



*Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*  
*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 29, Sayı (Issue): 3, Haziran/June-2013  
<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



## Eğitim Amaçlı Güneş Pili Sisteminin Kurulması Ve Kayseri Şartlarında Performansının Ölçülmesi

**Kemal ATİK**

*Erciyes Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü*

### ÖZET

Dünyada son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılan araştırma ve uygulama sayısı hızla artmaktadır.

Bu çalışmada eğitim amaçlı Fotovoltaik (Güneş Pili) sistemi kurulması ve performans ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla güneş pili panelleri, şarj devresi, batarya, inverter ve ölçüm aletleri kullanılmıştır. Güneş ışınım şiddeti, elektriksel veriler ve sıcaklık değerleri bir yıl süresince ölçülerek bilgisayara kaydedilmiştir. Ölçülen değerler Kayseri'nin güneş enerjisi performans analizinde kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:**  
 Güneş pili,  
 fotovoltaik,  
 ışınım şiddeti

## Educational Purpose Solar System Installing and Performance Measurement in Kayseri Conditions

### ABSTRACT

In recent years, the number of research and applications on renewable energy sources is increasing rapidly in the world. In this study, educational Photovoltaic (solar) system was installation and performance was measured. For this purpose, solar cell panels, a charging circuit, battery, inverter and measuring devices are used. Solar radiation, electrical data and temperature are measured and recorded on the computer during one year. The measured values were used to analyze the performance of solar energy in Kayseri.

**Key Words:**  
 Solar cell,  
 photovoltaic,  
 solar radiation.

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-posta: [kemalatik@erciyes.edu.tr](mailto:kemalatik@erciyes.edu.tr)

## 1. Giriş

Güneş pili sistemleri şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız sistemler olarak sınıflandırılabilirler. Şebeke bağlantılı sistemlerde depolamaya gerek olmamakta, üretilen enerji hatta verilmektedir. Şebeke bağlantısız sistemlerde ise üretilen enerji, güneş ışınımı olmadığı zamanlar için depolanmaktadır.

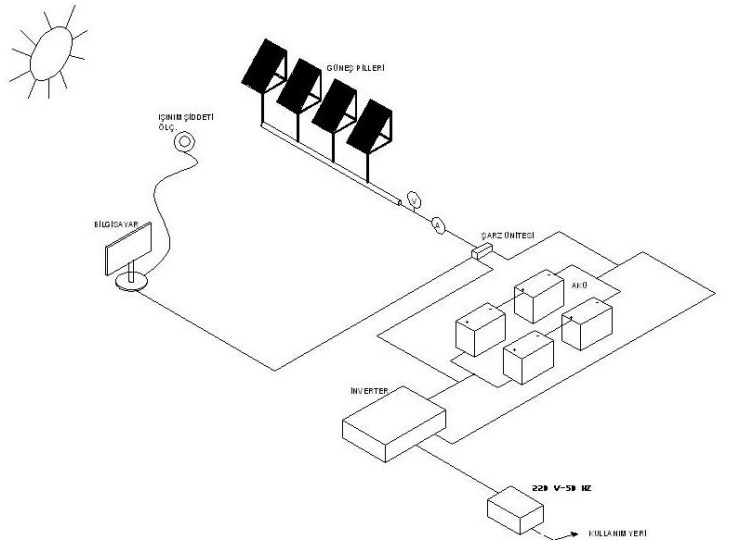
Güneş pillerinin çalışma prensibi olan Fotovoltaik etki 1839 yılında Edmond Becquerel tarafından keşfedilmiş, daha sonra Einstein tarafından tam olarak açıklanmıştır. Fotovoltaik etki, birbirinden farklı iki malzemenin ortak temas bölgesinin foton radyasyonu ile aydınlatılması ile bu iki malzeme arasında oluşan elektriksel potansiyeldir. Fotovoltaik hücreler yarı iletken malzemelerden meydana gelir ve güneş ışığını doğrudan elektrige çevirirler. Fotovoltaik pil yapımında en çok silisyum, galyum arsenit ve kadmiyum tellür gibi anorganik yarı iletken malzemeler kullanılır. Fotovoltaik hücrelerin; silikon kristalli hücreler, ince film hücreler, silikonsuz karma ince film hücreler ve nano kristalli hücreler gibi çeşitli tipleri mevcuttur [1]. Fotovoltaik hücrelerin kurulumu ve taşınması kolaydır. Fotovoltaik hücrelerin kurulumu gerçekleştirildikten sonraki maliyeti neredeyse yoktur ve bu hücreler güneşten yararlandığı için dışa bağımlı değildir [2]. Dünyada güneş pillerinin performanslarının ölçülmesi, geliştirilmesi, maksimum noktada şarj edilmesi ve takip güneş sistemleri hakkında birçok çalışma yapılmıştır [3- 8]. Ülkemizde de güneş pillerinin kullanımı, sistemlerin kurulumu ve performans ölçümü ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır [9- 17]. Fotovoltaik hücrelerin üretimini pahalı olması, güneş ışınımını sabit ve sürekli olmaması ve yüksek miktarda güç elde edebilmek için geniş yüzey alanlarına ihtiyaç duymaları güneş pillerinin dezavantajlarıdır. Şebekeden bağımsız sistemlerde güneş piliyle enerji üretimi olmadığı zamanlarda (gece ve güneşsiz zamanlarda) gerekli olan enerji, güneş enerjisi olduğu zamanlarda bataryalarda depolanarak kullanılmaktadır. Farklı batarya çeşitleri bulunmakla beraber son yıllarda güneş enerjisi sistemleri için jel akümülatörler kullanılmaktadır. Jel akümülatörlerin avantajları: tam bakımsız olmaları, asit atma sorunu olamaması, derin deşarjdan tamamen geri döndürülebilmeleri ve düşük İç dirence sahip olmalarıdır. Şarj cihazlarının görevi bataryayı değişen şartlar altında en iyi performansta şarj etmektir. Bu işlemi yaparken maksimum şarj gücünü sağlamak, batarya ömrünü uzatmak, aşırı şarj ve deşarjdan bataryanın korunmasını da sağlamak zorundadırlar. İnverterler DC gerilimi istenilen değerde AC gerilime dönüştüren cihazlardır. Ürettikleri AC akımın dalga şekline göre modifiye sinüs veya tam sinüs inverter isimlerini almaktadırlar. Hassas cihazların çalıştırılmasında tam sinüs inverter kullanmak gerekmektedir.

## 1. Gereç Ve Yöntem

Bu çalışmada eğitim amaçlı Fotovoltaik (Güneş Pili) sistemi kurulması ve performans ölçümleri yapılmıştır. Güneş pili sistemlerinin tanıtılması, eğitimde kullanılması ve Kayseri şartlarında performans ölçümleri yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla güneş pili panelleri, şarj devresi, batarya, inverter ve çeşitli ölçme aletleri kullanılmıştır.

Sistemdeki bilgisayarlı ölçme devresi ile güneş ışınım şiddeti, elektriksel veriler ve sıcaklık değerleri hassas bir şekilde ölçülerek bilgisayara kaydedilmiş, ölçülen değerler hesaplama ve performans analizinde kullanılmıştır.

Bu çalışma ile ülkemizde yenilenebilir enerjiye yönelik bir araştırma yapılmıştır. Ülkemizde ısıl güneş teknolojileri yaygın olarak kullanılmasına rağmen güneş pilleri maliyetlerinin yüksekliği ve yeni bir teknoloji olmaları nedeniyle çok yaygın değildir. Yapılan çalışma Kayseri şartlarında güneş pillerinin performansının belirlenmesini sağlamıştır. Bu projede incelenen parametreler; Kayseri ilinde yıl boyunca alınan güneş ışınım şiddeti, güneş pillerinin bu enerjinin ne kadarını elektrik enerjisine dönüştürebileceğidir. Her biri 235 W güçte olan 4 adet Güneş pili; güneş enerjisini doğrudan elektrik akımına çevirmektedir. Kullandığımız bu güneş pilleri 60 adet polikristal hücreden oluşmakta ve % 16 verime sahiptirler [18]. Kurulan sistemde Güneş pillerinden elde edilen DC akım şarj kontrolörü yardımıyla akümülatörlerde depolanmaktadır. Akümülatörler bir günde üretilen elektrik enerjisini depolayacak kapasitededir. Depolanan enerji inverter yardımıyla 220 V 50 Hz AC akıma çevrilmektedir. Üretilen AC akım aydınlatma, bilgisayar gibi cihazlarda kullanılmaktadır. Sistem performansını ölçmek amacıyla 24 saat boyunca ölçme sistemi çalışmaktadır. Ölçme sistemi; piranometre ile güneş ışınım şiddeti, giriş modülleri ile güneş pillerinin ürettiği gerilim ve akım değerleri, kullanılan akım, gerilim ve güç değerleri ile sıcaklıkları ölçmektedir. Ölçülen güneş ışınım şiddeti ile güneşten alınan enerji belirlenmektedir. Elektriksel ölçmeler ile güneş pilinin ürettiği güç ve kullanılan güç hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak güneş pillerinin verimleri ve Kayseri şartlarında yıl içerisinde aylara göre üretilen elektrik enerjisi potansiyeli tespit edilmiştir. Sistem Şekil 1'de görülen şekliyle kurulmuştur. Bütün sistem bileşenleri birbiriyle gerilim ve güç olarak uyumlu olarak seçilmiştir. Güneş pillerinin montajı ve ölçme sisteminin çalışır hale getirilmesi 2012 yılı Aralık ayının ortalarını bulmuştur.



Şekil 1. Tasarlanan sistemin şematik görünümü.

2012 yılı Aralık ayından itibaren ölçümler alınmış ve bilgisayara kaydedilmiştir. Bu değerler birer dakika aralıklarla kaydedilmektedir. Örnek olarak 22 Nisan 2013 tarihinde yapılan kayıtlar 10 dakikalık kısmı Çizelge 1.de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek bir ölçümler kayıt dosyası. (Tarih: 22.04.2013)

Saat	Işınım Şiddeti W/m <sup>2</sup>	Akü Gerilimi V	Şarj Akımı A	Dış Sıcaklık °C	Oda Sıcaklığı °C
08:30:00	103	26,45	5,63	11,1	20,4
08:40:00	140	26,59683	7,7	10,9	20,4
08:50:00	185,3333	26,67183	7,7	11,5	20,5
09:00:00	610	27,31523	12,98	13,1	20,5
09:10:00	651,3333	27,48102	13,64	13,1	20,5
09:20:00	656,6667	27,90338	14,432	14,2	20,5
09:30:00	688	28,13232	16,236	15,4	20,5
09:40:00	688,6667	28,01785	17,38	15,2	20,6
09:50:00	778,6667	27,91917	20,24	16,4	20,7
10:00:00	462,6667	28,01785	14,168	15,2	20,7
10:10:00	492,6667	27,85207	15,576	15,9	20,7



Şekil 3. Şarj ünitesi, sigortalar, akümülatörler ve inverter.

Güneş pilleri Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO. ön tarafına güneşe bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Montaj elemanları korozyona maruz kalmaması için alüminyum malzemeden yapılmış olup eğim açısını değiştirilebileceği bir mekanizmaya sahiptir (Şekil 2.)



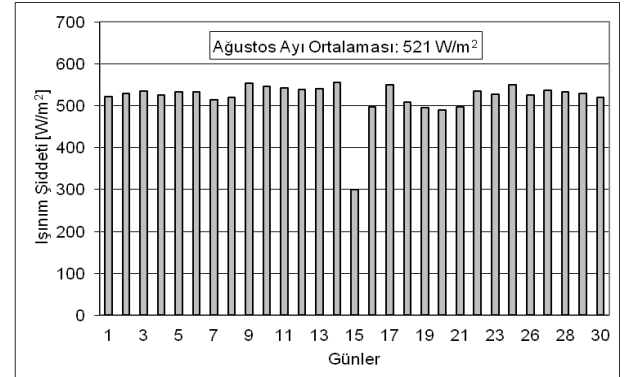
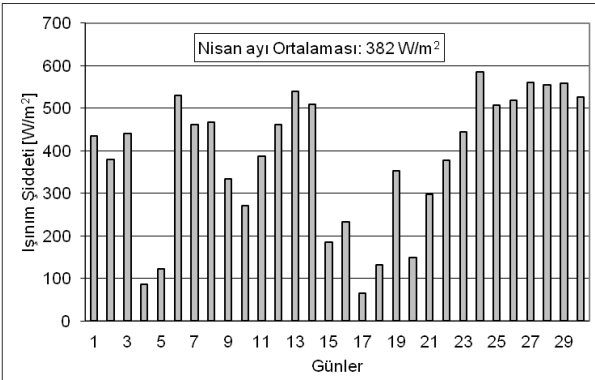
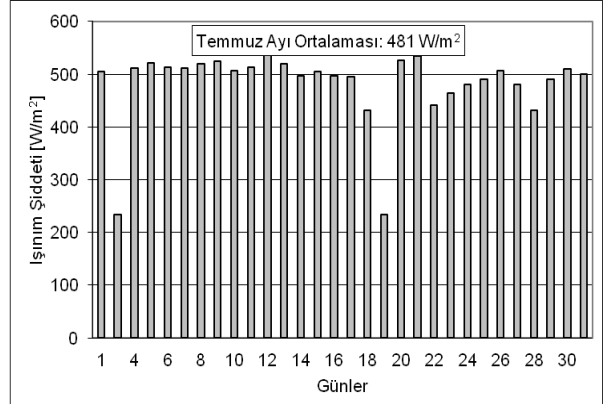
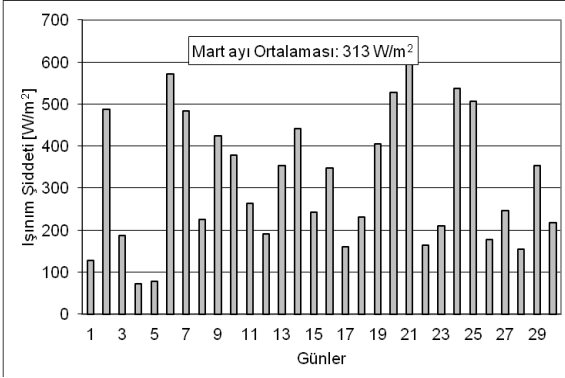
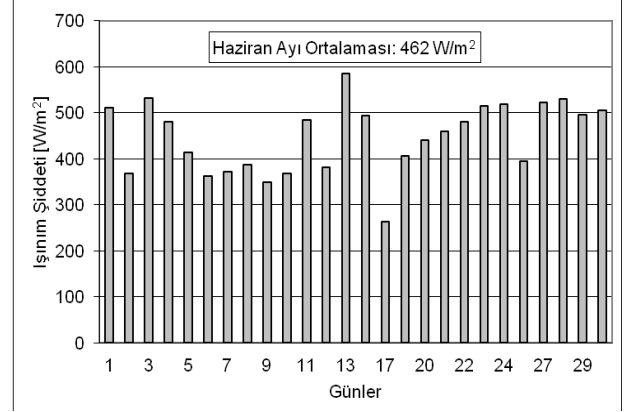
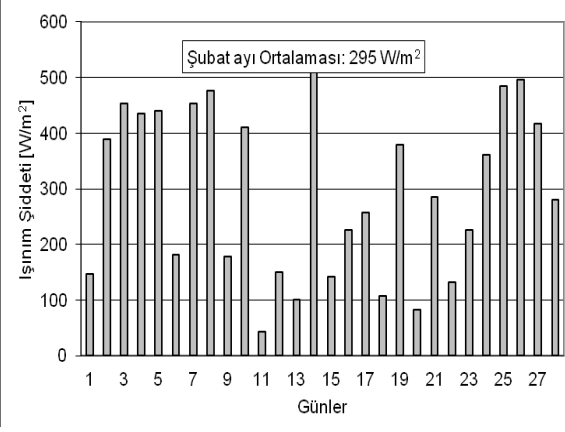
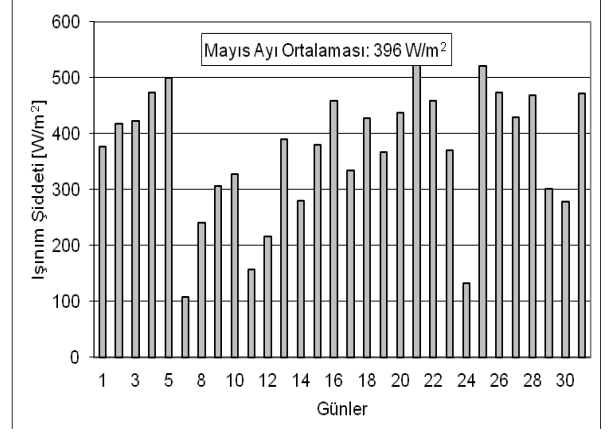
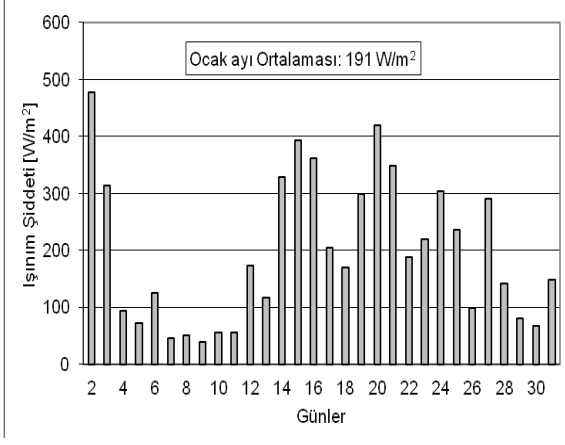
Şekil 2. Güneş pillerinin monte edilmiş hali.

Şarj kontrol cihazı sigorta ve şalterlerle birlikte akümülatörlerin bulunduğu odada bir pano içerisinde duvara monte edilmiştir (Şekil 3.). Böylece anlık olarak sitem bilgileri görülebilmekte; şarj cihazı ve sigortalara müdahale yapılabilmektedir. Akümülatör ve inverter aynı odada birbirlerinin yakınında bulunmaktadır. Dört ad olarak et 12 V 150 Ah kapasitedeki jel akümülatörler ikişer seri bağlanarak 24 V değerinde akümülatörler elde edilmiştir.

DC 24 V gerilimi 220 V 50 Hz AC gerilime dönüştüren tam sinüs inverter kullanılmıştır. Ölçme sistemi sensörler, Analog/Dijital dönüştürücüler (ADAM 4019+), USB/RS485 dönüştürücü (ADAM 4561) ve bilgisayardan oluşmaktadır. Kullanılan sensörler K tipi termokupllar ve ışınım şiddeti sensörü (piranometre) dir.

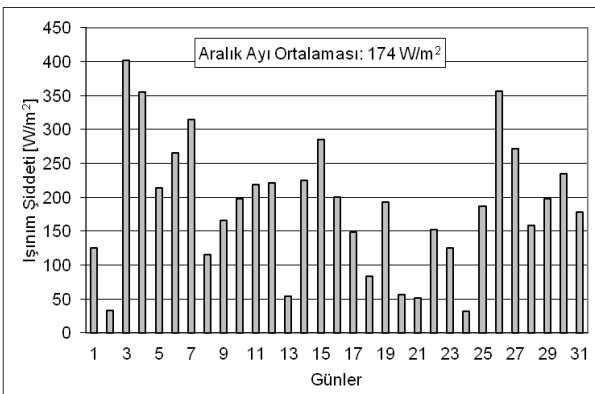
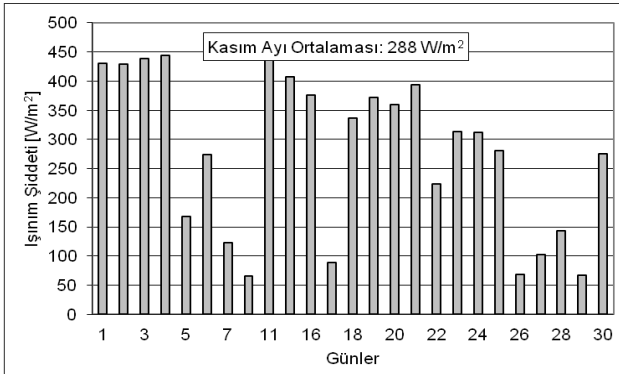
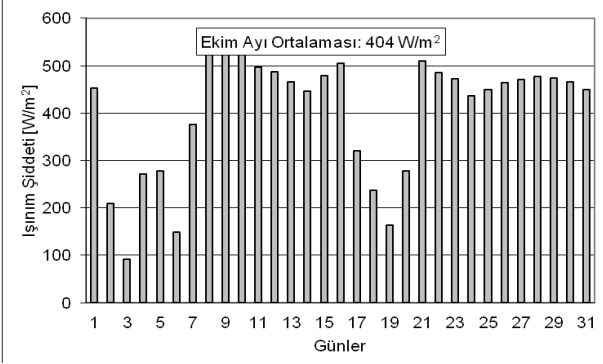
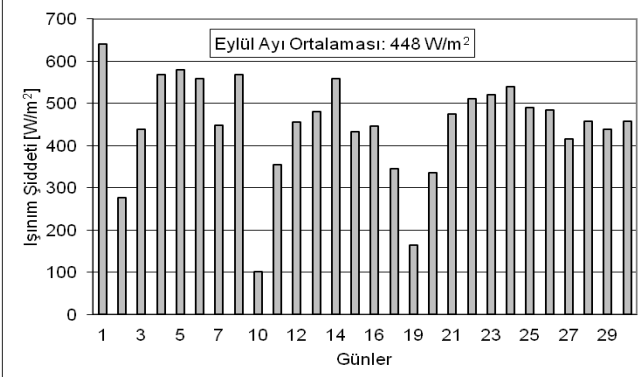
## 2. Bulgular

11 Aralık 2013 tarihinden itibaren sistem çalışmaya başlamış olup veriler alınarak kaydedilmiştir. Ölçülen dakikalık veriler değerlendirilmiş olup günlük ve aylık bilgiler haline dönüştürülmüştür. Bu bilgiler günlük ortalama ışınım şiddeti, aylık ortalama ışınım şiddeti, günlük ve aylık üretilen elektrik enerjisi değerleridir. Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6.'da 2013 yılı Ocak-Aralık ayları için günlük ışınım şiddeti değerleri ve aylık ortalamaları görülmektedir. Bu sistem eğitim amaçlı olduğu için piranometre (ışınım şiddeti ölçer), dönüştürücüler ve bilgisayar gibi pahalı cihazların alımı da yapılmıştır. Sistem bu haliyle geri dönüşüm süresi çok uzun olacaktır; fakat ticari sistemlerde geri dönüşüm süresi birçok faktöre bağlı olmakla birlikte 5-7 yıl arası olduğu görülmektedir [19].



Şekil 4. Ocak- Nisan ayları için ölçülen günlük ışınım şiddeti değerleri.

Şekil 5. Nisan- Ağustos ayları için ölçülen günlük ışınım şiddeti değerleri.

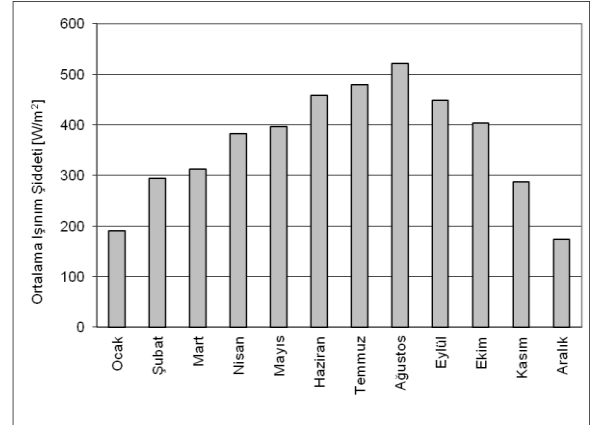


Şekil 6. Eylül- Aralık ayları için ölçülen günlük ışınım şiddeti değerleri.

Yapılan ölçüm sonuçları aylık karşılaştırmalar yapmak üzere çizelge 2. de ve Şekil 7. de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Aylık olarak ışınım şiddeti ve üretilen elektrik enerjisi değerleri

Aylar	Ortalama Işınım şiddeti (W/m <sup>2</sup> )	Günlük Ortalama Üretilen Enerji (Wh)	Üretilen Toplam Enerji (kWh)
Ocak	191	1085	33
Şubat	295	2527	71
Mart	313	4101	121
Nisan	382	5131	134
Mayıs	396	5185	137
Haziran	462	5546	145
Temmuz	481	5879	151
Ağustos	521	6314	165
Eylül	448	4722	122
Ekim	404	3983	113
Kasım	288	1932	57
Aralık	174	1115	25



Şekil 7. Kayseri ortalama ışınım şiddeti değerleri.

Yapılan ölçümler ve hesaplamalara göre en fazla ışınım şiddeti ve enerji üretimi Ağustos ayında elde edilmiştir. Aksungur vd. [20] yaptıkları çalışmada inceledikleri iller arasında Kayseri'ye en yakın il olan Yozgat için bizim çalışmamızda olduğu gibi Ağustos ayında en yüksek enerji değeri elde edilmiştir. Güneş pili verimleri % 15 olarak hesaplanmıştır.

### 3. Tartışma ve Sonuç

Güneş pili sistemi kurulumu tamamlanmış olup problemsiz olarak çalışmaktadır. Yapılan ölçümler birer dakika aralıkla bilgisayara kaydedilmektedir. Bir yıllık veriler hesaplama ve grafiklerle değerlendirilmiştir. Elde edilen güneş ışınım şiddeti değerleri literatürde verilen Kayseri için ölçülmüş ışınım değerleriyle uyumlu çıkmıştır. Güneş pili verimleri de katalogunda yazılı olan verim değerine yakın olarak hesaplanmıştır.

Üretilen enerji 24 V DC ve 220 V 50 Hz olarak iki farklı şekilde kullanılmaktadır. 24 V DC gerilim Mustafa Çikrikçioğlu MYO. Bodrum katı koridoru 4 adet 24 V led ile aydınlatmasında kullanılmaktadır. İnverterden elde edilen AC gerilim ise ölçme sistemi cihazları, yazıcı ve bilgisayarın çalıştırılmasında kullanılmaktadır.

### Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-12-3858

### Kaynaklar

- Balat, M., Solar Technological Progress and Use of Solar Energy in the World, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 28:10, 979-994, 2006.
- Aly, G.E.M. El-Zeftawy, A.A. El-Hefnawy, A.A. Eraky S.A., Technical assessment of electric utilityinteractive residential photovoltaic power systems, Electric Power Systems Research 51 175–185,1999.
- Skretas, S. B. Papadopoulos, D. P., Efficient design and simulation of an expandable hybrid (wind– photovoltaic) power system with MPPT and inverter input voltage regulation features in compliance with electric grid requirements, Electric Power Systems Research 79 1271–1285, 2009.
- Chang, T.P., Output energy of a photovoltaic module mounted on a single-axis tracking system, Applied Energy 86, 2071–2078, 2009.
- Altas, I.H., Sharaf, A.M., A novel maximum power fuzzy logic controller for photovoltaic solar energy systems, Renewable Energy, 33, 388–399, 2008.
- Abdullah, A.H. Ghoneim, A.A. Al-Hasan, A.Y., Assesment of grid-connected photovoltaic systems in the Kuwaiti climate, Renewable Energy 26 189–199, 2002.
- Yeşilata, B., Aktacir, M. A., Fotovoltaik güç sistemli su pompalarının dizayn esaslarının araştırılması, Mühendis ve Makina, 42 (493): 29-34, 2001.
- Büyükalaca, O., Karaçorlu, M., Çukurova bölgesinde güneş pili ile elektrik üretiminin denenmesi Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11 (2): 255-267, 1996.
- Çelebi, G., Bina düşey kabağında fotovoltaiik panellerinin kullanım ilkeleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17 (3): 17-33, 2002.
- Harran Üniversitesi Yeni Kampüsünün İleri Güneş Enerjisi Teknolojileri İle Entegrasyonu ve GAP Bölgesinde Uygulanabilir Teknolojilerin Araştırılması, DPT Projesi, 2006.
- Çok Amaçlı Uygulamalar İçin 0.24 kW Portatif Fotovoltaiik Güç İstasyonunun Tasarımı ve Dizaynı, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu Projesi (HÜBAK-457), 2006.
- Şanlıurfa İli Güneş Enerjisi Potansiyelinin Tespiti, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu Projesi (HÜBAK-458), 2006.
- Fotovoltaiik Sistem Güç Karakteristiklerinin Deneysel Yöntemle Belirlenmesi, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (Lisansüstü Tez) Projesi (HÜBAK-633), 2006.
- Seyyar Güneş Pili Sulama Sistemli Prototip Bir Makinenin Kurulumu Ve Diğer Enerji Kaynaklı Sulama Sistemleriyle Uygulamaya Dönük Etkinliğinin Araştırılması, TÜBİTAK Projesi.
- Güven, Ş. Y., Şenol, R., Güneş pili destekli çevre aydınlatma ve sulama sisteminin örnek bir uygulaması, Mühendis ve Makina, 46 (548):13-20, 2005.
- www.emo.org.tr , erişim Kasım 2012
- Yargıcı, N., Vakum Borulu Kolektörlerin İstanbul Şartlarında Teorik Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, 10, 40.s. İstanbul, 1994
- http://kyocerasolar.ru/images/KD235GH-2PB.pdf , erişim Haziran 2015.
- http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/gunes-enerjisi-elektrik-uretim-sisteminin-tasarlan--/4315#ad-image-0 erişim Haziran 2015.
- Aksungur, K.M., Kurban, M., Filik, Ü.B., Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi, 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu 2013, Kocaeli