

# FOTOVOLTAİK VE FİBER OPTİK SİSTEMLERİN AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI

Bahtiyar DURSUN<sup>1</sup> Işıl YULUSOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Enerji Sistemleri Mühendisliği

<sup>2</sup>Makine Bölümü

<sup>1</sup>Mühendislik Fakültesi

<sup>2</sup>Yalova Meslek Yüksek Okulu

<sup>1</sup>Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 41400, Gebze, KOCAELİ

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi, Yalova

<sup>1</sup>e-posta: b.dursun@gyte.edu.tr <sup>2</sup>e-posta: isilayyy@yahoo.com

**Anahtar Sözcükler:** Aydınlatma, PV(Photo Voltaic), Fiber Optik Sistemler, Enerji Tasarrufu

## ABSTRACT

One of the developed indicators of the countries is electric energy production and consumption quantity. Electric energy consumption in our country is about %20-25 the aim of lighting. This rate can be decreased by using alternative energy sources. With this, energy can be saved. Alternative energy sources can be used by converting them to electrical energy. Solar energy, which is an alternative energy source, does not need an extra device during converting. Solar energy to electrical energy by using pv (photovoltaic) panel. In lighting systems, electrical energy produced pv panels can be stored easily. In this study, general information about fiber optic systems and pv panel will be given. Also their use in lighting systems will be examined. Energy saving appeared by using alternative energy sources will be discussed.

## 1. GİRİŞ

18. yüzyılda sanayi devrimi ile insanoğlunun gelişmişlik göstergesinde enerji önemli bir rol oynamaktadır. Kişi başına tüketilen elektrik enerjisinin sürekli artması, hayat standartlarının da beraberinde yükselmesine sebep olmaktadır.

Türkiye'nin kurulu fotovoltaik güç kapasitesi yaklaşık 300 kW olarak tahmin edilmektedir. Bu değerın yakın gelecekte diğer alternatif enerji kaynakları ile birlikte artması beklenmektedir. Türkiye'de fotovoltaik sistemler ile ilgili birçok uygulamanın olduğu bilinmektedir. Bu uygulama-

**Tablo 1.** Aydınlatma Amaçlı Fotovoltaik Uygulamalar[1]

Kurum	Amaç	Yer	Kurulu Güç (kWp)
Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü	Fotovoltaik Aydınlatma	Ankara	0,2
		Didim(Araştırma ve Eğitim Merkezi)	0,2
		Ankara( EİE Binası)	0,1
		Didim	0,16
	Fotovoltaik Alan Aydınlatması	Didim(Araştırma ve Eğitim Merkezi)	1,0

malardan aydınlatma amaçlı olanları Tablo1.'de gösterilmektedir[1].

Türkiyenin kurulu fotovoltaik gücü ile ilişkili yüksek güneş enerji kaynağı olan bölgeler ve bölgesel güneş enerji potansiyelleri Tablo2.'de özetlenmiştir.

**Tablo 2.** Türkiye'nin bölgesel yıllık ortalama güneş enerjisi Potansiyeli[2]

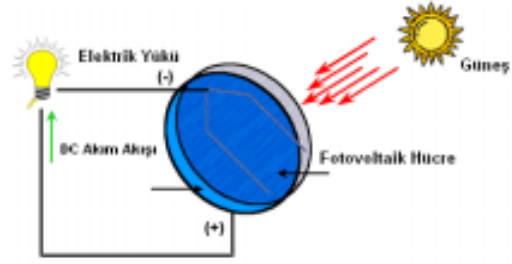
Bölge	Güneş radyasyonu (kWh/m <sup>2</sup> )	Güneş Işıma Süresi(saat)
Marmara	1168	2409
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Ege	1304	2738
Akdeniz	1390	2956
Karadeniz	1120	1971
İç Anadolu	1314	2628
Doğu Anadolu	1365	2664
Ortalama	1303	2623

Tablo 2. güneş enerjisi potansiyeli bakımından incelenecek olursa, birinci sırada Güneydoğu Anadolu bölgesi yer almakta ve bu durumu sırasıyla Akdeniz, Marmara bölgeleri takip etmektedir.

Bu çalışmada, fiber optik sistemlerin ve fotovoltaik pillerin yapısı genel olarak anlatılacaktır. Aynı zamanda elektrik enerjisi tüketimini azaltmak için PV paneller ve fiber optik sistemlerin aydınlatma amaçlı kullanımları da incelenecektir.

## 2. FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLER

Fotovoltaik güç sistemlerinde yarı iletken hücreler kullanılır. Fotovoltaik etki güneş ışığının bir yarı iletken cihazın üzerine düşmesiyle, ışığın DC elektrik akımına dönüşümünü sağlayan fiziksel işleme denir[3].



**Şekil 1.** Güneş Pili Yapısı[3]

Fotovoltaik (PhotoVoltaic) kısaca "PV" olarak gösterilmektedir. Güneş pillerinin fotovoltaik etki ile güneş enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine dönüştürme olayı 1839 yılında elektrolit sıvılarda katı malzemenin davranışlarını inceleyen Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Becquerel, elektrolit sıvı içerisinde bulunan metal elektrotlara ışık verildiğinde düşük gerilim ve akım değerlerinin oluştuğunu gözlemlemiştir. Selenyumunda benzer bir etki gösterdiği bundan 40 yıl sonra anlaşılmıştır[3,4].

Gelişmekte olan toplumlara katkısının çok büyük olacağı düşünülen PV modüllerin dünyada 1994 yılında 500 MW olarak verilen kümülatif satış miktarı, 1998 yılı içinde 800 MW ve 2000 yılı itibari ile de 1000 MW mertebesine ulaşmıştır [5]. pv modül üretimi son 10 yıldan bu yana %15 artış hızıyla büyümektedir. Tesis edilen sistemler büyük ölçüde pv sistemlerin klasik kullanım alanı olan elektrik şebekesinin ulaşamadığı yerlerde küçük güçte enerji talebini karşılama yada kırsal temel elektrik talebini karşılayan sistemler şeklinde olmuştur[5,6,7].

Fotovoltaik pillerin avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Avantajları sırasıyla aşağıdaki gibidir.

- Uzun iletim hatları kullanımına gerek yoktur. Gücün, tüketilmesi planlanan yere kurulabilir.
- Güneş radyasyonunu elektrik enerjisine çeviren doğrudan enerji dönüştürücüleri sırasında en yüksek verime sahip olanıdır. Laboratuar şartlarında özel olarak imal edilen deneysel

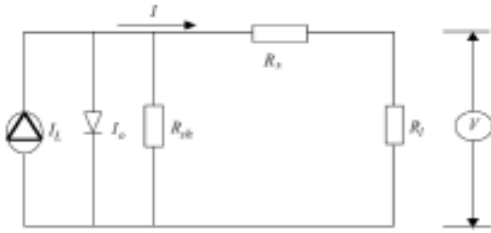
güneş hücrelerinde verim %30'lara kadar ulaşabilmektedir.

- Yapıları gereği modüllerin güç ve gerilim seviyesi kolaylıkla arttırılabilmekte veya azaltılabilmektedir.
- Uzun vadede bakım gereksinimi duymazlar.
- Uzun ömürlüdürler. Teorik olarak sonsuz olmasına karşın ortalama ömürleri 25-30 yıldır.
- Sessiz çalışırlar ve temizdirler. Çevre kirliliğine yol açmazlar.
- Yapısında bulunan silisyum doğada en bol bulunan maddelerdendir.

Dezavantajları da sırasıyla aşağıdaki gibidir.

- İlk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir.
- Üretilen akım doğru akım olduğu için çeviriciler kullanılmaktadır.
- Enerji sürekliliği olmadığı için üretilen enerjinin depolanması için batarya gruplarına ihtiyaç duyulur.

Fotovoltaik modelin temel elektriksel eşdeğer devresi şekil-2'de görülmektedir.



Şekil 2. Fotovoltaik Temel Eşdeğer Devresi

Fotovoltaik gücün non-lineer doğası, radyasyon seviyesinden, çevresinden ve modül sıcaklığından ileri gelmektedir. Fotovoltaik modüllerin akım gerilim karakteristiği aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

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

$I_L$  ışık kaynağından üretilen akımı, p-n diyotun satrasyon akımını,  $R_s$  güneş hücresinin seri diren-

cini,  $R_{sh}$  paralel direncini,  $V_t$  güneş hücresinin sıcaklığa bağlı termal gerilimi ifade etmektedir.

$$V_t = \frac{k \cdot T_c}{q} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de  $T_c$  hücre sıcaklığı (K)  $k$  ve  $q$  ise sabitlerdir.

Kısa devre akımı  $V=0$  iken ve genellikle

$I_{sc} = I_L \cdot R_{sh}$  ihmal edilerek eşitlik iki aşağıdaki gibi indirgenir.

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

Bir fotovoltaik paneldeki temel güç ilişkisi,

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

Yukarıdaki ifadeler eşitlik (4) içinde yerleştirilirse,

$$P = V \cdot I = \left\{ I_L - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V + IR_s}{V_t}\right) - 1 \right] \right\} V \quad (5)$$

Yukarıda fotovoltaik modülün akım gerilim ve güç ilişkisi görülmektedir[1].

### 3. FİBER OPTİK SİSTEMLER

Fiber optik sistem, aydınlatma alanında kullanılmadan önce birçok alanda kullanılmıştır. Bilimsel olarak ilk 1870 yılında ortaya konan bu sistemden, iletişim, tıp, endüstri gibi değişik alanlarda yararlanmıştır[8,9].

Fiber optik sistemi temelde Jeneratör(Işık kutusu), Fiber kablolar ve sonlandırıcılar(Optik dağıtım elemanları) olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır[8].

#### 3.1. Işık Kutusu (Jeneratör)

Her bir kabloya eşit ışık dağılımını sağlamak için gerekli olan ışık kaynağını içinde bulunduran mekanizmadır. Işık kutusu ışık kaynağı ve ışığı denetleyerek fiber kabloya yönlendiren optik ekipmandan oluşur. Işık kutusunda amaç, verimi

ve renksel geriverim endeksi yüksek lambalardan çıkan ışığın olabildiğince kayba uğramadan fiber kablolarla yönlendirilmesidir[8].

### 3.2. Fiber Kablolar

Işık kutusundan çıkan ışığın istenilen noktaya ulaştırılmasını sağlar. Fiber kablo, uzun, saydam bir esnek bir silindir biçimde olup, kesiti daireseldir. Fiber kablolar günümüzde Polimetilmetakrilit (PMMA) adı verilen malzemeden yapılmaktadır. Bu malzeme saydamlık, esneklik, ısıya dayanıklılık gibi özellikleri ile diğer malzemelere göre daha uygundur[8].

### 3.3. Optik Dağıtım Elemanları (Sonlandırıcılar)

Fiber optik aydınlatma sistemlerinde kabloların uçlarına takılan çeşitli biçimlerdeki optik dağıtım elemanlarına sonlandırıcı denilmektedir. Sonlandırıcılar arasında 5<sup>0</sup>-45<sup>0</sup> ışık dağılımı sağlayan lensler bulunur[8].

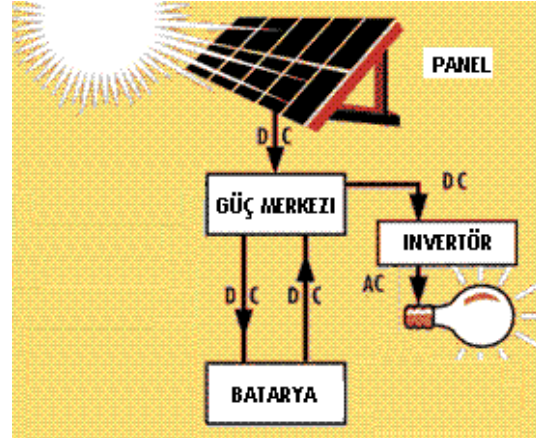
## 4. AYDINLATMA TASARIMI

Alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisi temelli PV paneller kullanarak aydınlatma tasarımı gerçekleştirilebilir. PV paneller aydınlatma sistemi tasarımında yaygın kullanılan mekanizmalardır. Bunlara ek olarak günümüzde fiber optik yapılarda kullanılmaktadır. Bu yapılarda aydınlatma sistemlerinde kullanılarak aydınlatma tasarımı da gerçekleştirilmektedir.

### 4.1. PV Sistemlerin Aydınlatma Amaçlı Kullanımı

Pv paneller güneş hücrelerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan, güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren aygıtlardır. Eğer bir panelin tek başına vereceği enerjiden daha fazla enerji ihtiyacı olduğu takdirde birden fazla panel birbirine seri yada paralel bağlanarak gerekli enerji ihtiyacını karşılayacak seviye getirilebilmektedir.

Şekil-3'de aydınlatma amaçlı kullanılan bir fotovoltaiik sistemin blok şeması görülmektedir.



Şekil 3. PV Paneller ile Aydınlatma Sistemi Blok Diyagramı

Güneş pillerinden elde edilen DC gerilim, DC/DC konvertör yardımıyla uygun hale getirilmektedir. Konvertörün çıkışındaki DC gerilim gündüzleri aküyü depolamaktadır. Aküde depolanan gerilim LDR (Light Dependent Resistance) yani foto dirençler yardımıyla geceleri devreyi beslemek için deşarj olmaktadır. Aküdeki gerilim ilk önce DC/DC konvertörü ile yükseltilmekte ve daha sonra DC/AC invertöre uygulanarak lambanın ışık vermesi sağlanmaktadır. Burada LDR gündüz ve gece bilgilerini belirleyerek bilgi alıcı görevini üstlenmektedir[10].

Dünyanın birçok yerinde pv paneller ile aydınlatma sistemlerinin uygulamalarına rastlanmaktadır. İngiltere'de yerel aydınlatma taleplerini genellikle güneş panelleri kullanarak karşılamaktadır[11].

### 4.2. Fiber Optik Sistemlerin Aydınlatma Amaçlı Kullanımı

Dünyada aydınlatma pazarı birçok alanda ortaya çıkan aydınlatma problemlerinin çözümü için yeni arayışlar içindedir.

Araştırılan yeni çözümler klasik aydınlatma sistemlerine göre daha verimli ve estetik olan aydınlatma teknolojilerinin kullanılmasını mümkün kılmıştır. Aydınlatma problemlerinin çözüm yollarından bir de fiber optik (optik lifler) olmuştur.

Yapay ışık kaynağı ile sunulan fiber optik aydınlatma uygulamaları ise özellikle tek bir merkezle birçok ortamın aydınlatılmasına izin vermektedir. Bu şekilde hem verimli bir aydınlatma sağlanmış olup, hem de oldukça ekonomik olmaktadır. Ayrıca bu sistemlerde UV (ultraviyole) ve IR'den arındırılmış olması diğer artılarından biridir. Bu sistemlerin dezavantajı ise 100m ve üzeri aydınlatma uygulamalarında verim oldukça düşmektedir [11].

Fiber optik aydınlatma sistemlerinde, ışık özel bir malzeme ile kaplı borular aracılığı ile taşınır. Güneş enerjisi ile çalışan aydınlatma sistemlerinde, güneşi izleyerek çalışan hareketli ışık yoğunlaştırıcısı, güneş ışığını yoğunlaştırarak fiber optik kablo içine verir. Fiber optik kablolar ise ışığı bina içine dağıtırlar. Fiber optik kablolar ile birlikte güneş ışığından üretilen elektrik enerjisinin birlikte kullanıldığı sistemlere kompleks (full spectrum) güneş enerji sistemleri denir.

Bu sistemlerde güneş ışığı hem ışığı yansıtma yoluyla hem de elektrik enerji üreterek üretilen enerjinin kullanılması ile aydınlatma sağlanmaktadır. Güneş ışığının fiber kablolar vasıtasıyla aydınlatılacak ortama kadar taşınabilmektedir.

## 5. SONUÇ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte enerji sorunu tüm dünyada bir sorun olduğu gibi ülkemiz içinde bir problemdir. Güneş enerjisi alternatif enerji kaynakları arasında ülkemiz potansiyeli bakımından da zengin olması gibi nedenlerden ötürü en gözde enerji türüdür. Güneş enerjisinin var olan enerji çeşidini kullanılabilir elektrik enerjisine çevrilebilen fotovoltaik piller ile sağlanmaktadır.

Pv paneller yarı iletken malzemeden yapılmış olup, üretim maliyetleri fazla olmasına karşın, bir yıl gibi kısa sürede kendini karşılamaktadır. Klasik aydınlatma sistemlerine göre karşılaştırma yapıldığında pahalı bir sistem olduğu aşikardır.

Pv paneller dünyada GSM haberleşme istasyonlarında, sokak aydınlatmaları gibi bir çok kullanım alanlarına sahiptirler. Çevre ve insan sağlığı açısından diğer konvansiyonel enerji kaynaklarına göre temizdirler.

Güneş enerjili aydınlatma sistemleri, klasik aydınlatma sistemlerinin sahip olduğu ısı ve ses gibi faktörlerden yalıtılmıştır. Dolayısıyla çok daha sağlıklı ve verimli bir çalışma ortamı sunmaktadır.

Fiber optik sistemler ile aydınlatma yöntemi de gündüzleri elektrik enerjisi ile aydınlatmaya ihtiyaç duyulan alanlar için oldukça ekonomik faydalar getirmektedir. Özellikle bu sistemlerin ultraviyole ışınları arıttığı için ışık demetleri sağlıklı bir aydınlatma sağlamaktadır.

Herhangi bir olası durumda elektriksel sistemlerde oluşabilecek elektrik kaçakları gibi olumsuz durumlar fiber optik sistemlerde söz konusu olmamaktadır. Bu gibi özelliklerinden dolayı havuz gibi su olan bölgelerde aydınlatma da tercih edilmektedir.

Sonuç olarak, pv paneller ve fiber optik sistemler aracılığıyla gerçekleştirilen aydınlatma sistemleri hakkında detaylı bir bilgi verildi. Bu sistemlerin kullanılabilirliği incelendi. Klasik aydınlatma sistemleri ile aralarında karşılaştırma imkanı verildi.

## KAYNAKLAR

- [1] Çelik A. N., Present Status of Photovoltaic Energy in Turkey and Cycle Techno-Economic Analysis of a Grid-Connected Photovoltaic –House”, RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, in Press, 2004, p1-18
- [2] Ültanır M.O., 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, Yayın no. TÜSİAD-T/98-12/239, Aralık, İstanbul.
- [3] Aslan H. “Güneş Enerjisi ve Fotovoltaik Piller, Seminer Notları, GYTE, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 2003, Gebze

- [4] Erçetin R. Yılmaz Ö., Aydınlatmada Alternatif Enerji Kaynaklarının Kullanımı V.ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU, 2004 CNR Fuar Merkezi, İstanbul
- [5] Çelik A. N., Görmez O., Ankara İli İçin Fotovoltaik-Ev Sistem Tasarımı: Farklı Ölçülendirme Yaklaşımları İle Otonomi-Maliyet Analizi, II. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI SEMPOZYUMU, 2003,İzmir
- [6] Gabler H., Autonomous Power Supply with Photovoltaics: Photovoltaics for Rural Electrification-reality and Vision, RENEWABLE ENERGY, 1998;15:512-518.
- [7] Vallve X, Serrasolses J. Stand-alone PV Electrification in la Garrotxa: A 50 kWp Programme Promoted by the Users, 12th EUROPEAN PV SOLAR ENERGY CONFERENCE, Amsterdam, The Netherlands, 11-15 April 1994; 465-468.
- [8] Bostancı T. Sözen M.Ş.,Aydınlatmada Fiber OptikKullanımı”,III.ULUSALAYDINLATMA SEMPOZYUMU ,2000
- [9] Sikkens M., Ansems JPM., Remote-Source Lighting” Lighting Research Center, <http://www.lrc.rpi.edu/programs/Futures/LF-RemoteSource/index.asp> (Erişim Tarihi: 30.05. 2005)
- [10] Kırçay A. Temiz M. Fotovoltaik bir Sistemin Yol ve Sokak Aydınlatmasında Uygulanması” İZMİR AYDINLATMA SEMPOZYUMU, 2001, İzmir
- [11] Stokes M. A, Rylatt M, Lomas K. “A Simple Model of Domestic Lighting Demand” Energy and Buildings 36 (2004) 103–116