

ULUDAĞ ÇEVRESİNDE ORMANLIK VE ORTA YÜKSEKLİKTE DAĞLIK BÖLGELERDE KURULAN GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN VERİMLİLİĞİNİ BELİRLEYEN ETKENLER

Volkan BAŞAY *
Cemal AKYÜZ *
Güneş YILMAZ **

Alınma: 17.07.2018; düzeltme: 30.01.2019; kabul: 20.02.2019

Öz: Geleneksel enerji kaynaklarının yerine alternatif enerji kaynaklarının kullanılması her geçen gün daha önemli hale gelmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde en önemli alternatif enerji kaynakları güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisidir. Fotovoltaik (PV), güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren bir teknolojidir. Bu çalışmada, Bursa İli, Orhaneli İlçesi, Sırl Mahallesi'nde kurulacak Güneş Enerji Santrali (GES) için fotovoltaik panellerin yapılarına göre seçiminden, aylık ve yıllık ortalama güneş ışınımının ne kadar olacağı ile gölgelenme durumundan, bölgeye düşecek olan sıcaklık miktarının verime yapacağı olumsuz etkiden, Güneş Enerji Santralinde kullanılacak ekipmanların uyumluluğundan, kurulumun yapılacağı gelen güneş ışınımının açısına göre panellerin konumlandırılması analiz edilmiştir. Güneş ışınlarının panellere dik açıyla düşmesini sağlayan sistem kurulduğunda verim en yüksektir. 32° eğim açılı sistem kurulduğunda sistemin verimi yaklaşık %12 azalmaktadır. Araziye paralel bir modül kurulumu yapıldığında (Arazinin eğimi %10 olarak kabul edilmiştir.) verim %20 azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş ışınma şiddeti etkisi, sıcaklık etkisi, sistem kayıpları, panel optimum eğim açısı

The Factors Determining The Efficiency Of Solar Power Plant Established In Mid-Height Mountainous Regions Around Uludağ

Abstract: The use of alternative energy sources instead of conventional energy sources has become more important with each passing day. Solar energy is one of the most important alternative energy sources in electricity generation. Photovoltaic (PV) is a technology that converts solar energy into electrical energy. In this study, the selection of photovoltaic panels consisting of shading, monthly and yearly average, solar radiation in Orhaneli County of the province of Bursa, the negative effect of the heat loss on yield, compatibility of the equipment used in solar power plant, and the positioning of panels according to the angle of solar radiation were analyzed. The efficiency of the system in which the solar radiation is reduced to the panels at a vertical angle is highest. When the 32° tilt angle system is installed, the efficiency of the system decreases by about 12%. When a module is installed parallel to the field (slope of the field is considered 10%.) yield decreases by 20%.

Keywords: Solar radiation intensity effect, temperature effect, system losses, panel optimum slope angle

* Bursa Uludağ Üniversitesi · Fen Bilimleri Enstitüsü · Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı · YL Programı, Bursa, TÜRKİYE

** Bursa Uludağ Üniversitesi · Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Bursa, TÜRKİYE
İletişim Yazarı: Güneş YILMAZ (gunesy@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ve teknoloji gelişimi enerji, talebini de arttırmaktadır. Bu yüzden enerji gereksinimi konusunda güneş, rüzgâr, jeotermal gibi çevre dostu yenilenebilir kaynaklar tercih edilmektedir. Güneş enerjisi, neredeyse sınırsız olması ve çevre kirliliğine sebep olmaması gibi avantajlarından dolayı öne çıkmıştır. Bu sistemlerin kurulması için büyük yatırımlar gerektiğinden verimlilik ve ömür ön plana çıkmaktadır (Karimov, Saqibb, Akhterc, Ahmedd, Chatthad, Yousafzaid 2005 ve Muntasser, Bara, Quadri, El-Tarabelsi ve Laazebi 2000).

Güneş Enerji Santrali (GES) sisteminin verimliliği panellerin yapısına, eğim açlarına, gelen ışınımın şiddetine, sıcaklığına, yüzeylerinin tozlanmasına, ayrıca ortamdaki rüzgârın hızına, nem oranına, kurulan sistemden kaynaklanan kayıplar gibi birçok faktöre bağlıdır. Aslında GES'i etkileyen iki çeşit etmen vardır diyebiliriz. Panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti, panellerin sıcaklığı, panellerin gölgelenme oranı ve panellerin kirlenme oranı GES'ler için çevresel faktörler olarak kabul edilir. Çevresel faktörler bulunduğu bölgedeki yerel koşullarla ilgilidir. Bazı kayıp faktörleri de sistemi oluşturma aşamasındaki GES tasarımı ile ilgilidir. Bunlar ise panel yapısı, panellerin eğim açıları ile sistem kayıplarıdır. Bu çalışmada Bursa İlinin, Orhaneli İlçesinde yapılacak olan GES'te meydana gelebilecek kayıplar incelenecek ve optimum verime nasıl ulaşılacağı hakkında önerilerde bulunulacaktır.

2. PV PANEL YAPISI VE PV VERİMLİLİK ORANI

Ülkemizde bölgeye bağlı olarak her bir m²'ye düşen enerji miktarı yılda 800-2600 kWh arasında değişmekte olup bu enerji fotovoltaik panel yapısına bağlı olarak %5-% 30 arasında verim ile elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Panelin yapısının monokristal ya da polikristalden olması çok önemlidir.

Monokristal (c-Si, SIN)

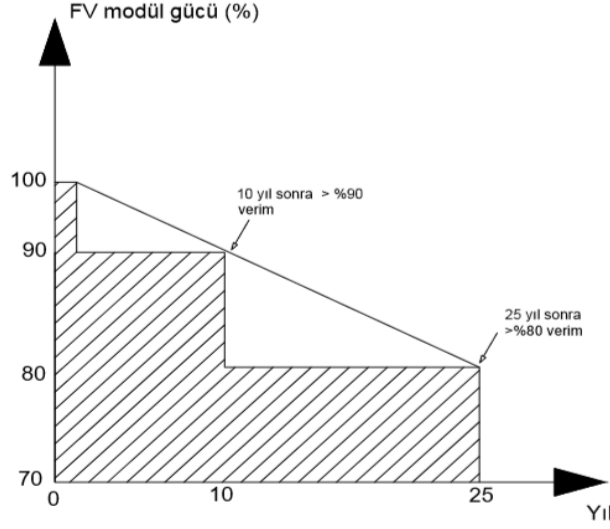
- Verimleri %15 ile %18 arasındadır ve bu değerler mevcut teknolojide yüksek düzeyde olduğu için uzun vadeli yatırımlarda daha avantajlıdır.
- Laboratuvar ortamında maksimum %20 seviyesinde verime ulaşılmıştır.
- Fiyatları Saf-kristal ihtiyacından dolayı pahalıdır.
- Kurulum maliyetinin geri ödeme süresi 4 ile 6 yıl arasındadır.

Polikristal (poly-Si)

- Verimleri %12 ile %15 arasındadır, verimleri düşük olduğundan yatırımlar için çok avantajlı değildirler.
- Laboratuvar ortamında maksimum %16,2 seviyesinde verime ulaşılmıştır.
- Monokristale göre yapılarındaki kristaller tam homojen olmadığı için daha ucuzdur.
- Kurulum maliyetinin geri ödeme süresi 2 ile 4,5 yıl arasındadır (Özçelik 2016).

Sistem kurulurken yapılan hesaplamalarda göz önünde bulundurulması gereken bir başka husus da PV panelde yaşlanmadan dolayı oluşacak verim düşmesidir. Genellikle üreticiler panellere ömür garantisini 25 yıl olarak vermektedir. Garanti kapsamında ayrıca bir kısım üreticiler panellerin gücünün 10. yıl sonunda %90, 25. yıl sonunda ise %80 olacağı belirtmektedir. Diğer üreticiler ise panellerin ömür garantisini yıllara göre anlık olarak belirtmektedir. Şekil 1'den de görüldüğü gibi güç kaybının anlık gösterimi, belirli yıllar baz alınarak gösterilene göre daha kolay yorumlanabilir sonuçları ifade etmektedir (Boztepe 2017).

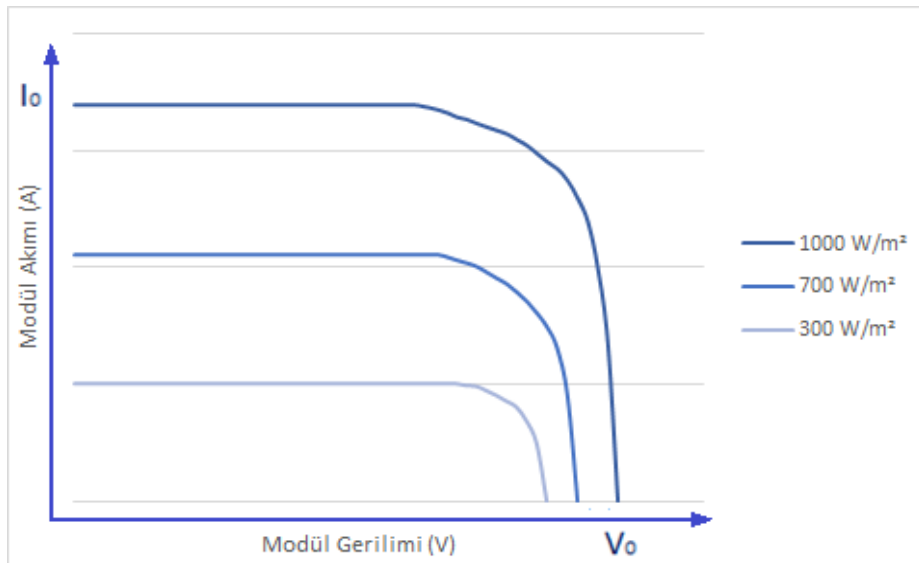
Orhaneli İlçesi, Sırl Mahallesinde kurulacak GES için toplam 4400 adet 265 W gücünde polikristal panel kullanılacaktır. Güneş panellerinin verimi en az %16'lık seviyede olacaktır. Ayrıca 1,166 MWp (990 kWe) kurulu güce sahip GES en az 10 yıl ürün, 25 yıl lineer enerji garantili olacaktır.



Şekil 1:
Fotovoltaik panel garanti süreleri <(Boztepe 2017)>

3. GÜNEŞ IŞIMA ŞİDDETİ ETKİSİ

PV sistemlerde güneş ışınımı panel verimi üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Türkiye için toplam yıllık ortalama güneşlenme süresi Elektrik İşleri Etüt İdaresi (İEİ) tarafından 2735 saat (günlük toplam 7,49 saat); yıllık toplam ışınım şiddeti 1523 kWh/m² (günlük toplam 4,17 kWh/m²) olarak belirtilmiştir. Orhaneli İlçesi, Sırl Mahallesi'nin toplam güneşlenme radyasyonu ise Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'nda (GEPA) 1450-1500 kWh/m²-yıl olarak belirlenmiştir (<http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx>). Ayrıca deniz seviyesine göre yüksekliğin artması ile yer yüzeyine ulaşan güneş enerjisinin miktarı da artmaktadır. Genellikle her 1.000 metre yükseklikte güneş enerji miktarı %9-%11 artmaktadır. Sırl Mahallesi, 1418 numaralı parselin seçilmiş olmasının sebepleri arasında yüksekliğinin 835 metre olması ve bölgeye kıyasla rakım seviyesi olarak yüksek konumda bulunmasıdır. GEPA güneşlenme radyasyonu verilerinde bu bölge için 1570-1625 kWh/m²-yıl olduğu belirtilmiştir.

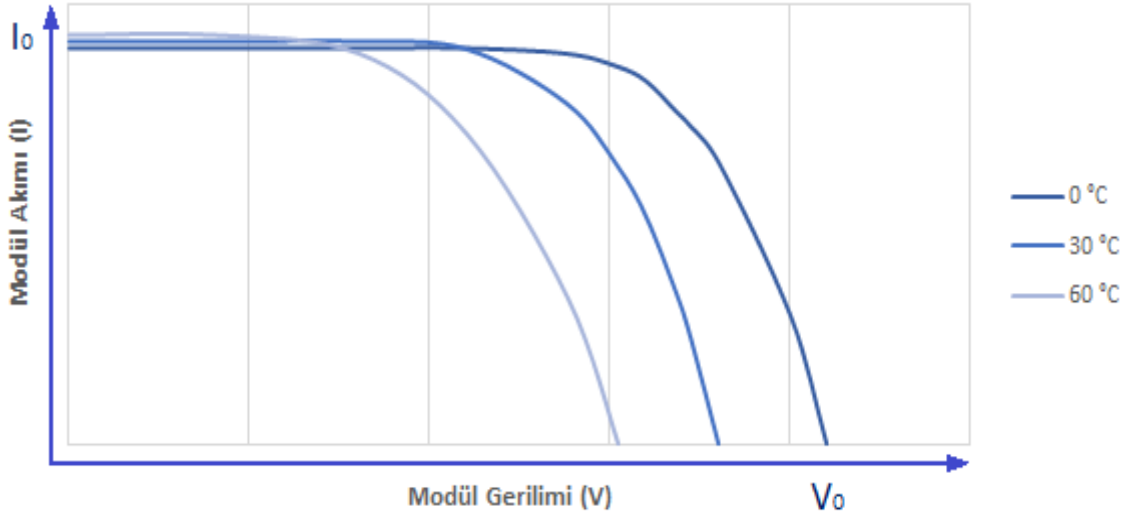


Şekil 2:
Güneş pilinin farklı ışınım şiddetlerinde ürettiği I-V eğrileri <(Köse 2015)>

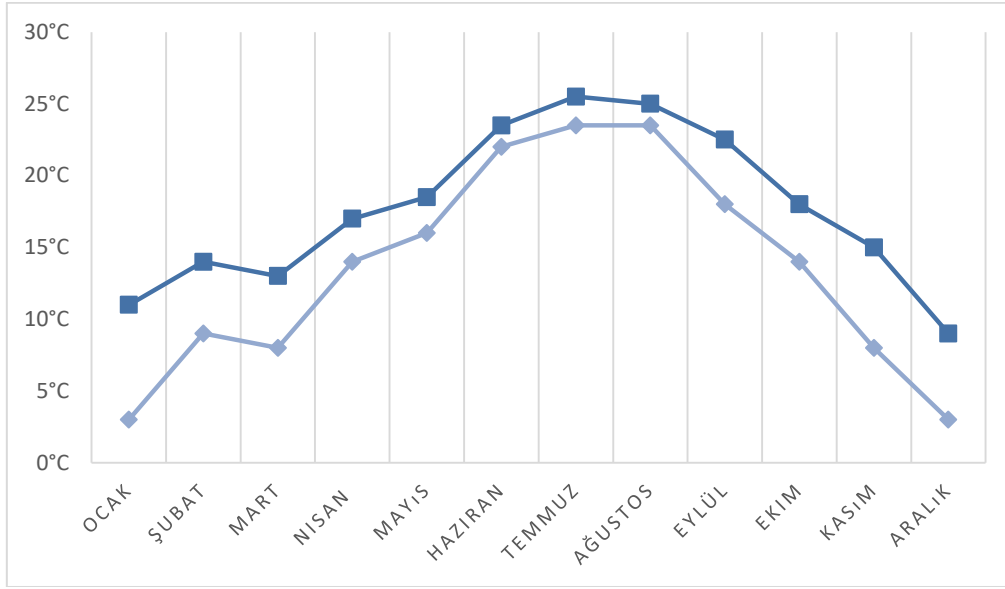
Fotovoltaik panel verimini kısmi gölgeleme durumu önemli ölçüde değiştirebilir. Kısmi gölgeleme durumunda; gölgenin düştüğü paneldeki kısa devre akımı sıfır olmaktadır. Fotovoltaik sistem tarafından üretilen akım gölgelemiş olan hücrenin üzerinden akmaktadır. Fotovoltaik sistemin toplam çıkış gerilimi, gölgeledi hücreden dolayı azalacak ve farklı verim tepeleri meydana gelecektir. Bu yüzden bölgenin gölgelemeye maruz kalıp kalmayacağını belirlenmesine dikkat edilmelidir. Gölgeleme sorununun olduğu bölgelerde tipik geleneksel MGN (Maksimum Güç Noktası) izleyiciler ya da global MGN izleyiciler kullanma yerine dağıtılmış MGN izleyicilerin (DMGN) kullanılması daha uygundur. DMGN izleyici fotovoltaik panelin gerilim ve akımını yükten bağımsız olarak kontrol ederek güç noktası izleme işlemini gerçekleştirmektedir. Bu sebeple DMGN izleyici ile fotovoltaik panellerin maksimum güç noktasında sürekli çalışması sağlanabildiği için kısmi gölgelemenin olduğu bölgelerde en iyi performansı sağlamaktadır. Ancak bu yöntemin kısmi gölgeleme oluşmayan bölgelerde hem kendi sisteminden oluşan kayıplardan dolayı performansının düştüğü hem de maliyetinin diğer yöntemlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla sadece gölgeleme etkisinin fazla olduğu sistemlerde kullanılması uygundur (Boztepe 2017).

4. SICAKLIK ETKİSİ

Sıcaklık, PV paneller için önemli faktörlerden biridir. Artan sıcaklık ile fotovoltaik hücrelerde kısa devre akımı artarken, açık devre gerilimi azalmaktadır. Bu yüzden belirli bir sıcaklığın üstüne çıkıldığında, PV panellerde güç ve verim olumsuz etkilenmektedir. Sıcaktan dolayı oluşan verim düşüşüne göre ince film hücreler, mono ve polikristal silikon hücrelerden daha dayanıklıdır. Her 1°C'lik sıcaklık artışı kristal silikon fotovoltaik modüllerde gücün % 0.5 oranında azalmasına, amorf silikon modüllerde ise gücün % 0.2 oranında azalmasına neden olmaktadır (Boztepe 2015).



Şekil 3:
Fotovoltaik piller için tipik bir I-V eğrisi <(Köse 2015)>



Şekil 4:

- ◆— Sırl Mahallesi 1418 no.lu parsel üzerine gelen 24 saatlik ortalama sıcaklık
—■— Sırl Mahallesi 1418 no.lu parselin rakımı deniz seviyesinde olması halindeki 24 saatlik ortalama sıcaklık <(http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php)>

5. RÜZGÂR, NEM, TOZLANMA VE YAĞIŞ ETKİSİ

PV panelin verimliliğinin panel sıcaklığına, panellerin tozlanmasına, rüzgârın hızına, yağış miktarına ve havanın nem oranına bağlı olduğu önceden belirtilmişti. Bu sebepten Orhaneli bölgesinde güneş enerjisinden optimum verim sağlamak için bu faktörler de göz önünde bulundurulmuştur. GES kurulum konumu seçilirken maksimum verim sağlamak için Sırl Mahallesi'nde bulunan parsel öne çıkmıştır. 1418 numaralı parselin bulunduğu coğrafi koşullar dikkate alınmıştır. Söz konusu parsel için Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı Veri Kontrol ve İstatistik Şube Müdürlüğü İstatistik Birimi'nin verileri incelenmiştir. Ortalama rüzgâr hızı 1,8 – 2,3 m/saniye'dir. Bölgede rüzgârın hızı ile rakım yüksekliğinden kaynaklanan düşük hava sıcaklığı bir arada düşünüldüğünde fotovoltaik panellerin verimliliğine olumsuz yönde etki eden sıcaklık sorununu yok etmek için ekstra önlem almaya gerek kalmamaktadır. Konumun bir başka seçilme sebebi ise bölgenin nem oranıdır. Atmosferde bulunan nem miktarı arttığında güneş ışınımının etkisini azaltmaktadır. Orhaneli GES'in kurulacağı bölgede nem oranı %62,8 – %66,6 aralığında bulunmaktadır. Bursa yöresine kıyasla en az neme sahip bölgelerden birisidir. Paneller tozlanmadan dolayı da verim kaybı yaşamaktadır. Tozlanmadan kaynaklanan verim kaybı tozun cinsi ile en son düşen yağmurdan sonra geçen zamana ve temizlik programına bağlıdır. Sırl Mahallesi'nin kurulduğu bölge şehirden uzak olması sebebiyle havada bulunan toz miktarı bakımından temizdir. Bitki örtüsü ise bozkır olduğu için diğer bitki örtülerine sahip bölgelere kıyasla polenden kaynaklanan tozlanma miktarı daha az olacaktır. Ayrıca bölgeye yıllık ortalama 600-650 mm yağmur düşmekte olup yağışlar daha çok polenler gibi bahar aylarında görülmektedir. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında bölgede panellerin tozlanması neredeyse yok denecek kadar az olacaktır. Orhaneli İlçesi'nin yıllık ortalama kar ile örtülü gün verileri ise 4,04 – 17,4 gün arasındadır. Bu oran denize kıyısı olmayan bölgelere göre ülkemiz şartlarında iyi sayılabilmektedir (Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı-Veri Kontrol ve İstatistik Şube Müdürlüğü İstatistik Birimi 2016).

6. SİSTEM KAYIPLARI

Sistem kayıplarının olmasının sebepleri arasında panellerin uyumsuzluğu, kablo kayıpları, invertör kayıpları vb. sebepler vardır. Fotovoltaik modüller, birbirlerine seri ve paralel şekilde bağlanarak invertörün girişine istenen seviyede DC gerilim ve akım vermektedir. Tüm panellerin güçlerinin toplamı sistem oluşturulduktan sonraki güçlerin toplamından büyüktür. Aradaki fark sistemin verimine bağlıdır. Ayrıca panellerin V/A çıkışlarında ideal uyum yoktur. Bu üretim ve malzeme kaynaklı olabilir. Bu yüzden sistemde kullanılan panellerin birbirleriyle olan uyumluluğuna dikkat edilmelidir.

Santral kurulurken kabloların seçimi de çok önemlidir. Kablolar akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü hesabı yapılarak belirlenmektedir. Gerilim düşümü hesabı bilgisi aşağıda verilmiştir.

1 fazlı (220 V) sistemler için;

$$\varepsilon[\%] = \frac{200.I.P}{\chi.q.V^2} = \frac{2.10^5.I.P}{56.\chi.(220)^2} = 0,074 \frac{I.P}{q} \quad (1)$$

3 fazlı (380 V) sistemler için;

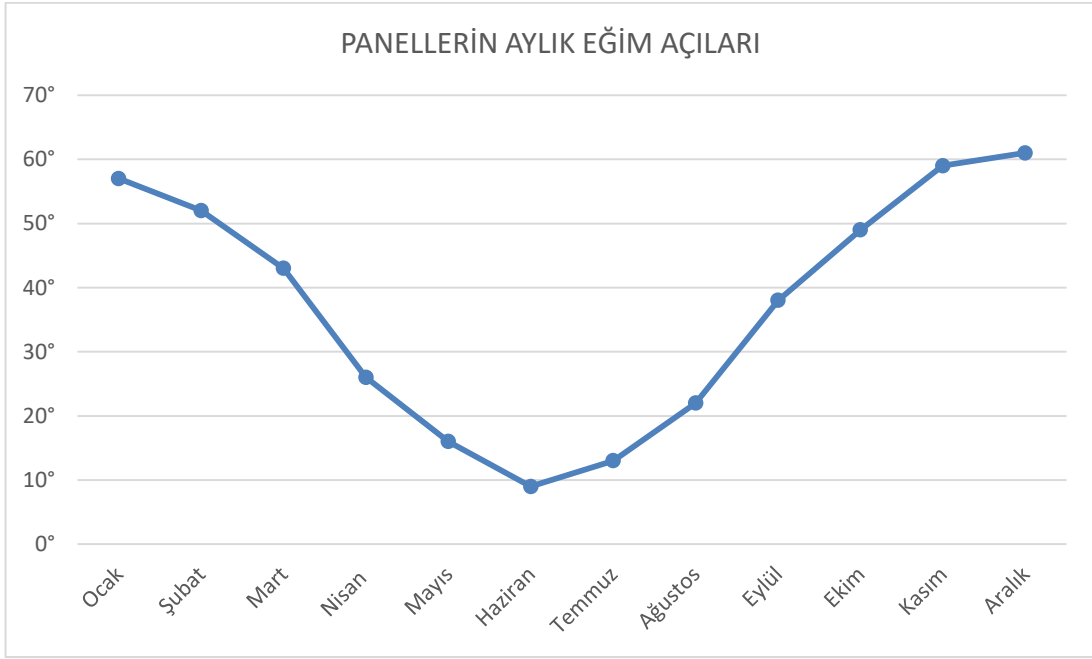
$$\varepsilon[\%] = \frac{100.I.P}{\chi.q.U^2} = \frac{10^5.I.P}{56.\chi.(380)^2} = 0,0124 \frac{I.P}{q} \quad (2)$$

$\varepsilon[\%]$ =Gerilim Düşümü (yüzde)	q =İletken kesiti (mm ²)
P =Aktif Güç (kW)	χ =Öz iletkenlik (m/Ωmm ²)
U =Faz arası Gerilim (V)	χ (Cu)=56 m/Ωmm ²
I =Hat Uzunluğu (m)	χ (Al)=35 m/Ωmm ²

İnvertörlerden kaynaklanan kayıplar ise invertörün geriliminde DC-AC dönüştürme sırasında oluşan kayıplardır. İnvertörler, genellikle dönüştürme sırasında verimde %0,3- %1 arasında bir azalma meydana getirmektedir. Bu yüzden invertör seçimi de çok önemlidir (Henze , Sahan, Koirala 2009 ve Koutroulis, Blaabjerg 2011 ve Jantsch1, Real, Häberlin, Whitaker, Kurokawa, Blässer 1997).

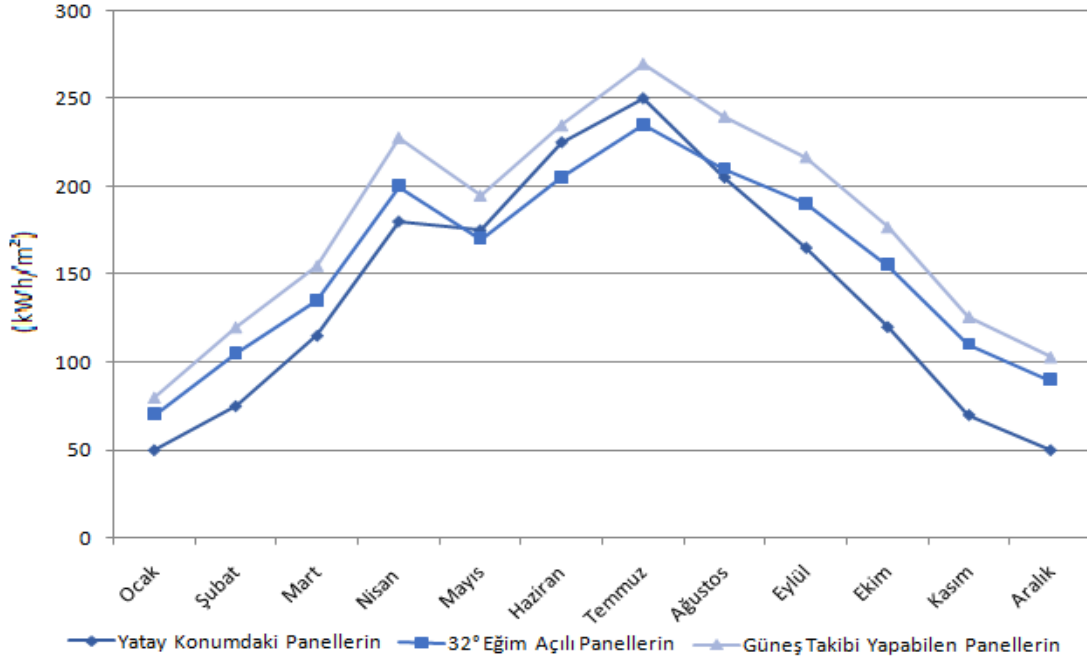
7. OPTİMUM EĞİM AÇISI

Kuzey yarımkürede bulunan Ülkemizdeki PV panellerin yüzey azimut açıları sıfır olacak şekilde güneye dönük yatay biçimde yerleştirilmesi sistem verimliliği için daha uygun olmaktadır. Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGİS) tarafından panellerin ortalama aylık ve saatlik optimum eğim açıları Orhaneli İlçesi, Sırlı Mahallesi, 1418 no.lu parselin konumu için tespit edilmiştir. Bu tespit yapılırken gün içindeki farklı saatlerde eğim açısı değerleri göz önünde tutulmuştur ve Şekil 5'te her ay için optimum eğim açısı belirlenmiştir. Daha sonra da panel eğim açısının her ay ayarlanabilmesinin zor olacağı düşünülerek yıllık optimum eğim açısı (Orhaneli İlçesi, Sırlı Mahallesi için, $\alpha=32^\circ$) belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile aylık eğim açısı kontrolü olan sistemin, yıllık eğim açısı kontrolü olan sisteme göre kış aylarında yaklaşık %5, yaz aylarında yaklaşık %20'lik bir kazanç farkı oluşturduğu tespit edilmiştir (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>).



Şekil 5:

Sırl Mahallesi 1418 no.lu parselin aylık optimum panel eğim açıları
<(http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php)>



Şekil 6:

Sırl Mahallesi 1418 no.lu parselde yatay konumdaki panellerin, güney yönüne ayarlı 32° eğim açılı konumdaki panellerin ve güneş takibi yapabilen panellerin aylık güneş ışınım şiddeti
<(http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php)>

GES'in kurulum yapılacağı yer ile ilgili birçok verinin araştırılması gereklidir. Bunların bazıları Tablo 1'de görüldüğü üzere;

- Sistemden elde edilen ortalama günlük elektrik üretimi [E_d : (kWh)],
- Sistemin aylık ortalama elektrik üretimi [E_m : (kWh)],
- Sistemde yer alan modüller tarafından alınan metrekare başına küresel ışımanın ortalama günlük toplamı [H_d : (kWh/m²)],
- Sistemin modülleri tarafından alınan metrekare başına küresel ışımanın ortalama toplamı [H_m : (kWh/m²)].

Tablo 1. Sıral Mahallesi 1418 no.lu parselin elektrik üretim ve ışınum alma verileri
<<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>

Sabit sistem : 32°				
Ay	Ed	Em	Hd	Hm
Ocak	2088.9	69900	2564.1	79596
Şubat	2574.0	80300	3217.5	90090
Mart	3613.5	109000	4593.6	142560
Nisan	3979.3	131000	5197.5	156420
Mayıs	4544.1	142000	6108.3	189090
Haziran	4900.5	143000	6692.4	200970
Temmuz	5316.3	167000	7355.7	227700
Ağustos	5187.6	164000	7227.0	223740
Eylül	4494.6	138000	6128.1	184140
Ekim	3663.0	116000	4791.6	148500
Kasım	2950.2	94800	3742.2	111870
Aralık	2009.7	69700	2475.0	76725
Yıllık ortalama	3776.8	118725	5007.7	152616.7
Yıl için toplam	1424700		1831401	

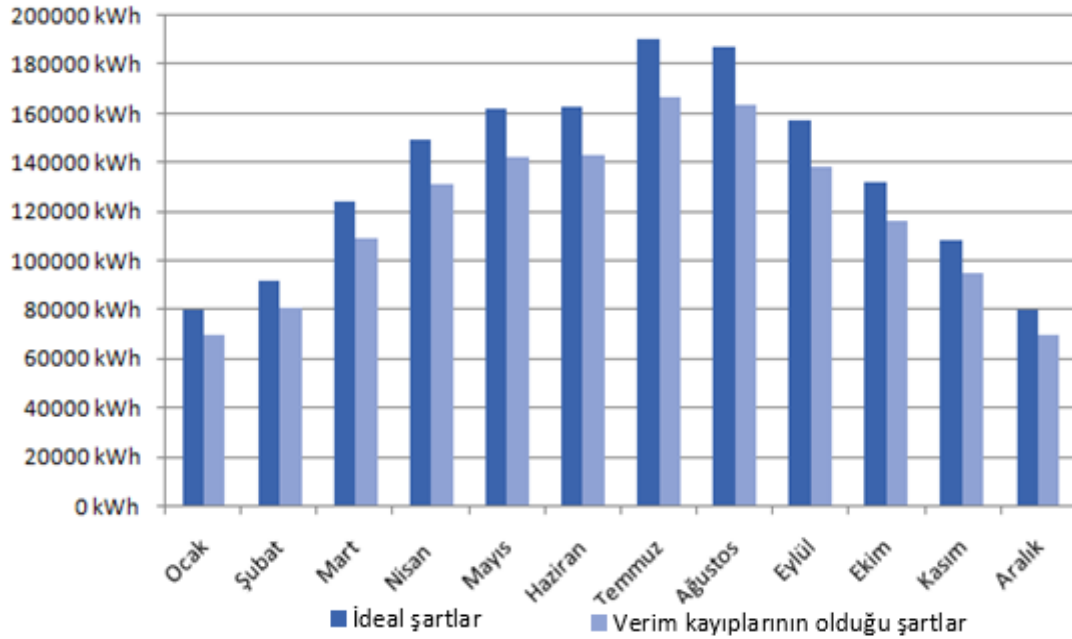
Diğer bilinmesi gereken önemli veriler de Tablo 2'den görüldüğü üzere;

- Yatay düzlemde ışıması [H_h : (Wh/m²/gün)],
- Optimum eğimli düzlemde ışıması [H_{opt} : (Wh/m²/gün)],
- Düzlemde açıda ışınlama derecesi [$H(90)$: (Wh/m²/gün)],
- Optimum eğimi [I_{tercih} : (C)],
- 24 saatlik ortalama sıcaklık derecesi [$T_{24\text{ saat}}$: (°C)],
- Isıtma derecesi - gün sayısı [N_{DD}] vb. gibidir (Boztepe 2017).

Tablo 2. Sırl Mahallesi 1418 no.lu parselin ışıma şiddeti ve sıcaklık verileri
<<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>

Ay	Hh	Hopt	H (90)	Ben opt	T 24 saat	N DD
Ocak	1750	2590	2510	59	2,7°C	470
Şubat	2450	3250	2780	51	4,4°C	389
Mart	3900	4640	3360	40	6,9°C	330
Nisan	4900	5250	3010	26	11°C	143
Mayıs	6270	6170	2740	15	16,3°C	27
Haziran	7190	6760	2500	7	19,7°C	9
Temmuz	7720	7430	2790	11	23,3°C	7
Ağustos	6930	7300	3530	23	23,6°C	12
Eylül	5160	6190	4140	38	19,8°C	44
Ekim	3540	4840	4060	50	13,3°C	195
Kasım	2410	3780	3720	60	9,1°C	344
Aralık	1600	2500	2530	62	4,2°C	430
Yıl	4500	5070	3140	32	12,9°C	2400

GES için ideal şartlar ile verim kaybının olduğu şartlar araştırılmış olup sonuçlar Şekil 7’de karşılaştırılmıştır.



Şekil 7:

Sırl Mahallesi 1418 no.lu parselde ideal şartlar ile verim kaybının olduğu şartlarda GES'in aylık toplam enerji üretimi

<<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Bursa İli'nin, Orhaneli İlçesi, Sırlı Mahallesi'nde kurulacak olan GES'te meydana gelebilecek performansa etki eden unsurlar incelenmiş olup, öneriler maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır:

- i) GES kurulumu yapılırken seçilecek PV panellerin yapısına dikkat edilmelidir. Monokristal fotovoltaik panellerin verimliliği ile polikristal fotovoltaik panellerin verimliliği dikkate alındığında monokristal panellerin maliyeti geri ödeme süresinin 4 ile 6 yıl arası, polikristal panellerin maliyeti geri ödeme süresinin de 2 ile 4,5 yıl arası olduğu görülmüştür. Bir diğer önemli unsur olan panellerin yaşlanmasından kaynaklanacak verim kaybı da dikkate alındığında polikristal paneller kullanılması daha uygundur.
- ii) GES için güneş ışınım şiddeti en önemli unsurdur. Kurulum yapılacak bölge olan Sırlı Mahallesi seçilirken Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'nın belirlediği değerler göz önünde bulundurulmuştur. Kısmi gölgeleme durumu fotovoltaik panel verimini önemli ölçüde etkilediği için paneller gölgelemeye maruz kalmayacak şekilde yerleştirilmiş olup ayrıca maksimum güç noktası izleyiciler kullanılmıştır.
- iii) Fotovoltaik panellerin gereğinden fazla ısınması güneş ışınımını elektrik enerjisine çevirme oranını azaltmaktadır. Sırlı Mahallesi için Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (PVGİS) verileri incelenmiş ve sıcaklığın en yüksek olduğu ayların Temmuz (24°C) ile Ağustos (24°C) ayları olduğu belirlenmiştir. GES'te kullanılacak fotovoltaik panellerin maruz kalacağı maksimum sıcaklık göz önünde bulundurulmuş olup sıcaklığa dayanıklılık katsayısı yüksek olan paneller seçilmiştir.
- iv) GES'in tasarım aşamasında elde edilmesi beklenen çıkış gücü ile kurulum gerçekleştirildikten sonra elde edilen çıkış gücünün birbirlerinden farklılık göstermemesi için GES'te kullanılacak ekipmanların birbirleriyle uyumluluğuna dikkat edilmiştir.
- v) Sırlı Mahallesi, 1418 numaralı parselde gelecek ışınımına göre aylık eğim açıları Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGİS) ile belirlenmiştir. Panellerin yatay konumlandırılması, güney yönüne ayarlı 32° eğim açılı şekilde konumlandırılması ve aylık güneş takibine göre uygun konumlandırılması karşılaştırılmıştır. Güneş ışınlarının panellere dik açıyla düşmesini sağlayan sistem kurulduğunda verim en yüksektir. 32° eğim açılı sistem kurulduğunda sistemin verimi yaklaşık %12 azalmaktadır. Araziye paralel bir modül kurulumu yapıldığında (Arazinin eğimi %10 olarak kabul edilmiştir.) verim %20 azalmaktadır. Ayrıca Nisan sonu, Mayıs döneminde gelen bulutlar ve yağışlar verimi yaklaşık %30 kadar etkilediği tespit edilmiştir.
- vi) Çalışmalar 990 kWe'lik Orhaneli Belediyesi Güneş Enerjisi Santralının daha verimli çalışması amacıyla yapılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Boztepe M. (2015), Güneş Enerjisi Sistemleri, *EÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Ders Notları*, İzmir.
2. Boztepe M. (2017), Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler, *EMO İzmir Şubesi Aylık Bülteni*, 13-17 28-29, İzmir.
3. Henze N., Sahan B., Koırala B. (2009), Study on MPP Mismatch losses in Photovoltaic Applications, *24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Hamburg. (DOI: 10.4229/24thEUPVSEC2009-4BV.1.43)

4. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> Erişim Tarihi: 10.05.2018 Konu: *Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi-İnteraktif Haritalar.*
5. <http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx> Erişim Tarihi: 05.2018 Konu: *Yıllık Ortalama Güneş.*
6. Jantsch M., Real M., Häberlin H., Whitaker C., Kurokawa K., Blässer G. (1997), Measurement of PV maximum power point tracking performance, *14th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona.*
7. Karimov K. S., Saqib M. A., Akhter P., Ahmed M. M., Chattha J. A. Ve Yousafzai S. A. (2005), A simple photovoltaic tracking system, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 87, sayfa 49–59. (DOI: 10.1016/j.solmat.2004.08.010)
8. KoutroulisE., Blaabjerg F. (2011), Methods for the Optimal Design of Grid-Connected PV Inverters, *International Journal of Renewable Energy Research, IJREER*, Vol.1, No.2, pp.54-64.
9. Köse E. (2015), Zengin E. Güneş Pillerinin Enerji Dönüşüm Kalitesini Etkileyen Önemli Faktörlerin Değerlendirilmesi, *VI. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi, Sakarya.*
10. Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı-Veri Kontrol ve İstatistik Şube Müdürlüğü İstatistik Birimi (2016), *Yıllık Toplam Yağış Verileri, Rüzgâr Yön ve Hızı, Hava Kirliliği.*
11. Muntasser M. A., Bara M. F., Quadri H. A., El-Tarabelsi R. ve Laazebi I. F. (2000), Photovoltaic marketing in developing countries, *Applied Energy*, cilt 65, sayı 1-4, sayfa 67-72. (DOI: 10.1016/S0306-2619(99)00094-X)
12. Özçelik S. (2016), Fotovoltaik (PV) Teknolojileri, *Gazi Üniversitesi Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara.*

