

# GÜNEŞ PİLLERİ İLE SICAK SU ELDE ETME VE SOKAK AYDINLATMASI

Sabir Rustemli<sup>1</sup>

Ferit Dinçadam<sup>1</sup>

Metin Demirtaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye  
Tel: +90 432 2251024, Fax: +90 432 2251733

<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye  
Tel: +90 266 6121194, Fax: +90 266 6121257

[sabirrustemli@yyu.edu.tr](mailto:sabirrustemli@yyu.edu.tr)

[fdincadam@hotmail.com](mailto:fdincadam@hotmail.com)

[mdtas@balikesir.edu.tr](mailto:mdtas@balikesir.edu.tr)

## ÖZET

Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir. Yakıt masrafının olmaması birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur.

Yapılan çalışmada, gücü 5 kW olan bir meskenin elektrik ihtiyacı güneş pili ile sağlanmaktadır. Elektrik ihtiyacını güneş pilinden sağlama sisteminde; 20 adet güneş pili, 1 adet şarj kontrol cihazı, akü grubu ve sistemi besleyecek güçte inverter kullanılmıştır. Sistemin verimini artırmak içinde güneş takip sistemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, tek eksenli 45°'lik açıyla oluşturulan güneş takip sistemiyle yapılan ölçümler neticesinde akımda % 15.40'luk, gerilimde % 16.13'lük ve güçte ise % 29.02'lik bir kazanç elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş pilleri, güneş takip sistemi

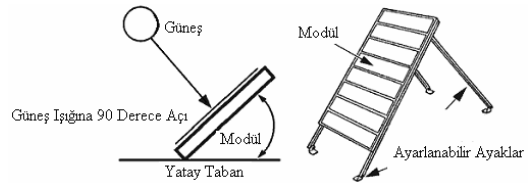
## 1. GİRİŞ

Güneş pillerinin (Photovoltaic-PV) yaklaşık 60 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir. Güneş pilleri pahalı olmalarına karşın en önemli üstünlükleri; hiç bir hareketli parçaya sahip olmamaları, sorunsuz olarak az bakımla 25- 30 yıl kullanılabilmeleri ve çalışma süreleri boyunca doğaya hiç bir kirlenici atık bırakmamalarıdır. Bu edenle güneş pilleri ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır [1-14].

Yakıt masrafının olmaması birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Tipik bir sistemin kullanım süresi yaklaşık 25 yıldır. Güneş pili sistemlerinin maliyeti, temel olarak iki kısımda incelenebilir. İlki güneş pili modüllerinin maliyeti, ikincisi inverterler, elektronik denetim aygıtları, depolama, kablolama, arazi ve altyapı hazırlama gibi sistem destek elemanlarının maliyetidir. Genelde güneş pillerinin maliyeti toplam sistem maliyetinin 2/3 ünü oluşturmaktadır. Ancak maliyet hesabında çevre etkileri dikkate alınmamaktadır.

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Ortam sıcaklığı 25 °C'de, üzerine gelen ortalama ışınım şiddeti 1000 W/m<sup>2</sup>'dir. Bir PV hücrenin çıkış gerilimi yaklaşık olarak 0.5 volt civarındadır. Genellikle, 30-36 adet

güneş hücresi, 15-17 voltluk bir çıkış gerilimi vermek için birlikte bağlanabilir ki bu gerilim değeri de, 12 voltluk bir akümülatörü şarj etmek için yeterlidir. Çıkış gücünü artırmak için çok sayıda hücreler seri veya paralel bağlanır. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 35 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Genellikle, 12 voltluk akümülatörleri şarj etmek için 30-36 adet silisyum güneş pilinin bağlanması ile bir modül oluşsa bile, daha yüksek çıkış güçleri için daha büyük modüller yapılabilir. En basit sistem, bir modül, buna bağlı bir akümülatör ve elektrik motorundan oluşmuş bir sistemdir. Modülün güneşe 90° lik bir açıyla ayarlanması Şekil 1'de verilmiştir.

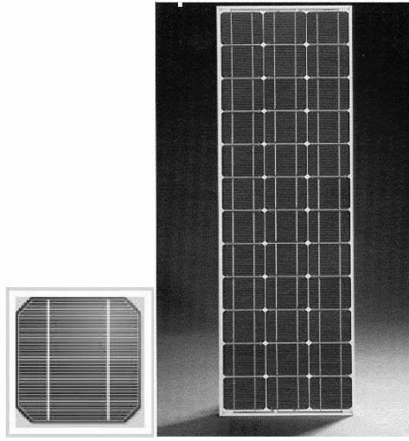


Şekil 1. Modülün 90°'lik bir açıyla ayarlanması.

Paneller şekil 1'de görüldüğü gibi güneş ışığına, dik ya da dike yakın açıda en yüksek verimi sağlarlar. Yazın kışa göre 4 misli fazla elektrik gücü sağlanabilir. Bu yüzden panel gücünü, kış ve yaz dönemindeki şartlara göre hesaplamak gerekir. Modüller genellikle 1.5-35 Voltluk gerilim ve 0.15–250 W güçleri arasında değişik kapasitelerde üretilir.

Paralel bağlantılarla akım, seri bağlantılarla gerilim istenen seviyeye ayarlanır.

Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Hücrelerin birleşmesinden modül, modüllerin birleşmesinden panel, panellerin birleşmesinden solar dizi oluşur. Solar modüller yalnız direkt güneş ışığından değil, yaygın ışınım da (bulutlu havalarda) daha düşük güçte elektrik üretebilmektedir. Güneş pili ve güneş modülünün yapısı şekil 2'de gösterilmiştir.



a) Güneş pili b) Güneş modülü

Şekil 2. Güneş pili ve güneş modülü

Bir güneş hücresinin performansı verimi ile ölçülmektedir. Aldığı enerjinin yüzde kaçını kullanılabilir elektriğe dönüştürdüğü verimi belirleyen en önemli parametredir. Ancak belli dalga boylarındaki ışık elektriğe dönüştürülebilir, geri kalan büyük miktar hücreyi oluşturan madde tarafından ya emilmekte ya da yansıtılmaktadır. Bundan dolayı günümüzde tipik bir güneş hücresinin verimi % 34 civarındadır, ancak güneş modülü aldığı enerjinin yaklaşık altıda birini elektriğe çevirmektedir [15].

-40 °C ve +85 °C dereceler arasında sorunsuzca çalışmakta olan güneş panellerinin korozyon ve ultraviyole ışınlarına karşı özel koruması vardır. Anti reflektif özel yüzeyi ile maksimum güneş ışığı absorbe edilmekte ve yansımalar önlenmektedir.

Düşük verim daha geniş alan ihtiyacı, dolayısı ile daha yüksek maliyet demektir. Bundan dolayı günümüzdeki tüm çalışmalar güneş hücrelerinin verimini arttırmak için yapılmaktadır. Panel yüzeyine, komşu binalardan ve çevredeki ağaçlardan gölge düşmesi verimi azaltacaktır. Cam yüzeyinin kirlenmesi de % 3-4 verim kaybına neden olur. Türkiye için genelde geçerli olan 60° kış eğimi sayesinde ve panel camlarının özelliği nedeni ile buzlanma veya kar birikmesi olmamaktadır.

12-24 panellik bir sistem normal bir evin tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilir, endüstri uygulamaları veya elektrik santralleri için binlerce güneş panelinin kullanıldığı büyük sistemler kurulmaktadır. Seri ve paralel bağlamalarla istenilen DC gerilimi (12-24-48V) elde etmek mümkün olmaktadır.

Güneş pili üretimi, yüksek teknoloji gerektiren bir yapım tekniği istemekte, dolayısıyla pahalıya mal olmaktadır. Ancak, gelişen teknoloji ile bu mal oluşlar geçmişte çok hızlı bir düşme göstermiştir ve maliyetlerin azalma eğilimi devam etmektedir. 1950 yılında yapılan ilk güneş hücresinin verimi %4 ve maliyeti 750 \$/W civarındaydı. Bugün bu pillerin verimi % 20 maliyeti ise 5-6 \$/W'a kadar düşmüş durumdadır.

European Photovoltaic Industry Association (EPIA) hedefleri doğrultusunda, PV fiyatları oluşturulmuştur. 2020 hedefi olan 1 €/W hedefi sınır olarak verilmekte ve fiyatların daha aşağıya inmesi beklenmemektedir. Güneş pilinden üretilen birim elektrik enerjisi maliyeti, kurulum maliyetinin 30 sene boyunca üreteceği enerjiye bölünmesiyle elde edilmiştir. Ancak, kurulum maliyetleri ele alınırken, 1 kW'lık sistem maliyetleri düşünülmüştür. Daha büyük üretim sistemlerinde kurulum maliyetleri, belirtilen fiyatların %10-40 altında olabilir, bu farka karşılık PV sistemlerinin ortalama ömürleri sırasınca % 5 verim kayıpları, sistem bakım ve yenilemeleri vb. bedeller bu hesaba katılmamıştır. Fotovoltaik modüllerin ömür sürelerinin 30 yıl olduğu düşünülürse, yapılan yatırımın kaç yılda geri alınabileceği sorusuna, literatürde verilen cevap yaklaşık 5 yıldır.

Güneş pilleri ticari olarak, yaklaşık 50 cm x 100 cm alan ve 3 cm kalınlıkta olan güneş pili modülleri halinde pazarlanmaktadır. Genelde 36 adet seri bağlı kristal tip Si hücrelerden oluşan bir modül gündüz saatlerinde 3 amper civarında akım ve 16 volt'un üzerinde gerilim vermektedir.

Güneş pili üretim kapasitesinin yıllık 50-100 MW olduğu sanılmaktadır. Bu rakamlar, dünyadaki enerji kullanımı göz önüne alındığında denizde bir damla gibi görünse de, gerek bu alandaki teknolojik gelişmeler, gerekse giderek kullanım alanlarının çeşitlenmesi ve ayrıca çevre dostu bir enerji niteliğinde olması, bu alanda hızlı gelişmelerin beklendiğine işaret etmektedir. Ancak güneş pili sistemleriyle ilgili maliyet karşılaştırmalarında çevre etkileri dikkate alınmamaktadır. Ulusal enerji kaynaklarının yetersizliği konu olduğunda, şebekeye bağlı münferit güneş pili sistemlerinin genelde önemli bir tasarruf potansiyeli oluşturduğu, bu konuda yapılan çalışmaların sonuçlarından anlaşılmaktadır. Ancak yakıt giderinin olmaması, bakım giderlerinin ise diğerlerine göre çok daha az olması, birim kWh başına enerji maliyetini çok aşağılara çekmektedir. Çevre maliyeti ise, güneş pillerinin üretimi aşaması dışında sıfır olarak kabul edilebilir. Güneş pillerinin avantajları;

- Yakıt sorunu yoktur,
  - İşletme kolaylığı bulunmaktadır,
  - Mekanik yıpranma bulunmamaktadır,
  - Modüler bir yapıya sahiptir,
  - Uzun yıllar sorunsuz olarak çalışır,
  - Temiz bir enerji kaynağıdır,
  - Bedava enerji sağlar,
  - Enerji İthalatını azaltır,
  - Elektrik arz güvenliği sağlar,
  - Enerji tedarikinde çeşitlilik ve güvenilirlik kazandırır,
  - Önemli iş olanakları sağlar,
  - Enerji piyasasında yeniden yapılanmayı destekler,
  - İthal yakıt bağımlılığını azaltır,
  - Uzak ve izole yerlerde yaşayan kırsal toplulukların elektriklenmesine ivme kazandırır,
  - PV den üretilen her kWh için 0.6 kg CO<sub>2</sub> emisyonu azalmaktadır,
- Şeklinde sıralanabilir.

Yakın geçmişe kadar alışla gelmiş elektrik enerjisi üretim yöntemleri ile karşılaşıldığında çok pahalı olarak değerlendirilen fotovoltaik güç sistemleri, artık yakın gelecekte güç üretimine katkı sağlayabilecek sistemler olarak değerlendirilmektedir. Özellikle elektrik enerjisi üretiminde hesaba katılmayan ve görünmeyen maliyet olarak değerlendirilebilecek “sosyal maliyet” göz önüne alındığında, fotovoltaik sistemler fosile dayalı sistemlerden daha ekonomik olarak değerlendirilebilir [16].

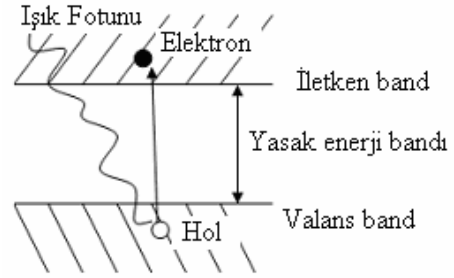
## 2. GÜNEŞ PİLLERİNİN YAPISI VE ÇALIŞMASI

Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılmaktadır. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir [17].

Yarıiletken eklemnin güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır. Şekil 3’de güneş hücresinde ışığın elektrik enerjisine dönüşümü gösterilmiştir.

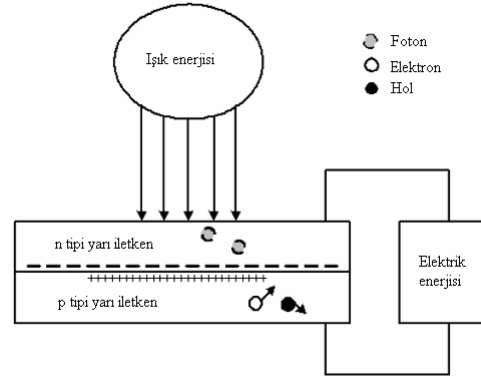
Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banddaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından

birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder. Yarıiletkenin iç kısımlarında da, gelen fotonlar tarafından elektron-hol çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alan olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar.



Şekil 3. Güneş hücresinde ışığın elektrik enerjisine dönüşümü

Yapının iki ucu bir dış devreye bağlandığında bu yükler akarak elektrik akımı elde edilmiş olur. Elde edilen doğru akıma fotovoltaik akımı, bu akımı oluşturan olaya da fotovoltaik olayı denilmektedir. Şekil 4’de fotovoltaik olay gösterilmiştir [18].

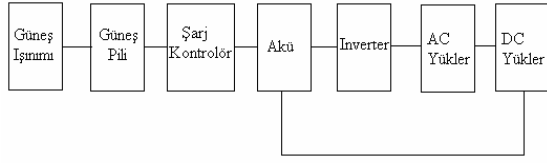


Şekil 4. Fotovoltaik olay

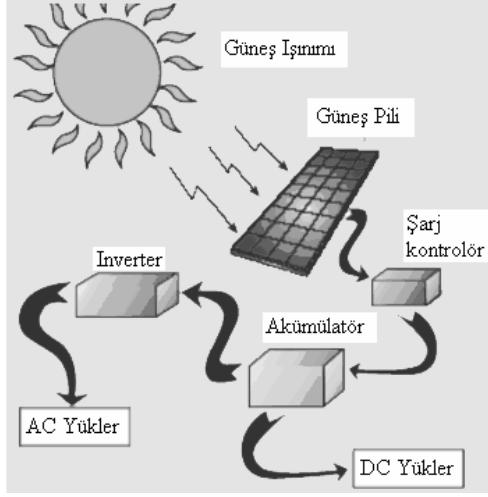
## 3. GÜNEŞ PİLİ SİSTEMİ VE UYGULAMALARI

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, inverterler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımamanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak

kullanılmaları da mümkündür. Şekil 5'te fotovoltaik sistemin görünümü ve blok diyagramı gösterilmiştir.



a) Fotovoltaik sistemin blok diyagramı



b) Fotovoltaik sistemin görünümü

**Şekil 5.** Fotovoltaik sistemin görünümü ve blok diyagramı.

Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akü bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu aküde depolar, yüke gerekli olan enerji aküden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek aküdeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz.'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir [19].

Şebekeye bağlı güneş pili elektrik santrallerinin güçleri 100 kW ile onlarca MW arasında olmaktadır. Yine şebekeye bağlı, ancak dağıtılmış durumda olan bina çatı ve yüzeylerine yerleştirilen sistemler ise 1 kW ile 50 kW arasında değişmektedir. Bu sistemlerde iki yönlü sayaç kullanılır. Örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek

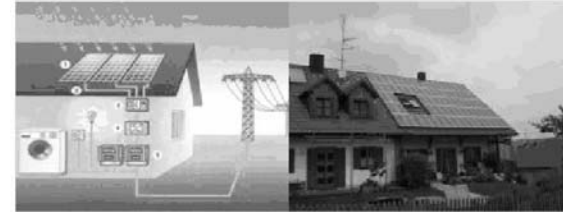
yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin AC elektriğe çevrilmesi, çift yönlü sayaç kullanılması ve üretilen elektriğin şebeke uyumlu olması yeterlidir. Şekil 6'da Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğüne (EİE) ait Didim Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi'nde 4.8 kW gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi gösterilmiştir.

Almanya'da yapılan bir çalışmada, bireysel tüketicilerin evlerinin çatılarına koydukları güneş pilleri ile ürettikleri elektriğin üçte birini kendilerinin tükettikleri, geri kalanını ise enterkonnekte sisteme vererek ulusal elektrik enerjisi üretimine katkıda buldukları saptanmıştır.



**Şekil 6.** 4.8 kW'lık şebeke bağlantılı güneş pili sistemi.

Almanya şartlarında, binalarda güneş pilleri kullanıldığında üçte bir oranda tasarruf doğmaktadır. Almanya'daki uygulamalardan şebekeye bağlı 5 kW'lık PV sistemi şekil 7'de gösterilmiştir [17].



**Şekil 7.** Almanya'daki şebekeye bağlı 5 kW'lık PV sistemi.

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı sistemler de mevcuttur. Fotovoltaik sistemlerin şebekeden bağımsız olarak, tipik uygulama alanları;

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri,
- Petrol boru hatlarının katodik koruması,
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları,
- Bina içi ya da dışı aydınlatma,
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki

evlerde TV, radyo, buzdolabı, fırın gibi elektrikli ev aletlerinin çalıştırılması,  
 — Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompası,  
 — Orman gözetleme kuleleri,  
 — Deniz fenerleri,  
 — İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri,  
 — Deprem ve hava gözlem istasyonları,  
 — İlaç ve aşı soğutma,  
 şeklinde sıralanabilir.

#### 4. 5 KW'LIK GÜCÜN GÜNEŞ PİLİ İLE BESLENMESİ

Bir meskenin elektrik ihtiyacını güneş pilinden sağlama sisteminde yaklaşık 20 adet güneş piline, 1 adet şarj kontrol cihazına, akü grubuna ve sistemi besleyecek güçte invertere ihtiyaç bulunmaktadır. Şekil 8'de gücü 5 kW olan bir meskenin elektrik ihtiyacını güneş pili ile besleme şeması verilmiştir.

Gücü 5 kW olan bir meskenin elektrik ihtiyacını güneş pili ile besleme durumunda elde edilecek güç, akım, gerilim değerleri ve sistemin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

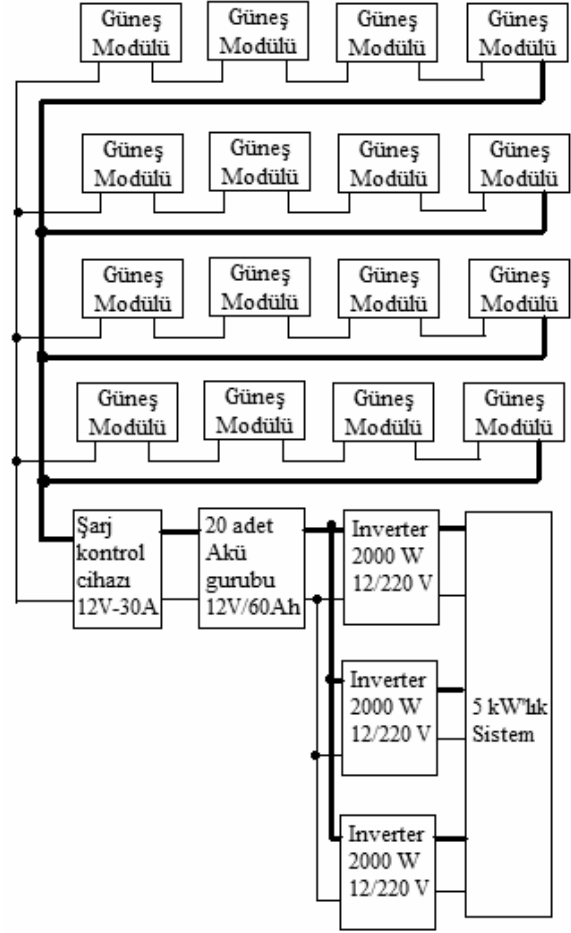
**Çizelge 1:** 5 kW'lık sistemin özellikleri

Sistem elemanı	Teknik özellik	Adet
Güneş pili	150W, 21.6 V, 6.95A	20
Akü	12V, 60Ah	20
İnverter	2000W	2
İnverter	1000W	1
Şarj regülatörü	30A, 12V	1

Her bir modüle ait güç 150 Watt, gerilim 21.6 Volt ve akım ise 6.95 Amperdir. Güneş panellerinin seri ve paralel bağlantı durumlarından yararlanarak istenen akım ve gerilim değerleri elde edilebilir. Bu sistemle;

- Bir evin günlük elektrik ihtiyacı yaklaşık 30 sene karşılanabilir,
- 52 saat güneş ışınımı olmadığı durumda akü yardımı ile elektrik gereksinimi giderilebilir,
- Şebeke ile koordineli çalışılarak elektrik üretim maliyeti düşürülebilir,
- Tüm bunlar 25 m<sup>2</sup> lik bir çatı yüzeyinde gerçekleştirilebilir.

Bir meskenin ihtiyacı olan sıcak su ihtiyacını elde etme sisteminde güneş modülü, şarj kontrol cihazı, akü grubu, inverter, rezistans, termostat, ampermetre, voltmetre elemanlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Bir meskende gücü 3 kW olan sıcak su elde etme sisteminin güneş pili ile beslenmesi durumunda elde edeceğimiz güç, akım, ve gerilim değerleri ve sistemin özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.



**Şekil 8.** 5 kW'lık güç besleme sistemi.

**Çizelge 2:** Sistem elemanlarının özellikleri

Sistem elemanı	Teknik özellik	Adet
Güneş modülü	63.855 W, 17.64 V, 3.69 A	8
Şarj regülatörü	12/24 V, 20 A	1
Akümülatör	12V, 60Ah	12
İnverter	12V/230V, 1500W	2
Rezistans	1500 W	2
Voltmetre (AC)	Dijital	2
Ampermetre	Dijital	2
Voltmetre (DC)	Dijital	1
Termostat	Dijital	1

Her bir modüle ait güç 63.855 Watt, gerilim 17.64 Volt ve akım ise 3.69 Amperdir. Güneş panellerinin seri ve paralel bağlantı durumlarından yararlanarak istenen akım ve gerilim değerleri elde edilebilir.

Bir adet lamba ile sokak aydınlatması sisteminde güneş modülü, şarj kontrol cihazı, akümülatör, inverter ve lamba kullanılmaktadır. Şekil 9'da güneş pili ile beslenen bir sokak lambasına ait aydınlatma sisteminin şeması verilmiştir.



Şekil 9. 65 W'lık lamba aydınlatma sistemi

Güneş pilinden elde edilen enerji ile beslenen bir sokak aydınlatması sisteminde, ihtiyaç duyulan güç, akım ve gerilim değerleri ve sistemin özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3: Sistem elemanlarının özellikleri

Sistem elemanı	Teknik özellik	Adet
Güneş modülü	65 W, 17.64 V, 3.7 A	1
Şarj kontrolör	12V, 3 A	1
Akü	12 V, 60 Ah	1
İnverter	12/220 V, 100 W	1
Lamba	220 V, 65 W	1

Çizelge 4: Sistem elemanlarının özellikleri

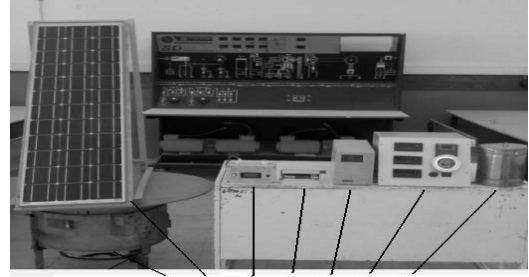
Sistem elemanı	Teknik özellik	Adet
Güneş pili	63.855 W, 17.64 V, 3.69 A, 0.4257 m <sup>2</sup>	1
Şarj Regülatörü	12/24 V, 20 A	1
Kuru tip akü	12V, 60Ah	2
İnverter	12V/230V, 300W	1
Rezistans	132 W	1
Voltmetre (AC)	Dijital	1
Ampermetre	Dijital	1
Voltmetre (DC)	Dijital	1
Termostat	Dijital	1
Motor	36 W, 3 A, 12 V	1

Yapılan uygulamada, rezistans çalıştırılarak sıcak su elde edilmektedir. Sokak lambası ise sürücü devresi kontrollü olarak gece yandı, gündüz ise devre dışı kalmaktadır. Güneş takip sistemi gece olduğunda çalışmamakta ancak gündüz süresince sabahtan akşama kadar sürekli güneşi takip ederek çalışmaktadır. Elektronik sürücü devresi güneş takip sistemini gece devre dışı bırakmakta ve gündüz olduğunda ise güneşi sürekli olarak takip etmektedir. Böylece güneş ışınlarından elde edilen enerji miktarındaki verim de artmaktadır.

Bu uygulamada elde edeceğimiz güç, akım ve gerilim değerleri ve sistemin özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

## 5. TASARLANAN GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ

Güneş pillerinin verimliliklerinin ölçüldüğü, "Standart Test Koşulları"nda güneş pili 25°C' de iken gücün 1000 W/m<sup>2</sup> olarak ölçüldüğü değerdir. Bulutsuz ve güneşli bir günde 1200 W/m<sup>2</sup>'ye varabilen bu değer, bulutlu günlerde 200-800 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Yağmurlu bir günde ise güneş pili gücü 50 W/m<sup>2</sup> değerine kadar iner. Uygulamada kullanılan güneş pilleri ile sıcak su elde etme, sokak aydınlatması ve güneş takip sistemi şekil 10'da verilmiştir. Deney düzeneği genel olarak 7 kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 10. Güneş pilleri ile sıcak su elde etme, sokak aydınlatması ve güneş takip sistemi.

Düzenekte numaralandırılan elemanlar;

- 1-Güneş takip sistemi
- 2-Güneş pili
- 3- Şarj kontrolör
- 4-İnverter
- 5-Akü
- 6-Kumanda panosu (ampermetre, voltmetre, dijital termostat, anahtar, sinyal lambası, fotosel göz ve lamba bulunmaktadır)
- 7-Su deposu şeklinde sıralanabilir.

Ocak ayında Van ilinde sabit ve güneş takip sistemli olarak, güneş modülü çıkışında ölçülen akım, gerilim ve güç değerleri Çizelge 5'de verilmiştir. Yeterli güneş ışığı olmadığı zamanda, güneş modülü çıkışında ölçü aletiyle herhangi bir değer okunamadı. Dolayısıyla çizelgede çizgiyle belirtilen yerler ölçüm alınmadığını göstermektedir. Modül 45°'lik açıyla ve tek eksenli olarak güneş takip sisteminde döndürüldü.

**Çizelge 5:** Güneş modülünde ölçülen akım, gerilim ve güç değerleri

Güneş modülü	sabit			takip sistemli		
	Saat	I(A.)	U(V)	P(W)	I(A.)	U(V)
07:00	—	—	—	—	—	—
08:00	—	—	—	1.40	20.70	28.98
09:00	1.40	18.40	25.76	1.41	19.29	27.19
10:00	1.40	18.48	25.87	1.43	18.80	26.88
11:00	1.45	19.87	28.81	1.50	19.39	29.08
12:00	1.41	18.63	26.26	1.41	18.63	26.26
13:00	1.43	18.48	26.42	1.43	18.48	26.42
14:00	1.42	18.48	26.24	1.48	18.67	27.63
15:00	—	—	—	—	—	—
16:00	—	—	—	—	—	—
Ort.	0.85	11.23	9.56	1.00	13.40	13.47

Yapılan sistem ışığa duyarlı olarak çalışmakta ve gündüz süresince güneşi takip etmektedir. Gece olduğunda motor devre dışı kalıp çalışmamakta ve sistem durmaktadır. Sabah güneş doğduğu andan itibaren motor çalışmaya başlamakta ve güneş pili tam güneşin karşısına geldiğinde motor durmaktadır. Daha sonra sistem güneşi akşam oluncaya kadar takip etmeye devam etmekte ve akşam olduğunda motor tekrar durmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir rezistansla depodaki su ısıtmakta, ışığa duyarlı lamba yakılmakta ve bir motor aracılığıyla güneş takip sistemi çalıştırılmaktadır. Düzenekte kullanılan güneş pilinin gücü yaklaşık 60 Watt'tır. Sokak aydınlatması sisteminde kullanılan lambanın gücü 15 Watt, güneş takip sistemini çalıştıran motorun gücü ise 36 Watt'tır. Güneş modülü ile güneş ışığı altında akü sistemine ihtiyaç duymadan, direkt olarak lamba ve motor kolaylıkla çalıştırılabilmektedir. Ancak 132 Watt'lık rezistansın gücü güneş piline göre yüksek olduğundan, sıcak su elde etmek için akü grubuna mutlaka ihtiyaç duyulmaktadır. Rezistanslı sistem, aydınlatma ve motor sistemine göre daha zor uygulanabilmektedir. Çünkü rezistanslı sistemlerin gücü yüksektir. Bundan dolayı uzun bir depolama süresine ihtiyaç duyulur ve güneş ışığı olmadığında aküde depolanan enerji kısa sürede tüketilir. Yani, güneş ışığı olmadan aydınlatma ve motor sistemleri rezistanslı sistemlere göre daha uzun süre akü tarafından beslenebilmektedir.

Bu uygulamada, tek eksenli 45°'lik açıyla oluşturulan güneş takip sistemiyle yapılan ölçümler neticesinde akım, gerilim ve güç kazançları sırasıyla % 15.40, % 16.13 ve % 29.02 olarak elde edilmiştir. Neticede güneş takip sisteminin % 29.02'luk bir güç kazancını oluşturduğu görülmektedir. Bu kazanç değeri, küçümsenmemesi gereken bir orandır ve sonraki çalışmalarda bu konuya yoğunlaşmanın ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Endüstri ve nüfusa bağlı olarak ülkemizde her sene tüketilen enerjide yaklaşık %6'lık bir artış olmaktadır. Ülkemizdeki kaynakların sınırlılığı ve dışa bağımlı olmama gerekliliği göz önüne alındığında, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmemiz gerektiği anlaşılmaktadır

## 7. KAYNAKLAR

- [1] Cemil Sungur. Multi-axes sun-tracking system with PLC control for photovoltaic panels in Turkey. *Renewable Energy* 2009; 34: 1119–1125.
- [2] C.S. Sangani, C.S. Solanki. Experimental evaluation of V-trough (2 suns) PV concentrator system using commercial PV modules. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 2007; 91: 453–459.
- [3] M. Uzunoglu, O.C. Onar, M.S. Alam. Modeling, control and simulation of a PV/FC/UC based hybrid power generation system for stand-alone applications. *Renewable Energy* 2009; 34: 509–520.
- [4] Salah Abdallah, Salem Nijmeh. Two axes sun tracking system with PLC control. *Energy Conversion and Management* 2004; 45: 1931–1939.
- [5] Kalogirou SA. Design and construction of a one-axis Sun-tracking system. *Solar Energy* 1996; 57(6): 465–469.
- [6] Khalifa A, Al-Mutawalli S. Effect of two axis Sun tracking on the performance of compound parabolic concentrators. *Energy Convers Manage* 1998; 39(10): 1073–1079.
- [7] Al-Mohamad A. Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system. *Appl Energy* 2004;79: 345–354.
- [8] Abdallah A, Nijmeh S. Two axes Sun tracking system with PLC control. *Energy Convers Manage* 2004; 45:1931–1939.
- [9] Kalogirou S. Design of a fuzzy single-axis Sun tracking controller. *Int J Renew Energy Eng* 2002; 4(2).
- [10] George C. Bakos. Design and construction of a two-axis Sun tracking system for parabolic trough collector (PTC) efficiency improvement. *Renewable Energy* 2006; 31: 2411–2421
- [11] Helwa NH, Bahgat ABG, El Shafee AMR, El Shanawy ET. Maximum collectable solar energy by different solar tracking systems. *Energy Sources* 2000; 22(1): 23–34.
- [12] Jeremy Lagorse, Damien Paire, Abdellatif Miraoui. Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered, by a hybrid system using fuel cell, PV and battery. *Renewable Energy* 2009; 34: 683–691.
- [13] Alex Zahnd, Haddix McKay Kimber. Benefits from a renewable energy village electrification system, *Renewable Energy* 2009; 34: 362–368.
- [14] R. Noroozian, M. Abedi, G.B. Gharehpetian, S.H. Hosseini. Combined operation of DC isolated distribution and PV systems for

supplying unbalanced AC loads. Renewable Energy 2009; 34: 899–908.

[15]

www.sunpowerltd.com/pages/tr/activities/solar.asp, 05.01.2008, Güneş Pilleri

[16] Varınca, K.B., Varank, G, 2007. Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

[17] www.eie.gov.tr, 08.06.2007, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

[18] Kumar, V., 2003. Characterization Of Large Area Cadmium Telluride Films And Solar Cells Deposited On Moving Substrates By Close Spaced Sublimation (master thesis). University of South Florida. Department of Electrical Engineering College of Engineering, South Florida.

[19] Özcanlı, Ö., 2001. 85 Watt Güneş Paneli İle Çalışan Bir Prototip Bağımsız Güç Kaynağı Uygulaması (yüksek lisans tezi). O Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

