

## IŞINIM, RÜZGAR HIZI VE ÇEVRE SICAKLIĞININ PASİF SOĞUTUCULU FOTOVOLTAİK PANEL GÜÇ ÇIKIŞINA ETKİSİ

Ahmet Erhan AKAN<sup>1\*</sup>, Dinçer AKAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Tekirdağ / Türkiye

<sup>2</sup>Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Edirne / Türkiye

**Makale Künye Bilgisi:** Akan A.E. & Akal D. (2021). Işınım, Rüzgâr hızı ve Çevre sıcaklığının Pasif Soğutucu Fotovoltaik Panel Güç Çıkışına Etkisi, *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(2), 65-72.

### Öne çıkanlar

- Pasif konveksiyonel soğutucu kanatçık
- Atmosferik koşulların fotovoltaik çıkış gücüne etkisi
- Fotovoltaik panellerin çıkış gücü iyileştirilmesi

Makale Bilgileri	Öz
<b>Makale Tarihi:</b> Geliş: 27 Aralık 2021 Kabul: 29 Aralık 2021	Bu çalışmada, fotovoltaik panellerin çıkış gücünü olumsuz olarak etkileyen yüksek çalışma sıcaklıklarını düşürebilmek amacı ile panellerin alt yüzeylerine yerleştirilen alüminyum kanatçıkların konveksiyonel soğutmadaki etkileri çevre sıcaklığı, rüzgâr hızı ve ışınım parametrelerine bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Bu amaçla, Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yerleşkesine kurulan deney düzeneği kullanılmıştır. Deneysel çalışma Temmuz (2020) ayında 31 gün boyunca yapılmış ve elde edilen deneysel veriler 10'ar dakika aralıklar ile kayıt altına alınmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre güneş panelinde, pasif soğutucu alüminyum kanatçıkların kullanılması durumunda, panel çıkış gücünde %9,07'lik bir artış sağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca soğutma amaçlı kanatçık bulunduran panelin çıkış gücüne, çevre sıcaklığının %3-11 aralığında, rüzgar hızının %7-12 aralığında, güneş ışınımının ise %6-12 aralığında pozitif etkisi olduğu belirlenmiştir.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Fotovoltaik; Çevre sıcaklığı; Rüzgar hızı; Işınım şiddeti; Çıkış gücü.	

## EFFECTS OF RADIATION, WIND SPEED AND AMBIENT TEMPERATURE ON PASSIVE COOLER PHOTOVOLTAIC PANEL POWER OUTPUT

Article Info	Abstract
<b>Article History:</b> Received: December 27, 2021 Accepted: December 29, 2021	In this study, the effects of aluminum fins placed on the lower surfaces of the panels on convection cooling are investigated depending on the ambient temperature, wind speed and radiation parameters in order to reduce the high operating temperatures that adversely affect the output power of the photovoltaic panels. For this purpose, the experimental setup established in the Trakya University Engineering Faculty campus was used. The experimental study was carried out for 31 days in July (2020) and the experimental data obtained were recorded at 10-minute intervals. According to the results obtained from the study, it has been determined that an increase of 9.07% in the panel output power is achieved when passive cooling aluminum fins are used in the solar panel. In addition, it has been determined that the output power of the panel with cooling fins has a positive effect between 3-11% of the ambient temperature, 7-12% of the wind speed, and 6-12% of the solar radiation.
<b>Keywords:</b> Photovoltaic; Ambient temperature; Wind speed; Radiation intensity; Output power.	

## 1. Giriş

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi temiz enerji üretmek ve düşük karbon ekonomisine geçişin en iyi alternatifleri arasında yer almaktadır. Ancak güneş enerji sistemlerinden elde edilecek maksimum elektrik miktarı birçok unsura bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu anlamda santral kurulumları öncesi bölgenin saha iklim koşulları dikkate alınarak fizibilite çalışmalarının yapılması ve doğru işletme şartlarının sağlanması büyük önem arz etmektedir. Aksi halde sistem verimliliği düşecek ve yatırımın geri dönüş süresi uzayacaktır.

Güneş enerji sistemlerinde elektrik dönüşüm verimliliğinin azalmasına neden olan en önemli faktörlerden biriside fotovoltaik panellerde yüzey sıcaklığının artmasıdır. Sıcaklık artışı sistem verimliliğini düşürmekle birlikte fotovoltaik panel kullanım ömrünü de azaltmaktadır. Bu nedenle çevre sıcaklığının artması ile birlikte fotovoltaik hücrelerde elektrik enerjisi üretimi esnasında sıcaklık artışı ile panel üzerindeki ısı birikmesi engellenmelidir. Fotovoltaik panel yüzey sıcaklığının düşürülmesi için literatürde çok farklı soğutma uygulamaları yapılmasına rağmen verim arttırmaya yönelik araştırmalar devam etmektedir. Bu çalışmalardan birinde fotovoltaik modül performansının güneş ışınımı ve rüzgar hızı değişimi ANSYS programı ile analiz edilmiş ve fotovoltaik panel arka yüzeyine uygulanan düzlemsel reflektörlü kanatçıklar arasındaki adımın artması ile modül sıcaklığının azaldığı ve daha yüksek verim elde edildiği belirlenmiştir (Elbreki, vd. 2020). Alüminyum kanatçık plaka kullanılarak doğal konveksiyon ile soğutulan fotovoltaik panellerin performansını arttırmak için yapılan deneysel bir çalışmada ise optimum alüminyum kanatçık plaka tasarımı sayesinde güneş enerjisinden elektrik eldesinde dönüşüm verimliliğinin % 1,75 arttığı tespit edilmiştir (Mays, vd. 2017). Benato ve Stoppato (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, minimum su kullanımı ile soğutma yaparak, modül sıcaklığını

düşürecek bir tasarım incelenmiştir. Tasarlanan sistemde, 90°'lik açı ile 3 adet su püskürtme nozulu kullanılarak maliyet ve soğutma optimizasyonu sağlanmış ve modül sıcaklığı düşürülmüştür. Shalaby, vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise, çıkış güçleri aynı olan 2 adet fotovoltaik panelden birisi standart halde iken diğer panelin arka yüzeyine su soğutma sistemi uygulanmıştır. Standart panelde % 17,4 verim elde edilirken su soğutmalı panelin yüzey sıcaklığı düşürülerek verimin % 19,8 değerine ulaştığı görülmüştür. Perez, vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise fotovoltaik modüllerinin çalışma sıcaklığını düşürmek için panel alt yüzeyine alüminyum kanatlı pasif soğutucu profil önerilmiştir. Farklı genişlikte iki adet kanat profili prototip olarak üretilerek termal performansı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre basınç düşüşü önemli ölçüde azaltılarak değişken yönlü bir rüzgar akışında termal tepkinin daha tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Önerilen alüminyum pasif soğutucu modeli ile sıcaklık 7°C daha düşürülmüş ve geleneksel geometrideki soğutuculara göre daha iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Bhakre, vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise su soğutmalı sistemlerde güneş panellerinin modül sıcaklığının düşürülmesi için ön ve arka yüzey soğutmasının kombine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre güneş panellerinin ön yüzeylerine su verilmesinin modül sıcaklığını daha fazla düşürdüğü ve bu yöntemle fotovoltaik panel yüzeyi temizlendiği için optik kayıpların da azaldığı tespit edilmiştir. Akman (2019) tarafından yapılan bir araştırmada, fotovoltaik hücrelerin aşırı ısınmasını önlemek ve verim artışı sağlamak için su kanallı ve su serpantinli farklı iki soğutma sistemi karşılaştırılmıştır. Su kanallı sistemin serpantinli sisteme göre daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Kerem, vd. (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, güneş paneli yüzey soğutma işleminin elektriksel verime etkisi incelenmiştir. Bunun için panelin üst kısmına yerleştirilen bir boru ile soğutma suyu homojen bir şekilde panel yüzeyine gönderilerek

soğutma sağlanmıştır. Bu şekilde %14,47 verim artışı sağlandığı ifade edilmiştir. Mutlu, (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise fotovoltaik panellerin verimini etkileyen çevresel parametreler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre güneş ışınımı ve rüzgâr hızının panel verimi üzerinde oldukça etkili olduğu ifade edilmiştir. Das, (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ise çevresel faktörlerin fotovoltaik panel performansına etkisi incelenmiştir. Buna göre sıcaklığın panel verimini düşürdüğü, rüzgar hızının, ışınımın ve hava basıncının panel verimine pozitif etkisi olduğu ve nemin ise paslanmalara sebep olduğu sonucuna varılmıştır. Amajama, (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, güneş panellerinden elde edilen çıkış voltajının, hava basıncındaki artışla arttığı sonucuna varılmıştır.

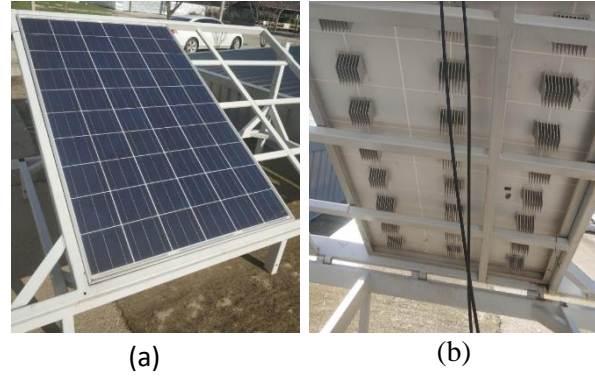
Güneş enerji sistemlerinde verimin azalmaması için panel yüzey sıcaklık artışının önlenmesi esastır. Bu sebeple, fotovoltaik modüllerin arka yüzeyinde mevcut olan termal enerjinin azaltılması için hava akımı oluşturmak bir çözümdür. Böylece panel alt yüzeyi altındaki sıcak hava taşınım yolu ile uzaklaştırılmış olur. Bu işlem için az elektrik enerjisi tüketen DC fanlar kullanılabilir (Joshi, vd. 2008).

Bu çalışmada, fotovoltaik modüllerin çalışma sıcaklıklarının düşürülerek daha verimli çalışmalarını sağlamak amacı ile modüllerin arkasına yerleştirilen alüminyum kanatçıkların konveksiyonel soğutmadaki etkileri çevre sıcaklığı, rüzgar hızı ve güneş ışınımı parametreleri altında incelenmiştir. Elde edilen sonuçların panel soğutma teknolojilerinin geliştirilmesine yararlı olacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

Güneş enerjisinden elektrik üretimi için Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yerleşkesinin güney yönündeki sahada özel taşıyıcı bir sistem üzerine 25°eğim açısı ile özdeş 2 adet 260 watt gücünde polikristal fotovoltaik panel kurulumu yapılmıştır. Bu

deney düzeneğindeki bir panel standart halde iken diğer panelin arka yüzeyine sıcaklığın düşürülmesi amacıyla Şekil 1’de görüldüğü gibi 80x60 mm ölçüsünde 30 adet alüminyum pasif soğutucu uygulanmıştır. Bu çalışmada saat 09.00 ile 18.00 arasında 10 dakikalık periyodlarla her iki panelden elde edilen güç değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 1. Fotovoltaik panelin (a) ön yüzü, (b) arka yüzü

Deneyler Edirne coğrafi şartlarında Temmuz (2020) ayı boyunca sürmüştür. Ayrıca panellerden elde edilen enerji ölçümleri ile birlikte eş zamanlı olarak mevcut sistemin kurulu olduğu sahadaki güneş ışınımı, çevre sıcaklığı ve rüzgâr hızı değerleri de ölçülerek kaydedilmiştir. Her iki panelden elde edilen güç çıkış değerlerine göre 30 gün sonunda toplam enerji miktarı hesaplanmıştır. Kurulumun yapıldığı sahadaki çevresel şartların, her iki panelin (Standart fotovoltaik panelin ve arka yüzeyine alüminyum pasif soğutucu uyguladığımız panelin) güç çıkışına etkisi analiz edilerek ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Fotovoltaik modüllere ait teknik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Fotovoltaik panelin teknik özellikleri

Güneş Modül Tipi	JKM 260P-60
Maximum Güç ( $P_{max}$ )	260 W
Güç Toleransı	0~+3%
Maximum Güç Voltajı ( $V_{mp}$ )	31,1 V
Maximum Güç Akım ( $I_{mp}$ )	8,37 A
Açık Devre Voltajı ( $V_{oc}$ )	38,1 V
Kısa Devre Akımı ( $I_{sc}$ )	8,98 A

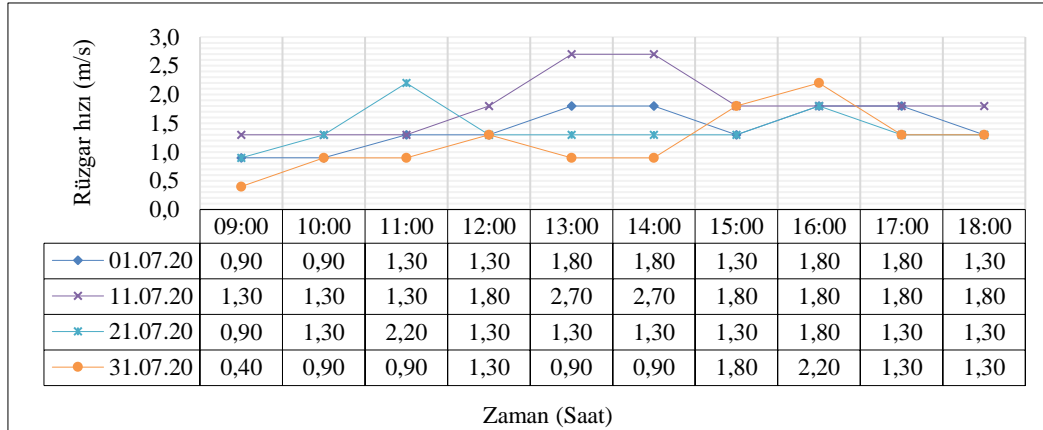
Nominal Çalışma Hücre Sıcaklığı (NOCT)	45±2°C
Maximum Sistem Voltajı	1000 VDC
Maximum Sigorta Değeri	15 A
Çalışma Sıcaklığı	-40°C~+8°C
Uygulama Sınıfı	A
Ağırlık	18,5 kg
Boyutlar	1650×992×40 (mm)

### 3. Bulgular ve Tartışma

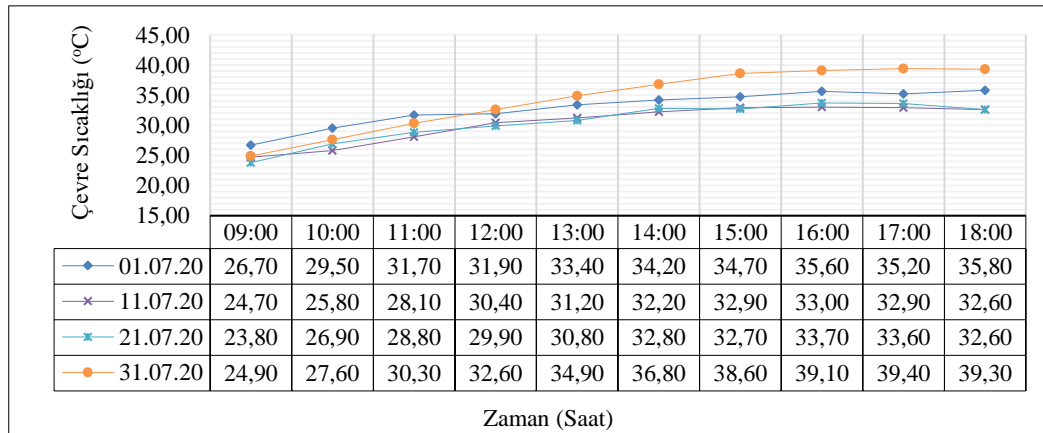
Deneyin gerçekleştirildiği Temmuz ayı boyunca, 10'ar dakika aralıklarla elde edilen panel verileri ile çevresel parametre değerlerinin daha kolay analiz edilmesi amacı ile Temmuz ayı 10'ar günlük periyotlara bölünmüş ve 01-11-21 ve 31 Temmuz tarihleri arasındaki deneysel verilerin ortalamaları baz alınmıştır. Buna göre incelenen çevresel parametre değerleri ile her iki panel tipine ait ilgili bulgular sırası ile sunulmuştur.

### 3.1. Gözlemlenen çevresel parametreler

Modüllerin arkasına yerleştirilen pasif soğutucu sayesinde konveksiyonel soğutmaya etkisi incelenen rüzgar hızı, çevre sıcaklığı ve ışınım şiddeti parametrelerine ait deneysel verilerden elde edilen grafikler Şekil 2-4'de sırasıyla sunulmuştur. Şekil 2'de, seçilen dört farklı gün için saatlik ortalama rüzgar hızı değişimleri görülmektedir. Gün içinde rüzgar hızı şiddetinin genellikle saat 11:00-15:00 aralığında arttığı, günün son saatlerinde ise genellikle 1,30-1,80 m/s hızlarında estiği tespit edilmiştir. Şekil 3'de ise çevre sıcaklığının seçilen günlerdeki saatlik ortalama değerleri sunulmuştur. Buna göre, çevre sıcaklığının gün içerisinde ışınımına bağlı olarak saat 15:00'a kadar sürekli artmakta olduğu ve saat 15:00'dan sonra ise kısmen azalmaya başladığı tespit edilmiştir.



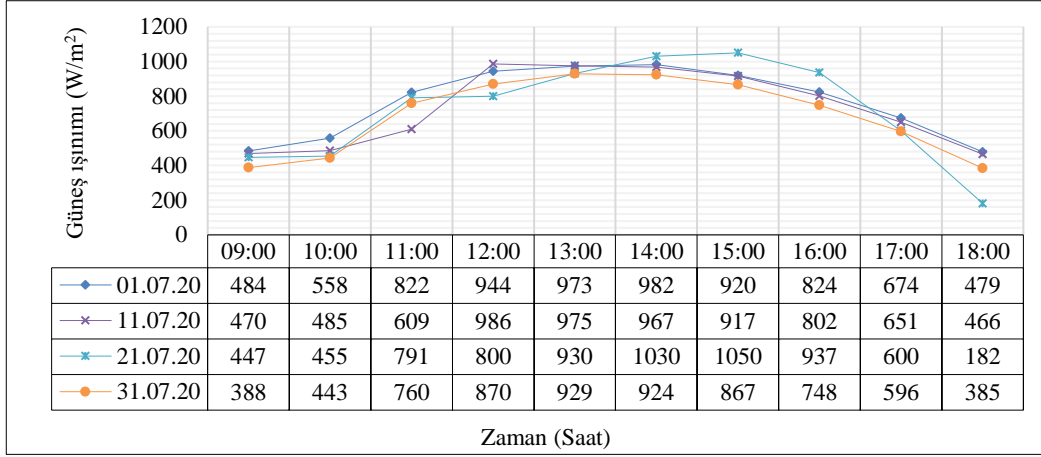
Şekil 2. Seçilen dört gün için saatlik ortalama rüzgar hızı değerleri



Şekil 3. Seçilen dört gün için saatlik ortalama çevre sıcaklık değerleri

Şekil 4’de ise ışınım şiddetinin gün içindeki saatlik ortalama değişimi verilmiştir. Şekil 3’de verilen çevre sıcaklığındaki artış eğiliminin ışınım şiddetindeki artış sebebi ile olduğu ifade edilmişti. Şekil 4 incelendiğinde

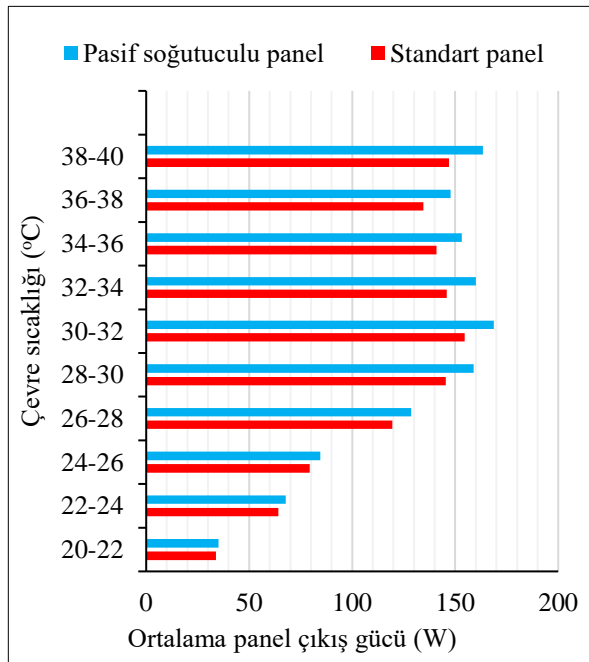
ise gün içerisinde ışınım şiddeti değerlerinin, saat 15:00’a kadar artış gösterdiği, saat 15:00’dan sonra ise azalmaya başladığı açıkça görülmekte ve bu tespiti doğrulamaktadır.



Şekil 4. Seçilen dört gün için saatlik ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri

### 3.2. Çevre sıcaklığı etkisinin incelenmesi

Deneyin yapıldığı Temmuz ayı boyunca 10’ar dakika aralıklar ile kayıt altına alınan tüm verilerden yararlanılarak çevre sıcaklığının 20 °C - 40°C arasında değiştiği kayıt edilmiştir. Buna göre çevre sıcaklığı ve panel çıkış gücü arasındaki ilişkiyi veren grafik Şekil 5’de verilmiştir.



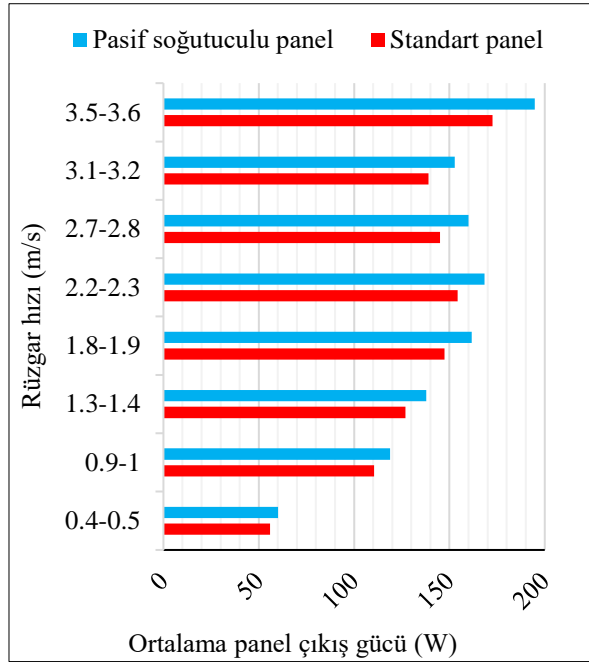
Şekil 5. Çevre sıcaklığı ile panel çıkış gücünün değişimi

Şekil 5 incelendiğinde, pasif soğutucu kullanılan panelin tüm çevre sıcaklığı aralıklarına karşılık soğutucu kullanılmayan standart panelin çıkış gücüne göre daha fazla çıkış gücü ürettiği görülmektedir. Bu iki panel tarafından üretilen çıkış gücündeki farkın çevre sıcaklığının artışı ile daha fazla olduğu da tespit edilmiştir. Çevre sıcaklığının 20-22°C aralığında olduğu en düşük çevre sıcaklığı grubunda paneller arasında üretilen çıkış gücü farkının 1,284 W/m<sup>2</sup> olduğu, 28-30 C aralığında ise 13,531 W/m<sup>2</sup> olduğu ve en yüksek çevre sıcaklığı grubu olan 38-40°C aralığında ise panel çıkış güçleri arasındaki farkın 16,429 W/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise standart fotovoltaik panele pasif soğutucu kanatçık ilavesi ile çevre sıcaklığının tüm değer aralıkları göz önüne alındığında panel çıkış gücüne katkısının %3,80 ile %11,18 aralığında değiştiği tespit edilmiştir.

### 3.3 Rüzgar hızı etkisinin incelenmesi

Deney esnasında kayıt altına alınan rüzgar hızları 0,4 ile 3,6 m/s aralığında değişim göstermiştir. Analiz için rüzgar hızları 0,1 m/s lik 8 gruba ayrılarak

incelenmiştir. Rüzgar hızı – panel çıkış gücü arasındaki ilişki Şekil 6’da sunulmuştur.



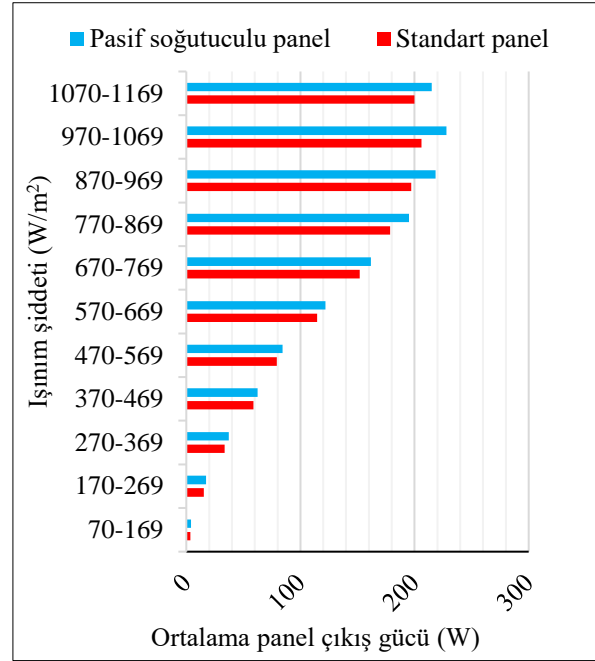
Şekil 6. Rüzgar hızı ile panel çıkış gücünün değişimi

Şekil 6 incelendiğinde, pasif soğutucu kanatçık kullanımının tüm rüzgar hızı gruplarında standart panelden elde edilen çıkış gücüne göre daha iyi sonuçlar sergilediği görülmektedir. Ayrıca artan rüzgar hızlarında soğutucu kanatçığın daha iyi performans göstererek panel çıkış gücüne pozitif etki gösterdiği de Şekil 6’dan anlaşılmaktadır. 0,4-0,5 m/s aralığındaki rüzgar hızı grubunda, pasif soğutuculu panelin standart panele göre  $4,22 \text{ W/m}^2$ , 2,2-2,3 m/s aralığında  $14,03 \text{ W/m}^2$ , en yüksek rüzgar hızı grubu olan 3,5-3,6 m/s rüzgar hızı grubunda ise  $22,12 \text{ W/m}^2$  daha fazla çıkış gücü elde ettiği tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, pasif soğutucu kanatçık kullanımı ile fotovoltaik panelden elde edilen çıkış gücündeki artışın %7,55 ile %12,81 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

### 3.4. Güneş ışınımı etkisinin incelenmesi

Deney süresince 10’ar dakika aralıklar ile kayıt altına alınan ışınım verilerinin değerleri 70 ile  $1169 \text{ W/m}^2$  arasında değişim göstermiştir. Işınım etkisinin daha

kolay incelenebilmesi için ışınım değerleri  $100 \text{ W/m}^2$ ’lik gruplara ayrılarak incelenmiştir. Bu durumda elde edilen ışınım ile panel çıkış gücü arasındaki ilişkiyi veren grafik Şekil 7’de sunulmuştur.



Şekil 7. Güneş ışınımı ile panel çıkış gücünün değişimi

Şekil 7 incelendiğinde, pasif soğutuculu panelden elde edilen çıkış gücünün, standart panelden elde edilen çıkış gücüne nazaran tüm ışınım şiddeti gruplarında daha fazla olduğu görülebilmektedir. En düşük ışınım şiddeti grubu olan  $70-169 \text{ W/m}^2$ ’lik grupta pasif soğutucu panelin, standart panelden  $0,39 \text{ W/m}^2$  daha fazla çıkış gücü sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek ışınım şiddeti grubu olan  $1070-1169 \text{ W/m}^2$ ’lik grup incelendiğinde ise pasif soğutuculu grubun standart panelden  $15,10 \text{ W/m}^2$  daha fazla çıkış gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak panel çıkış gücüne ışınım etkisi değerlendirildiğinde ise bu etkinin rüzgar hızı ve çevre sıcaklığı gibi kısmen doğrusal bir oranda olmadığı belirlenmiştir. Örneğin gruplandırılmış ışınım değerleri arasında 970 ile  $1169 \text{ W/m}^2$ ’lik grupta üretilen çıkış gücü değerlerinin diğer tüm ışınım grupları tarafından sağlanan çıkış gücü değerlerinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Buradan ışınım şiddetinin gereğinden fazla olması durumunda

ise çevre ve panel sıcaklığını arttırdığı için çıkış gücünün azalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, pasif soğutucu kanatçık kullanan panelin çıkış gücü, standart panel çıkış gücüne göre %6,09 ile %12,02 arasında değişen ışınımına bağlı çıkış gücü artışı sağladığı tespit edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, fotovoltaik panellerin çalışma sıcaklıklarının ilave bir enerji gereksinimi duyulmaksızın alüminyum kanatçık yardımı ile konveksiyonel olarak soğutulması, çevre sıcaklığı, rüzgar hızı ve güneş ışınımı açısından araştırılmıştır.

Temmuz ayında gerçekleşen deneyden elde edilen sonuçlara göre soğutma kanatçığı bulunmayan standart panelden toplam 37,983 kW, soğutma kanatçıklı panelden ise toplam 41,429 kW çıkış gücü elde edilmiştir. Bu bağlamda genel olarak değerlendirildiğinde alüminyum soğutma kanatçıkları fotovoltaik panelin çıkış gücünde %9,07'lik bir artış sağlamıştır.

İncelenen çevresel parametrelerin etkileri değerlendirildiğinde ise çevre sıcaklığının fotovoltaik panel çıkış gücüne katkısının %3,8-11,18 aralığında, rüzgar hızının fotovoltaik panel çıkış gücüne katkısının %7,55-12,81 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Güneş ışınımının fotovoltaik panel çıkış gücüne etkisi incelendiğinde ise soğutucu kanatçık sayesinde standart fotovoltaik panele göre panel çıkış gücünde %6,09-12,02 aralığında bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulardan, panellerinin çıkış gücüne çevre sıcaklığı, rüzgar hızı ve ışınım miktarının etkili olduğu, fotovoltaik modül sıcaklıklarının azaltılması ile daha fazla çıkış gücü elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu sebeple fotovoltaik modül sıcaklıklarının optimum koşullarda tutulabilecek, daha farklı tip kanatçık modelleri veya soğutma

sistemleri ile güneş panellerinde verimin artacağı sonucuna varılmıştır.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

#### Referanslar

- Akman, Ö. (2019). Fotovoltaik Panellerde Sıcaklığın Elektriksel Verime Etkileri ve Termal Güç Eldesi, *Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Karabük*.
- Amajama, J. "Effect of Air Pressure on the Output of Photovoltaic Panel and Solar Illuminance (or Intensity)", *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 2 (8), s. 139-144, Ağustos, 2016.
- Benato, A., Stoppato, A. "An Experimental Investigation of a Novel Low-Cost Photovoltaic Panel Active Cooling System", *Energies*, 12 (8), 1448, 2019.
- Bhakre, S. S., Sawarkar, P. D., Kalamkar, V. R. "Performance evaluation of PV panel surfaces exposed to hydraulic cooling –A review", *Solar Energy*, 224 (2021), 1193-1209, 2021.
- Das, M. R. "Effect of Different Environmental Factors on Performance of Solar Panel", *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(11), s.15-18, 2019.
- Elbreki, A. M., Sopian, K., Fazlizan, A., Ibrahim, A. "An innovative technique of passive cooling PV module using lapping fins and planner reflector", *Case Studies in Thermal Engineering*, 19(2020), 100607, 2020.
- Joshi, A. S., Tiwari, A., Tiwari, G. N., Dincer, I., Reddy, B. V. "Performance evaluation of a hybrid

- photovoltaic thermal (PV/T) (glass-to-glass) system”, *International Journal of Thermal Sciences*, 48 (2009), s. 154–164, 2009.
- Kerem, A., Atik, M., Bayram, A. “Fotovoltaik (PV) Panel Sisteminde Yüzeý Soğutma İşleminin Elektrik Üretimine Etkisinin Deneysel İncelenmesi”, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12(2), s. 565-578., 2020.
- Mays, A. E., Ammar, R., Hawa, M., Akroush, M. A., Hachem, F., Khaled, M., Ramadan, M. “Improving Photovoltaic Panel Using Finned Plate of Aluminum”, *International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability*, TMREES17, 21-24 April 2017, Beirut Lebanon, 2017.
- Mutlu, G. “Çevresel Parametrelerin Güneş Santrallerinin Verimine Etkisinin Parametrik İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 2021.
- Perez, J. G. H., Carrillo, J. G., Bassam, A., Banuelos, M. F., Lopez, L. D. P. “Thermal performance of a discontinuous finned heatsink profile for PV passive cooling”, *Applied Thermal Engineering*, 184 (2021), 116238, 2021.
- Shalaby, S. M., Elfakharany, M. K., Moharram, B. M., Abosheisha, H. F. “Experimental study on the performance of PV with water cooling”, *Energy Reports*, 8(1), s.957-961, 2022.