



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

AFYONKARAHİSARDA KURULU OLAN MONOKRİSTAL, POLİKRİSTAL VE İNCE FİLM GÜNEŞ PANELLERİNİN VERİMLİKLERİNİN İNCELENMESİ

**YÜKSEL OĞUZ
ABDİL KARAKAN
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**

**BAHTİYAR USLU
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ**

AFYONKARAHİSARDA KURULU OLAN MONOKRİSTAL, POLİKRİSTAL VE İNCE FİLM GÜNEŞ PANELLERİNİN VERİMLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yüksel OĞUZ
Abdil KARAKAN
Bahtiyar USLU

ÖZET

Bu çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesinin çatısına güçleri aynı olan mono-kiristal, 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 özellikte 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

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

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, mevsimler değişiklikleri ve küresel ısınma gibi çevresel felaketlerdir.

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 yapılabilmektedir.

Dünyamızda bütün enerji kaynaklarının kökeni, fosil yakıtlarda dâhil güneşe dayanmaktadır. Güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisi üretimi eski bir yöntem olmasına rağmen ilk yıllar da 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 veriler bilgisayar ekranında görüntüle imkanı sunulmuştur. Ayrıca güneş panellerinin verilerinin daha sonra kullanılması için otomatik kaydetme ve manuel kaydetme sekmeleri eklenmiştir. Otomatik kaydetme ile istenilen zaman aralığında bütün veriler access veri tabanına kaydetme yapılmıştır. Bu çalışmada 10sn zaman aralığı tercih edilmiştir.

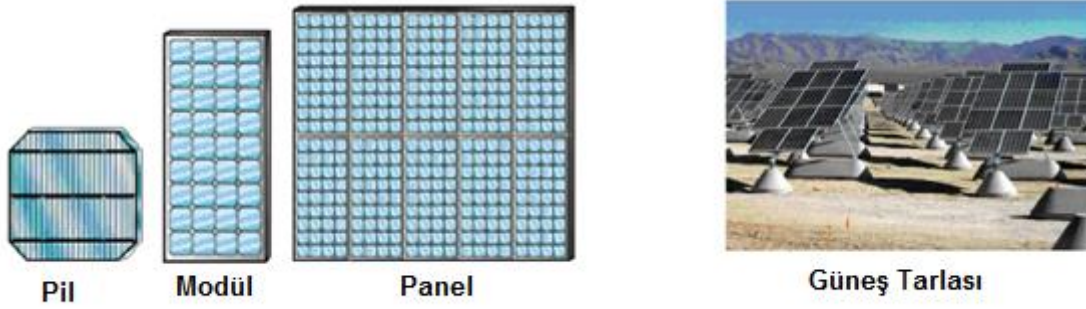
Bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Bu enerji ihtiyacı karşılamak için hangi güneş panelinin daha verimli olduğu veri tabanındaki bilgilere dayanarak karar verilmiştir.

2. GÜNEŞ PİLLERİ VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

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

2.1. Güneş Pilleri

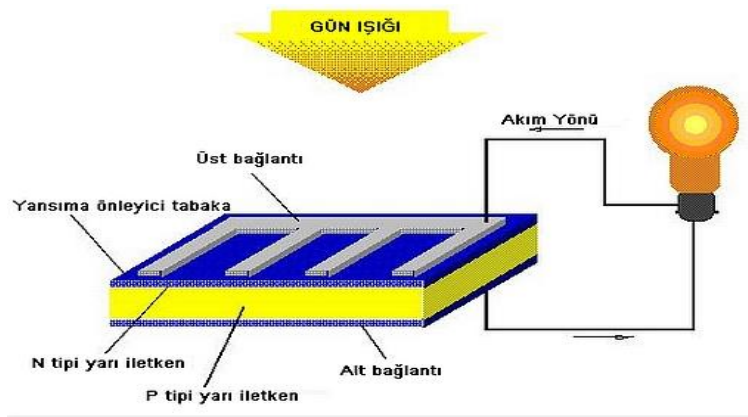
Güneş pili, fotovoltaik etki ile güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneğe verilen isimdir. Tipik bir güneş pili, iki ya da daha fazla ince yarıiletken katmandan oluşur. Genellikle yarıiletken olarak silikon kullanılmaktadır. Tek güneş pilinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı 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 görülmektedir.



Şekil 1. Güneş pili, güneş modülü, güneş paneli ve güneş tarlası görünümü [4].

2.2. Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik paneller, güneş pillerinin bir araya getirilmesiyle oluşur. Bir güneş pilinin sağladığı gerilim değeri yaklaşık olarak 0,5V civarındadır. Normal 12V akülerin şarj edilebilmesi için 14-18V aralığında gerilime ihtiyaç duymaktadır. Bu sebepten dolayı bir fotovoltaik panel yaklaşık olarak 36 tane güneş pillerinin 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 etmende güneş pillerini korumak için kullanılacak olan ön saydam malzemenin güneş ışığını en az seviyede yansıtan malzemeden olması gerekmektedir. Böylelikle güneş pilleri daha çok güneş ışığına maruz kaldıklarından daha verimli çalışabileceklerdir [3].



Şekil 2. Güneş pilinin genel gösterimi [5].

2.3. Fotovoltaik Panel Çeşitleri

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

2.3.1. Kristal Silikon Piller

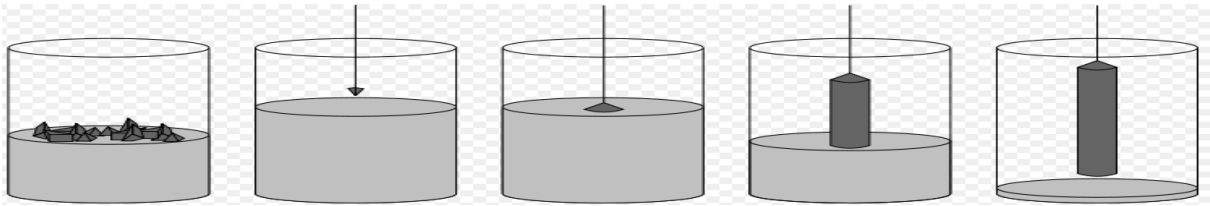
Kristal silikon yapıları pillerinin en önemli hammaddesi silisyumdur. Silisyum oksijenden sonra doğada en çok bulunan elementtir. Doğada bulunan silisyum saf halde değildir. Silisyum güneş pillerinin yapısında kullanılabilmesi için saflaştırılması gerekmektedir. Saflaştırma işleminin yapılması için, silisyumdioksit (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 poli-kristal 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.

Mono-kristal silikon üretiminde 'Czochralski Metodu' olarak bilinen üretim yöntemi kullanılmaktadır. 1971 yılında geliştirilen bu yöntemde Czochralski, 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. 30cm çapında ve birkaç metre boyutunda oluşan tek kristalli silindir malzeme dairesel, dikdörtgen veya çokgen olacak şekilde ve kalınlığı 0,2-0,3mm 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 ta yansıma önleyici cam tabaka yapıştırılarak güneş pili oluşturulur. Mono-kristal silikon pillerin rengi koyu mavi-siyah aralığında bir renktir [9]. Şekil 3'de Czochralski yönteminin uygulanışı ve Şekil 4'de mono-kristal silikon güneş pili gösterilmektedir.



Şekil 3. Czochralski yönteminin uygulanışı [10]

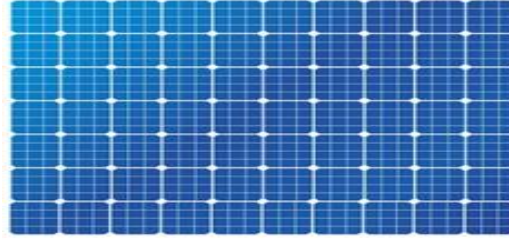


Şekil 4. Mono-kristal silikon güneş pili

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 kalınlığı 0,2-0,3mm kalınlıklarında dilimlenmektedir. Daha sonra yarı iletken malzemeler bir araya getirilerek bağlantılar yapılır ve birbirlerine ayrılmayacak şekilde özel yapıştırıcılar ile tutturulur. En son işlem olarak ta yansıma önleyici cam tabaka yapıştırılarak güneş pili oluşturulur. Poli-kristal silisyum üretiminde Czochralski 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 silisyumun

yapımında kolaylıktan dolayı fiyatları mono-kristal güneş pillerine göre daha düşüktür. Poli-kristal güneş pillerinde yansımayı engelleyici cam varsa mavi renkte görünmektedir, yansımayı engelleyici cam yoksa gümüş rengindedir [11]. Şekil 5'de mono-kristal silikon güneş pili gösterilmektedir.

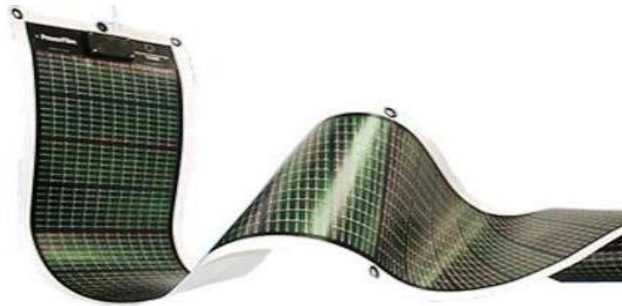


Şekil 5. Poli-kristal silikon güneş pili

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 pillerin üretilmiştir. Yapılan araştırmalarda güneş pilleri üretiminde kullanılabilecek birçok yarı iletken malzemenin düşük maliyetlerle cam, paslanmaz çelik ya da plastikten yapılmış geniş yüzeylere uygulanabildiği 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 silisyum, kadmiyum ve tellür elementlerinde meydana gelen bileşikler kullanılmaktadır. İnce film güneş pillerinde 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, silisyum piller boyutları kristalin boyutları ile sınırlıdır. Modül ve panel yapımında ince film malzeme kullanımı daha kolay ve uygundur. Verimleri %5 ile %8 arasında değişmektedir [14]. Şekil 6'de ince film güneş pili gösterilmektedir.



Şekil 6. İnce film güneş pili

2.3.3. Amorf Silikon Piller

Amorf silikon güneş pillerinin silikonları çok ince tabakalardan oluşmaktadır. Bu pilleri oluşturmak için gerekli ısı, kristal silikonlar için gerekli ısıdan 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 ihtiyacını çok fazla olmayan yerlerde tercih edilirler. Günümüzde en çok kullanım alanı

küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılırlar. En önemli kullanım alanı ise binalarda entegre olarak yarı saydam cam yüzeylerde, binanın dış cephelerinde kullanılırlar. 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 oluşan bu bileşik yarıiletkenlerin soğurma katsayıları oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıkları güneşin spektrumu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde ayarlanabilir. Bakır, indiyum ve selenyumdan yapılan üçlü bileşik (CuInSe) yarıiletkenle başlayan bu grup CIS güneş pilleri olarak anılır. Laboratuvar ortamında en yüksek %20 verim seviyelerine ulaşılmıştır. 900cm² yüzey alana sahip modüllerin verimlilikleri %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 fotovoltaiik piller gibi pil tipleri mevcuttur.

2.4. Fotovoltaiik Panellerde Verimlilik

Fotovoltaiik panel veya sistemlerin verimlilikleri, koruyucu camın geçirgenliği, atmosferik olaylar, eklem yerlerinin düzgünlüğü, bağlantı düzeneklerinin verimi, güneş ışınlarının geliş açısı ve diğer kullanılan malzemelerin verimliliğine bağlıdır. Tablo 1'de Fraunhofer Enstitüsü tarafından yapılan en yüksek verimlilikleri gösteren özet verilmiştir

Tablo 1. Güneş pillerinde en yüksek verimlilikler [17]

Fotovoltaiik 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

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

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

2.5. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistemi, istenilen akım ve gerilimi sağlayacak adette fotovoltaik panelin ve tamamlayıcı malzemelerin bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır. Şekil 7’de fotovoltaik sistemin temel çalışma prensibi gösterilmiştir. Fotovoltaik sistemler açık hava kullanım için üretilmişlerdir. Bundan dolayı deniz şartlarına tropikal şartlara ve çöl şartlarına dayanıklıdır.

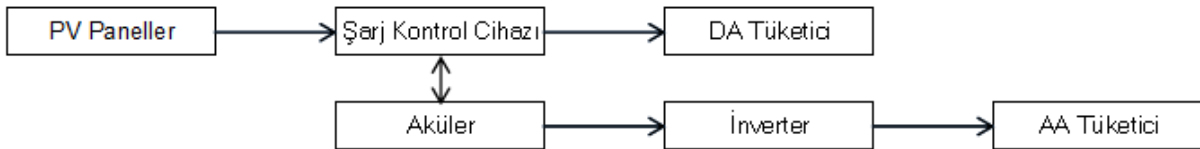


Şekil 7. Fotovoltaik sistemin temel çalışma prensibi [12]

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

2.5.1. Off-Grid Sistemler

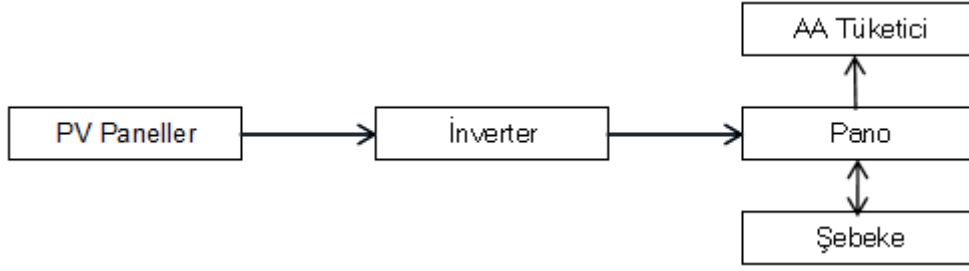
Elektrik dağıtım şebekelerinden bağımsız olarak çalışan sistemlerdir. Bu tip sistemlerde üretilen enerji, akü gruplarında depo edilmekte ve bu depo edilen enerji inverterler vasıtasıyla şebeke gerilimine dönüştürülmektedir. Şekil 8’de off-grid sistemin genel şematik çizimi gösterilmiştir [12].



Şekil 8. Off-grid sistemin genel şematik çizimi

2.5.2. On-Grid Sistemler

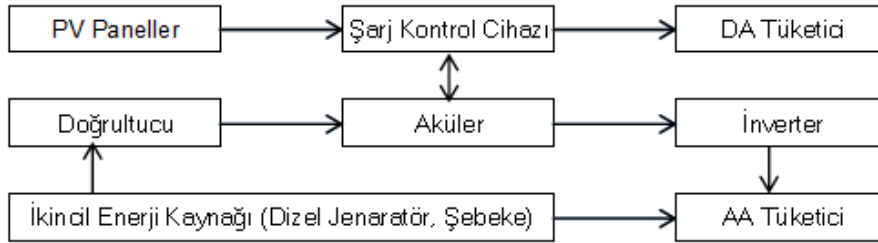
Elektrik dağıtım şebekelerinin aktif olduğu ve şebeke ile karşılıklı elektrik enerjisi alış veriş imkânı sağlayan sistemlere denir. On-grid sistemlerde çift yönlü sayaçlar vardır. Böylelikle fazla üretilen enerji şebekeye verilmekte, elektrik enerjisi ihtiyacı olduğunda da şebekeden alınmaktadır. Şekil 2’de fotovoltaik modül ve panel uygulamaları gösterilmiştir. Şekil 9’da on-grid sistemin genel şematik çizimi gösterilmiştir [17].



Şekil 9. On-grid sistemin genel şematik çizimi

2.5.2. Hibrit Sistemler

Fotovoltaik panellere ek olarak bir ya da birden fazla elektrik üretim sistemin birleşimi sonucu oluşan sistemlere hibrit sistemler denir. Hibrit sistemlerde ilk enerji üreticisi fotovoltaik panellerdir. İkincil veya daha sonra ki enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi olabileceği gibi dizel jeneratörler ve şebeke de olabilir [18]. Şekil 10'da hibrit sistemin genel şematik çizimi gösterilmiştir.



Şekil 10. Hibrit sistemin genel şematik çizimi

3. MATERYAL VE YÖNTEM

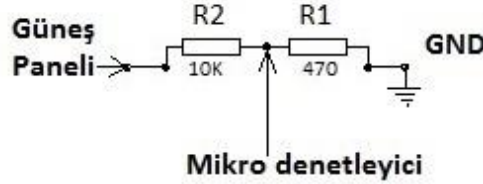
Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi çatısına kurulu olan sistem Şekil 11'de görünmektedir. Sistemde kullanılan panel güçleri aynı seçilmiş ve güneş ışın açılarının aynı olması için yan yana montajı yapılmıştır.



Şekil 11. Üç farklı güneş panelin görünüşü.

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 0V ile 5V arasındaki gerilim değerlerini ölçebilmektedir. Bu nedenle Şekil 12’de görülen gerilim bölücü devre, güneş panellerinin ürettikleri gerilimleri mikro denetleyicinin ölçebileceği sınırlara indirmek için kullanılmıştır.



Şekil 12. Gerilim bölücü devre

Güneş panelinin uçlarına 10KΩ ve 470Ω olmak üzere iki adet seri direnç bağlanmıştır. 470Ω 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

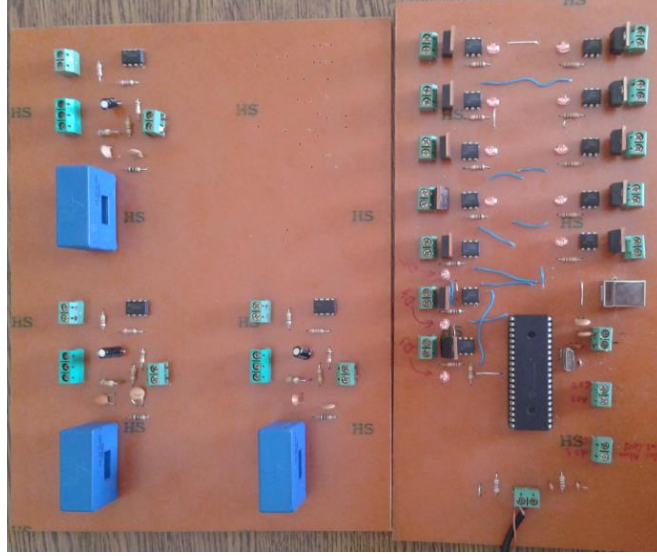
Tüketicinin çekmiş olduğu akımın ölçülmesi için LEM LA-55P akım sensörü kullanılmıştır. Bu akım sensörü sayesinde 50 ampere kadar ölçüm yapılabilmektedir. Dönüşüm oranı 1:2000dir. Şekil 13’de LEM LA 55-P akım sensörü görünmektedir.



Şekil 13. LEM LA 55-P akım sensörü

3.3. Mikro-denetleyici, USB ve Sensör Kartı

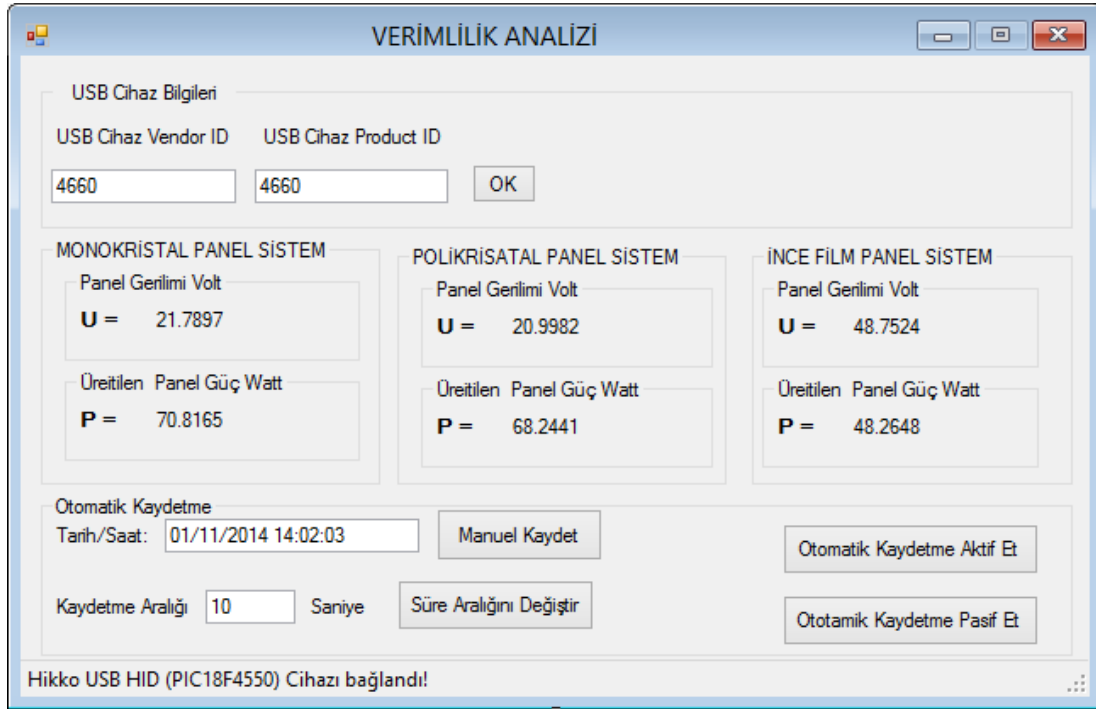
Gerilim ve akım sensörlerinden gelen analog verileri digital veriye dönüştürmek ve bu verileri bilgisayara göndermek için PIC18F4550 mikro denetleyici kullanılmıştır. Şekil 14’de tasarlanan ve uygulaması yapılan mikro-denetleyici, USB ve sensör kartı görülmektedir.



Şekil 14. Mikro-denetleyici, USB ve sensör kartı

3.4. Bilgisayar Arayüzü

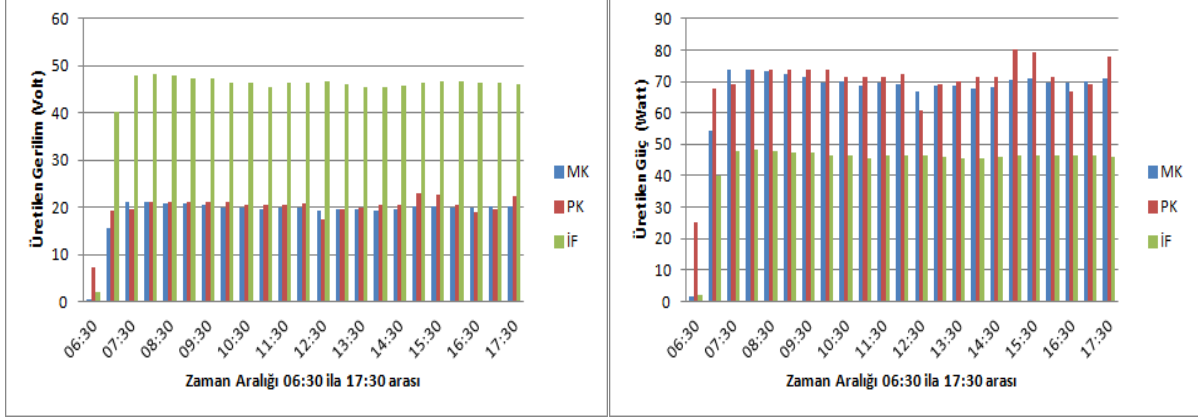
Mikro-denetleyiciden gelen digital verileri bilgisayar ekranının görüntülemek için C# programı ile hazırlanmış olan ara yüz Şekil 15'de görülmektedir. Güneş panellerinin elektriksel verileri ve güç ölçümlerini anlık olarak ekranda gösterilmiştir. İstenilmesi halinde ölçülen verileri veri tabanına el ile veya ayarlanan zaman aralıklarında kaydedilmesi 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.



Şekil 15. C# ile hazırlanmış program ara yüzü

4. BULGULAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesinin çatısında kurulu olan sistemde 01/10/2014 tarihinde güneşin doğduğu ve battığı saatleri arasında üç farklı güneş panelinin ürettiği gerilimleri Şekil 16a'da güç değerleri ise Şekil 16b'de gösterilmiştir.

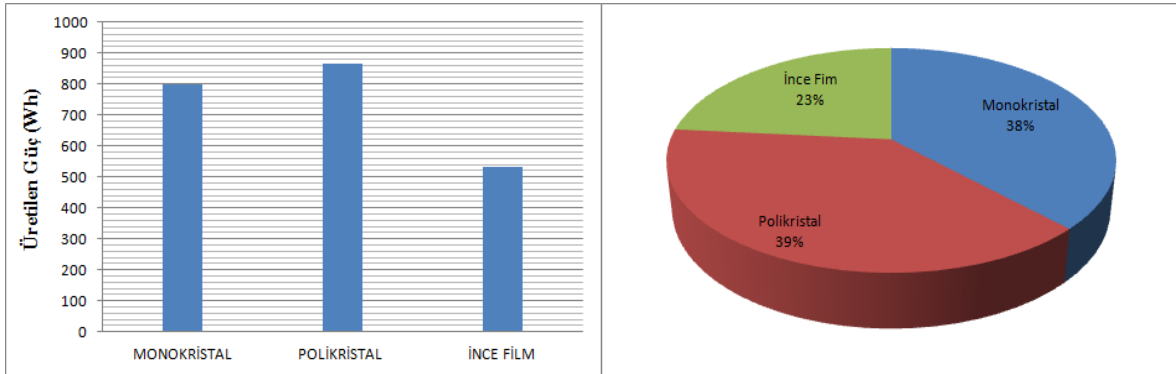


a)

b)

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)

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



a)

b)

Şekil 17.Fotovoltaik panellerde bir günde üretilen güç (Wh) ve yüzdelik olarak karşılaştırma grafiği

Yukarıda verilerden görüldüğü gibi mono-kristal ve poli-kristal güneş panellerinin ürettiği gerilimler ve güçler birbirlerine çok yakındır. İnce fil 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 fil 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 panelidir. Poli-kristal güneş paneli mono-kristal güneş paneline göre %1-2 daha fazla yer kaplamaktadır. İnce fil 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.

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

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 depomla biriminin kapasitesinin evin tüm enerji ihtiyacının karşılanması isteniyorsa yaklaşık olarak 780Wh’lik bir akü grubuna ihtiyaç duymaktadır.

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 fil 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 DevelopingCountries", *AppliedEnergy*, Cilt 65, Sayfa 67-72, 2000
- [2] Al-Karaghoul, A. ve Al-Sabounchi. A.M. , "A PV PumpingSystem", *AppliedEnergy*, 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 Esalarının 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/Czochralski_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" *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

ÖZGEÇMİŞ

Yüksel OĞUZ

1971 yılında Emirdağ'da doğdu. 1996 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Lisans eğitimini tamamladı. Aynı Üniversitede 2000 yılında Yüksek Lisans eğitimini, 2007 yılında ise doktora eğitimini tamamlamıştır. 1997-2008 yılları arasında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2008 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Yrd. Doç. Dr. olarak çalışmaya başlamıştır. 2012 yılından bu yana Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde Doç. Dr. olarak çalışmaktadır. Uzmanlık alanı güç sistemleri ve kontrolüdür. Evli ve bir çocuk babasıdır.

**Abdil KARAKAN**

1982 yılında Antalya’da doğdu. 2005 yılında Gazi Üniversitesinde lisans eğitimi tamamlamış ve 2012 yılında başlamış olduğu Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Sistemlerindeki yüksek lisansında tez aşamasındadır. 2010 yılından itibaren Afyon Kocatepe Üniversitesi Dazkırı Meslek Yüksekokulu Elektrik Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları; yenilenebilir enerji sistemleri, otomasyon sistemleri ve görüntü işlemedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Bahtiyar USLU

1982 yılında Kütahya’da doğdu. 2005 yılında Gazi Üniversitesinde lisans eğitimi tamamlamış ve 2013 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamlamıştır. 2002-2004 yılları arası Antalya Yüksel Mühendislik ve 2005 yılında Vodafone Ankara baz istasyonu planlamada çalıştı. 2005 ile 2009 yılları arası Ağrı Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümünde öğretmen olarak çalıştı. 2009 yılından itibaren Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Gölhisar Meslek Yüksekokulu Elektrik Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları; güç ledleri, ledler de ömür, yenilenebilir enerji sistemleri, otomasyon sistemleri ve görüntü işlemedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.