



Fotovoltaik Panel Yüzey Sıcaklığının Denizli İli için Çıkış Gücü ve Verim Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Şengül Güven¹

ÖZ

Günümüzde sürekli artan enerji ihtiyacı ve bu enerji ihtiyacının ülkemizde çoğunlukla dışa bağımlı kaynaklardan karşılanması, hem ekonomik hem de çevresel etkiler açısından olumsuzluklara yol açmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, iyi bir güneş enerji potansiyeline sahip ülkemizde ilk akla gelen kaynak olmasına rağmen elektrik üretimindeki kullanım payı oldukça düşüktür. Teknoloji ve malzeme alanındaki gelişmelerle birlikte fotovoltaik paneller de sürekli geliştirilmekte ve verimlerinde iyileştirmeler yapılmaktadır. Fotovoltaik panel verimine etki eden pek çok faktörden biri de panel yüzey sıcaklığıdır. Bu çalışmada, Denizli ili için bir yıllık çevre sıcaklığı ve güneş ışınımı değerlerine bağlı olarak panel yüzey sıcaklığı hesaplaması yapılmıştır. Panel yüzey sıcaklığının panel çıkış gücüne ve verime etkisi ortaya konmuştur. Panel yüzey sıcaklığının yükselmesiyle verimin doğrusal olarak düştüğü görülmüş ve bu düşüşün her 5 °C'lik sıcaklık artışında yaklaşık %0,3 değerinde olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik panel yüzey sıcaklığı, panel çıkış gücü, panel verimi, sıcaklık etkisi

Investigation of the Effect of Photovoltaic Panel Surface Temperature on Output Power and Efficiency in Denizli

ABSTRACT

Today, the increasing energy need in Turkey is mostly met from imported energy sources. The disadvantages of imported energy sources are also known as economic and ambient impacts. Although the solar energy potential of our country is high, its share in electricity production is quite small. Along with the developments in the field of technology and materials, there are innovations in photovoltaic panels and improvements in their efficiency. One of the many factors affecting the efficiency of photovoltaic panels is the surface temperature. In this study, the surface temperature was analyzed depending on the annually ambient temperature and the solar radiation values in Denizli province. The effect of surface temperature on panel output power and efficiency has been revealed. The efficiency decreases linearly as the surface temperature rises, and this decrease is approximately 0.3% with a temperature increase of 5 °C.

Keywords: Photovoltaic panel surface temperature, panel output power, panel efficiency, temperature effect

Geliş/Received : 12.02.2022

Kabul/Accepted : 08.03.2022

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Denizli sgacar@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5489-8026



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The use of solar energy in the production of hot water is widespread in Turkey but it is not yet sufficiently used in the production of electricity. The fact that the share of solar energy in the total electricity generation in 2020 is 3.66 % indicates that the solar energy potential is not being used enough. Currently, solar radiation is converted directly into electrical energy with the help of photovoltaic (PV) cells.

New studies are being conducted to improve panel efficiencies to use photovoltaic systems effectively. There are many studies conducted on the effect of photovoltaic panel surface temperature on efficiency. In this study, the panel surface temperature was calculated depending on the ambient temperature and solar radiation for Denizli province. The change of output power and efficiency with surface temperature values was studied.

Methods

Denizli has a very good potential in terms of solar energy. The values of the total solar radiation value of 1550-1750 kWh/m²-year are higher than the Turkish average. The energy production in active solar power plants located in Denizli is 194 MW. To analyze the effect of the panel surface temperature on output power and efficiency, calculations were made with the assumption of a solar panel with a power of 5 kW and a panel area of 40 m². With an increase in the surface temperature of the solar panel, the efficiency decreases linearly, and with a temperature increase of 5 °C, the efficiency decreases by about 0.3%. For example, the efficiency was calculated as 12.25% at 30 °C, the efficiency was 12% at 35 °C, the efficiency was 11.73% at 40 °C, the efficiency was 11.57% at 45 °C and the efficiency was calculated as 11.3% at 50 °C. Panel efficiency decreased linearly with the increase in ambient temperature. With the increase in ambient temperature, the surface temperature also increased, and as a result, the panel efficiency decreased.

Results

Although it is easy to generate electrical energy from photovoltaic panels, many factors that affect the efficiency of panels. One of the most important of these factors is the panel surface temperature. The increase in surface temperature negatively affects the efficiency.

Discussion and Conclusions

According to the calculations in this study, an increase of the solar panel surface temperature by 5 °C leads to a decrease in efficiency of about 0.3%. In similar studies in the literature, it is stated that an increase in panel surface temperature leads to a decrease in efficiency [11-13]. In subsequent studies, it is believed that determining the most effective system for panels cooling.



1. GİRİŞ

Her geçen gün artan enerji gereksinimi ile birlikte artan fosil yakıt kullanımı, hem maliyet hem de çevreye verdikleri zarar yüzünden yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında ise güneş enerjisi gelmektedir. Günümüzde fotovoltaik (PV) hücreler yardımı ile güneş ışınımı doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Ülkemizde sıcak su üretiminde güneş enerjisinin kullanımı oldukça yaygındır. Ancak güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanımının ise henüz istenen seviyelerde olmadığı, toplam elektrik üretimindeki güneş enerjisi kullanım payına bakıldığında anlaşılmaktadır. Bu payın 2020 yılında % 3,66 olması güneş enerjisi potansiyelinin elektrik üretiminde yeteri kadar kullanılmadığını göstermektedir.

Fotovoltaik sistemlerden daha iyi yararlanabilmek için, panel verimlerini iyileştirmeye yönelik sürekli yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir kısmı da fotovoltaik panel yüzeý sıcaklığının verime olan etkisi üzerine yapılmıştır.

PV sistemleri, güneş ışınımının % 50' sini termal enerji olarak alır ve bunun ancak % 15' ini elektrik enerjisine dönüştürür. Isıl enerji, panel yapısını bozarak verimde düşüşe yol açar. Isıl enerjiden kaynaklı sıcaklık artışı panellerin elektriksel veriminin azalmasına neden olur; bu azalma 30 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda % 1-2 oranındadır [1]. Fotovoltaik termal paneller (PV/T), fotovoltaik panelin verimliliğini artırmak için en iyi sistematik yöntemdir. Bir PV/T paneli ile hem elektrik hem de ısı enerjisi sağlanarak güneş enerjisinin kullanım alanı artırılmış olur [2,3,4]. Güneş panellerinden elektrik üretiminde, gölgelenme, çevre sıcaklığı, rüzgâr hızı, nem vb. verimi etkileyen bir çok çevresel faktör söz konusudur. Çevresel faktörlerin panel hücre sıcaklığına ve verime etkisi üzerine yapılmış birçok çalışma mevcuttur.

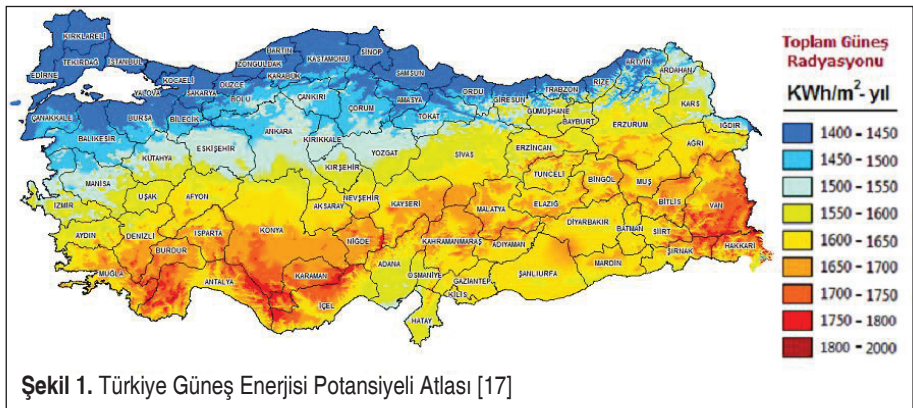
Das (2019) tarafından yapılan çalışmada, çevresel faktörlerin fotovoltaik panel performansına etkisi incelenmiş ve sıcaklığın panel verimini düşürdüğü, rüzgâr hızının, ışınımın ve hava basıncının panel verimine pozitif etkisi olduğu ve nemin ise paslanmalara sebep olduğu sonucuna varılmıştır [5]. Mutlu (2021) çalışmasında fotovoltaik panellerin verimini etkileyen çevresel parametreleri incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, güneş ışınımı ve rüzgâr hızının panel verimi üzerinde oldukça etkili olduğunu ifade etmiştir [6]. Fotovoltaik hücrelerin sıcaklığı, fotovoltaik sistemlerin ve elektrik enerjisi üretim miktarının uzun vadeli performansını değerlendirmek için en önemli parametrelerden biridir. Bir fotovoltaik panelin verimliliği, büyük ölçüde hücrelerin çalışma sıcaklığına bağlıdır [7]. Bu sıcaklık, fotovoltaik panellerin kapsüllenmesinde kullanılan malzemelerin termal özellikleri, hücre tipleri, panellerin kurulum konfigürasyonu ve yerel iklim koşulları gibi birçok parametreye bağlıdır [8-9]. Fotovoltaik panele gelen ve burada soğurulan güneş enerjisi yeterince hızlı bir şekilde çevreye dağılmadığında fotovoltaik hücrelerin sıcaklığında artışa neden olur ve bunun sonucunda da elektriksel verim düşer [10].

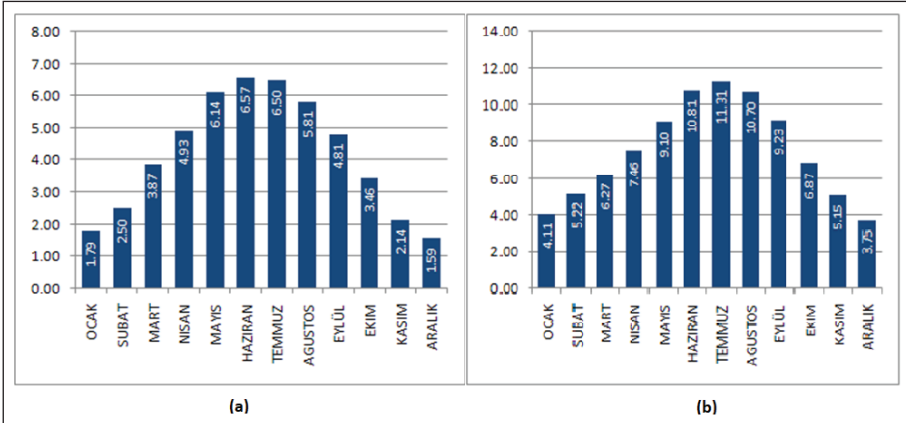
Katkar vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, güneş paneli hücre sıcaklığı ile verimin değişimi incelenmiştir. Hücre sıcaklığı değeri 31 °C olduğunda verimin % 9,7 ve sıcaklık 36 °C olduğunda verimin % 12,04 olduğu belirtilmiştir. Sıcaklığın 36 °C değerinden sonra daha da artmasıyla verimin düştüğü belirtilmiştir [11]. Daher vd. (2018) yaptığı çalışmada, hava sıcaklığının her bir derece artışında panel çıkış gücü performansının % 0,7 azaldığını tespit etmişlerdir [12]. Sahay vd. (2015) tarafından yapılmış çalışmada ise panel sıcaklığındaki 1 °C'lik artışın verimi % 0,5 düşürdüğü belirtilmiştir [13]. Arslan (2018) yaptığı çalışmada monokristal ve polikristal silikon (mono Si-C ve poli Si-C) panellerin Tekirdağ şartlarında verimliliklerini incelemiş ve gelen ışınım miktarı, akım, gerilim, panelin ürettiği güç parametreleri üzerinden verim karşılaştırması yapmıştır. Teorik olarak % 15 ile % 18 oranında verime sahip olan mono Si-C panelin, Tekirdağ iklim şartları altında ortalama verimi % 15, teorik verimi % 14 ile % 16 arasında değişen poli Si-C panel için ise % 14,9 verim bulmuştur [14]. Baghdadi vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında Fas'ın Tetouan eyaletindeki şebekeye bağlı 5,94 kWp gücündeki bir güneş fotovoltaik sistemini, PVsyst programını kullanarak üç PV sistemin (amorf, mono Si-C ve poli Si-C) karşılaştırılmalı performans analizini sunmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, bu üç sistemin simüle edilmiş nihai veriminin, yılın tüm aylarında referans verimini yakından takip ettiğini göstermişlerdir ve mono-kristal teknolojiyi diğer PV teknolojiler ile karşılaştırdıklarında ise daha fazla enerji ürettiğini gözlemlemişlerdir [15]. Hücre sıcaklığının yükselmesiyle akım artar ve hücre verimliliği düşer. Bu durumda verimi iyileştirmenin en iyi yolu da çalışma sıcaklığının düşürülmesidir [16].

Bu çalışmada, çevre sıcaklığı ve güneş ışınımına bağlı olarak panel yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır. Panel yüzey sıcaklığının panel çıkış gücüne ve verime etkisi ortaya konmuştur.

2. TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat, günlük olarak bakıldığında

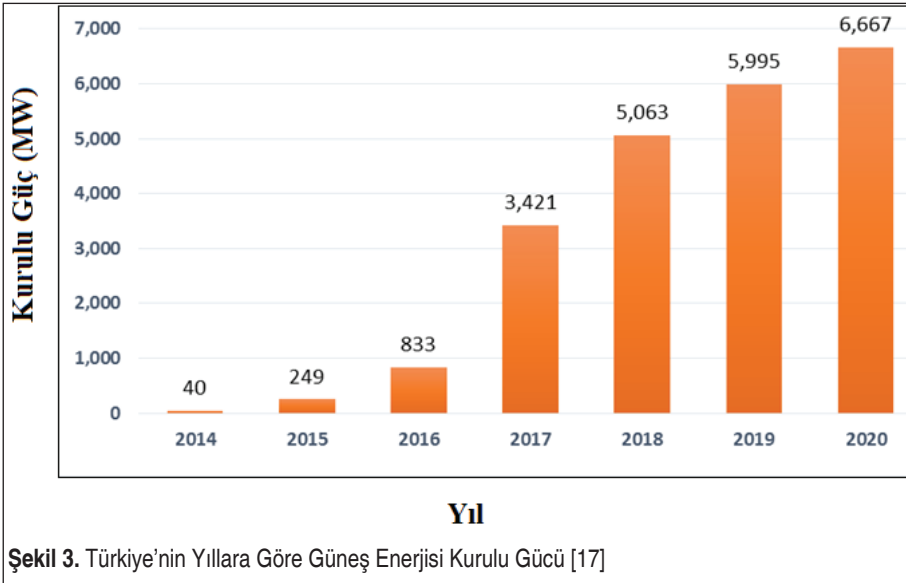




Şekil 2. a) Türkiye için Global radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) b) Güneşlenme Süreleri (Saat) [17]

ortalama 7,5 saattir ve yıllık gelen güneş ışınım şiddeti 1527,46 kWh/m² olup günlük ortalama 4,18 kWh/m²-gün olarak tespit edilmiştir [17]. Şekil 1'de Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası görülmektedir.

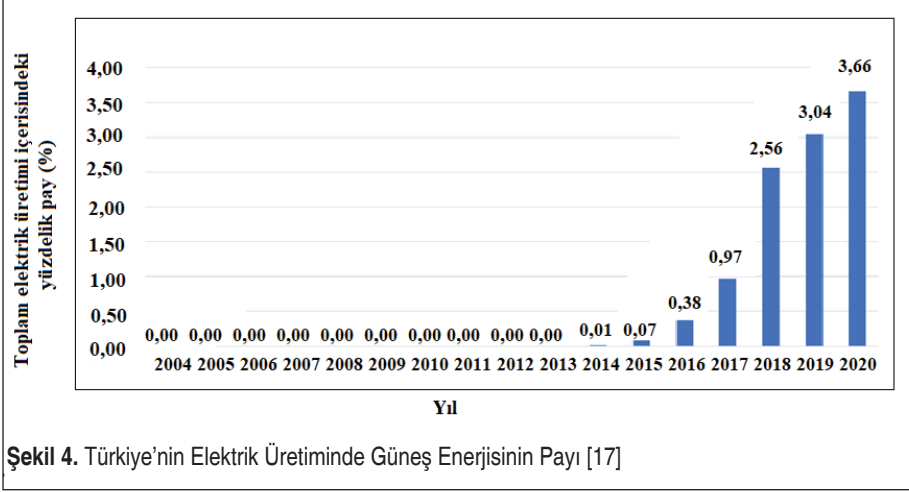
Şekil 2.a'da ülkemizin aylık ortalama güneşlenme süreleri ve Şekil 2.b'de ise güneş ışınım değerleri görülmektedir. En yüksek güneşlenme süresinin temmuz ayında 11,31 saat, en düşük güneşlenme süresinin ise aralık ayında 3,75 saat olduğu görülmektedir. Işınım değerlerinde ise en yüksek değer haziran ayında 6,57 kWh/m²-gün ve en düşük değer aralık ayında 1,59 kWh/m²-gün olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Türkiye'nin Yıllara Göre Güneş Enerjisi Kurulu Gücü [17]



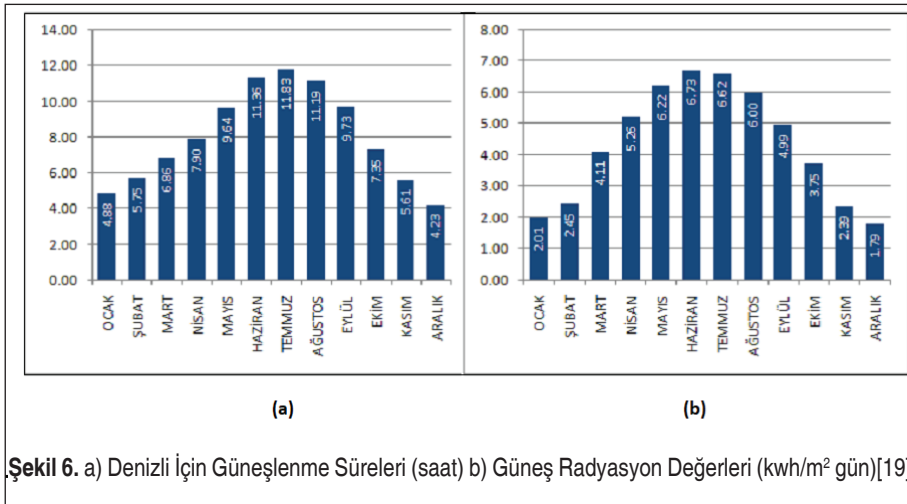
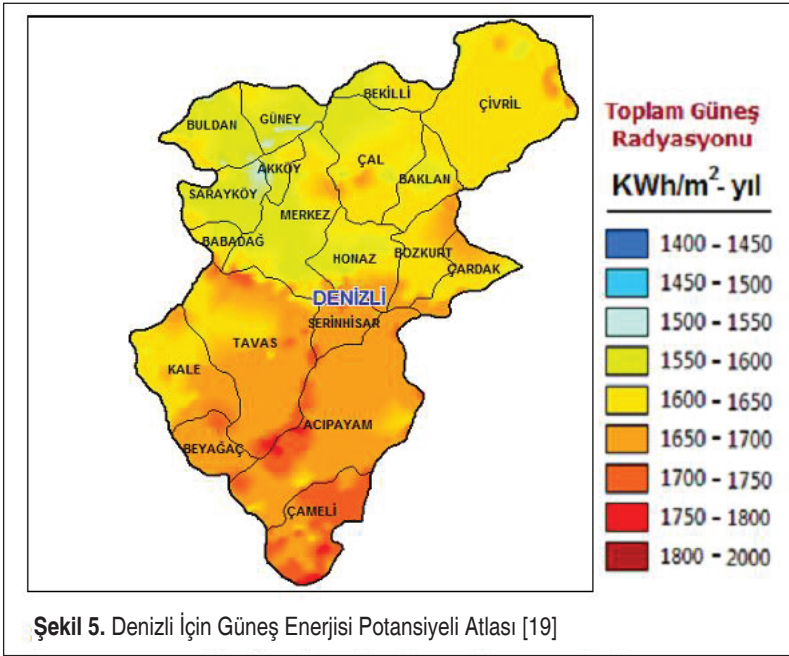
2020 yılı için ülkemizin yıllara göre güneş enerjisine bağlı elektrik kurulu gücündeki değişim Şekil 3'te 6667 MW olarak, toplam elektrik üretimi içerisinde güneş enerjisinin payı ise Şekil 4'te %3,66 olarak verilmiştir.



3. DENİZLİ İLİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİK

Denizli güneş enerjisi açısından oldukça iyi bir potansiyele sahiptir. Şekil 5'de Denizli ilinin güneş ışınımı haritası verilmiştir. Toplam güneş ışınımı değerinin 1550-1750 kWh/m²-yıl değerleri ile ülke ortalamasının üstünde olduğu görülmektedir. Denizli'de bulunan aktif güneş santrallerindeki enerji üretiminin 194 MW olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yapımı tamamlanması beklenen 3 adet santralden de 6,92 MW güç üretilebileceği öngörülmektedir [18].

Şekil 6.a'da aylık ortalama güneşlenme süreleri ve Şekil 6.b'de ise güneş değerleri gösterilmektedir. En yüksek güneşlenme süresi temmuz ayında 11,83 saat, en düşük güneşlenme süresi ise aralık ayında 4,23 saat olarak görülmektedir. Şekildeki ışınım değerlerine bakıldığında ise en yüksek ışınım değerinin haziran ayında 6,73 kWh/m²-gün ve en düşük değer aralık ayında 1,79 kWh/m²-gün olduğu görülmektedir.



4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Panel Yüzey Sıcaklığı ve Çıkış Gücü Analizi

Panel yüzey sıcaklığının çıkış gücüne ve verime etkisini analiz edebilmek için hesap-

lamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar 5 kW gücünde bir güneş paneli dizisi ve 40 m² aktif yüzey alanı varsayımı için yapılmıştır.

Panel yüzey sıcaklığı ve çıkış gücü Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 yardımı ile hesaplanabilir [20].

$$T_y = T_{\text{çevre}} + 0,0256xG \quad (1)$$

Paneller tarafından sağlanan güç;

$$P_{\text{çıkış}} = P_N x \frac{G}{G_{\text{ref}}} [1 + K_T (T_y - T_{\text{ref}})] \quad (2)$$

Burada;

$P_{\text{çıkış}}$; panel çıkış gücü (kW)

P_N ; referans koşullarında fotovoltaik panel nominal gücü (W)

G_{ref} ; referans koşullarında güneş ışınması ($G_{\text{ref}}=1000 \text{ W/m}^2$)

G ; gelen güneş ışınımı (W/m^2)

K_T ; maksimum gücün sıcaklık katsayısıdır (Poli Si-C için $K_T=-3,7x10^{-3} (1/^\circ\text{C})$ [20].

T_y ; panel yüzey sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

$T_{\text{çevre}}$; çevre sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

T_{ref} ; referans koşullarında panel yüzey sıcaklığı ($T_{\text{ref}}=25 \text{ }^\circ\text{C}$) dir.

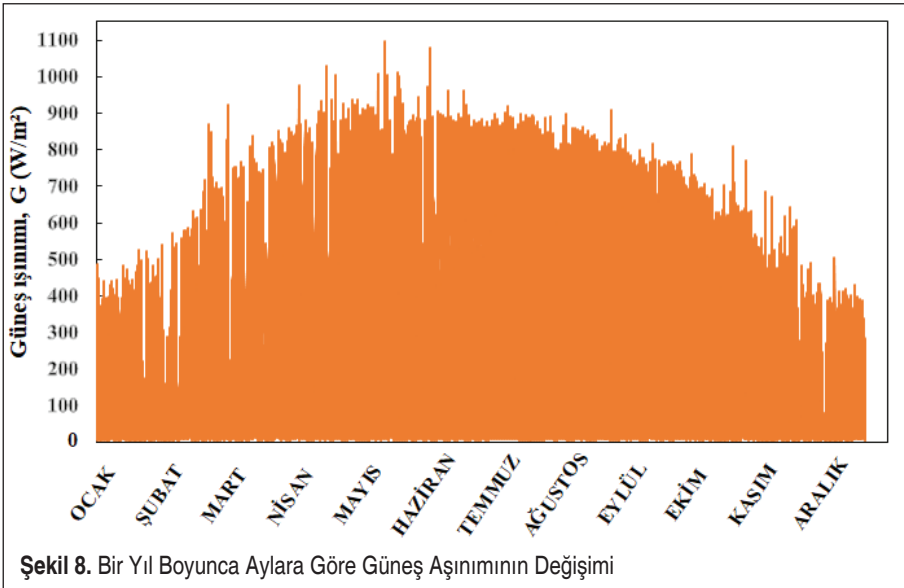
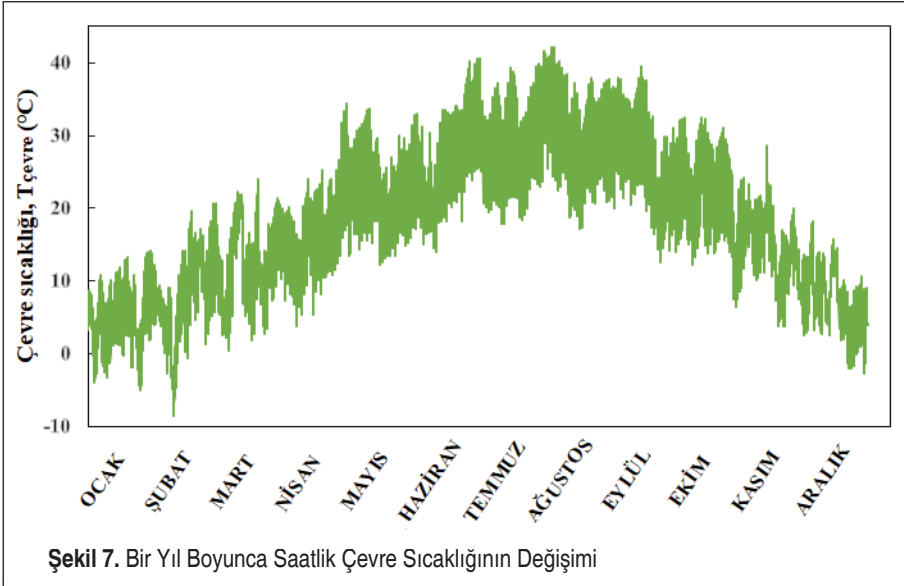
Panel verimi ise eşitlik 3 ile hesaplanmıştır.

$$\eta = \frac{P_{\text{çıkış}}}{G \cdot A} \quad (3)$$

Panel verim değerlerinin hesaplanmasında ise Eşitlik 3 kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan meteorolojik veriler, Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi'ndeki ölçümlerden alınmıştır. Şekil 7'de çevre sıcaklığının bir yıl boyunca saatlik değişimi verilmiştir. Çevre sıcaklığı $-7,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $42,1 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değerler almaktadır. Şekil 8'de güneş ışınımının yıl boyunca saatlik değişimi verilmiştir. Yıl boyunca gelen güneş ışınım değerlerine bakıldığında maksimum değer 1098 W/m^2 olduğu görülmektedir.

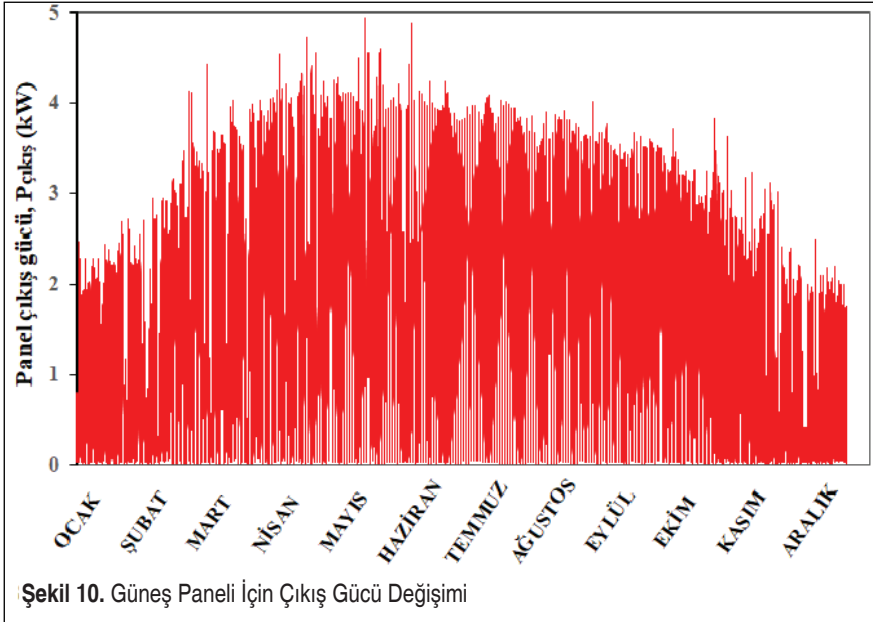
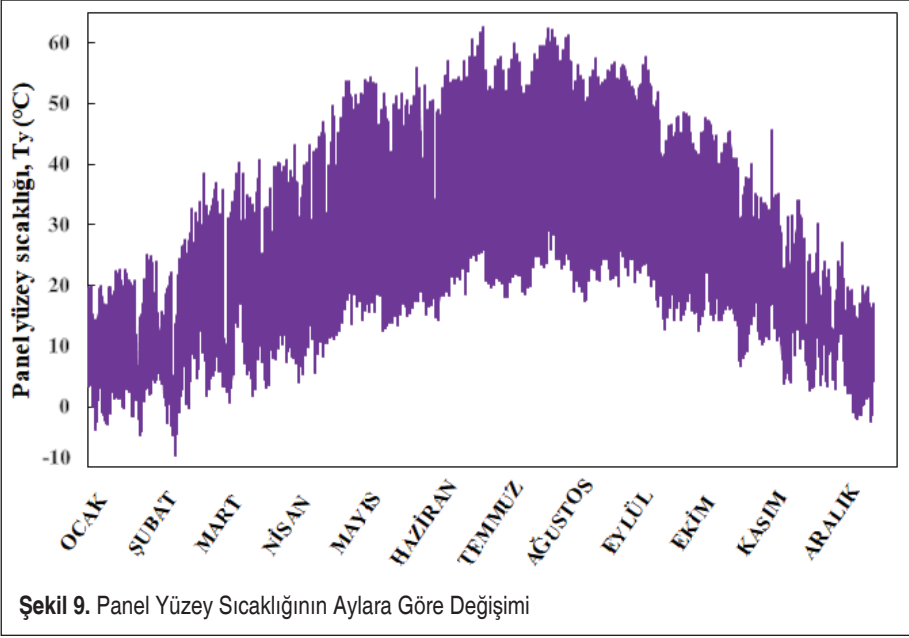
Şekil 9'da sıcaklık değerlerinin $-7 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $62 \text{ }^\circ\text{C}$ aralığında değiştiği görülmektedir. Beklendiği gibi yaz aylarında yüzey sıcaklıkları en yüksek değerlerini almaktadır. Sıcaklıktaki bu artışlar verimi olumsuz etkilemektedir.

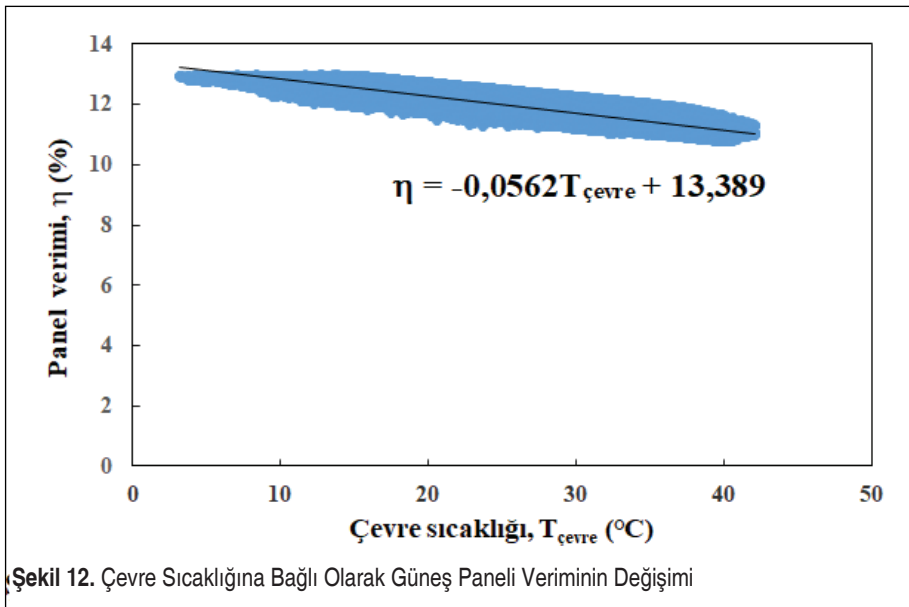
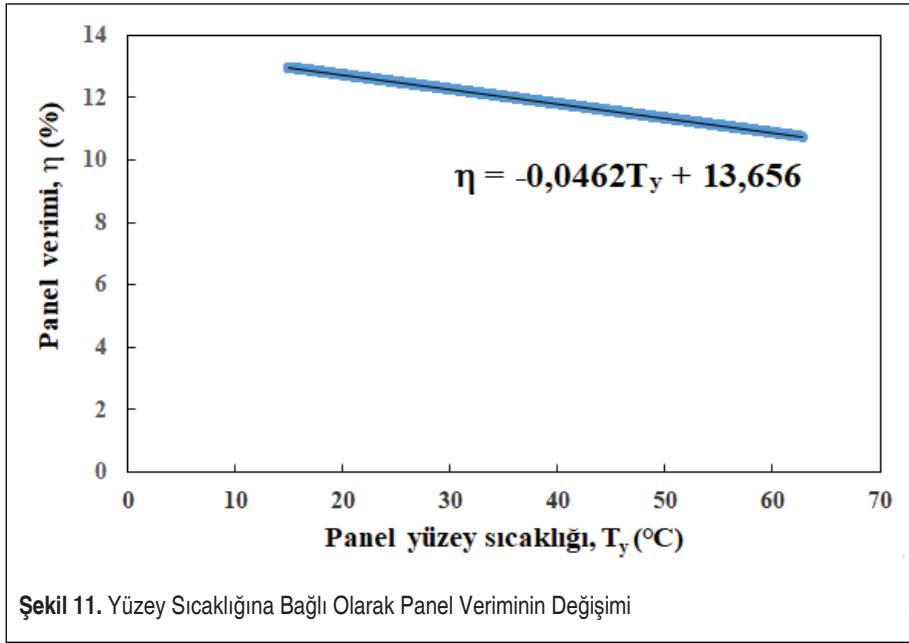
Şekil 10'da panel çıkış gücünün aylara göre değişimi verilmiştir. Aralık ve ocak ayları, en düşük panel çıkış gücünü gösterirken diğer aylarda daha yüksek çıkış güçleri



elde edilmiştir. Yaz aylarında gelen güneş ışınım değerlerinin artmasıyla birlikte çıkış gücü değerlerinde de artış görülmektedir.

Şekil 11’de güneş paneli yüzey sıcaklığına göre verimin değişimi verilmiştir. Şekilde yüzey sıcaklığındaki artışla verimin doğrusal olarak düştüğü görülmektedir. Bu dü-





şüşün, her 5 °C'lik sıcaklık artışı için yaklaşık % 0,3 değerinde olduğu bulunmuştur. Örneğin; 30 °C sıcaklıkta verim %12,25 iken, sıcaklık 35 °C'de verim %12, sıcaklık



40 °C’de verim 11,73, sıcaklık 45 °C’de verim %11,57 ve 50 °C sıcaklıkta ise verim %11,3 olmaktadır.

Şekil 12’de çevre sıcaklığına göre panel veriminin değişimi gösterilmiştir. Çevre sıcaklığındaki artışla panel veriminin doğrusal olarak azaldığı görülmektedir. Çevre sıcaklığı arttıkça yüzey sıcaklığı da artmış ve bunun sonucunda da verim azalmıştır.

5. SONUÇLAR

Elektrik üretiminde dışa bağımlılığın ve sera gazları yayılımının azaltılmasında fotovoltaik güneş panellerinin kullanımı oldukça önem kazanmaktadır. Hem konutlarda çatılara yerleştirilen güneş panelleri ile hem de uygun arazilere kurulan güneş enerji santralleri ile güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Fotovoltaik panellerden elektrik enerjisi üretimi kolay olmasına karşın panellerin üretim verimliliğini etkileyen pek çok faktör söz konusudur. Sıcaklık, ışınım, nem, rüzgâr hızı vb. gibi verimi etkileyen çevresel faktörler arasındadır. Bu faktörlerin en önemlilerinden biri panel yüzey sıcaklığıdır. Yüzey sıcaklığındaki artış verimi olumsuz etkilemektedir.

Çevre sıcaklığındaki artışla yüzey sıcaklığının da arttığı ve bu artışın verimi olumsuz etkilediği bu çalışmada yapılan hesaplamalarda da görülmüştür. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yüzey sıcaklığının yükselmesiyle verimin doğrusal olarak azaldığı görülmüştür. Sıcaklıktaki 5 °C artış için verimdeki azalmanın yaklaşık % 0,3 değerinde olduğu bulunmuştur. Literatürdeki çalışmalarda da benzer şekilde yüzey sıcaklığının artışıyla verimin azaldığı belirtilmiştir [11-13].

Literatürde, Denizli için yapılmış mevcut çalışmalardaki sonuçlar incelendiğinde, çevre sıcaklığındaki artış ile panel yüzey sıcaklığının arttığı ve verimin düştüğü belirtilmektedir. Ceylan vd. tarafından, fotovoltaik panel yüzey sıcaklığının yapay sinir ağları ile tahmini üzerine yapılan çalışmada, Denizli için, fotovoltaik panelin elektriksel verim değerlerinin %10,41 ile %11,84 aralığında, panel yüzey sıcaklığı değerlerinin 19,2 °C ile 46,8 °C aralığında değiştiği belirtilmiştir [21]. Yilanci vd. tarafından yapılan çalışmada, fotovoltaik-hidrojen/yakıt hücresi hibrit enerji sistemi için enerji verimliliğinin %11,2 ile %12,4 aralığında bulunduğu belirtilmiştir [22]. Ekren vd. yaptıkları çalışmada, deneysel ölçüm sonuçlarına göre, ortam sıcaklığı 26,9 °C iken hücre sıcaklığının 56,89 °C, ortam sıcaklığı 30,34 °C iken hücre sıcaklığının 63,64 °C olduğu ve böylece ortam sıcaklığının artmasıyla hücre sıcaklığı değerinin arttığını belirtmişlerdir. [23].

Panel yüzey sıcaklığındaki artışın, verim üzerindeki olumsuz etkisini azaltabilmek için, panellere soğutma işlemi yapılması gerekmektedir. Güneş panellerinin soğutulmasında pek çok yöntem kullanılmaktadır ve soğutma işlemi için en etkin ve doğru yöntem seçilmelidir. Bir sonraki çalışma, panellerin soğutulması için en etkin sistemin belirlenmesi üzerine yapılabilir.



Güneş enerjisinin daha verimli kullanımı ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olan ancak elektrik üretiminde çok büyük oranda ithal kaynak kullanan ülkemiz için gelecekte güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payının artması beklenmektedir.

SEMBOLLER

$P_{\text{çıkış}}$	Panel çıkış gücü [W]
P_N	Referans koşullarında fotovoltaik panel nominal gücü [W]
G_{ref}	Referans koşullarında güneş ışıması [W/m^2]
G	Gelen güneş ışımasını [W/m^2]
K_T	Maksimum gücün sıcaklık katsayısıdır [$1/^\circ C$]
T_y	Panel yüzey sıcaklığı [$^\circ C$]
$T_{\text{çevre}}$	Çevre sıcaklığı [$^\circ C$]
T_{ref}	Referans koşullarında panel yüzey sıcaklığı [$^\circ C$]
η	Panel verimi

KAYNAKÇA

1. **Dumrul, H., Yılmaz, S., Kaya, M., Ceylan, İ.** 2021. "Energy analysis of concentrated photovoltaic/thermal panels with nanofluids," *International Journal of Thermodynamics*, vol.24, no.3, p.227-236.
2. **Hasanuzzaman, M., Malek, A.B.M.A., Islam, M.M., Pandey, A.K., Rahim, N.A.** 2016. "Global advancement of cooling technologies for PV systems: a review," *Solar Energy*, vol.137, p.25-45.
3. **Preet, S.** 2018. "Water and phase change material based photovoltaic thermal management systems: a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, p. 791-807.
4. **Kazem, A.H.** 2019. "Evaluation and analysis of water-based photovoltaic/thermal (PV/T) system," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol.13, p.100401.
5. **Das, M. R.** 2019. "Effect of different environmental factors on performance of solar panel," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol.8, no.11, s.15-18.
6. **Mutlu, G.** 2021 "Çevresel parametrelerin güneş santrallerinin verimine etkisinin parametrik incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
7. **Piyatida T., Chumnong, S. and Dhirayut, C.** 2009 "Estimating operating cell temperature of BIPV surfaces in Thailand," *Renewable Energy*, vol. 4, no. 11, p. 2515-2523.
8. **Marion, B. Kroposki, B., Emery, K., Cueto, J.D., Myers, D. and Osterwald, C.** 1999. "Validation of a photovoltaic surface energy rating procedure at NREL," *NREL/TP-520-26909*.



9. **King, D.L, Boyson, W.E. and Kratochvil, J.A.** 2004. "Photovoltaic array performance model," SAND2004-3535.
10. **Skoplaki, E., Palyvos, J.A.N.** 2009. "On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations," *Solar Energy*, vol.83, p.614-624.
11. **Katkar, A.A, Shinde, N.N. Patil, P.S.** 2011. "Performance & evaluation of industrial solar cell w.r.t. temperature and humidity," *International Journal of Research in Mechanical Engineering and Technology*, vol.1, p.69-73.
12. **Daher, D.H., Gaillard, L., Amara, M. and Ménézo, C.** 2018. "Impact of tropical desert maritime climate on the performance of a PV grid-connected power plant," *Renewable Energy*, 125, p.729-737.
13. **Sahay, A., Sethi, V.K., Tiwari, A.C., Pandey, M.** 2015. "A review of solar photovoltaic panel cooling systems with special reference to ground coupled central panel cooling system (GC-CPCS)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.42, p.306-312.
14. **Arslan, İ.** 2018. "Tekirdağ koşullarında polikristal ve monokristal tip PV güneş panellerinin verimlilik karşılaştırılması," *Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.*
15. **Baghdadi, I., ElYaakoubia, A., Attari, K., Leemrani, Z., Assealman, A.** 2018. "Performance investigation of a PV system connected to the grid," *Procedia Manufacturing*, vol. 22, p.667-674.
16. **Meral, M.E., Dinçer F.** 2011. "A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.15, p.2176-2184.
17. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>
18. <https://www.enerjiatlası.com/sehir/denizli/>
19. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/20.aspx>
20. **Daud, A.K., Mahmoud, S.I.** 2012. "Design of isolated hybrid systems minimizing costs and pollutant emissions," *Renewable Energy*, vol. 44, p.215-224.
21. **Ceylan, İ., Erkaymaz, O., Gedik, E., Gürel, A.E.** 2014. "The prediction of photovoltaic module temperature with artificial neural networks." *Case Studies in Thermal Engineering*, vol.3, p.11-20.
22. **Yilanci, A., Dincer I., Ozturk, H.K.** 2009. "A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications." *Progress in Energy and Combustion Science*, vol.35, p. 231-244.
23. **Ekren, O., Yilanci, A., Cetin, E., Ozturk, H.K.** 2011. "Experimental performance evaluation of a PV-powered refrigeration system." *Electronics and Electrical Engineering*, vol. 8(114), Issn:1392-1215.