

FOTOVOLTAİK (PV) GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE ÇATI UYGULAMALARI

Öner ATALAY

Pamukkale Üniversitesi

Teknoloji Fakültesi

Denizli

oatalay@pau.edu.tr

Burak YORGUN

Pronen Enerji

Denizli

Rüşdi ERDEM

Pronen Enerji

Denizli

FOTOVOLTAİK (PV) GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE ÇATI UYGULAMALARI

ÖZET

Dünyada hızla gelişen nüfus artışı enerji kullanım yoğunluğunu da beraberinde getirmiştir. Önceleri sadece ısınma, barınma ve yemek için kullanılan enerji teknolojik gelişmeler ile birlikte insanların yaşamlarında her alanda yoğun olarak tüketilmektedir. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi enerji kaynakları sınırlı olduğundan ülkeler enerji arayışları için farklı çözümler üretmek zorundadırlar. Güneş enerjisi insanlık tarihi boyunca kullanılan en eski doğal çözümlerin başında gelmektedir. Önceleri sadece ısı ve ışık enerjisinden faydalandığımız güneş, teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisi üretiminde büyük rol oynamaktadır. Isıl enerjisi kullanılarak geliştirilen sistemlerden sonra doğrudan elektrik üretebilen fotovoltaik(PV) panellerin kullanımı da yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada PV sistem bileşenleri incelenmiş, çatıya üzerine kurulumu ve örnek uygulama tasarım parametreleri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş, Fotovoltaik, Enerji Üretimi, Çatı sistemler

GİRİŞ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilen gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Fotovoltaik Güneş Teknolojisi: Fotovoltaik hücreler denen yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm^2 civarında, kalınlıkları ise $0,1-0,4 \text{ mm}$ arasındadır. Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir.

Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi

modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak büyük kapasiteli sistem oluşturulur.

Güneş hücreleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar. Bu sistemler, geçmiş zamanlarda sadece yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırken, artık şebeke bağlantısı olan yerleşim yerlerinde de şebeke bağlantılı olarak evlerin çatılarına ve büyük ölçekli santral uygulamalarında da kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür.

Şebekeden bağımsız sistemlerde yeterli sayıda fotovoltaik modül, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Fotovoltaik modüller gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya fotovoltaik modüllerden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz.lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, fotovoltaik modüllerin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazda bulunur.

Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler yüksek güçte-satral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine verilir, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

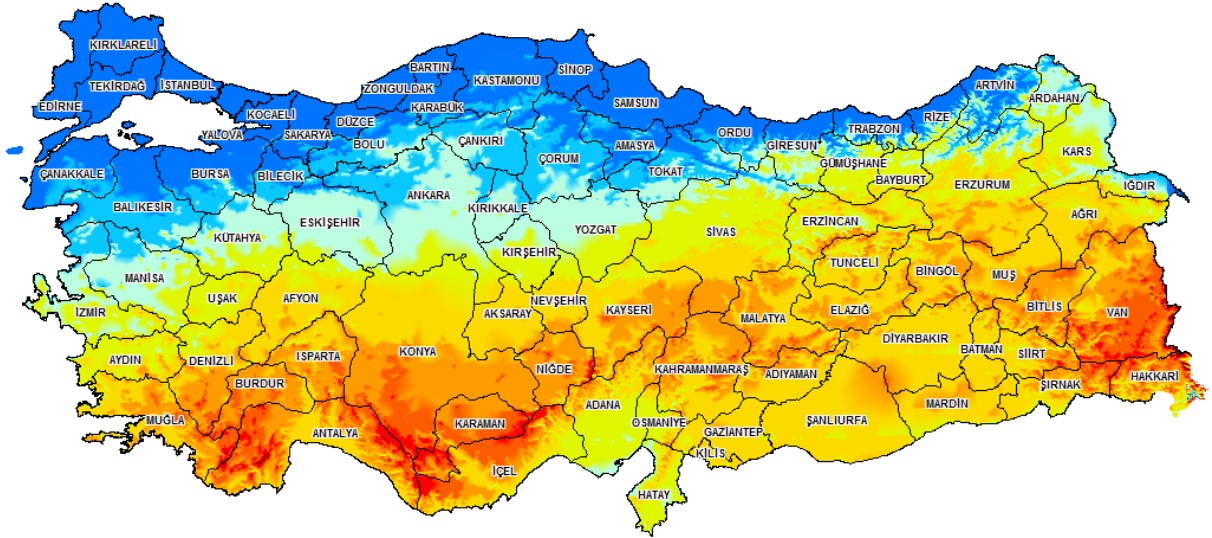
Fotovoltaik sistemlerin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağevleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri

- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutma

TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE KULLANIMI

Türkiye konumu itibarıyla güneş enerjisi yoğunluğu ve güneşlenme süresi yüksek olan ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle Güneydoğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri güneş enerjisi potansiyeli bakımından zengindir. Şekil 1 de güneş enerjisi haritası, Şekil 2 de ise bölgelere göre güneş radyasyonu ve güneşlenme süreleri görülmektedir. Turuncu renkler güneş enerjisi yoğunluğunun en fazla olduğu illeri göstermektedir. Karadeniz bölgesi güneş verimi bakımından en zayıf yerleşim yerleridir.



Şekil 1: Türkiye Güneş Potansiyeli



Şekil 2: Bölgelere Göre Güneş Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri

2017 yılı sonu itibariyle 83.872 MW olan Türkiye Elektrik Kurulu Gücü, %5,46 oranında artarak ilave 4.580 MW ile 2018 yılı sonunda 88.452 MW'a ulaştı. Lisanssız Kurulu Güç dahil olmak üzere, 2018 yılı kaynak bazında dağılımda güneş enerjisinin kurulu gücü 5.063 MW'ye ulaştı. Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı Şekil 3 te gösterilmiştir.

KAYNAK TÜRÜ	2017		2018		DEĞİŞİM (%)
	KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)	KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)	
DOĞAL GAZ	25.587,30	30,51	25.649,94	29,00	0,24
BARAJLI HİDROLİK	19.742,95	23,54	20.504,50	23,18	3,86
LİNYİT	9.267,12	11,05	9.597,12	10,85	3,56
İTHAL KÖMÜR	8.936,35	10,65	8.938,85	10,11	0,03
AKARSU	7.520,49	8,97	7.753,25	8,77	3,09
RÜZGÂR	6.520,70	7,77	6.992,14	7,91	7,23
GÜNEŞ	2.735,36	3,26	5.062,83	5,72	85,09
JEOTERMAL	1.063,73	1,27	1.260,01	1,42	18,45
FUEL OİL	702,77	0,84	709,21	0,80	0,92
BİYOKÜTLE	492,87	0,59	645,56	0,73	30,98
TAŞ KÖMÜRÜ	616,15	0,73	616,15	0,70	0,00
ASFALTİT	405,00	0,48	405,00	0,46	0,00
ATIK ISI	273,82	0,33	309,55	0,35	13,05
NAFTA	4,74	0,01	4,74	0,01	0,00
LNG	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00
MOTORİN	1,04	0,00	1,04	0,00	0,00
TOPLAM	83.872,33	100,00	88.451,83	100,00	5,46

Şekil 3: Türkiye Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı

FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLER

Off-Grid Fotovoltaik Sistemler (Depolamalı Sistemler)

Off-grid fotovoltaik sistemler, elektrik şebekesinden ayrı olarak kurulan, güneş paneli ile üretilen elektriği aküler vasıtasıyla depolayıp inverterler ile evimizde kullandığımız elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir(Şekil 4). Off-Grid sistemler temelde 4 ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar; güneş paneli, akü grubu,şarj kontrol cihazı ve inverterlerdir.



Şekil 4: Off-Grid Fotovoltaik Sistem Şeması

Güneş panelinden üretilen elektrik enerjisi şarj kontrol cihazıyla düzenlenerek akülerde depolanır. Depo edilen bu enerji ise inverterler ile evde kullanılan elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu bir nevi araçlarda şarj dinamosunun arabanın aküsünün şarj etme prensibine benzerdir. Off grid fotovoltaik sistemler için akü kalitesi çok önemlidir. Kesinlikle şarj-deşarj verimi yüksek, yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve ömrü uzun aküler tercih edilmelidir.

On-Grid Fotovoltaik Sistemler (Şebeke Bağlantılı Sistemler)

Bu sistemler aslında küçük olsun yada büyük olsun bir santral sistemidir(Şekil 5). Çünkü panellerden üretilen elektrik enerjisi tek faz yada üç faz inverterler kullanılarak şebekeye satılır. Fotovoltaik On-Grid sistemler; Güneş panelleri, İnverter, çift yönlü sayaçlar ve datalogger olmak üzere 4 temel elemandan oluşur.



Şekil 5: On-Grid Fotovoltaik Sistem Şeması

Sistem çalışma prensibi; güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisi şebeke bağlantılı inverterlere gelerek düzenlenir ve elektrik hattına aktarılabilir formda dönüştürülür. Güneş panelinden üretilen elektrik doğrudan yüke kullanılır fazlası ise şebekeye aktarılır. Havanın kapalı olduğu yada üretimin düşük olduğu zamanda şebekeden yüke elektrik aktarımı olarak elektrik ihtiyacı karşılanmış olur. Eğer şebekeden kaynaklanan bir sorun olduğu takdirde ise inverter kendini kapatır. Yani şebekede elektrik kesintisi olursa elektrik kesilir. Görüldüğü üzere fotovoltaik sistemler birçok farklı disiplini bünyesinde barındıran bir teknolojidir. Bu yüzden sistemleri dizayn ederken bu temel bileşenlerin kapasite hesabı ve kalitelerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

FOTOVOLTAİK SİSTEM ELEMANLARI VE ÇATI UYGULAMALARI

Güneş Panelleri(PV Panel)

Fotovoltaik sistemlerin en temel parçası olan güneş panelleri güneşten elektriğin üretildiği kısımdır. Güneş paneli bünyesinde barındırdığı yarı iletken silisyum malzemeden yapılmış güneş hücreleri vasıtasıyla güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Farklı kapasitelerde güneş panelleri mevcuttur. Bunlar güneş hücrelerinin alanlarına ve diziliş şekillerine göre çeşitlenir. Piyasada yaygın olarak kullanılan güneş panelleri; Güneş panellerinin monokristal, polikristal, thinfilm ve daha birçok çeşidi vardır.

Şarj Kontrol Cihazı

Şarj kontrol cihazı güneş panelinden gelen dc enerjiyi düzenleyerek sabitler ve akülerin şarjı için stabil bir dc elektrik enerjisi oluşturur. Akülerin dc bir kaynaktan şarj edilmesi için şarj akımı ve voltajının regüleli olarak sabit gelmesi gerekmektedir. Güneş panelin ürettiği voltaj

ve akım sabit değildir bu yüzden akülerin verimli şarj edilmesi için şarj kontrol cihazına ihtiyaç vardır. Şarj kontrol cihazları ayrıca aküden panellere ters akım akmasını önler. Aküyü aşırı şarjdan korur. Şarj kontrol cihazı akü dolduğu zaman güneş panelinden gelen elektriği keser. İki çeşidi bulunur. Bunlar; PWM ve MPPT şarj kontrol cihazlarıdır.

Bataryalar

Solar depolamalı off grid fotovoltaik sistemler için akü kalitesi çok önemlidir. Bataryanın şarj-deşarj verimliliği yüksek, ömrünün ise uzun olması gerekir. Sıcaklığa ve olumsuz çevre koşullarına göre dayanıklı olmalıdır. Solar sistemlerde yaygın olarak kullanılan aküler; jel aküler, özel opzs tip sulu aküler ve derin çevrimli bazı kurşun asit akülerdir.

İnverterler

İnverterler, DC elektrik enerjisini AC elektrik enerjisine dönüştüren elektronik cihazlardır. Off-Grid fotovoltaik sistemler için kare dalga, modifiye sinüs ve tam sinüs olmak üzere üç çeşidi mevcuttur. Solar sistemlerde modifiye sinüs ve tam sinüs modelleri sıklıkla kullanılır.

Güneş enerjisi sistemleri sıklıkla boş arazi, bina cephe ve çatı üzerine uygulanmaktadır. Burada Denizli ilinde yaklaşık 1,1 MW kurulu kapasite olan farklı iki çatı uygulama(Şekil 6) örneği ele alınmıştır. Burada kullanılan her bir panel 280 Watt kapasitede olup, polykristal hücre yapısındadır. 2017 yılında elde edilen aylık bazda üretim değerleri Şekil 7 de gösterilmiştir. Güneşin en yoğun olduğu Haziran ayında en yüksek üretim değerleri elde edilmiştir. Ocak-Şubat aylarında üretim yapılmamış olup en düşük değerler Aralık ve Mart aylarında gerçekleşmiştir.



Şekil 6: Denizli İlinde Uygulanan Çatı Tipi PV Sistem

Tarih	Çatı-1 (1.108,80 kWp)	Çatı-2 (1.071,84 kWp)
Oca	0	0
Şub	0	0
Mar	40.582	37.609
Nis	169.878	159.957
May	171.749	162.997
Haz	185.110	175.318
Tem	185.733	170.714
Ağu	166.841	157.304
Eyl	140.327	130.745
Eki	108.310	99.619
Kas	68.401	62.584
Ara	50.665	46.201
Genel Toplam	1.287.595	1.203.048

Şekil 7: Farklı Çatılarda Kurulu PV Sistemlerin Aylık Bazda Elektrik Üretim Değerleri

SONUÇLAR

PV çatı panel uygulamalarında verimi etkileyen en büyük sebepler, güneş geliş açısı, panel verimi, gölgelenme, ortamın tozlu olması, panellerin bulunduğu ortam sıcaklığı olarak ifade edilebilir. Panellerin açılarının aylara göre değiştirilebilir olması sağlanırsa verim artar. Kar ve yağmur olayları panel verimliliğini etkilediği gibi, panellerin üst kısımlarının tozlardan arındırılmaması da verimi etkiler. Çatı yüzeylerinin görünürlüğünün cepheye göre daha az olmasından ötürü çatı uygulamalarının mimari tasarım açısından daha az kısıtlama getirdiği söylenebilir. Bir cepheye panel uygulama kararının binanın tasarımı aşamasında verilmesi yararlı olacaktır. Mevcut bina kabuğuna sonradan uygulanacak paneller, cephe bütünlüğünün bozulmasına neden olabilmektedir. Bina uygulamalarında en baştan statik hesaplamalar yapılırsa binanın ömrü de uzatılmış olur. Sonradan ilave edilen sistemler bina çatı ve omurgasına zarar verebilmektedir. Çevreci bir enerji kaynağı olan bu sistemlerin 25-30 yıl ömrü olduğu düşünüldüğünde ülkemiz için gelecekte büyük rol oynayacağı kesindir.

KAYNAKLAR

- KANTAROĞLU, F., Fotovoltaik Sistemler, TTMD Dergisi, 28-34, Ağustos, 2010.
- ÖZTÜRK, H. H., "Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler", www.emo.org.tr (Çevrimiçi), 2019.
- CEBECİ S., Türkiyede Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Aralık, 2017.

- KARACA, Ü.B., UÇAR, S., Konut Çatı Ve Cephelerinde Farklı Fotovoltaik Sistem Uygulamalarının Değerlendirilmesi, Trakya University Journal of Engineering Sciences, 19, 65-76, 2018.
- www.yegm.gov.tr
- www.mgm.gov.tr
- www.muhendistan.com
- www.eie.gov.tr
- www.enerji.gov.tr
- www.solar.ist