

Afyonkarahisar'da Kurulu Olan Monokristal, Polikristal ve İnce Film Güneş Panellerinin Verimliliğinin İncelenmesi

Yüksel OĞUZ
Abdil KARAKAN
Bahtiyar USLU

ÖZET

Bu çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesinin çatısına güçleri aynı olan mono-kristal, poli-kristal ve ince film 100W'lık güneş panelleri tesis edilerek enerji üretimi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen mikro-denetleyici kontrol kartı, USB kartı ve bilgisayarda hazırlanan C# yazılımı ile güneş panellerinin ürettiği elektrik enerjisi (volt/watt) anlık olarak izlenmiştir. Ölçülen değerler 10 saniye zaman aralığında veri tabanına kayıt edilmiştir. Güneş panellerinden elde edilen verilerin uygun şekilde karşılaştırılabilmesi için kablo uzunlukları, bağlantı aparatları ve kullanılan diğer malzemeler aynı marka ve özellikle seçilmiştir. Veri tabanına kaydedilen veriler incelenerek hangi güneş panelinin veriminin bu bölge için uygun olduğu ve bir evin elektrik enerji ihtiyacını karşılamak için hangi güneş panelinin daha ekonomik olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Panelleri, Mikro-Denetleyici.

1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknolojiyle enerji, bugünkü modern bilgi toplumunda vazgeçilmez bir yer almıştır. Enerji kaynağı olarak ilk önce odun ve kömür kullanılmıştır. Petrolün bir enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla birlikte sanayide devrim yaşanmıştır. Sanayinin gelişmesiyle ulaşım olanakları ve insanların günlük hayattaki imkânları büyük ölçüde artmıştır. 1970'li yıllarda yaşanan büyük petrol krizi ile enerji maliyetleri yüksek oranda artmıştır. Günümüzde enerji maliyetleri toplumun ve ülkelerin en önemli gider kalemleri arasında bulunmaktadır. Enerjiye güvenli şekilde sahip olmak ve kontrol etmek ülkelerin en önemli gündem maddelerini oluşturmaktadır. Ülkeler enerjiyi elde edebilmek ve kontrol edebilmek için savaşları bile göze alabilmektedir. Enerjinin bu kadar önemli olduğu bir dünyada insanlar, petrol ve diğer enerji kaynaklarına göre daha güvenli olan alternatif enerji kaynakları aramaya yönelmiştir. Bu yönelimin diğer önemli sebebi fosil yakıtların kullanımdan kaynaklı çevre kirliliği, mevsimsel değişiklikler ve küresel ısınma gibi çevresel felaketlerdir.

Abstract:

In this study, 100-watt mono-crystal, polycrystalline and thin-film solar panels which have the same power were established on the roof of Technology Faculty of Afyon Kocatepe University and energy production has been carried out. The electricity that solar panels have produced (volt / watt) has instantly been monitored by the help of improved micro-controller control card, usb card and C# software prepared in computer. The measured values have been recorded in the database in a time interval of 10 seconds. Cable lengths, connectors and other materials used are selected for the same brand and characteristics in order to compare in accordance with the data obtained from the solar panel. The data stored in the database were examined and it was tried to determine which solar panel's efficiency would be suitable for that area and which solar panel would be more economical to meet the electricity needs of a house.

Key Words:

Solar Panels, Microcontroller.

Makale

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik, rüzgâr, dalga, gel-git, biokütle, jeotermal ve güneş enerjisi yer almaktadır. Bu enerji kaynaklarının kullanım alanları bakımından geniş bir alana sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir.

Dünyamızda bütün enerji kaynaklarının kökeni, fosil yakıtlarda dâhil güneşe dayanmaktadır. Güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisi üretimi eski bir yöntem olmasına rağmen ilk yıllarda verimin çok düşük ve fiyatlarının çok yüksek olması nedeniyle ilgi çekmemiştir [1]. Gelişen teknoloji ile güneş panellerinin hem verimlilikleri artmış hem de fiyatları çok düşmüştür. Bundan dolayı güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme önem kazanmaya başlamıştır. Gelecekte önemli bir elektrik enerjisi üretimi yöntemi olarak değerlendirilecektir [2].

Yapılan çalışmada mono-kristal, poli-kristal ve ince film güneş panellerinin elektrik enerjisi üretimleri (volt-watt) anlık olarak incelenmiştir. C# programı ile yapılan ara yüz ile bütün verileri bilgisayar ekranında görüntüleme imkanı sunulmuştur. Ayrıca güneş panellerinin verilerinin daha sonra kullanılması için otomatik kaydetme ve manuel kaydetme sekmesi eklenmiştir. Otomatik kaydetme ile istenilen zaman aralığındaki bütün veriler access veri tabanına kaydetme yapılmıştır. Bu çalışmada 10 sn zaman aralığı tercih edilmiştir.

Bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Bu enerji ihtiyacını karşılamak için hangi güneş

panelinin daha verimli olduğuna, veri tabanındaki bilgilere dayanarak karar verilmiştir.

2. GÜNEŞ PİLLERİ VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

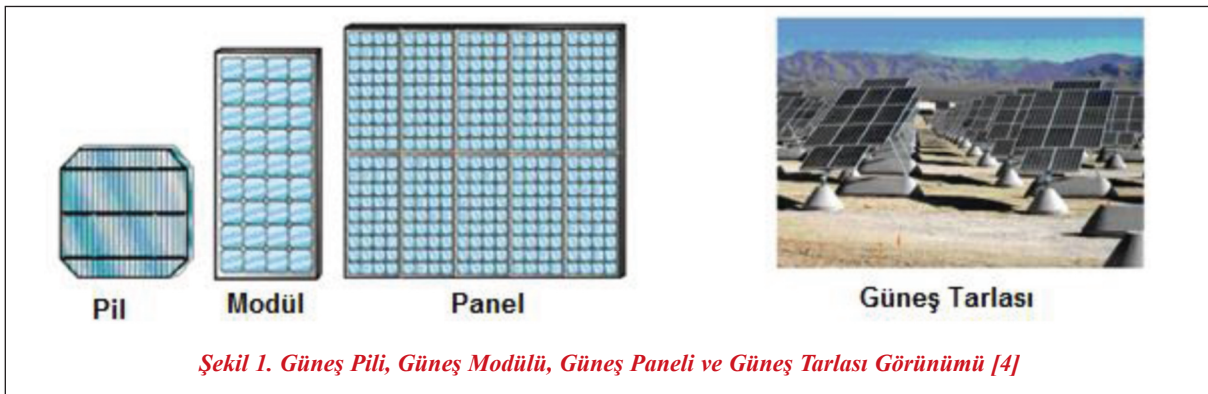
Fotovoltaik, fotonlar tarafından aydınlatılan özel yarı iletken düzeneklerinden doğrudan elektrik enerjisi üretebilen teknolojiye verilen addır. Fotovoltaik teknoloji ile güneş enerjisinden doğrudan elektrik elde edilmesi için tasarlanan düzenekler güneş pili olarak adlandırılır. Günümüzde güneş pillerinin geniş kullanım alanları mevcuttur [3].

2.1. Güneş Pilleri

Güneş pili, fotovoltaik etki ile güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneğe verilen isimdir. Tipik bir güneş pili, iki ya da daha fazla ince yarı iletken katmandan oluşur. Genellikle yarı iletken olarak silikon kullanılmaktadır. Tek güneş pilinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı düşük olmaktadır. Daha fazla enerji elde etmek için birden fazla güneş pilinin bir araya getirilmesi ile güneş panelleri, panellerin birlikte kullanımı ve diğer bileşenlerin eklenmesi ile de güneş paneli sistemleri ya da güneş tarlaları oluşturulur [3]. Şekil 1'de güneş pili, güneş modülü, güneş paneli ve güneş tarlası görünmektedir.

2.2. Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik paneller, güneş pillerinin bir araya getirilmesiyle oluşur. Bir güneş pilinin sağladığı gerilim değeri yaklaşık olarak 0,5 V civarındadır. Normal 12 V akülerin şarj edilebilmesi için 14-18 V aralığında gerilime ihtiyaç duymaktadır. Bu sebepten dolayı bir fotovoltaik panel yaklaşık olarak 36 tane güneş pili-



Şekil 1. Güneş Pili, Güneş Modülü, Güneş Paneli ve Güneş Tarlası Görünümü [4]

nin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu değer yüke ve akünün şarj gerilimine göre değişiklikler göstermektedir. Fotovoltaik paneller dış ortamlarda kullanılmakta ve her türlü etkiye maruz kalmaktadır. Güneş pillerinin yapıları da dikkate alındığında güneş pilleri bir araya getirilirken, dış etmenlerin, pillere ve bağlantılara etkisi en aza indirecek bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ayrıca fotovoltaik panel oluşturulurken diğer bir etmen de güneş pillerini korumak için kullanılacak olan ön saydam malzemenin güneş ışınını en az seviyede yansıtan malzemeden olmasıdır. Böylelikle güneş pilleri daha çok güneş ışınına maruz kaldıklarından daha verimli çalışabileceklerdir [3].

2.3. Fotovoltaik Panel Çeşitleri

Fotovoltaik piller; kristal silikon piller, ince film piller, amorf silikon piller, bakır indiyum diselenit piller ve diğer piller olmak üzere beş guruba ayrılır.

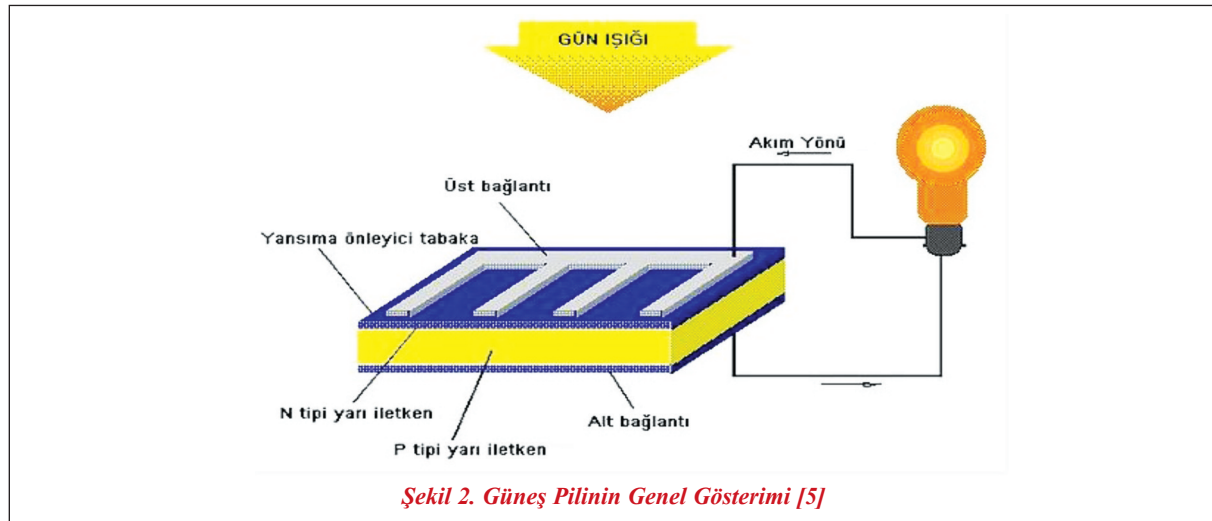
2.3.1. Kristal Silikon Piller

Kristal silikon yapıları pillerin en önemli hammaddesi silisyumdur. Silisyum oksijenden sonra doğada en

çok bulunan elementtir. Doğada bulunan silisyum saf halde değildir. Silisyumun güneş pillerinin yapısında kullanılabilmesi için saflaştırılması gerekmektedir. Saflaştırma işleminin yapılması için, silisyum dioksit (SiO_2) bileşiğinin yüksek sıcaklıkta ısı işlem uygulanarak bileşiklerinden ayrılması gerekmektedir [6]. Silisyumun bu kadar işleme tutulup saflaştırılmasının sebebi; silisyum atomunun optik, yapısal ve elektriksel özelliklerinin uzun süre, 20-30 yıl, değişmemesidir. Bu nedenlerden dolayı silisyum güneş pili üretiminde en çok kullanılan elementtir [7]. Kristal silikon güneş pilleri; mono-kristal ve polikristal pil olmak üzere ikiye ayrılır.

2.3.1.1. Mono-Kristal Silikon Piller

Mono-kristal silikon piller güneş pili üretim teknikleri arasında en eski ve en pahalı yöntemdir. Buna rağmen günümüzde en yüksek verimlilik değerine sahiptir. Piyasada mevcut mono-kristal silikon pillerin verimlilikleri %15-%18 arasında değişiklik gözlenmektedir [8]. Bu değer güneş pilinin kullanım yerine, maruz kaldığı güneş ışınlarının açısı ve değerine göre değişiklik göstermektedir.



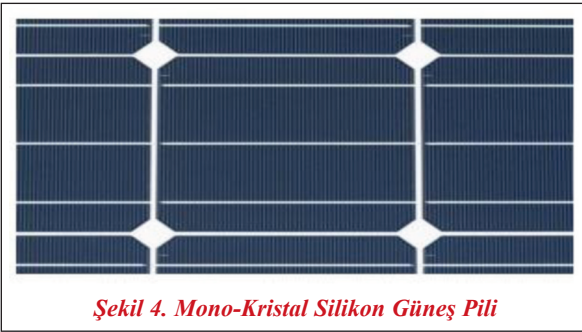
Şekil 2. Güneş Pili Genel Gösterimi [5]



Şekil 3. Czochralski Yönteminin Uygulanışı [10]

Makale

Mono-kristal silikon üretiminde ‘Czochralsi Metdotu’ olarak bilinen üretim yöntemi kullanılmaktadır. 1971 yılında geliştirilen bu yöntemde Czochralsi, silisyum dioksit (SiO_2) bileşimini bir kaba koymakta ve çok yüksek sıcaklıkta eritmektedir. Daha sonra küçük bir aşı kristali erimiş malzemenin içine batırılmakta ve yavaş yavaş yukarı, soğuk bölgeye doğru çekilmektedir. Bu işlem sonucunda uzun ve tek kristalli silindir elde edilmiştir. 30 cm çapında ve birkaç metre boyutunda oluşan tek kristalli silindir malzeme dairesel, dikdörtgen veya çokgen olacak şekilde ve 0,2-0,3 mm kalınlıklarında dilimlenmektedir. Ortaya çıkan bu tabakalar güneş pillerinin P-tipi yarı iletken malzemesidir. N-tipi yarı iletken malzemesi daha düşük kalınlıktadır. P-tipi ve N-tipi yarı iletken malzeme bir araya getirilerek bağlantılar yapılır, birbirlerine ayrılmayacak şekilde özel yapıştırıcılar ile tutturulur. En son işlem olarak da yansımaya önleyici cam tabaka yapıştırılarak güneş pili oluşturulur. Mono-kristal silikon pillerin rengi koyu mavi-siyah aralığında bir renktir [9]. Şekil 3’de Czochralsi yönteminin uygulanışı ve Şekil 4’de mono-kristal silikon güneş pili gösterilmektedir.

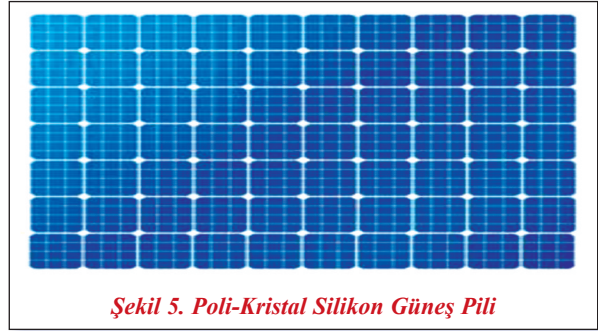


Şekil 4. Mono-Kristal Silikon Güneş Pili

2.3.1.2. Poli-Kristal Silikon Piller

Poli-kristal silisyum üretimde kullanılan yöntem mono-kristal silisyum yöntemine benzemektedir [7]. Poli-kristal yapı silisyum, eriyik haldeki yarı iletken silisyumun kalıplarda soğutulması ile elde edilir. Soğuyan yarı iletken, monokristal güneş pili yapımında olduğu gibi dairesel, dikdörtgen veya çokgen olacak şekilde ve 0,2-0,3 mm kalınlıklarında dilimlenmektedir. Daha sonra yarı iletken malzemeler bir araya getirilerek bağlantılar yapılır ve birbirlerine ayrılmayacak şekilde özel yapıştırıcılar ile tutturulur.

En son işlem olarak da yansımaya önleyici cam tabaka yapıştırılarak güneş pili oluşturulur. Poli-kristal silisyum üretiminde Czochralsi yöntemi veya başka bir saflaştırma yöntemi kullanılmadığından oluşan poli-kristal silisyumlar homojen değildir [7]. Bundan dolayı poli-kristal güneş pillerinin verimlilikleri mono-kristal güneş pillerine göre daha düşüktür. Poli-kristal silisyum yapımındaki kolaylıktan dolayı fiyatı mono-kristal güneş pillerine göre daha düşüktür. Poli-kristal güneş pillerinde yansımaya engelleyici cam varsa mavi renkte görünmektedir, yansımaya engelleyici cam yoksa gümüş rengindedir [11]. Şekil 5’de mono-kristal silikon güneş pili gösterilmektedir.



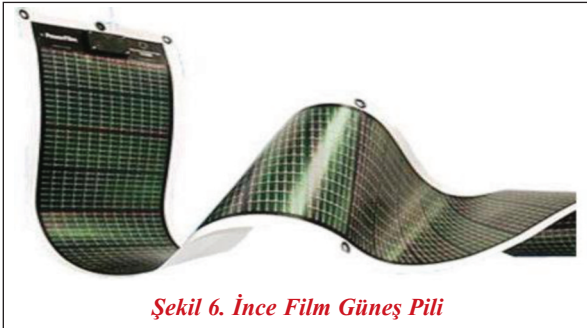
Şekil 5. Poli-Kristal Silikon Güneş Pili

2.3.2. İnce Film Piller

İnce film güneş pilleri; emilim özelliği iyi olan maddeler kullanılarak daha az kalınlıkta yapılırlar. Örnek verilirse; amorf silisyum güneş pillerinin absorpsiyon katsayısı kristal güneş pilleri katsayısında daha fazladır. Dalga boyu katsayısı 0,7 mikrondan daha az olan bir bölgedeki güneş radyasyonunu emmek için 1000 mikron kalınlığında amorf silisyum gerekli iken kristal silisyum ile aynı radyasyonu emmek için 5000 mikron kalınlıkta malzeme kullanılması gerekmektedir [12].

İnce film hücreler, yarı iletken malzemelerin geniş yüzeyler üzerine kaplanmasıyla oluşmaktadır. Böylelikle farklı özelliklere sahip yarı iletken kullanılarak, farklı karakteristik özelliklere sahip piller üretilmiştir. Yapılan araştırmalarda güneş pilleri üretiminde kullanılacak birçok yarı iletken malzemenin düşük maliyetlerle cam, paslanmaz çelik ya

da plastikten yapılmış geniş yüzeylere uygulanabil-
diği ispatlanmıştır. İnce film pillerde kullanılan yarı
iletken malzemelerin büyüklükleri; bir milimetrenin
binde birinden, milyonda birine kadar değişen
damarlardan oluşmaktadır. Bunlarda dolayı ince film
güneş panelleri esnek bir yapıya sahip olmaktadır
[13]. İnce film güneş pillerinde daha çok amorf silis-
yum, kadmiyum ve tellür elementlerinde meydana
gelen bileşikler kullanılmaktadır. İnce fil güneş pil-
lerinde güneş ışınlarını soğurma oranları çok yüksek
olmasına karşın çıkış akımları çok düşüktür. Bundan
dolayı çıkış voltajları kristal silisyumlu pillere göre
yaklaşık 2-3 kat daha fazla iken akımları bir o kadar
küçüktür. İnce film malzeme istenilen birçok malzeme
üzerine istenilen boyutta kaplanabilirken, silis-
yum pillerin boyutları kristalin boyutları ile sınırlı-
dır. Modül ve panel yapımında ince film malzeme
kullanımı daha kolay ve uygundur. Verimleri %5 ile
%8 arasında değişmektedir [14]. Şekil 6'da ince film
güneş pili gösterilmektedir.



Şekil 6. İnce Film Güneş Pili

2.3.3. Amorf Silikon Piller

Amorf silikon güneş pillerin silikonları çok ince
tabakalardan oluşmaktadır. Bu pilleri oluşturmak
için gerekli ısı, kristal silikon piller için gerekli ısı-
dan çok daha düşüktür. Bundan dolayı amorf silikon
hücreleri üretmek çok daha ucuzdur. Laboratuvar
ortamında bu pillerin verimlilikleri %10 civarında
iken piyasada kullanılan pillerde bu verimlilik %5 ile
%7 arasında değişmektedir. Bundan dolayı bu piller
enerji ihtiyacı çok fazla olmayan yerlerde tercih edi-
lirler. Günümüzde en çok küçük elektronik cihazlar-
ın güç kaynağı olarak kullanılırlar. En önemli kulla-
nım alanı ise binalarda entegre olarak yarı saydam
cam yüzeyler, binanın dış cepheleridir. Maliyetleri

düşük olmasına karşın verimlilikleri de düşüktür
[15].

2.3.4. Bakır İndiyum Diselenit Piller

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı gruptan
elementlerin en az üçünün bir araya gelmesi ile olu-
şan bu bileşik yarı iletkenlerin soğurma katsayıları
oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıkları güneşin
spektrumu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde
ayarlanabilir. Bakır, indiyum ve selenyumdan yapı-
lan üçlü bileşik (CuInSe) yarı iletkenle başlayan bu
grup CIS güneş pilleri olarak anılır. Laboratuvar
ortamında en yüksek %20 verim seviyelerine ulaşıl-
mıştır. 900 cm² yüzey alana sahip modüllerin verim-
lilikleri %15 civarındadır [16].

2.3.5. Diğer

Çeşitli sebeplerden dolayı henüz yaygın kullanım
olmamakla birlikte galyum diselenit, kadmiyum
telurit, termovoltaiik, orta kuşak, süpertandem, sıcak
taşıyıcı, organik fotovoltaik piller gibi pil tipleri
mevcuttur.

2.4. Fotovoltaik Panellerde Verimlilik

Fotovoltaik panel veya sistemlerin verimlilikleri,
koruyucu camın geçirgenliği, atmosferik olaylar,
eklem yerlerinin düzgünlüğü, bağlantı düzenekleri-
nin verimi, güneş ışınlarının geliş açısı ve diğer kul-
lanılan malzemelerin verimliliğine bağlıdır. Tablo
1'de Fraunhofer Enstitüsü tarafından yapılan en yük-
sek verimlilikleri gösteren özet verilmiştir.

K. Univ, Nijmegen Hollanda

Güneş pili yapımında kullanılan malzemenin rezerv
durumları da oldukça önemli değişkenler olarak kar-
şımıza çıkmaktadır. Silisyum, doğada en çok bulu-
nan element olması nedeni ile rezerv konusunda
geleceğe yönelik bir sorun yoktur. Diğer seçenek
malzemeleri oluşturan elementlerin rezerv durumları
dünyadaki yıllık üretim ve 500 MW güç üretimi
için gerekli miktar Tablo 2'de gösterilmiştir.

2.5. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistem, istenilen akım ve gerilimi sağla-
yacak adette fotovoltaik panelin ve tamamlayıcı mal-

Makale**Tablo 1. Güneş Pillerinde En Yüksek Verimlilikler [17]**

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan (cm ²)	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24	UNSW, Sydney Avusturya
Çok Kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
(Cu/In, Ga)Se ₂	0,4	17,7	NREL, USA
Cdte/CdS		15,8	USA
GaAS Tek Kristal	1	23,9	K.Univ, Nijmegen Hollanda

Tablo 2. Güneş Pillerinde Yapımında Kullanılan Malzemelerin Dünya Rezervleri [18]

Element	Dünya Rezervleri	Dünya Yıllık Üretimi	500 MW güç için gereken miktar (Ton)
CD	970 000	20 000	25
Te	39 000	404	28
In	5 700	180	28
Se	130 000	2000	60
Ga	1 000 000	35	5

zemelerin bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır. Şekil 7’de fotovoltaik sistemin temel çalışma prensibi gösterilmiştir. Fotovoltaik sistemler açık hava kullanımı için üretilmişlerdir. Bundan dolayı deniz şartlarına, tropikal şartlara ve çöl şartlarına dayanıklıdır.

Fotovoltaik enerji sistemleri şebekeden bağımsız (off-grid) ve şebekeye bağlı (on-grid) sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

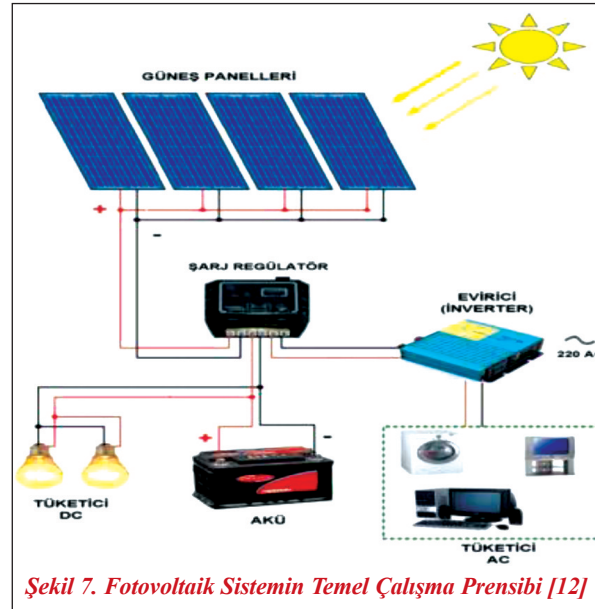
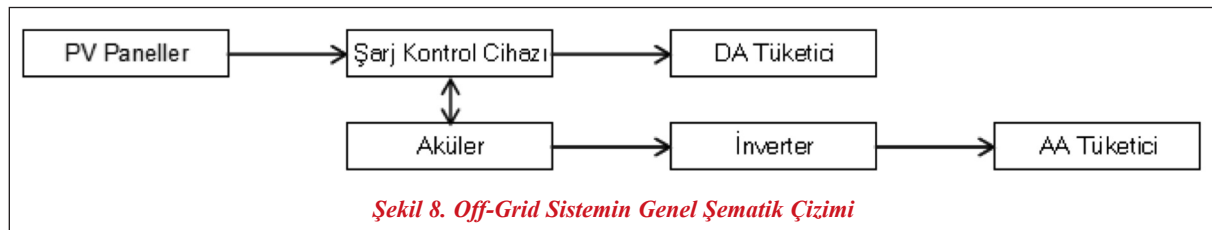
2.5.1. Off-Grid Sistemler

Elektrik dağıtım şebekelerinden bağımsız olarak çalışan sistemlerdir. Bu tip sistemlerde üretilen enerji, akü gruplarında depo edilmekte ve bu depo edilen enerji inverterler vasıtasıyla şebeke gerilimine dönüştürülmektedir. Şekil 8’de off-grid sistemin genel şematik çizimi gösterilmiştir [12].

2.5.2. On-Grid Sistemler

Elektrik dağıtım şebekelerinin aktif olduğu ve şebe-

ke ile karşılıklı elektrik enerjisi alış verişi imkânı sağlayan sistemlere denir. On-grid sistemlerde çift yönlü sayaçlar vardır. Böylelikle fazla üretilen enerji şebekeye verilmekte, elektrik enerjisi ihtiyacı

**Şekil 7. Fotovoltaik Sistemin Temel Çalışma Prensibi [12]****Şekil 8. Off-Grid Sistemin Genel Şematik Çizimi**

olduğunda da şebekeden alınmaktadır. Şekil 2’de fotovoltaiik modül ve panel uygulamaları gösterilmiştir. Şekil 9’da on-grid sistemin genel şematik çizimi gösterilmiştir [17].

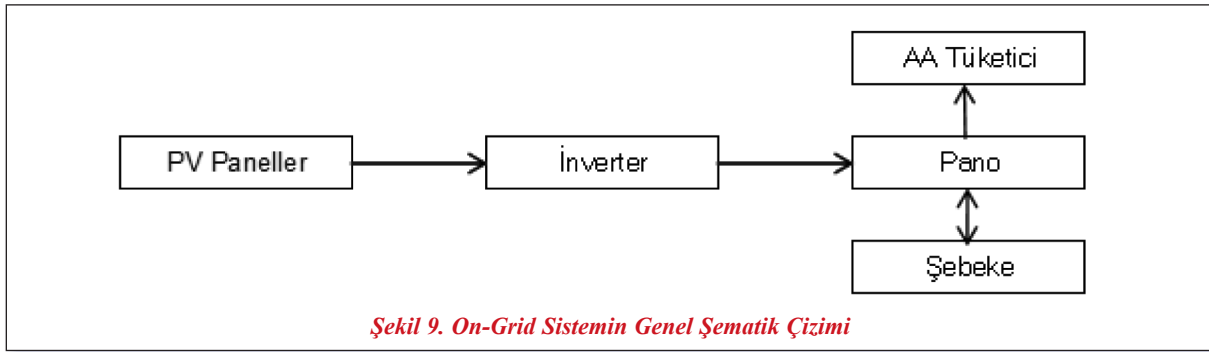
2.5.2. Hibrit Sistemler

Fotovoltaik panellere ek olarak bir ya da birden fazla elektrik üretim sisteminin birleşimi sonucu oluşan sistemlere hibrit sistemler denir. Hibrit sistemlerde ilk enerji üreticisi fotovoltaiik panellerdir. İkincil veya daha sonraki enerji kaynağı yenilenebilir enerji kay-

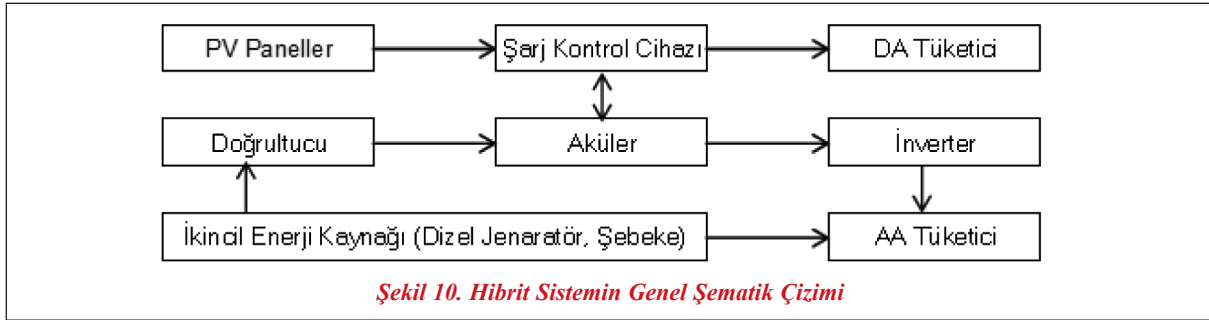
naklarından rüzgâr enerjisi olabileceği gibi dizel jeneratörler ve şebeke de olabilir [18]. Şekil 10’da hibrit sistemin genel şematik çizimi gösterilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi çatısına kurulu olan sistem Şekil 11’de görünmektedir. Sistemde kullanılan panel güçleri aynı seçilmiştir ve güneş ışın açılarının aynı olması için yan yana montajı yapılmıştır.



Şekil 9. On-Grid Sistemin Genel Şematik Çizimi



Şekil 10. Hibrit Sistemin Genel Şematik Çizimi

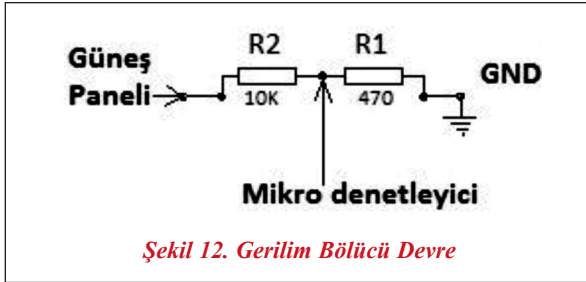


Şekil 11. Üç Farklı Güneş Panelin Görünüşü

Makale

3.1. Gerilim Sensörü

Mono-kristal, poli-kristal ve ince film güneş panellerinin ürettikleri gerilimi ölçmek ve bilgisayara aktarmak için PIC mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Bu mikro denetleyicisi yapısal olarak 0 V ile 5 V arasındaki gerilim değerlerini ölçebilmektedir. Bu nedenle Şekil 12’de görülen gerilim bölücü devre, güneş panellerinin ürettikleri gerilimleri mikro denetleyicinin ölçebileceği sınırlara indirgemek için kullanılmıştır.



Şekil 12. Gerilim Bölücü Devre

Güneş panelinin uçlarına 10 KΩ ve 470 Ω olmak üzere iki adet seri direnç bağlanmıştır. 470 Ω üzerine düşen gerilim mikro-denetleyicinin giriş ucuna uygulanmıştır. Böylelikle güneş panellerinde üretilen gerilim aşağıdaki formülde verilen oranda indirgenmiş hali mikro denetleyici karta uygulanmıştır.

$$R1 \text{ Direnci Gerilim Oranı} = \frac{(R1 + R2)}{R1}$$

470 ohm direnç üzerine düşen gerilimin 22,28 katı güneş panelinin ürettiği gerilim değerini verecektir.

3.2. Akım Sensörü

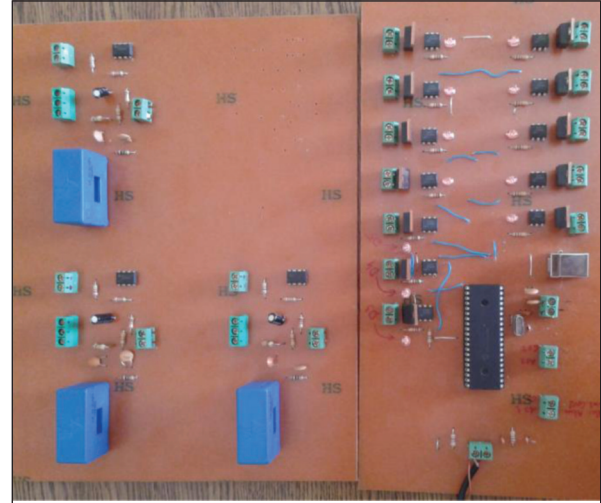
Tüketicinin çekmiş olduğu akımın ölçülmesi için LEM LA-55P akım sensörü kullanılmıştır. Bu akım sensörü sayesinde 50 ampere kadar ölçüm yapılabilmektedir. Dönüşüm oranı 1:2000’dir. Şekil 13’de LEM LA 55-P akım sensörü görünmektedir.



Şekil 13. LEM LA 55-P Akım Sensörü

3.3. Mikro-Denetleyici, USB ve Sensör Kartı

Gerilim ve akım sensörlerinden gelen analog verileri digital veriye dönüştürmek ve bu verileri bilgisayara göndermek için PIC18F4550 mikro-denetleyici kullanılmıştır. Şekil 14’de tasarlanan ve uygulaması yapılan mikro-denetleyici, USB ve sensör kartı görülmektedir.



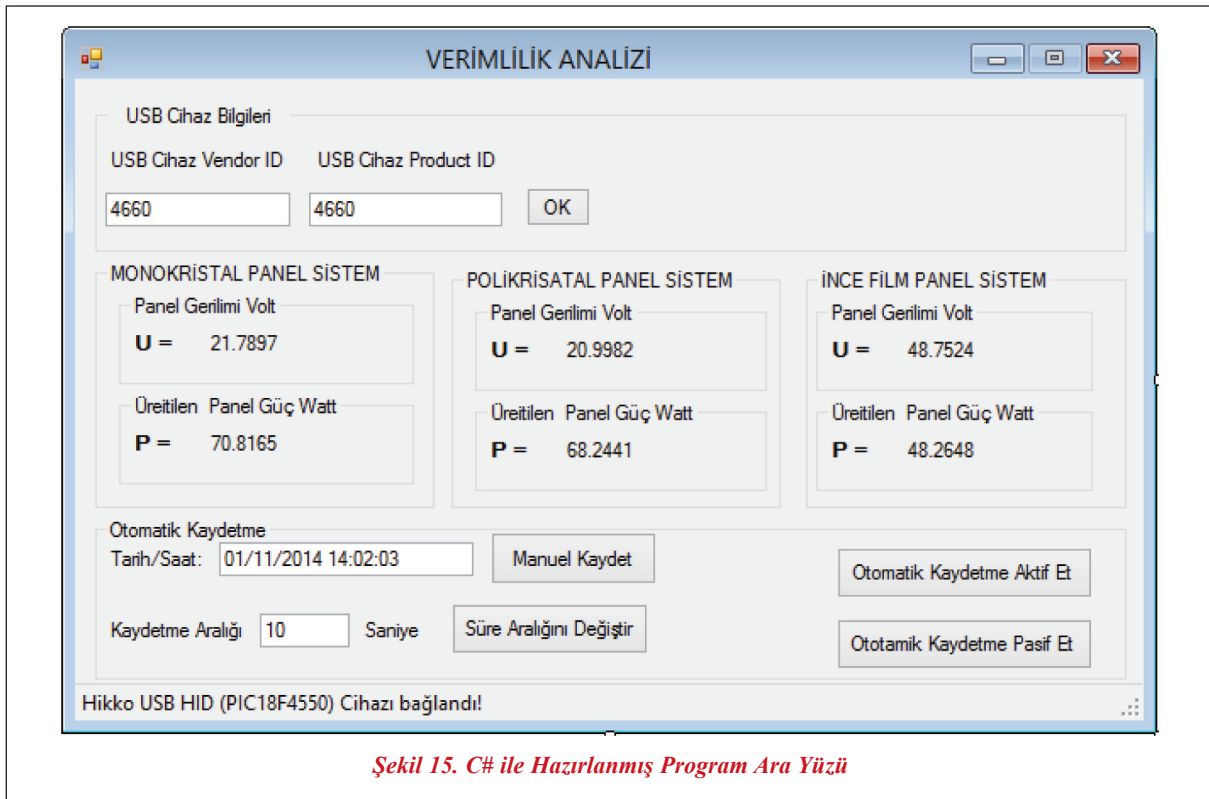
Şekil 14. Mikro-Denetleyici, USB ve Sensör Kartı

3.4. Bilgisayar Arayüzü

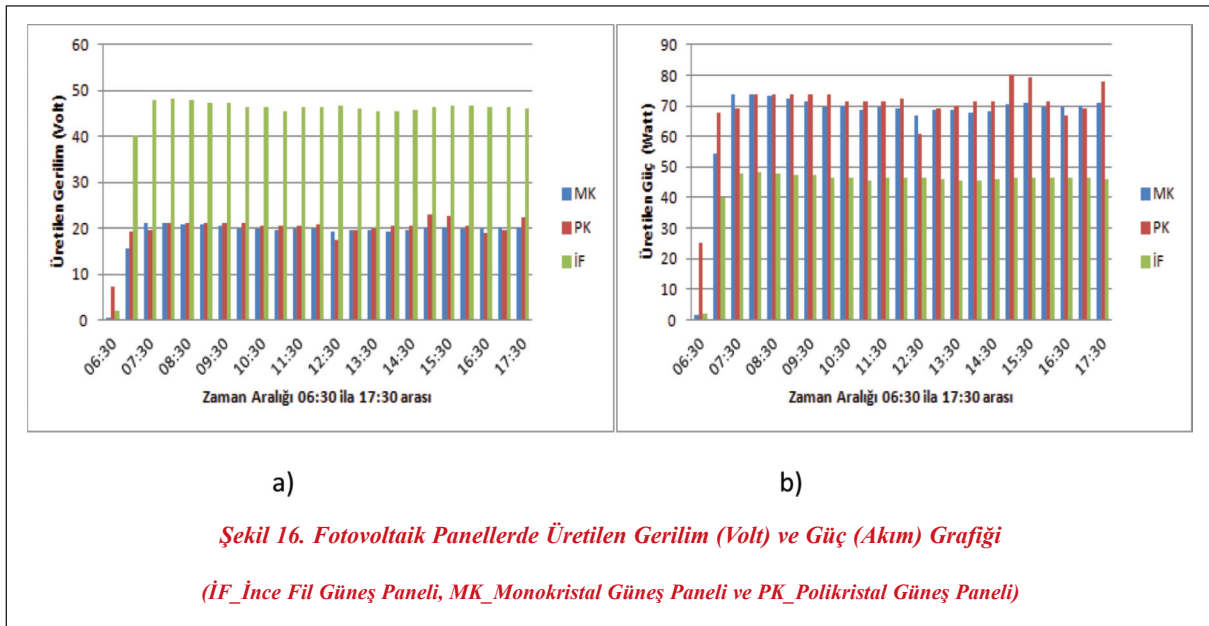
Mikro-denetleyiciden gelen digital verileri bilgisayar ekranında görüntülemek için C# programı ile hazırlanmış olan ara yüz Şekil 15’de görünmektedir. Güneş panellerinin elektriksel verileri ve güç ölçümleri anlık olarak ekranda gösterilmiştir. İstenilmesi halinde ölçülen verileri veri tabanına el ile veya ayarlanan zaman aralıklarında kaydı yapılabilmektedir. Gerçekleştirilen uygulamada güneş panellerinden elde edilen veriler 10 saniye aralıklar ile kaydedilmiştir. Yapılan bu ölçümlerde çevresel hataları en aza indirmek için güneş panellerinin güçleri, bağlantı aparatları ve kablo uzunlukları aynı seçilmiştir.

4. BULGULAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi’nin çatısında kurulu olan sistemde 01/10/2014 tarihinde güneşin doğduğu ve battığı saatler arasında üç farklı güneş panelinin ürettiği gerilimler Şekil 16a’da, güç değerleri ise Şekil 16b’de gösterilmiştir.



Şekil 15. C# ile Hazırlanmış Program Ara Yüzü



Şekil 16. Fotovoltaik Panellerde Üretilen Gerilim (Volt) ve Güç (Akım) Grafiği
(İF_İnce Fil Güneş Paneli, MK_Monokristal Güneş Paneli ve PK_Polikristal Güneş Paneli)

Makale

Güneş panellerinin bir günlük toplam üretimleri (Wh) Şekil 17a'da gösterilmiştir. Şekil 17b'de ise bu üretimlerin yüzdelik olarak karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

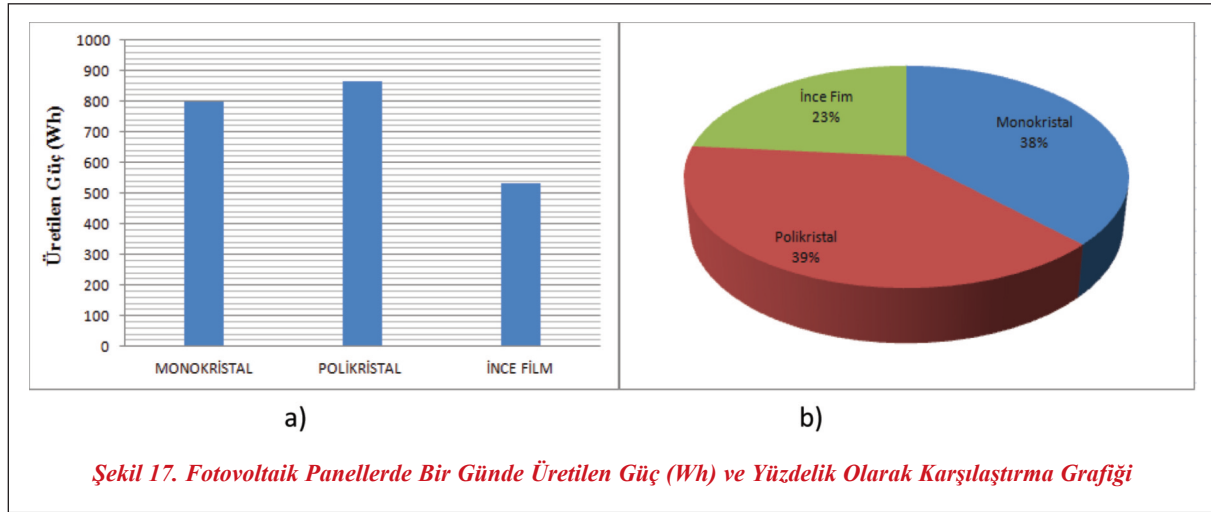
Yukarıda verilerden görüldüğü gibi mono-kristal ve poli-kristal güneş panellerinin ürettiği gerilimler ve güçler birbirlerine çok yakındır. İnce film güneş paneli ürettiği gerilim mono-kristal ve poli-kristal güneş paneline göre iki kat daha büyük olmasına rağmen çıkış akımı çok düşüktür. Bu sebepten dolayı ince film güneş panelinin çıkış gücü mono-kristal ve poli-kristal güneş panellerinin yarısında kalmıştır.

Güneş panellerinin boyutları incelendiğinde; mono-kristal güneş paneli en az yer kaplayan güneş paneli-

dir. Poli-kristal güneş paneli mono-kristal güneş paneline göre %1-2 daha fazla yer kaplamaktadır. İnce film güneş paneli en çok yer kaplayan güneş panelidir. Yaklaşık olarak mono-kristal güneş panelinin 2-3 katı yer kaplamaktadır.

Tablo 3'de bir evin günlük enerji ihtiyacı gösterilmiştir. Tablo hazırlanırken elektrik tüketimi en yüksek düzeyden hesaplanmıştır. Gündüz, puant ve gece olarak ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Elektrik tüketimi incelendiğinde en çok ihtiyacın akşam saatlerinde olduğu anlaşılmaktadır. Akşam saatlerinde enerji ihtiyacının çok olmasına rağmen güneş panellerinin enerji üretimi yoktur. Bundan dolayı sistemde kesinlikle bir depolama birimi olması gerekmektedir. Bu depolama biriminin kapasitesi-



Tablo 4. Evde Kullanılan Elektrikli Aletlerin Enerji Tüketimi [18]

Cihazın Adı	Günlük Enerji Tüketimi (Wh)			
	Gündüz	Puant	Gece	Toplam
Bulaşık Makinesi	0	0	726	726
Çamaşır Makinesi	0	0	475	475
Fırın	0	1933	0	1933
Buzdolabı	521	237	379	1137
Televizyon	0	234	78	311
Aydınlatma	0	672	448	1120
Elektrikli Süpürge	1200	0	0	1200
Diğer	1000	500	1000	2500
Toplam	2721	3576	3106	9403

nin evin tüm enerji ihtiyacının karşılanması isteniyorsa yaklaşık olarak 780Wh'lık bir akü grubuna ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ

Gerçekleştirilen sistemde mono-kristal ve poli-kristal panellerin ürettikleri gerilim ve güç değerleri birbirine yakın olmasına rağmen ince film güneş panelinin ürettiği gerilim mono-kristal ve poli-kristalin yaklaşık iki katı iken akım değeri çok düşük olduğunda gücü diğer panellerinin yarısı kadardır.

Güneş panellerinin boyutları incelendiğinde; mono-kristal güneş paneli en az yer kaplayan güneş panelidir. Poli-kristal güneş paneli mono-kristal güneş paneline göre %1-2 daha fazla yer kaplamaktadır. İnce film güneş paneli en çok yer kaplayan güneş panelidir. Yaklaşık olarak mono-kristal güneş panelinin 2-3 katı yer kaplamaktadır.

Kurulu sistemde bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için mono-kristal ve poli-kristal güneş panellerinde yaklaşık olarak aynı miktarda gerekli iken ince film güneş panelinde iki kat fazla gerekmektedir. Mono-kristal ve poli-kristal güneş pillerinin verimlilik değerleri birbirlerine çok yakındır. Fiyat yönünden poli-kristal panel uygundur.

KAYNAKLAR

- [1] Muntasser, M. A., Bara, M. F., Quadri, H. A., EL Tarabelsi, R. ve La-azeb, I. F., "Photovoltaics marketing In Developing Countries", Applied Energy, Cilt 65, Sayfa 67-72, 2000.
- [2] Al-Karaghoul, A. ve Al-Sabounchi. A. M., "A PV Pumping System", Applied Energy, Cilt 65, Sayfa 73-84, 2000.
- [3] Çolak, S. Ç., "Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi Ve Gelecekteki Projeksiyonu" Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [4] Kıyga, P. A., "Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması" Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [5] Özsoy, M. F., "Hibrit Rüzgar-Güneş Enerji Üretim Sistemi İle Bir Elektrik Laboratuvarının Genel Aydınlatma Tasarımı" Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [6] Upadhyaya, A., Yelundur V., Rohatg. A., "High Efficiency Mono-Crystalline Solar Cells With Simple Manufacturable Technology" Georgia Institute of Technology, 2006.
- [7] Erkul, A., "Monokristal, Polikristal ve Amorf-Silisyum Güneş Panelleri Verimliliğinin İncelenmesi ve Aydınlatma Sistemi Uygulaması" Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [8] Kıyancıçek. E., "Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandırılması İçin PSV2 Paket Programının Gerçekleştirilmesi" Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [9] Abdelkader, M. R., Al-Salaymeh A., Al-Hamamre, Z. And Sharaf F. "A Comparative Analysis Of The Performance Of Monocrystalline and Multicrystalline PV Cells In Semi Arid Climate Conditions: The Case Of Jordan", Jordan Journal Of Mechanical And Industrial Engineering, Volume 4 Number 5, Pages 543-552, 2010.
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Czochochalski_process, Erişim tarihi 14/12/2014.
- [11] Ghazali, A., Rahman, A. M., "The Performance Of Three Different Solar Panels For Solar Electricity Applying Solar Tracking Device Under The Malaysian Climate Condition" Energy And Environment Research, Volume 2 Number 1, Pages 235-243, 2012.
- [12] Bergmann, R. B., Berge, C., Rinke, T. J., Schmidt, J., Werner, J. H., "Advances In Monocrystalline Si Thin Film Solar Cells By Layer Transfer" Solar Energy Materials & Solar Cells, Volume 74 Issues 1-4, Pages 213-218, 2002.
- [13] Karamanav, M., "Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri" Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 2007.
- [14] Köroğlu, T., Teke, T., Bayındır, Ç., Tümay, M., "Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı"

Makale

- Elektrik Mühendisliği Dergisi, Cilt 409, Sayı Temmuz, Sayfa 98-014, 2010.
- [15] Yumurtacı, Z., Dönmez, A. H., “Konutlarda Enerji Verimliliği” Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 54, Sayı 637, Sayfa 38-43, 2013.
- [16] Mete Ç., Metin Ç., “Gökçeada’da Şebekeden Bağımsız Bir Fotovoltaik Güç Sistemi Benzetimi ve Karşılaştırmalı Gerçek Performans İncelemesi” Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 5, Sayfalar 201-208, 2013.
- [17] K. Başaran, K., Çetin, N. S., Çelik, H., “Rüzgar-Güneş Hibrit Güç Sistemi Tasarımı ve Uygulaması” 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), Sayfa 114-119, 2011.
- [18] Bedeloğlu A., Demir B. ve Bozkurt Y., “Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Genel Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller”, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 4(2), Sayfa 43-58, 2010.