Fark (%)
1	Solarpark Meuro (166MW)	163	181	+11,0
2	Neuhardenberg Solar Park (145 MW)	146	158	+8,2
3	Templin Solar Park (128 MW)	123	139	+13,0
4	Gänsdorf Straßkirchen Solar Park (54 MW)	54,7	58,8	+7,5
5	Waldpolenz Solar Park (40 MW)	38,1	43,6	+14,4

Çizelge 4'te Almanya'daki bazı FV sistem örneklerinin bulunduğu koordinatların güneş enerjisi potansiyelleri PVGIS interaktif harita uygulamasında [13] CM-SAF PVGIS verileri esas alınarak, Trabzon için ise Trabzon Meteoroloji Müdürlüğü'nün koordinatları kullanılarak karşılaştırılmıştır. Veriler incelendiğinde Trabzon'un güneş enerjisi potansiyeli karşılaştırılan santrallerden %9,1 ile %15,2 arasında değişen oranlarda daha fazladır.

FV panellerin elektrik üretiminde sıcaklığın artması verimi azaltmaktadır. Şekil 6'dan da görüleceği üzere Trabzon'un ortalama sıcaklık değerleri Almanya'dan fazladır. Bu nedenle Trabzon-Almanya karşılaştırmasında güneş enerjisi potansiyeli verileriyle elektrik üretim değerleri karşılaştırmasında elde edilen farklar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4: Almanya'daki bazı FV sistem örneklerinin bulunduğu koordinatların ve Trabzon'un güneş enerjisi potansiyelleri

Santral No	Santralin bulunduğu yer için YGRT (Wh/m ² -yıl)	Trabzon ili için YGRT (Wh/m ² -yıl)	~Fark (%)
1	1280	1440	+12,5
2	1320	1440	+9,1
3	1250	1440	+15,2
4	1320	1440	+9,1
5	1250	1440	+15,2
YGRT: Yatay düzleme gelen yıllık global radyasyon toplamı (Wh/m ² -yıl)			

5. Sonuçlar

Bu çalışmada Trabzon ilinin güneş enerjisi potansiyeli dört farklı veri kaynağından elde edilen en güncel veriler ele alınarak incelenmiştir. Elde edilen güneş enerjisi potansiyeli verileri güneş enerjisinden elektrik üretiminde önde gelen ülkelerden biri olan Almanya ile karşılaştırılmıştır. Almanya'dan FV sistem örnekleri verilerek aynı sistemlerin Trabzon'da olması durumunda üretilebilecek enerji miktarları sunulmuştur. Elde edilen veriler ve karşılaştırma sonuçları ışığında Trabzon'un güneş enerjisi potansiyeli hakkında farkındalık oluşturmak ve Trabzon örneği altında Doğu Karadeniz Bölgesi'nin güneş enerjisi potansiyeline ilişkin önyargıların yıkılması amaçlanmıştır. Trabzon'un güneş enerjisi potansiyelinin dört farklı veri kaynağından elde edilen en güncel veriler ışığında ortaya konulması ve Almanya ile karşılaştırılması bu çalışmanın özgün yanlarını oluşturmaktadır.

Elde edilen bulgular, Trabzon'un güneş enerjisi potansiyelinin ve Trabzon'da FV sistemlerle üretilecek enerji miktarlarının Almanya'dan daha fazla olduğunu göstermektedir. Veriler de ortaya koymaktadır ki, özelde Trabzon, genelde Doğu Karadeniz Bölgesi güneş enerjisi potansiyeli bakımından fakir bir bölge değildir. Elbette Doğu Karadeniz Bölgesi Türkiye'nin diğer bölgelerine göre daha az güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Fakat bu durum, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde güneş enerjisi potansiyeli yoktur veya güneş enerjisi uygulaması yapılamaz anlamına gelmemektedir. Çünkü Trabzon'dan daha az güneş enerjisi potansiyeline sahip olan Almanya'da devasa büyüklükteki santrallerle elektrik üretimi yapılabiliyorsa, Trabzon ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin güneş enerjisi potansiyeli elektrik üretimi için fevkalade değerlendirilebilir. Özellikle bina çatılarına FV sistem kurulumu yapılarak hali hazırda var olan ve atıl olarak duran bu alanlar küçük birer enerji santrali haline getirilebilir.

6. Kaynaklar

- [1] TEİAŞ 2015-2019 Kapasite Projeksiyonu, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2015.
- [2] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016, Çevrimiçi: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>, Erişim tarihi: 11/05/2016.
- [3] World Energy Outlook 2012, International Energy Agency, 2012.
- [4] Solar Energy Perspectives, International Energy Agency, 2011.
- [5] International Energy Outlook 2016, U.S. Energy Information Administration, 2016.
- [6] IEA-PVPS Report, Snapshot of Global Photovoltaic Markets 2015, Report no: IEA-PVPS T1-27:2015, International Energy Agency, 2015.
- [7] IEA-PVPS Trend Reports, International Energy Agency Photovoltaic Power System Programme, 2016.
- [8] Altas, İ. H., "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel", *Aylık 3e (Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi*, Sayı 45, Sayfalar 58-63, 1998.
- [9] Çakmak, R. ve Altaş, İ.H., "Almanya'da Fotovoltaik Sistemlerle Elektrik Üretimi ve Almanya" *Aylık 3e (Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi*, Sayı 226, Sayfalar 256-262, 2013.
- [10] Šuri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., "Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries", *SolarEnergy*, 81, 1295-1305, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>, 2007.
- [11] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Trabzon İli için Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti 2002-2012 verileri, 2016.
- [12] GEPA (Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası), Çevrimiçi: <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/24.aspx>, Erişim tarihi: 20/05/2016.
- [13] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, "Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)", Çevrimiçi: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>, Erişim tarihi: 11/06/2016.
- [14] Mueller, R. W., Matsoukas, C., Gratzki, A., Behr, H. D., ve Hollmann, R., "The CM-SAF operational scheme for the satellite based retrieval of solar surface irradiance—A LUT based eigenvector hybrid approach", *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 1012-1024, 2009.
- [15] Huld T., Müller R., Gambardella A., "A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa", *Solar Energy*, 86, 1803-1815, 2012.
- [16] Trabzon Valiliği, 2016, Çevrimiçi: <http://www.trabzon.gov.tr/tarihcaografya>, Erişim: 01/09/2016.