AHI EVRAN

3rd International Conference on on Scientific Research

May 3-4, 2023
Odlar Yurdu University
Baku, Azerbaijan



FULL TEXTS BOOK Volume-1

Editors
Prof. Dr. Ahmet KAZANKAYA
Assist. Prof. Dr. Mevlüde Alev ATEŞ
Dr. Elvan CAFAROV

ISBN - 978-625-367-095-5

EGE BÖLGESİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİ İLE KURULU GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ GÜÇ ANALİZİ

POWER ANALYSIS OF SOLAR POWER PLANTS INSTALLED WITH SOLAR ENERGY POTENTIAL IN AEGEAN REGION

Ramazan KAYABAŞI

Öğr. Gör. Dr., Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-6195-7445

Müjdat ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1800-2234

ÖZET

Bu çalışmada Ege Bölgesinde yer alan toplam 8 ilin güneş enerji potansiyeli araştırılmıştır. Ayrıca bu 8 ilin güneş enerji potansiyeli ile bu illerde yer alan güneş enerjisi ile doğrudan elektrik üretimi yapan PV güç santrallerinin güçleri kıyaslanmıştır. Güneş enerji potansiyeli yüksek olan Ege Bölgesinde son yıllarda güneş enerjisi yatırımları artmasına rağmen henüz kurulu güç olarak kişi başına düşen güç oldukça düşüktür. Bölgede yer alan illerin yıllık ortalama hava sıcaklığı 14.82 ºC, yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 92.5 gün, ortalama günlük güneşlenme süresi 6.97 saat ve ortalama yıllık güneşlenme süresi 2738 saat/yıldır. Ege Bölgesinin ortalama ışınım şiddeti 1304 kWh/m²-yıldır. Bölgede yer alan illerin kurulu güç ortalaması 185.4 MW seviyesindedir. Denizli ili güneş enerjisi santrali kurulu güç, ışınım şiddeti, yıllık ve günlük ortalama güneşlenme süresi ve ortalama sıcaklık olarak bölge ortalamasının üzerinde değerlere sahiptir. Ayrıca 91.1 gün ile yıllık yağışlı gün sayısında bölge ortalamasının altında yağışlı gün sayısına sahiptir. Nüfusa göre Denizli'nin kişi başına düşen kurulu güç miktarı 0.188 kW'tır. Ege Bölgesinde nüfusa göre kişi başına düşen kurulu güç en yüksek olan iller 0.34 kW ile Uşak ve 0.33 kW ile Afyon'dur. Bölgede yer alan tüm iller incelendiğinde güneş enerji potansiyeline göre henüz yeterli kurulu güç seviyesine ulaşmadığı görülmektedir. Bu nedenle bölgede güneş enerji yatırımları artırılmalı ve yerel uygulamalar ile geliştirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş enerjisi, Ege Bölgesi güneş enerji potansiyeli, Güneşlenme süresi.

ABSTRACT

In this study, the solar energy potential of 8 cities in the Aegean region was investigated. In addition, the solar energy potential of these 8 cities and the power of PV power plants that produce electricity directly with solar energy in these provinces were compared. Despite the increase in solar energy investments in the Aegean region, which has a high solar energy potential, the installed power per capita is still very low. The annual average temperature of the cities in the region is 14.82 ºC, the annual average number of rainy days is 92.5 days, the average daily sunshine duration is 6.97 hours, and the average annual sunshine duration is 2738 hours/year. The average radiation intensity of the Aegean region is 1304 kWh/m²-year. The average installed power of the cities in the region is 185,4 MW. Denizli solar power plant has values above the regional average in terms of installed power, radiation intensity, annual and daily average sunshine duration and average temperature. In addition, with 91.1 days, it has the number of rainy days below the regional average in the number of annual rainy days. According to the population, the per capita installed power of Denizli is 0.188 kW. The cities with the highest installed power per capita in the Aegean region are Uşak with 0.34 kW and Afyon with 0.33 kW. When all the cities in the region are examined, it is seen that they have not yet reached the sufficient level of installed power according to their solar energy potential. Therefore, solar energy investments in

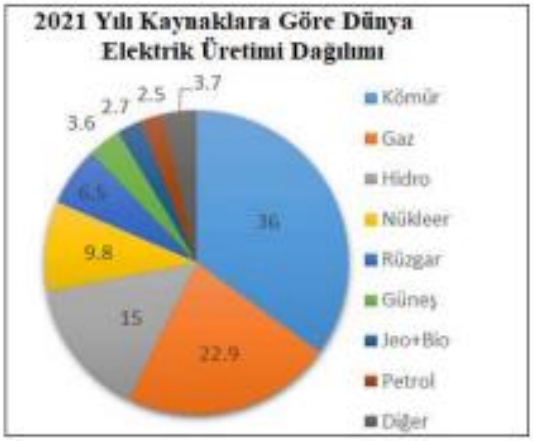
the region should be increased and developed with local practices.

Keywords: Renewable energy sources, Solar energy, Aegean region solar energy potential, Sunbathing time.

GİRİŞ

Enerji talepleri, hızlı nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler ile tüketimin artmasına bağlı olarak tüm dünyada hızla artmaktadır [1]. Artan enerji talebinin karşılanması için ülkeler sahip olduğu enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar yapmaktadır [2]. Son yıllarda bu yatırımlar iklim değişikliğine sebep olan küresel ısınmanın etkisi ile artmaktadır [3,4]. Ayrıca enerji güvenliği ve enerji arzı sorunları incelendiğinde enerji ve enerji kaynakları gelecek yıllarda tüm dünyanın ortak sorunu olmaya devam edecektir.

Elektrik enerjisi fosil yakıtlardan üretilebildiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından da üretilebilmektedir. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim maliyetlerinin düşmesi bu kaynakların yaygınlaşmasına sebep olmaktadır [5]. Fakat yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli olmasına rağmen henüz insanlığın duyduğu elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek yaygınlığa ulaşmamıştır [6]. 2021 yılı verilerine göre dünyada kullanılan elektrik enerjisinin %36'sı kömürden ve %22.9'u doğalgazdan üretilmektir (Şekil 1). 2021 yılında hidro, rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir kaynaklarda elde edilen elektrik enerjisi üretimi toplamda üretilen enerji içindeki payı %23.9 oranına ulaşmıştır.



Şekil 1. Kaynaklara Göre 2021 Yılı Dünya Elektrik Üretimi, [6]

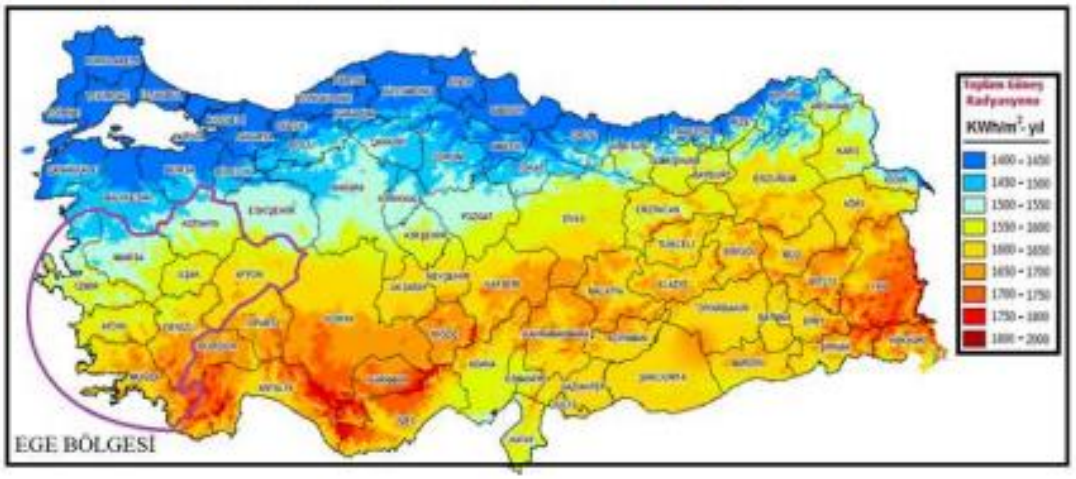
Güneş enerjisi ile ilgili araştırmalar 2014 öncesinde yoğunlukla yapılmasına rağmen Şekil 2'de verilen değerlere göre güneşten elektrik enerjisi üretiminin toplam enerji üretimi içerisindeki payının %1'i ancak 2017 yılı itibariyle geçtiği görülmektedir. 2018 ve sonraki yıllarda artarak devam eden yatırımlar ile 2021 yılı içerisinde kurulu güç içerisindeki oran %8'i geçmiştir. Fosil yakıtlı güç santralleri çevre kirliliğine sebep olmakta ve küresel ısınma ve ortalama yüzey sıcaklığı artışına katkı sunmaktadır. İklim değişikliklerine bağlı artan doğal afetlerin etkileri sonucu enerji yatırımları yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarına kaymaktadır.



Şekil 2. Türkiye'de güneş enerjisi kurulu gücü ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı, [7]

1. Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli

Türkiye güneş enerji potansiyeli bakımında ışınım şiddeti, güneşlenme süresi ve güneşli gün sayısı gibi etkenlerden dolayı Avrupa ülkelerinden oldukça avantajlıdır [8]. Ülkemizde son yıllarda yapılan çalışmalar ve güneş potansiyelinin getirmiş olduğu avantajlar sayesinde bu alana birçok yeni yatırım yapılmış ve yapımı devam etmektedir. Şekil 3'te Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlasında görüldüğü gibi Türkiye ve Ege Bölgesi yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir.



Şekil 3. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası, [9]

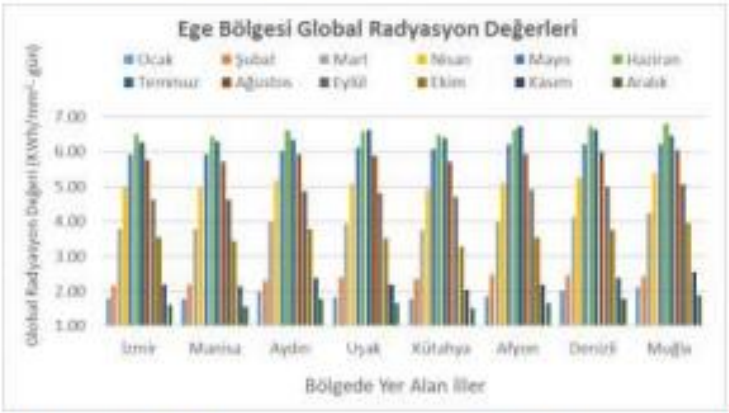
2. Ege Bölgesinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ege Bölgesinde yer alan toplam 8 ilin coğrafi özellikleri, nüfusu, sanayi gelişmişliği birbirinden farklıdır. Bölgede yer alan illerin güneş ışınımı ve günlük güneşlenme süresi farklı olması iller bazında güneş enerji yatırımlarında farklılıkların görülmesine neden olmaktadır. Ege Bölgesinde yer alan illerden en yüksek ışınım şiddeti ile en düşük ışınım şiddeti arasında sadece 105 kWh/m^2-yıl fark ve güneşlenme süresi olarak en düşük il ile en yüksek il arasında yıllık 481 saat fark bulunmaktadır. Bu değerlendirme çerçevesinde bakıldığında bölgedeki iller arasında ışınım şiddeti bakımından büyük fark bulunmazken güneşlenme süresi bakımından %16'nın üstünde bir farklılık görülmektedir. Ege Bölgesinde ışınım şiddeti en yüksek ve en düşük iller sırası ile Denizli 1591 kWh/m^2-yıl ve Manisa 1486 kWh/m^2-yıl olarak Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ege Bölgesi illerinin global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri, [7]

Ege Bölgesi İlleri	Işınım Şiddeti (kWh/m²-yıl)	Güneşlenme Süreleri (saat/yıl)
İzmir	1496	2986
Manisa	1486	2840
Denizli	1591	2931
Uşak	1540	2789
Kütahya	1490	2559
Afyon	1557	2705
Aydın	1557	3011
Muğla	1587	3040

Şekil 4'te görüldüğü gibi Ege Bölgesinde yer alan Muğla ili haziran ayında 6.81 kWh/m^2-gün değeri ile radyasyonu maksimum olan ilidir. Haziran ayında en düşük radyasyon değeri 6.44 kWh/m^2-gün ile minimum olan Manisa ilidir. Ege Bölgesinin tüm illerinde Mart ve Ekim ayları arasında radyasyon değeri 3 kWh/m^2-gün'ün altına düşmemektedir.



Şekil 4. Ege Bölgesi illeri küresel radyasyon değerleri (kWh/m^2-gün), [10]

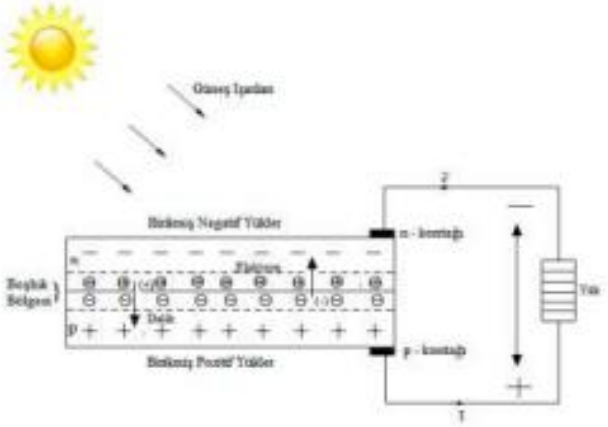
Şekil 5'te bölgede yer alan illerin aylara göre ortalama günlük güneşlenme süreleri saat olarak verilmiştir. Ege Bölgesinde temmuz ayında günlük ortalama güneşlenme süresi maksimum olan il 12.20 saat ile İzmir ve en düşük güneşlenme süresi ise 10,77 saat ile Kütahya'dır. Yıllık bazda güneşlenme süresi en yüksek ve en düşük iller ise sırası ile Muğla 3040 saat/yıl ve Kütahya 2559 saat/yıldır.



Şekil 5. Ege Bölgesi illeri günlük ortalama güneşlenme süreleri (saat/gün), [10]

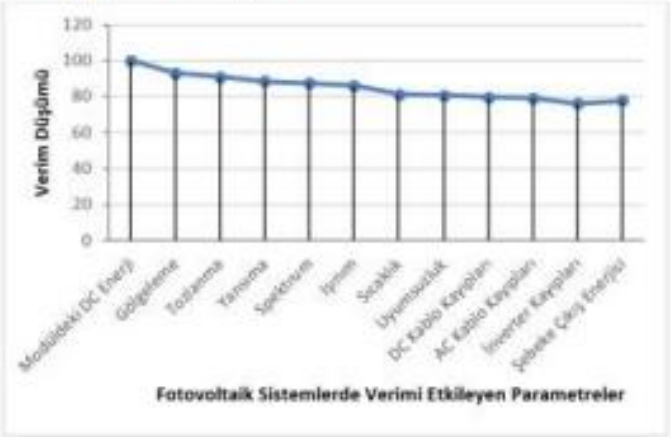
3. PV Panellerin Çalışma Prensibi ve Performansı Etkileyen Faktörler

PV paneller yarı iletken malzemeden üretilen hücrelerin bir araya getirilmesiyle üretilmiş ve yüzeyine gelen fotonları doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren modüllerdir. PV yüzeyine gelen fotonlan doğrudan elektriğe dönüştüren bu etki fotovoltaik etkidir. PV güneş hücresi p ve n tipi yarı iletken yapıdadır ve p'de (-), n'de (+) yük birikmektedir (Şekil 6). P ve n arası yüksüz geçiş bölgesidir. Hücreye foton ulaştığında yarı iletken tarafından emilir ve yükler elektrik alan yardımıyla ayrışarak PV hücrede elektron hareketi oluşturmaktadır. Sisteme bir yük bağlandığında devreden elektrik akımı geçmektedir.



Şekil 6. PV hücre çalışma prensibi, [11]

Yenilenebilir ve ekonomik bir kaynak olan güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesinin çok sayıda olumlu yönü olduğu gibi sistemin verimini etkileyen olumsuz yönlerde bulunmaktadır. Sistemin işletme giderlerinin az olması, enerji krizlerinden etkilenmemesi, yerel kaynak ile çalışması ve çevreci olması gibi olumlu yönleri bulunmaktadır. PV sistemlerin verimlerini yansıma, tozlanma, gölgeleme ve ışınım kayıplarını düşürmektedir (Şekil 7). Ayrıca bağlantı kayıpları, kablo kayıpları, inverter kayıpları ve depolamalı sistemlerde akü kayıpları gibi sistem kayıpları bulunmakta bu kayıplar sistemin kurulacağı iklim şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir.



Şekil 7. PV Sistem verimini etkileyen parametreler, [12]

YÖNTEM

Bu çalışmada Ege Bölgesinde yer alan 8 ilin güneş enerji potansiyeli incelenmiştir. Bu illerin güneş enerji potansiyelleri ile güneş enerji santrallerinin kurulu güçleri üzerinde kaynak ve üretim değerlendirmesi yapılmıştır. İllerin almış olduğu güneş radyasyonu ve illerin yıllık ortalama sıcaklıkları, yıllık yağışlı gün sayısı, illerin nüfusları incelenmiş ve bu illerde güneş enerjisi kullanılarak doğrudan

elektrik enerjisi üreten PV santrallerin kurulu güçleri incelenmiştir. İllerin potansiyelleri ve kurlu güçler üzerinden incelemeler yapılarak sonuçlar çıkarılmıştır. PV modüllerin çevresel şartlardan etkilenmesine neden olan ışınıma ve modül sıcaklığına bağlı güç çıkışı literatür verilerinden faydalanılarak incelenmiştir.

SONUÇ

Bu çalışma ile Ege Bölgesinde bulunan 8 ilin güneş enerji potansiyeli ve devrede olan güneş enerji santrallerinin güç dağılımı incelenmiştir. Şekil 8'de verilen değerlere göre yıllık toplam güneşlenme süresi bölge ortalaması 2738 saattir. İzmir, Denizli, Aydın ve Muğla bu ortalamanın üstünde diğer iller bu ortalamanın altında güneşlenme süresine sahiptir. Güneşlenme süresi açısından Muğla 3040 saat ile en iyi durumdadır. Yıllık toplam global radyasyon değerinin bölge ortalaması 1304 kWh/m²-yıl olduğu tespit edilmiştir. Denizli, Uşak, Afyon, Aydın ve Muğla bu ortalamanın üstünde diğer iller bu ortalamanın altında global radyasyon sahiptir. Global radyasyon değeri 1591 kWh/m²-yıl ile en yüksek Denizli ilidir. Ege Bölgesinin kurulu güç bölge ortalaması 185,4 MW'tır. Bölgede yer alan illerden İzmir, Manisa, Denizli ve Afyon bu ortalamanın üstünde, diğer 4 il ortalamanın altında kurulu güce sahiptir. En yüksek kurulu güç 306.6 MW ile İzmir bölge sırlamasında ilk sırada, en düşük kurulu güç 116 MW ile Kütahya bölge sırlamasında son sıradadır.



Şekil 8. Ege Bölgesinde devrede olan güneş enerji santralleri, Işınım ile güneşlenme süreleri

Ege Bölgesinde bulunan 8 il içinde nüfus yoğunluğu fazla olan iller sırasıyla İzmir, Manisa ve Aydın'dır. Bölge illerinin güneş enerjisinden elektrik üretimi kurulu güç dağılımı yüksekten düşüğe doğru sırasıyla İzmir, Afyon ve Manisa'dır. Şekil 9'a göre kurulu güç dağılımı nüfus ile orantılı olarak arttığı görülmektedir. Nüfusu yüksek olan illerde enerji tüketimi artmakta ve nüfus yoğunluğu nedeniyle sanayileşme ve kentleşme fazla görülmektedir. Toplam kurulu gücün nüfus yoğunluğuna göre dağılımı hesaplandığında; il bazında kişi başına düşen güneş enerjisi kurulu gücü yüksekten düşüğe doğru Uşak 343 W, Afyon 337 W, Kütahya 200 W ile ilk üç ildir. Son sırada ise 68 W ile İzmir gelmektedir. Nüfus yoğunluğu fazla olan illerde kurulu güç fazla olsa da kişi başına düşen kurulu güç değerlendirildiğinde ilk sırada olan İzmir son sıraya gerilemektedir.



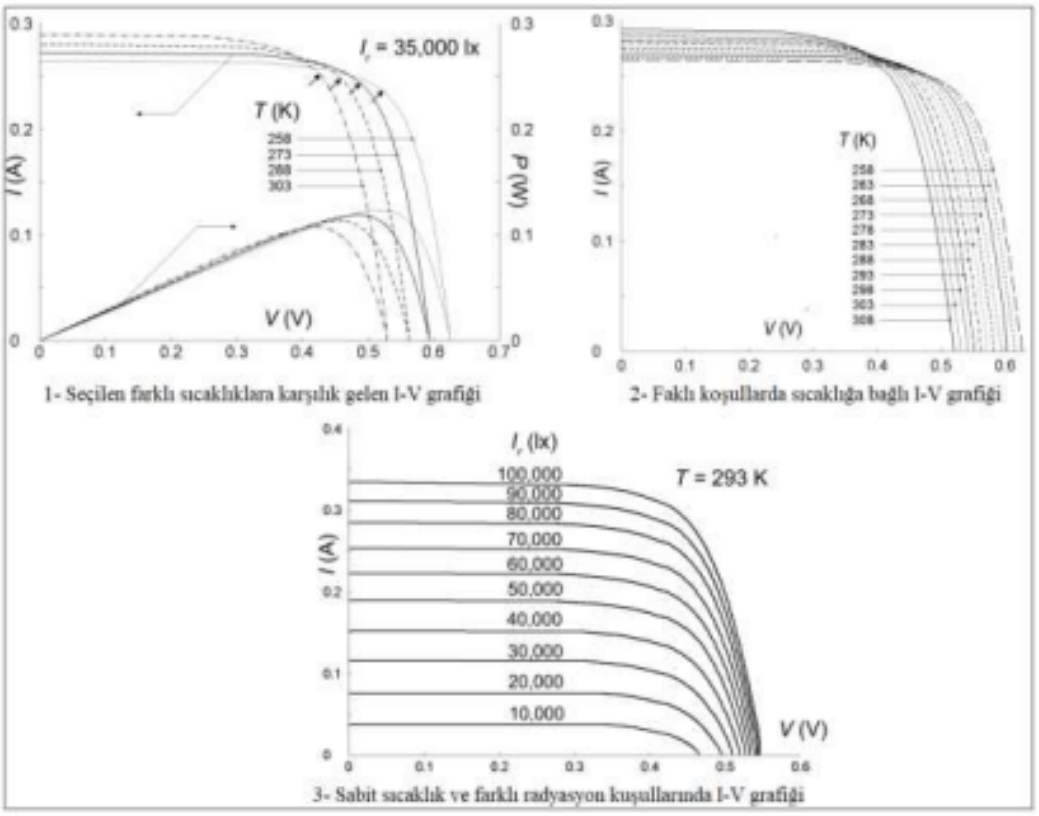
Şekil 9. Ege Bölgesi illeri kurulu güç ve nüfus dağılımı

Ege Bölgesinde bulunan 8 ilin yıllık ortalama sıcaklık, ortalama yağış ve ortalama güneşlenme süreleri Şekil 8'de verilmiştir. İllerin yıllık ortalama sıcaklığı yüksekten düşüğe İzmir 17,9 °C, Aydın 17.7 °C ve Manisa 16,9 °C'dir. İllerin yıllık ortalama yağışlı gün sayısı yüksekten düşüğe Kütahya 116.5 gün, Afyon 107.9 gün ve Muğla 93,5 gündür. İllerin günlük ortalama güneşlenme saatleri yüksekten düşüğe İzmir 8.1 saat, Uşak 7.5 saat ve Denizli 7.3 saattir (Şekil 10). Yağışlı gün sayısı arttığında yıllık üretilen elektrik enerjisi azalacaktır. Günlük güneşlenme süresi azaldığında PV panellere gelen güneş radyasyonu düşecektir. Bu nedenle yağışlı gün sayısı artan ve güneşlenme süresi düşen illerde panellerin yıllık ortalama üreteceği elektrik enerjisi azalacaktır.



Şekil 10. Ege Bölgesindeki illerin yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve güneşlenme süresi dağılımları

PV modüllerde modül sıcaklığı arttıkça modülün gerilimi düşmekte fakat sıcaklık artışına bağlı olarak akım çok az da olsa artmaktadır (Şekil 11.1). PV'lerde güneş radyasyonu ve çevresel koşullar nedeniyle modül sıcaklıkları değişirken yükselen sıcaklık gerilimin düşmesini akımdaki artıştan daha fazla sağlamaktadır (Şekil 11.2). Bu durumda akım düşüşü az gerilim artışı fazla olduğu için ışınım miktarı artarsa modülden üretilecek elektrik enerjisi miktarı artacaktır (Şekil 11.3). Sabit modül sıcaklığında modülün maruz kaldığı ışınım miktarı artarsa hem akım hem de gerilim artacak dolayısıyla modül enerji üretimi artacaktır. Ege Bölgesi ışınım yoğunluğu bakımından yüksek olması nedeniyle PV elektrik santralleri için oldukça elverişli bir bölgedir. Fakat modüllerin (Şekil 11)'de çevresel koşullardan nasıl etkilendiği görülmektedir. Bu nedenle yüksek potansiyeli olan Ege Bölgesinin illerinde deneysel ve analiz yöntemleri kullanılarak farklı koşulların araştırılması ve verim artışı sağlayabilecek ekonomik aktif veya pasif soğutmalı modüllerin geliştirilmesi yararlı olacaktır.



Şekil 11. PV modüllerde ışınım ve modül sıcaklığına bağlı I-V değişimi, [13]

Bölgede bulunan tüm illerin tek bir çalışma içerisinde incelenmesi araştırmacılara ve yatırımcılara yapılacak araştırma ve yatırımlarla ilgili fikir verecektir. Ayrıca bölgenin özelliklerini ve mevcut yatırım durumunun incelenerek bölge özelinde tüm illerin potansiyelleri ve kurulu güçleri hakkında fikir verecektir.

Ege Bölgesinde bulunan illere yönelik yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki öneriler sunulmuştur;

- Güneş enerji yatırımlarının bölge içerisindeki artışının önünde yer alan engeller araştırılmalı ve yatırım dağılımları incelenerek bölge içerisinde yapılan uygulamaların önündeki engeller giderilmelidir.
- Bölgenin ve bölgede yer alan illerin berraklık indeksleri, çevre havası sıcaklıkları, ortalama yağışlı gün sayısı ve güneş radyasyonu oranlarının PV panellerinin verimleri üzerine etkileri iller bazında birbirleriyle karşılaştırılmalıdır.
- Ege Bölgesi gibi sıcak bir iklim ve yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgelerde PV soğutma uygulamaları yapılarak PV panellerin verimlerini arttırmaya yönelik yerel uygulamalar yapılarak konu araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Kan Kaynar, N. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4 (2), 48-54.

2. Özkan, R., Gökdemir, A. & Şen, F. (2016). Muğla Bölgesinin Enerji Kaynakları ve Muğla'da Mevcut Enerji Üretimi. Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, 3 (1), 19-31.

3. Oğuz, M. & Akkurt, Ş. (2017). Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (2), 362-374.

4. Emikönel, S. & Bilhan, A. (2022). Analysis of Turkey's Solar Energy Potential in Different Regions. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Özel Sayı, 170-184.

5. Holechek vd, (2022). A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels by 2050?, Sustainability, 14, 1-22.

6. Karakaş Ulusoy, C., (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımındaki Gelişmeler; Güneş Enerji Sistemleri ve Finansman Modelleri. ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, 6 (13), 65-84.

7. İnretnet Kaynağı, (https://www.worldenergydata.org/world-final-energy/), Erişim Tar.:01.04.2023

8. Öztürk, M. & Genç, G. (2021). PV/T Destekli Isı Pompalı Sıcak Su Üretim Sisteminin Enerji, Ekserji ve Ekonomik Analizi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kayseri.

9. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Elektrik Talebi Projeksiyon Raporu, (2020) URL EIGM, Ankara.

10. GEPA, Türkiye Enerji Atlası, (https://www.enerji.gov.tr/en-S/Pages/Solar), Erişim Tar.:01.04.2023

11. Kayabaşı, R. & Kaya, M. (2022). PV Modüllerde Sıcaklık Değişiminin Performansları Üzerine Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Karabük.

12. Deniz, E. (2013), "Güneş enerji santrallerinde kayıplar", III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, İzmir.

13. Libra M., Poulek V., Kouřím P. (2017). Temperature Changes of I-V Characteristics of Photovoltaic Cells as a Consequence of the Fermi Energy Level Shift. Res. Agr. Eng., 63: 10–15.