

## ISPARTA İLİNDE FOTOVOLTAİK/TERMAL (PV/T) HİBRİT SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ

Ahmet KABUL\*, Fatih DURAN

### Özet

Teknolojinin hızla geliştiği ve yaygın olarak kullanıldığı günümüz dünyasında enerji tüketimi artmaktadır. Enerji ihtiyacının ucuz ve çevreci bir şekilde karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynakları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bununla birlikte güneş enerjisinden sıcak su ve elektrik enerjisi üretimi gibi uygulamalar yaygınlaşmıştır. Bu çalışmanın amacı, güneş enerjisinden elektrik üretimi esnasında panel sıcaklığının artması sonucu azalan verimi, paneli su ile soğutarak artırmaktır. Bu amaçla yapılan deneysel çalışmada, PV panelin arka yüzeyine yerleştirilen borular içerisinde geçirilen su ile panel yüzeyinde soğutma sağlanmıştır. Panelin ısısını alarak sıcaklığı artıran su, bir su deposu içerisinde dolaştırılarak bünyesindeki ısı depodaki suya aktarılmaktadır. Bu şekilde panelin soğutmasıyla hem PV/T sistemin verimi artırılmış hem de sıcak su temin edilmiş olacaktır. Deney sonuçlarına göre, soğutmalı ve soğutmasız paneller karşılaştırıldığında, sistemin soğutulmasıyla elektrik üretiminde yaklaşık % 35'lik güç artışı ve % 7'lik bir verim artışı elde edilmiştir.

**Anahtar Kelime:** Güneş enerjisi, Fotovoltaik/Termal, Enerji, Elektrik

## PHOTOVOLTAIC/THERMAL (PV/T) HYBRID SYSTEM PERFORMANCE ANALYSIS IN ISPARTA PROVINCE

### Abstract

Technology is developing rapidly and widely used in today's world where energy consumption is increasing. Cheap and environmentally friendly way of energy needs to be met by renewable energy sources is gaining importance day by day. However, such as the hot water and electricity energy production from solar energy has become widespread. During the production of electricity from solar energy, as a result of increasing temperature of panel, it decreases efficiency. The purpose of this study panel's efficiency can be increased by cooling to panel with water. Empirical study conducted for this purpose, placed on the rear surface of the PV panel is passed with water through pipes provided cooling on the panel surface. Thanks to panel, water is heated and that water is transferred to another water tank. Hence, heated water gives its heat to all water in tank. By cooling the panel, both PV/T systems' performance is increased and the needs of hot water will be met. According to results of this study, when compared with cooled and uncooled panels, approximately % 35 increasing power and % 7 increasing efficiency have been obtained via cooling system.

**Key Words:** Solar energy, Photovoltaic/Thermal, Energy, Electric

\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Müh. Böl., 32260 ISPARTA/TÜRKİYE

E-posta: ahmetkabal@sdu.edu.tr

## Semboller

W	Güç (Watt)
I	Akım (Amper)
V	Gerilim (Volt)
$A_{kol}$	Kollektör Alanı ( $m^2$ )
$I_{ış}$	Işınım Şiddeti ( $W/m^2$ )
$\dot{m}$	Debi (kg/s)
$\eta_p$	PV panel verimi
$\eta_{PV/T}$	PV/T panel verimi

## 1. Giriş

Enerji, teknolojinin hızla geliştiği günümüz dünyasında hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bunun yanı sıra, doğal kaynaklarımızın hızla tükenmesi, çevre kirliliğiyle birlikte ekolojik dengenin bozulmaya başlaması ve enerji üretiminin yüksek maliyeti, bizi enerjinin verimli ve etkin kullanılması, farklı ve temiz kaynaklardan enerji üretilmesi konusunda çok daha duyarlı olmaya zorlamaktadır. Böylelikle sürdürülebilir bir kalkınma için alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Fosil yakıtlarda meydana gelen maliyet artışları ve çevrede oluşturduğu zararlar nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ekonomik avantajlarla ön plana çıkmıştır. Türkiye, enerji profili gözden geçirildiğinde; yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş açısından oldukça zengin bir ülkedir. Ancak ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına yeterli düzeyde önem verilmemektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi gibi farklı projeler geliştirilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneşten, önemli bir şekilde yararlanılabilir (Aktacir ve Yeşilata, 2009; Küpeli, 2005; Kostic vd., 2010; Engin ve Çolak, 2008). Güneş enerjisinden elektrik üretmek amacıyla kullanılan fotovoltaiik (PV) modüllerin verimini azaltan en önemli parametrelerden biri modül sıcaklıklarının artmasıdır (Işıker vd., 2006; Joshi vd.,2009; Keçel ve Güçlü, 2008).

Konuyla ilgili çalışmalar incelendiğinde, PV sistemlerinin veriminin artırılmasıyla ilgili farklı yöntemlerin kullanıldığı teorik ve deneysel çalışmalar görülmektedir. Sarhaddi ve arkadaşları 2010 yılında yapmış oldukları çalışmalarında, PV kolektörünün yüzeyini soğutmak için panelin alt yüzeyinde hava kanalı oluşturmuşlar ve bu kanaldan hava geçirerek paneli soğutmaya çalışmışlardır (Sarhaddi vd., 2010). Keçel ve Yavuzcan 2008 yılında Türkiye'nin çeşitli bölgelerindeki sıcaklık farklarından doğacak kayıpların PV panellerin verimliliği üzerindeki etkileri incelemişler, kullanılacak panellerdeki kayıpların en aza indirgenmesi için öneriler geliştirilmişlerdir (Keçel ve Yavuzcan, 2008). Kostic ve arkadaşları 2010 yılında, panel yüzeyinde yansıtıcı kullanılmadan PV/T kolektörlerin termal ve elektrik verimliliğini hesaplamışlardır. Yapmış oldukları hesaplamaları kullanarak PV/T kolektörün toplam verimliliğini ve enerji tasarrufu oranını belirlemişlerdir (Kostic vd., 2010). Tyagi ve arkadaşları 2012 yılında fotovoltaiik/termal (PV/T) hibrit sistemler için araştırma, geliştirme ve uygulanabilirliğine ilişkin genel bir çalışma yapmışlardır (Tyagi vd., 2012). Yeşilata ve Fıratoğlu 2003 yılında elektriksel yükün akım ve gerilim arasındaki lineer ilişkiyi, panelin

maksimum çalışma noktası için optimum direnç değerini tespit etmişlerdir (Yeşilata ve Fıratoğlu, 2003).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, güneş enerjisinden elektrik üretimi için sadece PV modülün yeterli olduğu ancak güneş, panel yüzeyine direkt olarak geldiğinden yüzeyin ısındığı tespit edilmiştir. Yüzey ısındıkça panelin veriminde düşme meydana gelmektedir. Bu verim düşüşünü önlemek için panel yüzeyinin soğutulması gerekmektedir. Panel yüzeyinin soğutulmasında kullanılan değişik metotlar bulunmaktadır, ancak soğutma işlemini gerçekleştirmek için suyun kullanıldığı araştırmaların sayısı oldukça az olması bu çalışmanın amacını belirlemiştir. Yapılan bu çalışmada, Isparta ilinde aynı şartlarda çalıştırılan iki PV/T panel dikkate alınmış ve bu panellerden biri su ile soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Soğutmalı ve soğutmasız PV/T panelleri karşılaştırılarak, su ile yapılan soğutma işleminin verimliliğe etkisi incelenmiştir.

## 2. Fotovoltaik Sistemler İçin Teorik Hesaplar

PV/T hibrit sistemin güç analizinde öncelikle PV/T panelin gerilim ve akım değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için panelin pozitif (+) ve negatif (-) çıkışlarından gerilim ve akım değerini ölçmek için iki adet multimetre kullanılır. Multimetrelerden biri, gerilim değerini ölçmek için devreye paralel bağlanırken diğeri akım değerini ölçmek için devreye seri bağlanır. Bu şekilde gerilim ve akım değerlerinin ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra aşağıdaki formül kullanılarak sistemin güç analizi yapılabilir.

$$W = I \cdot V \quad (1)$$

Elektriksel verim hesabında, PV/T panel üzerine düşen ışınım değeri, panel yüzey alanı, gerilim ve akım değerlerinin bilinmesi gerekir. Pyronometre cihazı ile ölçülen ışınım şiddeti ve gerilim – akım değerleriyle aşağıdaki formül kullanılarak sistemin elektriksel verim analizi yapılabilir.

$$\eta_p = \frac{V \cdot I}{A_{kol} \cdot I_{ış}} \quad (2)$$

Panelin ısı verim analizi, panel yüzeyini soğutmak amacıyla gönderilen suyun debisi ve suyun panele giriş – çıkış sıcaklıkları kullanılarak aşağıdaki formülle yapılır.

$$\eta_{PV/T} = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T}{A_{kol} \cdot I_{ış}} \quad (3)$$

Burada  $\Delta T$  paneli soğutmak için kullanılan suyun panelin giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkıdır.

$$\Delta T = T_{\text{koll.çıkış}} - T_{\text{koll.giriş}} \quad (4)$$

### 3. Deneysel Çalışma

Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan PV/T güneş pillerinin enerji verimini su ile soğutarak artırmak için kurulan deney sistemi Şekil 1’de görülmektedir. Deneysel çalışmaların aynı şartlar altında yapılabilmesi için özellikleri aynı olan iki panel kullanılmıştır. Panellerden birisine su ile soğutma işlemi uygulanırken, diğer panel soğutma işlemine tabi tutulmamıştır. Bu sayede soğutmanın, elektriksel verim üzerindeki etkisini incelenebilmiştir. Kullanılan panel 870x1640x105 mm boyutlarında monokristal malzemeden yapılmış 72 hücre sayısına sahip ve nominal gücü 175 W’dır.

Güneşten maksimum enerjiyi elde edebilmek için PV/T panelleri gün boyunca en fazla güneş göreceği açıya ayarlanması gerekir ve paneller Isparta ilinin enlemi dikkate alınarak yatay ile iki farklı eğimde çalışılmıştır. Deney sisteminin kurulumu ve dizaynı sırasında panelin açısı önemli bir parametredir. Panelin açısı belirlenirken, öncelikle Isparta ilinin enlem derecesi olan  $37^\circ$  çalışılmış ve daha sonra sistemin yıl boyunca çalışacağı düşünülerek paneller, Isparta ilinin enlem derecesinin 0.9 katı olan  $33.3^\circ$ ’ye ayarlanmıştır (Umut, 2008).

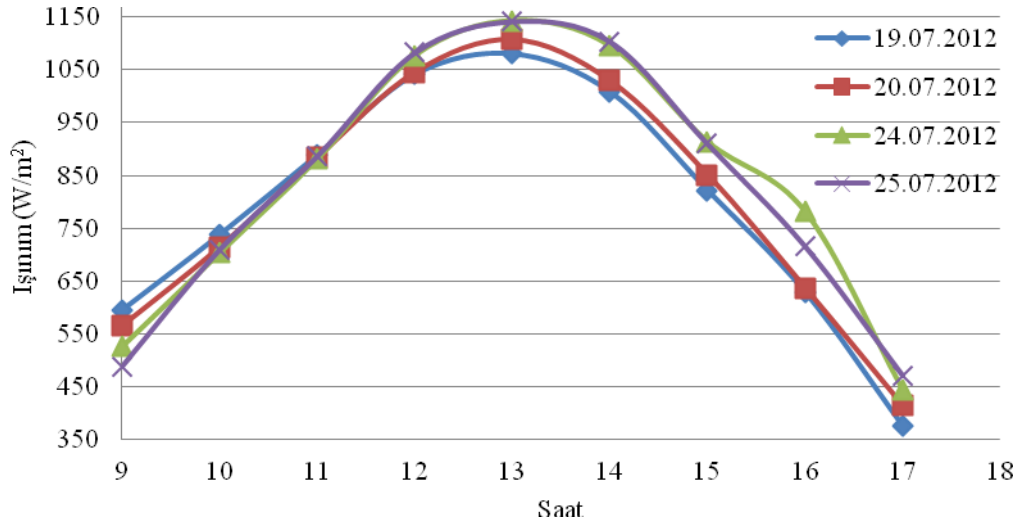
Soğutma yapılacak panelde su, 0.16 kg/s ve 0.33 kg/s olmak üzere iki farklı debide dolaştırılmıştır. Analizlerin yapılması için gerekli sıcaklıklar; panellerin yüzey sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, panele giren ve çıkan suyun sıcaklığı olmak üzere 4 farklı noktadan sıcaklık değerleri termokupullarla beş dakika aralıklarla ölçülerek dataloger vasıtasıyla kaydedilmiştir. Güneş ışınım değerini ölçmek için panel yüzeyine paralel olacak şekilde pyronometre panel sehpasına bağlanmıştır.



Şekil 1. Deney Sisteminin Genel Görünüşü

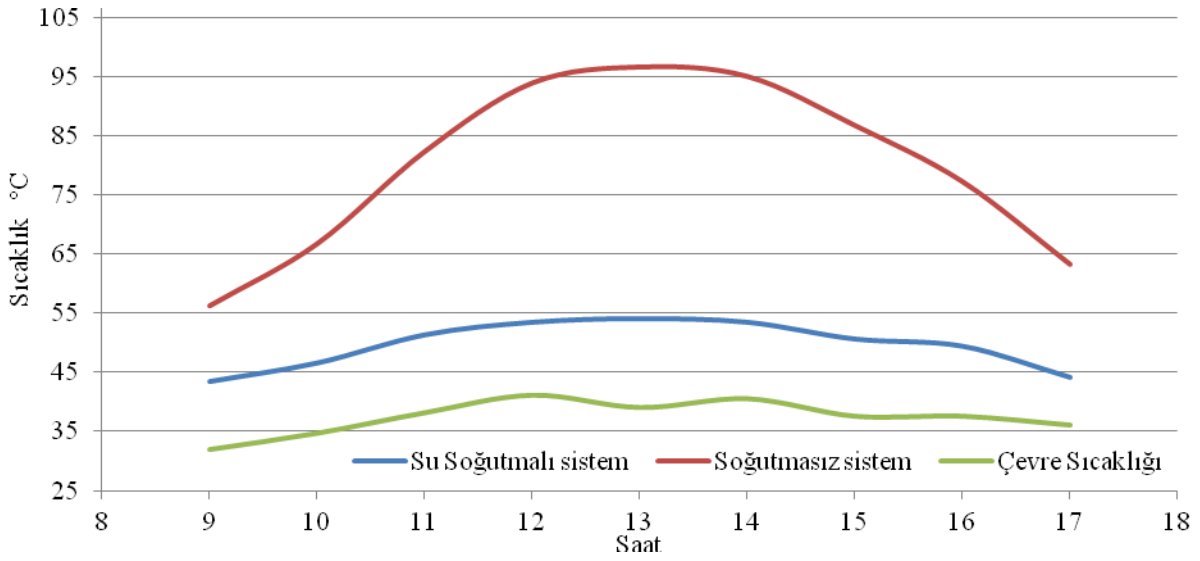
Soğutmalı ve soğutmasız panellerin elektrik çıkışlarında farklı direnç değerlerini (minimum ve maksimum değerleri) ayarlamak için reosta kullanılmıştır. Sistemde reosta ile ayarlanan yük değerlerine karşılık gelen gerilim ve akım değerlerini ölçmek içinde multimetreler kullanılmıştır. Multimetre akım değerini ölçmek için sisteme seri bağlanırken gerilim değerini ölçmek için paralel bağlanır. Gerilim ve akım değerleri ölçüldükten sonra yukarıda belirtilen formüller kullanılarak sistemin güç değeri hesaplanır.

Deneyler Isparta ilinde Temmuz ayının farklı günlerinde yapılmış ve ölçülen güneş ışınım değerlerinin saatlere göre değişimi Şekil 2’de verilmiştir. Ölçümler ulusal saatle saat 9.00 ile 17.00 arasında yapılmış ve öğle saatlerinde en yüksek 1050 – 1150 W/m<sup>2</sup>’lik ışınım değerleri ölçülmüştür. Grafikte görüldüğü gibi deneylerin yapıldığı günlerde ışınım şiddeti saat bazında dikkate alındığında çok yakın değerler elde edilmiştir. Bu sayede farklı günlerde yapılan deneylerin karşılaştırılma imkanı bulunmuştur.



Şekil 2. Deneylerin yapıldığı günlere ait saatlik ışınımın değerleri

Şekil 3’de soğutmalı ve soğutmasız panellerin yüzey sıcaklıklarının gün içindeki değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sıcaklığın maksimum seviyeye ulaştığı saat 13.00 civarında soğutma yapılmayan panelin yüzey sıcaklığı 95 °C’a ulaşırken soğutma yapılan panelin yüzey sıcaklığı 55 °C civarındadır. Yaklaşık olarak yüzey sıcaklığında % 42 ’lik bir azalma sağlanmıştır.



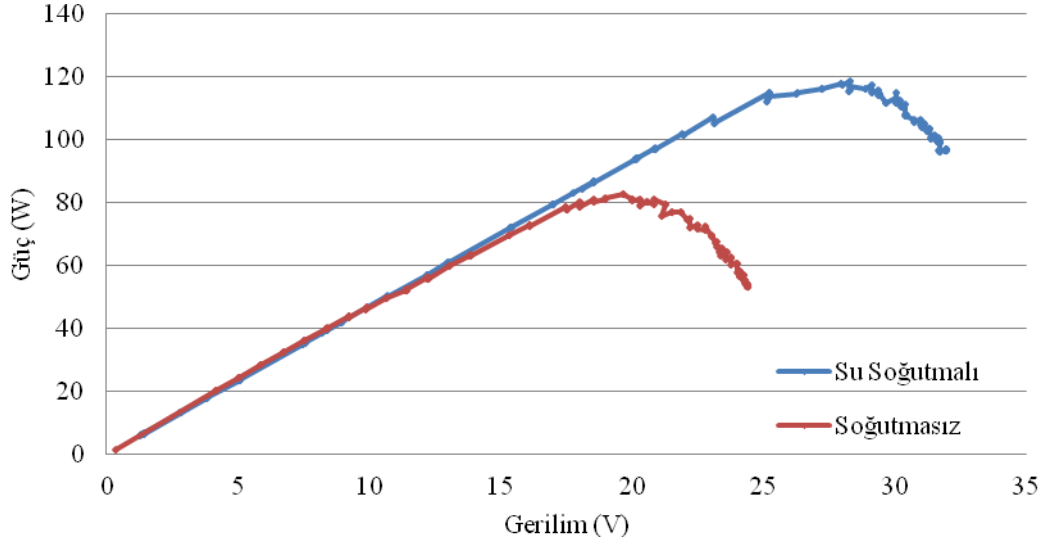
**Şekil 3.** Soğutmalı ve Soğutmasız Panellerin Yüzey Sıcaklıklarının Saatlere Göre Değişimi

#### 4. Araştırma Bulguları

Bu çalışmanın amacı, güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan PV/T güneş panellerinde su ile soğutmanın panel verimi üzerindeki etkisinin incelenmesi ve sistemin enerji analizinin yapılmasıdır. Aynı zamanda panelleri soğutma işleminde kullanılan su ile kullanım sıcak su ihtiyacının karşılanabilmesi hedeflenmektedir.

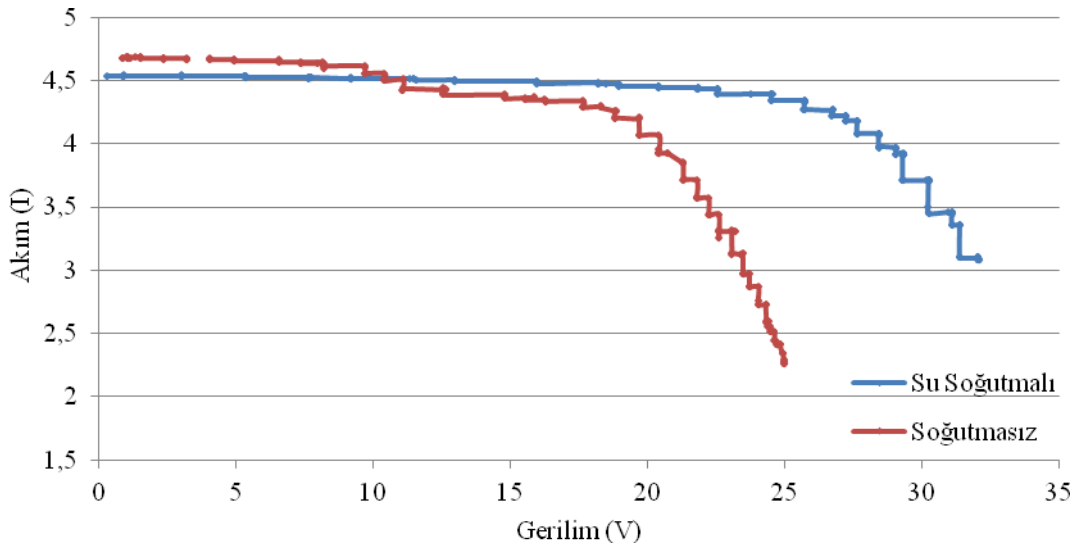
Deneyler, panel eğim açısının  $37^\circ$  iken su debisinin 0.16 kg/s ve 0.33 kg/s olduğu, eğim açısı  $33^\circ$  iken su debisinin 0.16 kg/s ve 0.33 kg/s durumlar için yapılmıştır. Soğutma yapılan ve yapılmayan panellerin çıkışına reosta bağlanarak farklı dirençlerde (yüklerde) gerilim ve akım değerleri ölçülmüştür. Ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre panellerin çıkış güçleri hesaplanmıştır. Bu güç değerleri ve pyronometre yardımıyla ölçülen güneş ışınım değeri dikkate alınarak panellerin verimleri hesap edilmiştir. Aşağıda farklı panel açısı ve soğutma suyu debilerine göre yapılan deneyler sonucu elde edilen değerler grafikler halinde verilmiştir.

Şekil 4’de panel açısının  $37^\circ$  ve su debisinin 0.33 kg/s olduğu su soğutmalı ve soğutmasız paneller için gücün gerileme göre değişimi görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi soğutma yapılan panelden daha fazla güç elde edilmiştir. Soğutma yapılmayan panelde maksimum 80.75 W’a ulaşılabilirken soğutma yapılan panelde 117.07 W’a ulaşılmıştır. Soğutma sayesinde yaklaşık % 31’lik bir güç artışı sağlanmıştır.



**Şekil 4.** Gerilim – Güç Eğrisi (Panel Açısı: 37°, Debi: 0.33 kg/s, Saat:12:30)

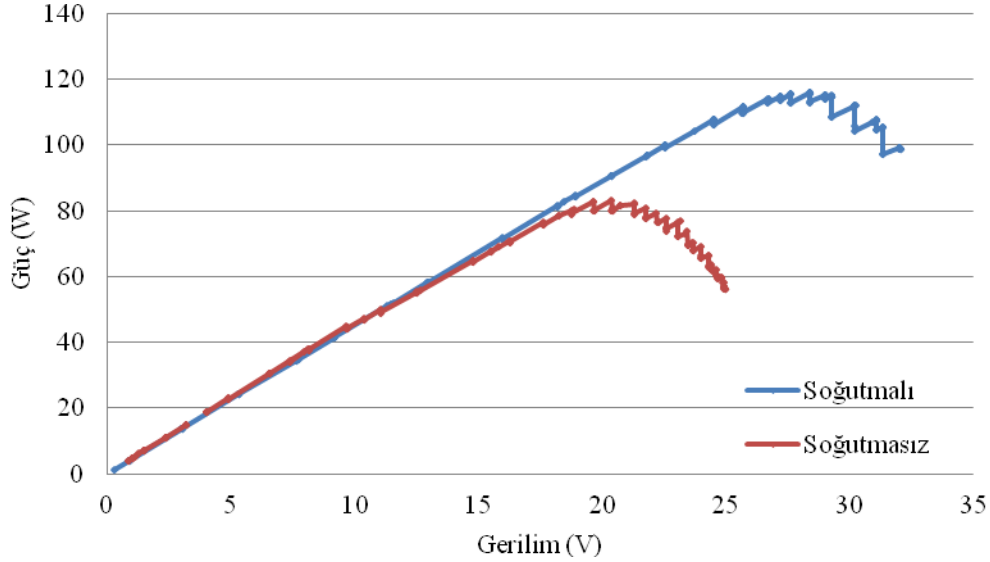
Şekil 5’de panel açısının 37° derece ve su debisinin 0.33 kg/s olduğu su soğutmalı ve soğutmasız sistemler için Akım – Gerilim eğrisi verilmiştir. Soğutma yapılmayan panelde PV/T yüzey sıcaklığının artmasıyla akım değerinde azalma olurken, soğutma yapılan sistemde yüzey sıcaklığı değişmediğinden gerilim değeri artarken akım değeri maksimumda daha fazla kalmaktadır. Akım değerinin maksimum değer de olması daha fazla güç üretimi anlamına gelmektedir. Soğutmalı sistemin akım değeri, 20.38 V’a kadar 4.44 A’de sabit kalırken soğutmasız sistemde ise akım değeri 9.69 V’a kadar 4.61 A’de sabit kalmıştır.



**Şekil 5.** Akım-Gerilim Eğrisi (Panel Açısı: 37°, Debi: 0.33 kg/s, Saat:12:30)

Şekil 6’da panel açısı 37°’de sabit tutularak kütleli debi miktarı 0.33 kg/s ’den 0.16 kg/s ’ye düşürülmüş ve gücün gerileme göre değişimi verilmiştir. Debinin düşürülmesiyle panelde

dolaşan su miktarının azalmasından dolayı çıkış suyu sıcaklığın ve panel yüzey sıcaklığında artışlar görülmüştür. Soğutma yapılmayan panelde maksimum 80.09 W'a ulaşılabilirken soğutma yapılan panelde 112.703 W'a ulaşılarak soğutmayla % 28'lik bir güç artışı sağlanmıştır. Debinin 0.33 kg/s olduğu sistemde güç değeri 117.07 W, debinin 0.16 kg/s olduğu sistemde güç değeri 112.703 W elde edilmiş ve soğutma suyu debisinin düşürülmesiyle sistemin güç üretiminde % 4.2'lik bir azalma olmuştur.



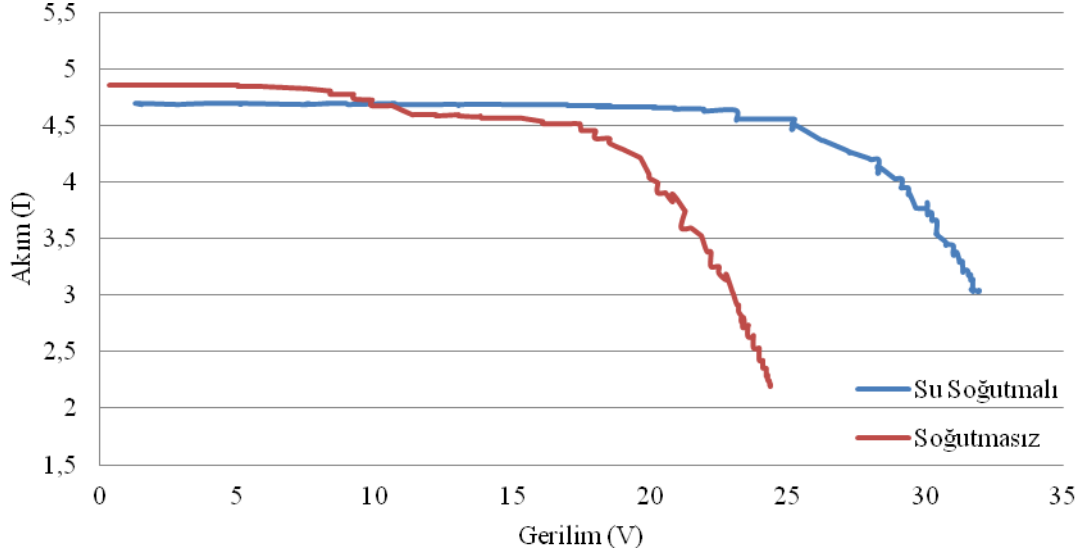
**Şekil 6.** Gerilim - Güç Eğrisi (Panel Açısı: 37°, Debi: 0.16 kg/s, Saat:12:30)

Şekil 7'de panel açısı 37° sabit tutularak kütleli debi miktarı 0.33 kg/s den 0.16 kg/s debiye düşürüldüğü durum için akımın gerilime göre değişimi verilmiştir. Her iki sistemi akım değerinin gerilime göre değişimini incelediğimizde soğutmalı sistem 25.17 V kadar akım 4.58 A değerinde, soğutmasız sistemde ise 8.38 V kadar akım 4.77 A değerinde sabit kalmıştır.

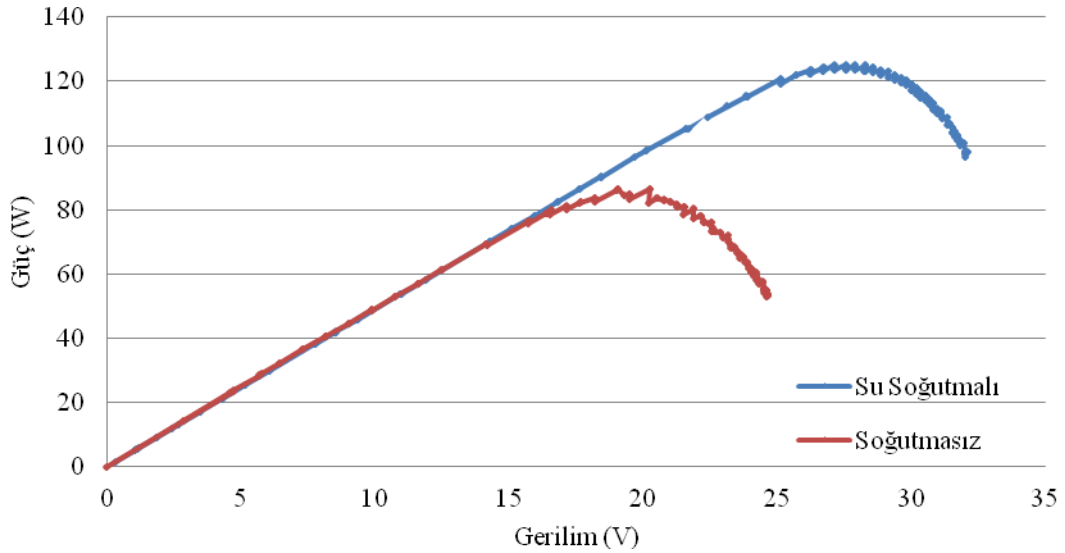
Şekil 8'de panel açısının 37°'den 33° düşürüldüğü, kütleli debinin 0.33 kg/s olduğu su soğutmalı ve soğutmasız panellerin güç – gerilim değişimi verilmiştir. Soğutma yapılmayan panelde maksimum güç 83.22 W'a ulaşırken soğutma yapılan panelde 123.44 W ulaşarak ortalama % 32'lik bir güç artışı sağlanmıştır. Panel açısının 37° debinin 0.33 kg/s olduğu sistemde güç değeri 117.07 W olurken panel açısının 33°'ye düşürülmesiyle sistemin güç üretiminin de % 5.1'lik artma olmuştur.

Şekil 9'da panel açısının 33° ve su debisinin 0.33 kg/s olduğu soğutmasız ve su soğutmalı paneller için akımın gerilime göre değişimi verilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi su soğutmalı sistemin akım değeri 26.43 V'a kadar sabit kalmıştır. Akım değerinin sabit kalması ve gerilimin artmasıyla sürekli artan güç değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır.



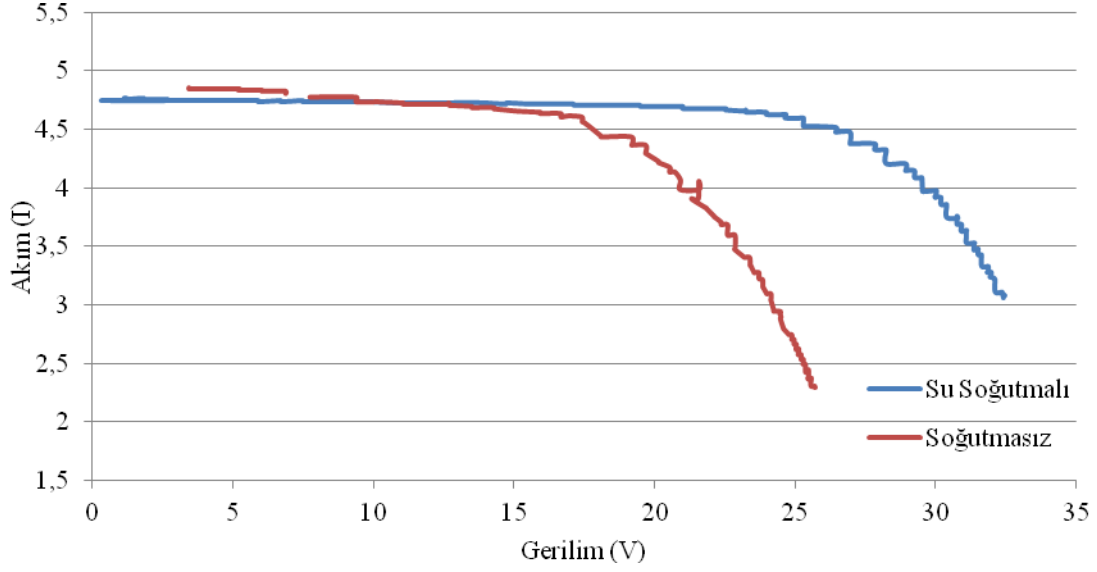


**Şekil 7.** Akım - Gerilim Eğrisi (Panel Açısı: 37°, Debi: 0.16 kg/s, Saat:12:30)

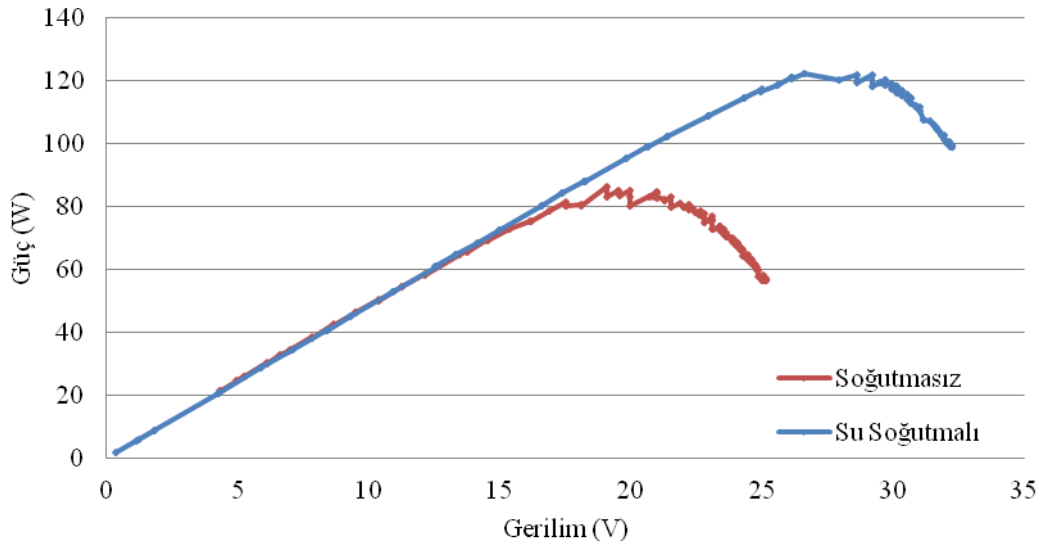


**Şekil 8.** Güç - Gerilim Eğrisi (Panel Açısı: 33°, Debi: 0.33 kg/s, Saat:12:30)

Şekil 10'da kütleli debi miktarı 0.33 kg/s'den 0.16 kg/s'ye düşürülmüş ve panel açısı 33° sabit tutularak gücün gerilime göre değişimi verilmiştir. Soğutma yapılmayan panelde maksimum 83.72 W'a ulaşılabilirken, soğutma yapılan panelde 120.14 W'a ulaşarak %30'luk güç artışı sağlanmıştır. Panel açısının 33° ve debinin 0.33 kg/s olduğu panelde güç değeri 117.07 W olarak elde edilmiş ve debinin düşürülmesiyle panelin güç üretiminin de % 2.6'lık bir azalma olmuştur. Bu azalmanın sebebi debinin düşmesine paralel olarak panel yüzey sıcaklığının artmasına bağlıdır.

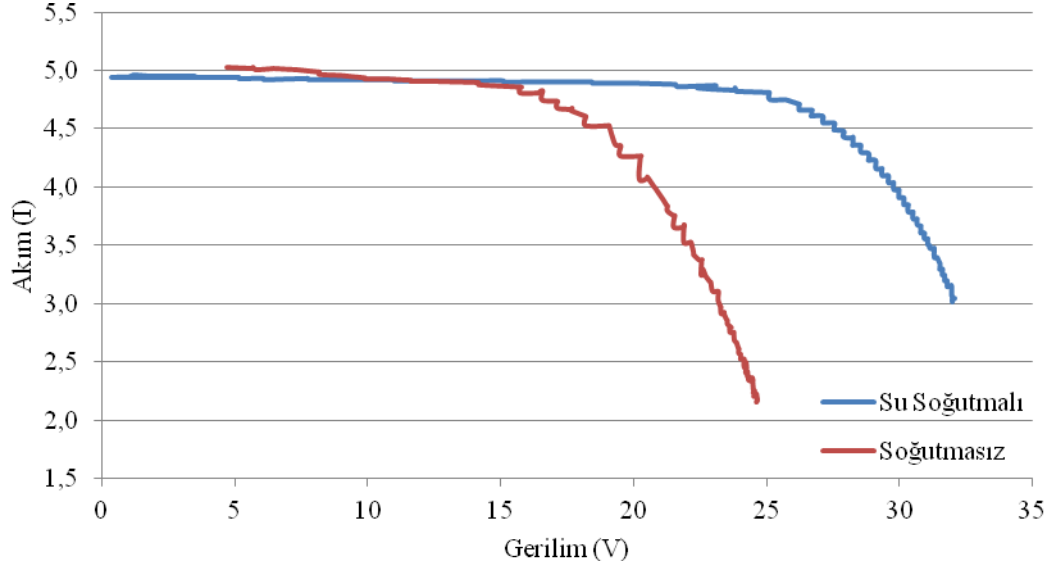


**Şekil 9.** Akım-Gerilim Eğrisi (Panel Açısı: 33°, Debi: 0.33 kg/s, Saat:12:30)



**Şekil 10.** Güç - Gerilim Eğrisi (Panel Açısı: 33°, Debi: 0.16 kg/s, Saat:12:30)

Şekil 11’de panel açısının 33° ve su debisinin 0.16 kg/s olduğu su soğutmalı ve soğutmasız paneller için akımın gerileme göre değişimi verilmektedir. Soğutmasız panelin akım değeri 4.81 A’de 17.12 V ’a kadar sabit kalırken, soğutmalı panelde akım değeri ise 4.95 A’de 25.10 V’a kadar sabit kalmıştır. Bunun sebebi soğutma yapılan panelde yüzey sıcaklığı sabit tutulabilirken soğutma yapılmayan sistemin yüzey sıcaklığının sürekli olarak artmasıdır.



**Şekil 11.** Akım - Gerilim Eğrisi (Panel Açısı: 33°, Debi: 0.16 kg/s, Saat:12:30)

Tablo 1’de farklı günlere ait su soğutmalı ve soğutmasız panellerin ölçüm ve bu ölçümlerden elde edilen verim değerleri verilmektedir. Tablo incelendiğinde ortam sıcaklığının 39.9 °C olduğu bir günde, soğutma yapılmayan panel yüzey sıcaklığı 95.1 °C, soğutma yapılan panel yüzey sıcaklığı 53.5 °C olduğu görülmektedir. Soğutma yapılarak panel yüzey sıcaklığının 41.6 °C düşürülerek panel verimi % 3.96 ’dan % 7.00 ’a yükselmesi sağlanmıştır.

**Tablo 1.** Deneysel Veriler

Gün	Saat	Gerilim (V)	Akım (A)	T <sub>yüzey</sub> (°C)	T <sub>çevre</sub> (°C)	T <sub>giriş</sub> (°C)	T <sub>çıkış</sub> (°C)	Debi (kg/s)	Işınım (W/m <sup>2</sup> )	$\eta_p$	$\eta_{th}$
19.07.2013	12	24.63	2.22	94	41.2			0.16	1042	0.0410	
19.07.2013	12	31.86	3.06	53.4	41.2	31.5	39.4	0.16	1042	0.0731	0.0040
20.07.2013	12	24.72	2.22	92.9	39.2			0.33	1045	0.0410	
20.07.2013	12	31.95	3.05	52.1	39.2	32.8	37.1	0.33	1045	0.0729	0.0044
24.07.2013	12	25.71	2.3	87.6	36.1			0.16	1077	0.0429	
24.07.2013	12	32.32	3.08	50.8	36.1	31.3	38.6	0.16	1077	0.0722	0.0035
25.07.2013	12	24.73	2.22	95.1	39.9			0.33	1083	0.0396	
25.07.2013	12	31.92	3.04	53.5	39.9	33.4	37.9	0.33	1083	0.0700	0.0045

## 5. Sonuçlar

Deneysel olarak incelenen sistemde kullanılan fotovoltaiik/termal (PV/T) panelin katalog verilerine göre verimi işınım  $1000 \text{ W/m}^2$  iken ısı verim % 14 civarındadır. Bu verim, panel yüzeyine yüzey sıcaklığının artmasıyla azalmaktadır. Verimdeki bu azalma su ile soğutma yapılarak nlenmiştir.

Deney sisteminde soğutma yapılan ve soğutma yapılmayan aynı özelliklere sahip iki adet PV/T panel kullanılmıştır. Deneysel çalışmada ortam sıcaklığının  $39.9 \text{ }^\circ\text{C}$  olduğu bir günde, soğutma yapılmayan panel yüzey sıcaklığı  $95.1 \text{ }^\circ\text{C}$ , soğutma yapılan panel yüzey sıcaklığı  $53.5 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak llmştir. Soğutma işlemiyle panel yüzey sıcaklığı  $41.6 \text{ }^\circ\text{C}$  düşürülerek % 43.7 'lik azalma sağlanmıştır.

Isparta ilinde yapılan deneyler, sistemin ilk olarak yaz aylarında çalışılacağı düşünülerek Isparta ilinin enlemi açısı olan  $37^\circ$ 'de daha sonra yıl boyunca çalışılacağı dikkate alınarak  $33^\circ$ 'de yapılmıştır. Panel açısının düşürülmesiyle g üretiminde yaklaşık olarak % 3'lk azalma meydana gelmiştir.

Deneysel çalışmalarda soğutma için  $0.16 \text{ kg/s}$  ve  $0.33 \text{ kg/s}$  olmak üzere iki farklı kütlesel debide kullanılmıştır ve beklenildiği gibi  $0.33 \text{ kg/s}$  debideki soğutma işlemi,  $0.16 \text{ kg/s}$  'daki soğutma işlemine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Soğutma suyu debisinin azaltılmasıyla g üretiminde ortalama % 3,3 'lk azalma meydana gelmiştir.

Sonuç olarak, soğutma işleminin yapılmasıyla g üretiminde yaklaşık olarak % 30'luk artış sağlanmış ve bu saye verim artışına paralel olarak kullanım amaçlı sıcak su elde edilmiştir.

## Kaynaklar

- Aktacir M., Yeşilata B. (2009), Harran Üniversitesi Kampüs İçi Fotovoltaik Sistem Uygulamaları, Tesisat Mühendisliği, 111, 41-46.
- Engin D., Çolak M., (2008), Yarı Saydam Güneş Pili/Termal Toplayıcı(PV/T) Hibrid Sistemin İzmir Koşullarında Analizi, Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2, 10, 1-13.
- Fıratoğlu Z.A.,Yeşilata B., 2003, Lineer elektriksel yüke bağlı PV.panellerin optimizasyonu ve bölgesel uygulanabilirliğinin araştırılması, Havacılık ve Uzay Teknolojileri dergisi, 1, 1, 65-72.
- Işıker Y., Yeşilata B., Bulut H., (2006), Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Parametrelerinin Araştırılması, I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 150-155, Eskişehir.
- Joshi A., Dinçer İ., Reddy B., 2009, Thermodynamic assessment of photovoltaic systems, Solar Energy, 83, 8, 1139–1149.
- Küpeli, Ö. (2005). Güneş pilleri ve verimleri. Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 146s., Eskişehir.
- Kostic L., Pavloviz T., Pavlovic Z., (2010), Optimal design of orientation of PV/T collector with reflectors, Applied Energy, 87, 10, 3023-3029 (2010).
- Keçel S., Güçlü Yavuzcan H., 2008, Türkiye deki bölgesel sıcaklık değişimlerinin güneş panellerinin verimliliklerine etkisi, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 12-20.
- Sarhaddi F., Farahat S., Ajam H., Behzadmehr A., 2010, Exergetic performance assessment of a solar photovoltaic thermal (PV/T) air collector, Energy and Buildings 42, 11, 2184-2199.
- Tyagi V., Kaushik S., Tyagi S., 2012, Advancement in solar photovoltaic/thermal (PV/T) hybrid collector technology, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 3, 1383-1398.
- <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> ( Erişim Tarihi 05.02.2014).
- Umut, İ.(2008). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Elektrik Enerjisine Dönüştürmede Kullanılan Yöntemler ve Örnek Uygulamalar. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s., Edirne.