

## **GÜNEŞ PİLLERİ İLE BESLENEN TERMOELEKTRİK MOBİL SOĞUTUCUNUN TASARIMI VE ANALİZİ**

**Cemil SUNGUR\***

Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 42075 Kampus Konya

### **Özet**

Bu çalışmada sıcak iklim şartlarında, elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde kullanılmak üzere prototip, güneş pilleri ile beslenen  $48 \times 10^{-3} \text{m}^3$  hacminde max. 18 W gücünde bir termoelektrik soğutucu tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Bu sistem, kontrol devresi ve termoelektrik soğutucudan oluşmaktadır. Bu sistem için gerekli olan enerjiyi elde etmek için Fotovoltaik (PV) panel, panelden yeterli enerji alınmadığı zamanlarda yedekleme için batarya kullanılmıştır.

Sistemin,  $25^\circ\text{C}$  ortam sıcaklığında, soğutma iç sıcaklığı  $5^\circ\text{C}$ - $10^\circ\text{C}$  arasında ayarlanıp bu şartlardaki maliyet, verim ve ekonomi açısından performans testleri yapılmıştır. Testlerin sonucunda termoelektrik soğutucunun coefficient of performance(COP) değeri 0.3 ila 0.6 arasında bulunmuştur. Tasarlanıp gerçekleştirilen bu termoelektrik soğutucunun, güneşlenme süresi oldukça iyi olan Türkiye şartlarında uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** batarya, Fotovoltaik sistem, güneş pilleri, termoelektrik soğutucu

---

\* Corrospending Author: Tel: +90-332-2232378, Fax: +90-332-2410185, E-Mail: [csungur@selcuk.edu.tr](mailto:csungur@selcuk.edu.tr)

## **DESIGN AND ANALYSIS OF A THERMOELECTRIC MOBILE COOLER FED BY SOLAR CELLS**

### **Abstract**

In this study, a prototype thermoelectric cooler fed by solar cells, which has a volume of  $48 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  and max 18 w power to be used under hot climate conditions where there is no electrical energy was designed and implemented. The system is composed of a control circuit and a thermoelectric cooler. A photovoltaic (PV) panel was used in order to produce the energy required for this system and a battery was used for backup when the energy received from the panel was not sufficient.

Performance tests at 25°C environment temperature and 5°C-10°C inner cooler temperatures of the system in the present study were conducted in terms of cost, efficiency and economy. As the result of the tests, coefficient of performance (COP) value of the thermoelectric cooler was found between 0.3 and 0.6. In the present study it is put forth that the thermoelectric cooler designed and implemented in this study is feasible under Turkey's conditions, where the sunshine duration is rather long.

**Keywords:** battery, photovoltaic system, solar cells, thermoelectric coolers

### **1.Giriş**

İnsanlar günlük yaşantılarını sürdürürken temel yaşam maddeleri olan gıdalarını sağlıklı bir şekilde taze tutma ve taze olarak tüketmeyi amaçlar. Ancak insanların bu amaç için kullandıkları soğutucular için, yaşadıkları ortamlarda her zaman elektrik enerjisine ulaşabilmeleri mümkün olmayabilir veya ulaşmalar da enerji pahalı olabilir. Ayrıca

insanlar işleri gereği toplu yaşama alanlarında ayrılarak kırsal alanlarda yaşamak ve çalışmak zorunda kalabilir.

İnsanların ihtiyaç duyduğu elektrik enerjini ucuz ve çevre dostu olarak elde edilme yöntemlerinden birisi de güneş pillerinin kullanılmasıdır. Güneş pilleri, üzerlerine düşen güneş enerjisini doğru akım elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken diyotlardır[1].

Çeşitli boyutlarda ve güçlerde üretilmeleri güneş pillerinin değişik alanlarda kullanımını yaygın hale getirmiştir. Fotovoltaik (PV) elemanlar yardımı ile güneş enerjisinden elektrik elde etme sistemleri diğer sistemlere göre en büyük avantajı gerekli olan enerjinin her yerde bulunabilir nitelikte olmasıdır[2]. Pratik uygulamalarda kullanılan PV sistemleri; sistemde kullanılan bileşenlerin ve kontrol sisteminin konumuna bağlı olarak üç farklı kombinasyonda incelemek mümkündür. Bunlar;

Birincisi sistem yükünün hiçbir ara düzenleyicisi olmadan direkt PV panellere bağlandığı direkt akupleli kombinasyonlar, Direkt akupleli PV sistemlerde, panellerden ışınım şiddetiyle değişen değerlerde çıkan gerilim ve akım, sisteme direkt olarak verilir.

İkincisi, sistem yükü ile PV paneller arasına bataryaların yerleştirildiği bataryalı kombinasyonlardır. Bu bataryalar güneş ışınım şiddetindeki değişimleri direkt olarak sisteme yansıtmadan sabite yakın bir gerilim ile sistemi çalıştırır. Üçüncüsü ise maksimum çalışma noktası izleyicili (Maximum Power Point Tracking, MPPT) kombinasyonlardır[3].

Birinci ve ikinci kombinasyonlarda sisteme ulaştırılan gerilim ve akım değerleri maksimum güce karşılık gelen akım ve gerilim değerleri altında seyrederek. Söz konusu bu iki kombinasyona alternatif olarak ortaya çıkan maksimum güç noktası izleyicili (MPPT) sistemlerinin, PV panelinin her zaman maksimum güç üretecek noktada çalışmasını temin etmesinden dolayı çalışma performansları daha yüksektir[4].

Güneşten elektrik elde etme sistemleri istenilen duruma göre modüllerin seri-paralel olarak bağlanması ile birkaç Watt'dan Megawatt güce kadar erişebilir[5].

Buhar sıkıştırımlı soğutucu sistem (Vapour compression), termoelektrik ve absortion soğutucular karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda buhar sıkıştırımlı sistemin karmaşık ve ozon tabakasına zarar verdiği, termoelektrik ve absortion soğutucularda ozon tabakasına zarar verecek herhangi bir unsura rastlanmadığı görülmüştür.[6]. Bilinen geleneksel soğutma sistemlerinin oluşturulması ve kullanılması, ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini temini ve taşınması yukarıda belirttiğimiz kırsal alanlar için oldukça zordur. Bunun yerine taşınması kolay, sessiz çalışan ve daha ucuz olan termoelektrik soğutucu sistem kullanılabilir. Termoelektrik modüle (Peltier) bir doğru akım elektrik enerjisi uygulandığında bir yüzeyinde sıcaklığın düşmesi (soğuma) diğer yüzeyinde de sıcaklık artışı oluşmaktadır. Güneş pilleri ile çalışan bir termoelektrik soğutucu COP değeri 0.3 olarak bulunmuş ve COP değerinin elektrik akımı ve termoelektrik modülün sıcak ve soğuk tarafları arasındaki sıcaklığa bağlı olduğu görülmüştür[7]. Termoelektrik modül **P** tipi ve **N** tipi iki yarı iletkenin birleşiminden meydana gelmektedir. Termoelektrik modülün soğuyan yüzeyi bir metal plaka veya ısı transferine uygun bir eleman ile ilişkilendirildiğinde ısı transferi daha iyi yapılabilir[8]. Bu yüzey bir boşluğu veya bir başka yüzeyi soğutma amacı ile kullanılabilir. Soğuk tarafı kontrol edebilmek için sıcak yüzeyin ısısının hava akımı, başka bir ısı absorbe edici sistem olan ısı transfer edici veya fan ile dışarı atılmaktadır. Termoelektrik modül için gerekli olan enerji harici bir DC kaynaktan temin edilebilir. Devreden bir akım geçirildiğinde ( $I_c$ ) peltier effect etkisi oluşur [9]. Peltier effect etkisi ile soğuk yüzey  $T_{Lc}$  ısısına kadar soğuyabilir, sıcak yüzeyde  $T_{Hc}$  ısısına kadar ısınabilir. Astrain tarafından geliştirilen maksimum 50 W gücünde

$55 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  hacminde termoelektrik soğutucunun, buhar sıkıştırımlı (vapour compression) soğutucuya göre taşınabilir sistemlerde ve kamp araçlarında daha kullanışlı olduğu görülmüştür[10]. Güneş pilleri ile şarj edilen bataryanın performans deneyleri yapılarak, bataryanın aşırı şarj veya aşırı deşarj olmasının önüne geçmek için gerekli kontrol sistemi geliştirilmiştir[11]. Güneş pili ile beslenen termoelektrik elementler üzerine yapılan üç ayrı prototip de en iyi soğutma, ortam sıcaklığı ile soğutma ısısı arasında farkın  $4-5 \text{ }^\circ\text{C}$  olduğunda elde edilmiştir[12]. Otomobillerde güneş pilleri ile çalışan termoelektrik elektrik klimalar kullanılabilir[13]. Min tarafından geliştirilen bir prototip termoelektrik ev tipi soğutucular üzerinde yapılan araştırma ve performans değerlerinde buhar sıkıştırımlı (vapour compression) soğutuculardan daha az teknoloji ve materyal gerektirmekte ve daha hassas kontrol edilmektedir[14].

Bu çalışmada, güneş enerjisi ile çalışan ve batarya ile desteklenen bir termoelektrik soğutucu tasarlanarak yapımı gerçekleştirilmiş ve gerekli deneyler ölçümler yapılarak sistemin performans analizi gerçekleştirilmiştir.

## 2. Teori ve analiz

Fotovoltaik modülün gücü, güneşten aldığı radyasyon seviyesine, ortam ve modül sıcaklığına bağlı olduğu için lineer bir değişim göstermez. Bundan dolayı Fotovoltaik modülün gerilim-akım ( $V-I$ ) karakteristiği bazı sadeleştirmeler yapılarak aşağıdaki eşitlik ile tanımlanabilir[5].

$$I = I_L - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V + IR_s}{V_t}\right) - 1 \right] \quad (\text{A}) \quad (1)$$

Burada  $I_L$ , üretilen akım (A);  $I_0$ , p-n diyotların ters doygunluk akımı (A);  $R_s$ , hücrelerin toplam seri direnç değeri (Ohm);  $R_{sh}$ , PV hücrelerin şönt dirençleri(Ohm) ve  $V_t$  ise hücre

sıcaklığına bağlı olarak elde edilen ısıl gerilimdir ki aşağıdaki şekilde formülize edilebilir:

Basit olarak bir fotovoltaik pilin gücü aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$P = I * V \quad (W) \quad (2)$$

Eşitlik (1) i eşitlik (2) uygularsak aşağıdaki eşitlik yazılabilir[5]

$$P = I * V = \left\{ I_L - I_0 \left[ \exp\left( \frac{V + IR_s}{V_t} \right) - 1 \right] \right\} V \quad (W) \quad (3)$$

Termoelektrik soğutucu modülün sıcak tarafının sıcaklığı ortam sıcaklığından 13 °C büyükse soğutucuya dışarıdan gelebilecek ısı göz ardı edilebilir[7]. Bu durumda diğer parametreler aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

Termoelektrik soğutucu modülün çektiği akım;

$$I = \frac{V - \alpha(T_H - T_C)}{R} \quad (A) \quad (4)$$

Burada  $\alpha$  Termoelektrik soğutucu modülün Seebeck katsayısı(V/K),  $R$  termoelektrik modülün direnci(ohm),  $T_H$  ve  $T_C$  termoelektrik modülün sıcak ve soğuk yüzeylerinin ısılarıdır. (°C) ve çekilen elektrik gücü için aşağıdaki eşitlik yazılabilir[7].

$$P = \alpha I T_C - \frac{1}{2} I^2 R - K_t (T_H - T_C) \quad (W) \quad (5)$$

Burada  $K_t$  termoelektrik soğutucu modülün toplam termal iletkenliği(W/K) dir.

Performans katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanabilir[7].

$$COP = \frac{Q_c}{P} \quad (6)$$

Burada, **COP** coefficient of Performance,  $Q_c$  termoelektrik modülün soğutma gücü (W),  $P$  termoelektrik modülün giriş gücü (W)

### 3. Materyal ve Metot

#### 3.1. Materyal

Fotovoltaik batarya destekli termoelektrik soğutucu sistem altı ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar;

**Fotovoltaik batarya;** sistemin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini temin etmek için Sunset Enerji sistemleri Ltd. Şti. [15] den temin edilen ve batarya şarjı için çok uygun olan AS 6506 model PV panel kullanılmıştır. AS 6506 model panelin özellikleri Nominal Güç  $P_{max} = 65[W_p]$ , Nominal Akım  $I_{MPP} = 3.75[A]$  Nominal Voltaj  $U_{MPP} = 17.3 [V]$ , ( $AM = 1.5$ ,  $E = 1000 W/m^2$ ,  $T_C = 25 ^\circ C$ )

**Batarya;** karanlıkta veya güneş ışığının yetersiz olduğu durumlarda sistemi beslemek için ve sabit voltaj sağlamak için kurşun-asit batarya kullanılmıştır. Kurşun-asit bataryalar güneş enerjili sistemlerde enerji depolamakta yaygın olarak kullanılan elemanlardır[16,17]. Bunun için, YUASA firmasına ait 12 V 38 Ah kapasiteli kurşun-asit batarya kullanılmıştır.

Batarya seçimi eşitlik (7) e göre yapılmıştır.

$$CA = (I \times h) \times \frac{100}{\eta_{bat}} \quad (7)$$

Burada,  $CA$  bataryanın kapasitesi ( $Ah$ ),  $I$  bataryadan çekilen akım(A),  $h$  bataryadan çekilen akımın süresi(saat),  $\eta_{bat}$  bataryanın verimidir(%).

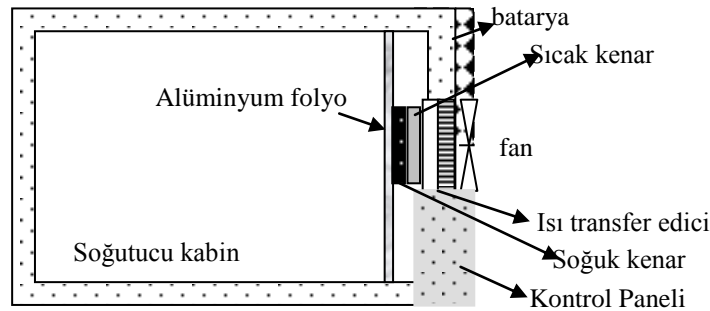
**Mikro kontroller ve sensör;** güneş pilinden elde edilen gerilimin değerine göre batarya ve soğutucu sistemi çalıştıran, kabin içi ısısına göre soğutucu sistemi çalıştırıp duracak niteliktedir. Aynı zamanda bataryanın aşırı şarj veya deşarj olmasını önlemek için bir regülatör ve röle devresi bulunmaktadır. Kabin içi ısını, Peltier malzemenin soğuk tarafının ısını ( $T_C$ ), sıcak taraf ısını( $T_H$ ) ölçmek için lineer ve çok karalı olan IC

LM 335 sensörü kullanılmıştır. Devreye eklenen RS 232 devresi ile PC ile haberleşmesi sağlamış ve deney süresince elde edilen değerlerin ölçülmesi ve kayıt edilmesi mümkün hale getirilmiştir. Devrenin yapımında PIC 16F877 entegre kullanılmıştır.

**Fan;** termoelektrik modülün ısınan tarafında oluşan ısının alınarak  $\Delta T$  değerinin yüksek değerde tutulmasını sağlamak için 3 W fırçasız 12 Volt DC motor fan kullanılmıştır.

**Termoelektrik modül (Peltier);** soğutma işlemi için MELCOR[18] firmasına ait CPO.8-127-06,  $Q_c= 18.5$  W (max),  $I=2.1$ A (max),  $V=15.5$  V (max) bir adet Termoelektrik soğutucu modül kullanılmıştır.

**Soğutucu kabin;** soğutma kabini 400x400x300 mm ebatlarında iç hacmi olan etrafı 5 mm kalınlığında strafor ile ısı yalıtımı yapılmış bir kabin kullanılmıştır. Termoelektrik modülün yerleştirildiği bu iç yüzeyin tamamı ısı iletimini kabin içine daha iyi iletmek için alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Termoelektrik modülün ısınan dış yüzeyinin ısınımları almak için üzerine 50x50 mm ısı-transfer edici yerleştirilmiş ve bunun üzerine de fan monte edilmiştir. Bu termoelektrik soğutucu kabinin şeması Şekil1.'de görülmektedir.



Şekil 1: Gerçekleştirilen soğutucu kabin

**Deneyin yapıldığı yerin konumu;** deney Türkiye-Konya da yapılmıştır. Konya 37.6 derece enlem ve deniz seviyesinden 1028 metre yükseklikte



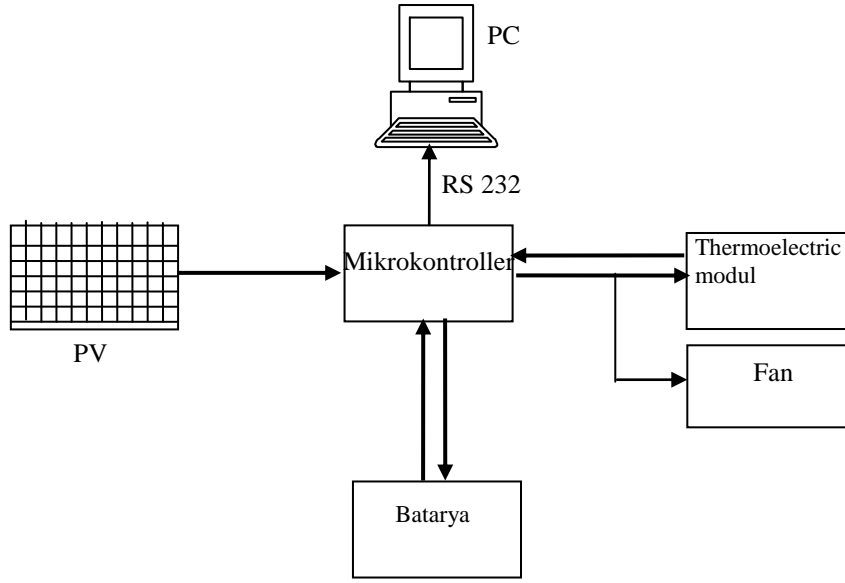
bulunmaktadır. Şehrin yıllık aylara göre gün uzunluğu ve aylara ve saatlere göre anlık ışıınım değerleri Tablo 3 verilmiştir[19]

Tablo.3 Konya için anlık ışıınım değeri ve gün uzunluğu

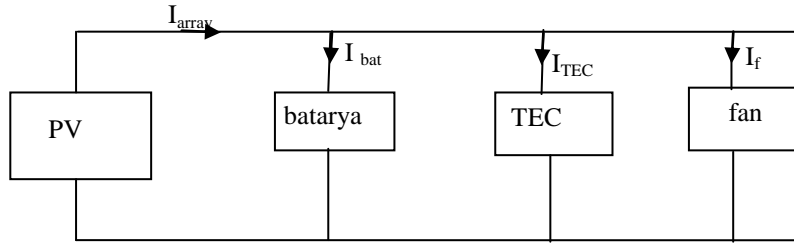
AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TÜM İŞİNİM (w/m <sup>2</sup> )													
SAAT	OC	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AG	EYL	EKİ	KAS	ARA	AVR
6-18	0	0	0	59	136	175	156	88	11	0	0	0	52
7-17	0	31	117	235	326	364	344	267	156	54	0	0	157
8-16	95	180	306	443	526	555	537	468	350	213	110	72	321
9-15	248	354	496	631	697	715	700	644	535	390	264	213	450
10-14	384	495	619	766	817	826	814	770	672	528	395	342	620
11-13	463	576	721	844	887	891	880	842	751	608	473	419	696
12	492	606	752	874	914	917	907	871	781	638	500	446	724
GÜNDÜZ ZAMANI (SAAT/GÜN)													
9.7	10.6	11.8	13.0	14.0	14.6	14.3	13.4	12.2	11.0	10.0	9.5	12	

### 3.2. Metod

Sistemin performans deneylerini gerçekleştirebilmek için gerekli kontrol prensip şeması Şekil 2. de, elektrik eşdeğer devresi Şekil 3. de görülmektedir.



Şekil 2. Gerçekleştirilen sistemin kontrol devresi prensip şeması



Şekil 3. Tasarlanan sistemin elektrik eşdeğer devresi

Sistemin elektrik eşdeğer devresine göre eğer güneş paneli yeterli enerjiye sahip ve sistemi besleyebiliyorsa panelden çekilen akım;

$$I_{array} = I_{bat} + I_{TEC} + I_f \quad \text{ile hesaplanmıştır.} \quad (8)$$

Burada,  $I_{array}$  panelden çekilen akım,  $I_{bat}$  batarya şarj akımı,  $I_{TEC}$  soğutucunun çektiği akım,  $I_f$  fanın çektiği akımdır.

Eğer sistemde PV panel yeterli enerjiye sahipse  $I_{array}$ ,  $I_{bat}$ ,  $I_{TEC}$ ,  $I_f$  akımları güneş paneli tarafından sağlanmakta ve akım yönü güneş panelinden diğer elemanlara doğrudur.

Karanlıkta veya güneş ışınımının yeterli olmadığı durumlarda PV panel enerji vermemektedir, bu durumda

$$I_{array} = 0 \quad (9)$$

$$I_{bat} = I_{TEC} + I_f \quad (10)$$

olmakta ve sistemi tek başına batarya beslemektedir.

PV panelden gün boyu elde edilecek toplam enerji eşitlik (11) ile hesaplanmıştır.

$$P_{array} = P_{ort} \times h \quad (11)$$

Burada  $P_{ort}$  günlük ortalama güç(w),  $h$  alınan güneş ışınımı süresi(saat)

Soğutucunun gücü( $P_{cool}$ ) eşitlik (12) ile hesaplanmıştır.

$$P_{cool} = P_{TEC} + P_f \quad (12)$$

burada,  $P_{TEC}$  termoelektrik soğutucunun gücü(W),  $P_f$  fanın gücü(W) dür.

Soğutucunun gün boyu veya belirli süre için ihtiyaç duyduğu enerji miktarı ise eşitlik 13 ile hesaplanmıştır.

$$P_{cool} = P_{TEC} + P_f * h \quad (13)$$

Burada  $P_{cool}$  soğutucunun ihtiyaç duyduğu enerji (Wh),  $P_{TEC}$  termoelektrik soğutucunun gücü(W),  $P_f$  fanın gücü(W),  $h$  kullanım süresi (saat)

Bataryanın şarj olması için verilen güç ise ( $P_b$ ) eşitlik (14) ile hesaplanmıştır.

$$P_b = P_{array} - P_{cool} \quad (14)$$

#### 4.Sonuç ve Tartışma

Sisteme enerji sağlayan PV'nin teknik verilerinden, bir günlük zaman-güç karakteristik eğrisinden (Şekil4) ve Türkiye-Konya'nın (37.6°) Mayıs ayı aldığı ortalama güneş enerjisi miktarına (Tablo-1) ve eşitliklerden faydalanarak yapılan hesaplamaların sonucu parametrelerin değerleri Tablo 2 de verilmiştir.

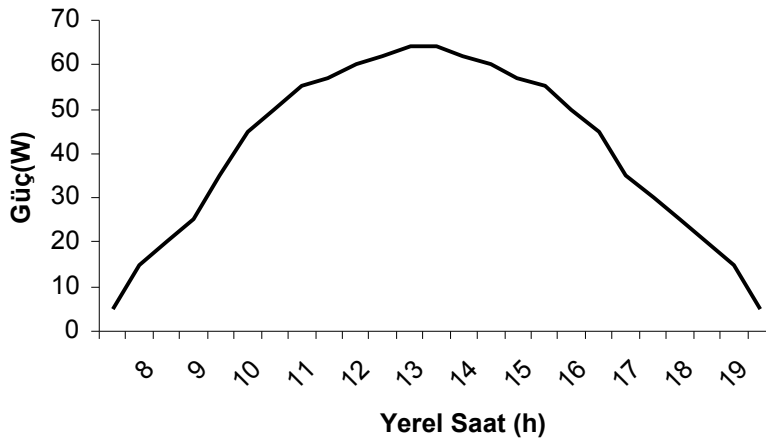
Tablo 2. Sistem Parametrelerinin Hesaplanması.

Parametreler	Birim	Bulunan sonuç	Hesaplama
$P_{array}$	Wh	560	Eşitlik 3–11
$P_{cool}$	Wh	360	Eşitlik 6-13
$P_{cool}(gündüz)$	Wh	210	Eş. -13,Tablo1
$P_{cool}(gece)$	Wh	150	Eşitlik–13
$P_b(discharge)$	Wh	150	Eşitlik–13
$P_b(charge)$	Wh	350	Eşitlik–14

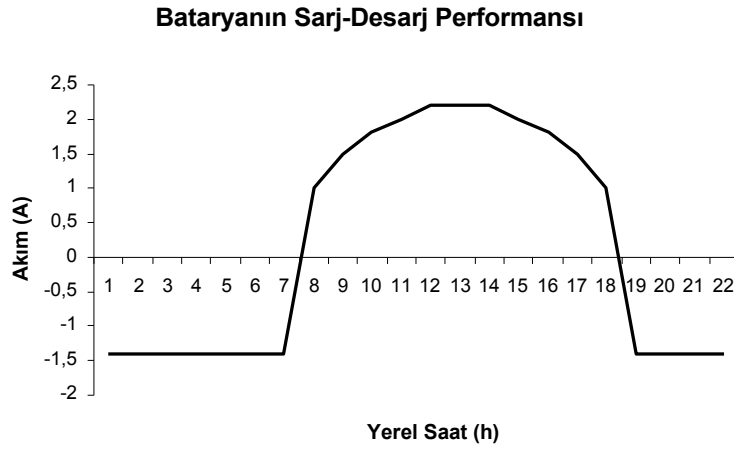
Seçtiğimiz bataryanın kapasitesi (eşitlik–7) göz önüne alındığında şarj süresince verebileceğimiz enerjinin deşarj süresinde aldığımız enerjiden daha yüksek olduğu görülmektedir ( $P_{şarj} > P_{deşarj}$ ). Bu seçilen PV panelin faydalı ışınım sürelerinin çok fazla olmaması halinde bile sistemin beslemesi için yeterli olacağını göstermektedir.

**28 Mayıs 2006** tarihinde Konya-Türkiye de açık havada yapılan deneyden elde edilen verilere göre kullanılan PV panelinin elde edilen Güç Zaman eğrisi Şekil 4 görülmektedir

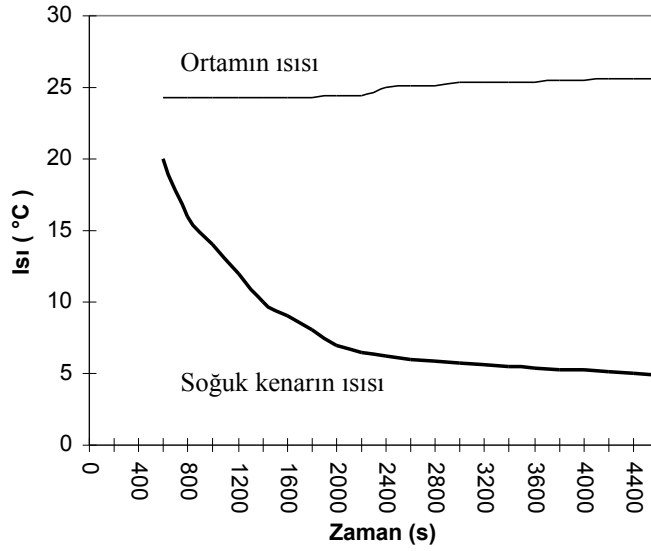
#### PV panelin Güç-Zaman Performansı



Şekil 4 PV nin değişik zamanlardaki (gün boyu) güç-zaman karakteristik eğrisi Deney süresince kullanılan bataryanın sistemden aldığı akım ve sisteme verdiği akım Şekil 5 de görülmektedir. Karakteristik eğri incelendiğinde bir günlük (24 saat) bir ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerlerden alınan değerlere göre Şekil 5 incelendiğinde gün ışığının olmadığı (gece) saatlerde bataryadan akım çekilmekte, güneş ışığının yeterli olduğu saatlerde ise batarya PV panel tarafından şarj edilmektedir. Çekilen akım eğri üzerinde negatif değerde gözükmemektedir.



Şekil 5. Bataryanın değişik zamanlardaki (gün boyu) şarj-deşarj karakteristik eğrisi Termoelektrik soğutucu kabinin soğutma performansı 25 °C ortam sıcaklığında ölçülmüştür. Bunun için deneye başlamadan soğutucu kabin sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve başlangıç zamanı belirlenerek sistemin soğutma karakteristik eğrisi çıkarılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Soğutucu sistemin zaman-sıcaklık karakteristik eğrisi

Güneş pili tarafından beslenen batarya destekli soğutucu sistemde, yapılan ölçümlerde seçilen PV panelin mayıs ayı için ortalama günlük toplam gücü olan **560 Wh**'in bataryayı şarj etme ve soğutucuyu çalıştırmak için yeterli olacağı görülmüştür. Termoelektrik soğutucu modülün **12 w** gücü soğutma kabının  $48.10^{-3} m^3$  hacmini ayarlanan **5°C** kadar soğutma süresi ve sıcaklığı ölçülmüş alınan değerlerin istenen **5-10°C** değerlerle karşılaştırılmasında yeterli soğutmanın sağlandığı görülmüştür.

Sistemin bütünü incelendiğinde, kullandığı enerjinin güneş enerjisi olması, soğutma sisteminde çevreye zararlı gazların olmaması açısından çevre dostu bir sistem olduğu görülmüştür. Bu sistemde enerji açısından ek bir maliyet gerekmemektedir. Ayrıca sistem üzerinde hareketli elemanların çok az olması (sadece fan) bakım maliyetlerini en aza indirmektedir. Sistemin hacim ve ağırlık olarak küçük olması da diğer bir avantajdır.

Sistem akımının değişken olması ve termoelektrik modülün iki yanındaki sıcaklık farkının sürekli olarak sabit tutulmamasından dolayı COP 0.3 ila 0.6 arasında değişken değerler göstermiştir.

Bu sistemin taşıma kolaylığı ve taşındığı yerde montajının ve işletmeye alınmasının kolaylığı açısından değerlendirildiğinde, elektrik enerjinin olmadığı yerlerde gıda veya tıbbi malzemelerin saklanması için ideal bir donanım olduğu ortaya çıkmaktadır.

## **5. Kaynaklar**

- [1] **Fıratoğlu, Yeşilata**, Lineer Elektriksel Yüke Bağlı PV Panellerinin Optizasyonu Ve Bölgesel Uygulanabilirliğinin Araştırılması, , Havacılık ve uzay teknolojileri dergisi Ocak 2002cilt1 sayı 1 sh(65-72)
- [2] **Çolak, M**, 1992. “PV Elemanlar, E.Ü. Solar Energy Institute, Textbook, (unpublished). İzmir, Tukey
- [3] **Fıratoğlu, Yeşilata**, Maksimum güç noktası izleyicili fotovoltaik sistemlerin optimum dizayn ve çalışma koşullarının araştırılması DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik dergisi, Ocak, 2003cilt5 sayı 1 sh 147-158
- [4] **Zaki A. M. N**, “Matching of fotovoltaik motorpump systems for maximum “ , Efficiency Operation “ renewable Energ, Vol. 7 pp. 279-288.1996
- [5] **Çelik,A.N.**”Present Status Of Photovoltaic Energy İn Turkey And Life Cycle Techno-Economic Analysis Of A Grid-Connected Photovoltaic-House” Renewable and Sustainable Energy Reviews 10 (2006) 370–387

- [6] **Bansal P.K., A. Martin**, Comparative study of vapor compression, termoelektrik and absorption refrigerators, *International Journal of Energy Research* 24 (2000) 93-107.
- [7] **Dai. Y,J, Wang, R,Z, Ni,L**, Experimental investigation and Analysis on a Termoelektrik Refrigerator driven By solar Cells, *Solar energy Materials& Solar Cells* 77, (2003) 377-391
- [8] **Xu Xu, S. V. Dessel and A. Messac**, Study of the performance of thermoelectric modules for use in active building envelopes *Building and Environment*, **In Press, Corrected Proof**, Available online 8 February 2006
- [9] **Threlkeld JL**. *Thermal Environmental Engineering*. Prentice-Hall;1962[Chapter 6].
- [10] **Astrain D, J.G. Via n, J. Albizua**, Computational model for refrigerators based on Peltier effect application, *Applied Thermal Engineering* 25 (2005) 3149–3162
- [11] **Cherif, A,Jraidi,M Dhouib,A** A battery Ageing Model Used in Stand Alone PV systems, *Journal of Power Sources* 112 (2002) 49-53
- [12] **Hara T., H. Azuma**, Cooling performance of solar cell driven, thermoelectric cooling prototype headgear, *Applied Thermal Engineering* 18 (1998) 1159-1169.
- [13] **Mei V.C.,F.C. Chen, B. Mathiprakasam,P. Heenan**, Study of solar-assisted thermoelectric technology for automobile air conditioning, *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME* 115 (4) (1993) 200-205.
- [14] **Min, G, Rowe,D,M**, Experimental evaluation of prototype thermoelectric domestic-refrigerators, *Applied Enerji* 83 (2006) 133-152
- [15] **Sun-Set Aş**, [sunsetenerji.com.tr](http://sunsetenerji.com.tr)



- [16] **Protogeropoulos C, Marshal RH, Brinkworth BG.** Battery state of voltage modelling and an algorithm describing dynamic conditions for long-term storage simulation in a renewable system. *Solar Energy* 1994;53(6):517–27.
- [17] **Khouzam KY.** The load matching approach to sizing photovoltaic systems with short-term energy storage. *Solar Energy* 1994;53(5):403–9.
- [18] **Melcor,** [www.melcor.com](http://www.melcor.com)
- [19] **SMS,** Turkish State Meteorological(Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) Service-2005. Turkey