

PVsyst Simülasyon Aracı Kullanarak Ankara'da Fotovoltaik Güneş Sistemlerin Performans Analizi

Nazmiye Nazlı AKSANGÖR ^{1,+}, Kerim MARTİN ^{1,*} ve Kurtuluş BORAN ¹

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği/Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar: kerimmartin@gazi.edu.tr

+Konuşmacı: nazli_aksngr@hotmail.com

Sunum/Bildiri Tipi: Sözlü / Tam Metin

Özet – Yapılan bu çalışmada, Ankara ili merkezinde bulunan bir kampüsün bazı binaların elektrik ihtiyacının fotovoltaik sistemlerle karşılanılmasının istenmesi durumunda tasarlanacak sistemden üretilebilecek enerji miktarının ve sistemin performans oranının simülasyon ortamında ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu değerlendirmeleri yapmak üzere PVsyst V6.7.8 simülasyon aracı seçilmiştir. PVsyst gibi gelişmiş simülasyon programları sayesinde, bu incelemeleri yapmak ve gerçeğe yakın bir sistem tasarlamak ve mali analizler yapabilmek mümkün ve daha kolaydır. Fotovoltaik sistemler tasarlanırken, sistemin kurulacağı yerin coğrafi konumu, bu yerin güneşlenme değerleri, kullanılacak fotovoltaik panel ve evirici özellikleri gibi pek çok dikkat edilmesi ve değerlendirmeye alınması gereken husus vardır. Yerleşkenin coğrafi konumu PVsyst programında işaretlenmiş ve bölgenin meteoroloji verileri, simülasyon aracının sunduğu Meteororm 7.2 veri tabanından sentetik olarak üretilmiştir. Yerli üreticiden tedarik edilebilecek bir mono-Si fotovoltaik panel alanı ve binaların uygun çatı alanı doğrultusunda, 2160 adet 280 W güçte fotovoltaik panel ve yine yerli üreticiden elde edilebilecek 16 adet 32 kWac güçte evirici kullanılmıştır. Sistemin kurulu gücü 604,8 kWh'tir. Sistemin şebekeye verdiği yıllık enerji miktarı, ürettiği enerji miktarı 729,67 MWh olmasına rağmen 712,3 MWh'tir. Sistemin performans oranı %84,1'dir.

Anahtar Kelimeler – Güneş Enerjisi, Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemler, Simülasyon, PVsyst, Performans Oranı

I. GİRİŞ

Dünya üzerinde yaşamın devam edebilmesi için enerji olmazsa olmaz bir unsurdur. Enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu geleneksel olarak kömür, petrol gibi fosil yakıtlardan ve nükleer enerjiden karşılanmaktadır. Ancak, yürürlükte olan enerji politikaları ve çevresel duyarlılığın artması fosil kaynakların ve nükleer enerji kullanımının azaltılması yönündeki çalışmalara hız kazandırmaktadır. Fosil yakıt kullanımının azaltılmasında alternatif enerji kaynakları büyük rol oynamaktadır. Güneş enerjisi de sürdürülebilir ve temiz bir kaynak olması ve teknoloji uygulamalarının kolay ve ulaşılabilir olması gibi sebeplerle kullanımı artmaya başlamış alternatif enerji kaynaklarından. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde gerçekleşen hidrojenin helyuma füzyonu sırasında açığa çıkan ışıma enerjisidir. Açığa çıkan bu enerjin tamamı yeryüzüne ulaşmadığı halde insanlığın ihtiyaç duyduğu ve tükettiği enerji miktarından çok daha 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 [1]. Güneşten kullanılabilir enerji üretmek için birçok yöntem vardır. Yaygın olarak kullanılan fotovoltaik(PV) hücre teknolojisi Güneş'in radyasyon yoluyla Dünya'ya taşıdığı enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Her ne kadar verimi düşük olsa da fotovoltaik sistemler hem çevreye zararsız hem de kaynağının kolay ulaşılabilir olması sayesinde uzun dönem kullanımlarda fayda sağlar. En büyük dezavantajı ise yatırım ve işletme maliyetidir. Fotovoltaik sistemler tasarlanırken, sistemin

kurulacağı yerin coğrafi konumu, bu yerin güneşlenme değerleri, kullanılacak fotovoltaik panel ve evirici özellikleri gibi pek çok dikkat edilmesi ve değerlendirmeye alınması gereken husus vardır. PV sistemin maksimum verimde ve düşük maliyette kurulabilmesi, bu sistemlerin yaygınlaşması açısından büyük önem taşımaktadır. PV sistem kurulmadan önce, modelleme yoluyla bir ön çalışma yapılarak sistemin kurulacağı ortam şartlarında maksimum enerji üretiminin hangi koşullarda gerçekleşeceğini belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır [2]. PVsyst gibi gelişmiş simülasyon programları sayesinde, bu incelemeleri yapmak ve gerçeğe yakın bir sistem tasarlamak ve mali analizler yapabilmek mümkün ve daha kolaydır. Ahsan vd. (2016) Hindistan'da şebeke elektriğinin ulaşmadığı kırsal alanlarda, küçük bir evin ihtiyacını karşılayacak şekilde 1kW güce sahip bir fotovoltaik sistem üzerinde çalışmışlardır. Sistem performansı ve maliyet analizlerini PVsyst programı kullanılarak hesaplamışlardır. Simüle edilen sistemin 3101,2 kWh/yıl solar enerji ürettiği ancak 2933,4 kWh/yıl solar enerjinin kullanıcıya verilebildiğini gözlemlemişlerdir [3]. Şimşek (2018) çalışmasında fotovoltaik sistemlerde verimliliği etkileyen faktörleri belirtmek için, Gölbaşı ve Torbalı'da bulunan santralleri PVsyst programını kullanarak simüle ederek performans değerlerini hesaplamıştır. Santrallerin gerçek değerlerinin simülasyon sonucu elde edilen verilere yakın olduğunu görmüştür [4].

Bu çalışmada, Ankara ili coğrafi ve iklim koşulları altında şebeke bağlantılı mono-si bir fotovoltaik sistem tasarlamak, gölgelenme çalışmaları ve veri analizini yapmak üzere PVsyst V6.7.8 simülasyon aracı seçilmiştir.

Tablo.1 Kullanılan PV Panel'in Özellikleri

ELEKTRİKSEL VERİLER (STC)		MEKANİK VERİLER		SICAKLIK KATSAYILARI	
Nominal Güç (Pmax)	280 W	Hücre Teknolojisi	Si-mono	Nominal İşletim Hücre Sıcaklığı	45°C±2°C
Açık Devre Gerilimi (Voc)	39,2 V	Hücre Sayısı	60		
Kısa Devre Akımı (Ioc)	9,67 A	Panel Uzunluğu	1640 mm	Pmax	-0,41%/°C
Nominal Gerilim (Vmpp)	31,2 V	Panel Genişliği	992 mm	Voc	-0,31%/°C
Nominal Akım (Imp)	8,97 A	Panel Kalınlığı	40 mm	Isc	0,05%/°C
Modül Verimi (%)	17,20	Ağırlık	18,5 kg		

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma için, şebeke bağlantılı bir fotovoltaik sistem tasarlamak ve sistemin performans analizini yapabilmek adına PVsyst simülasyon aracı kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, tasarlanan sistemin yıllık üreteceği enerji miktarının ve performans oranının belirlenmesidir. Ankara ili merkezinde bulunan bir eğitim kampüsüne ait Şekil. 1'de gösterilen alan seçilmiştir. Panel yerleşimleri binaların eğimli çatıları üstünde olacak şekilde tasarlanarak, çatı tipi bir PV sistem modellenmiştir. Yerleşkenin coğrafi konumu PVsyst programında işaretlenmiş ve bölgenin meteoroloji verileri, simülasyon aracının sunduğu Meteororm 7.2 veri tabanından sentetik olarak üretilmiştir.

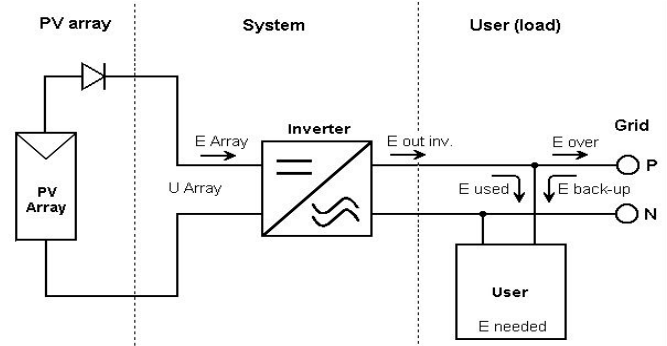


Şekil. 1 Seçilen alan

A. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistem Tanımı

Şekil.1'de PVsyst simülasyon aracının şebeke bağlantılı PV sistem şeması gösterilmektedir. Sistemin temel bileşenleri PV panel ve eviricilerdir. PV paneller, üzerinden geçen akım ve voltajdan DC güç üretir. Evirici ise panellerde üretilen DC gücü AC güce çevirir ve eviriciden çıkan AC güç şebekeye verir. Şebeke bağlantılı PV sistemlerde evirici, her zaman şebeke fazına uygunluğu sağlayacak şekilde çalışır [5].

Bu çalışmada kullanılmak üzere yerel bir firma tarafından üretilen 280 Wp gücünde mono-Si PV panel seçilmiş ve ürün simülasyon aracının veri tabanında yer almadığı için Tablo 1.'de verilen Standard Test Koşulları (STC) (25°C hücre sıcaklığında AM 1,5 aralığıyla 1000 W/m² ışımaya) altındaki elektriksel verileri, mekanik verileri ve sıcaklık katsayıları simülasyon için elle girilmiştir. Evirici olarak ise, simülasyon aracının veri tabanında bulunan ve yerli üreticiden sağlanabilecek 150 V-820 V işletme voltajı ile 32 kWac nominal güce sahip bir ürün sistem tasarımına uygun olarak seçilmiştir.



Şekil. 2 Şebeke bağlantılı PV sistem şeması

B. Performans Analizi için Fotovoltaik Sistem Parametreleri

Fotovoltaik teknolojilerindeki gelişmelerin devam edebilmesi için, sistem performanslarının doğru ve tutarlı olarak yapılması oldukça önemlidir. IEC 61724 standartları kapsamında, International Energy Agency tarafından PV sistemlerinin performansını belirlemekte kullanılacak parametreler tanımlanmıştır [6]. Şebeke bağlantılı PV sistemlerin yekpare performansının belirlenmesinde, bu parametrelerden üç tanesi kullanılır. Bunlar nihai verim, referans verim ve performans oranıdır [6].

Nihai Verim Y_f [kWh/kW]: Belli bir andaki enerji üretiminin (E) kurulu güce (P_0) oranıdır.

$$Yf = \frac{E}{P_0} \quad (1)$$

Referans Verim Yr [kWh/m²/kW/m²]: Belli bir düzleme gelen ışımın (H) referans ışımına (G) oranıdır.

$$Yr = \frac{H}{G} \quad (2)$$

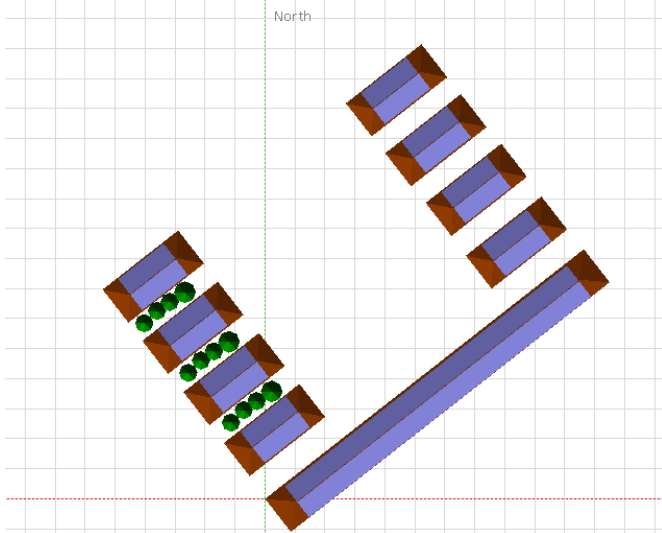
Performans Oranı PR [boyutsuz]: Nihai verimin referans verime oranıdır.

$$PR = \frac{Yf}{Yr} \quad (3)$$

C. Simülasyonun Oluşturulması

Panellerin yerleştirileceği çatıların güney yönünde doğrultuları farklı olması sebebiyle panel yerleşimleri için iki yönelim tanımlanmıştır. Birinci yönelimde azimut açısı -38°, ikinci yönelimde ise 142° olarak, Google Earth Pro [7] programı kullanılarak belirlenmiştir. Binanın azimut açısı da -128°'dir. Eğim açısı, çatı eğimi göz önünde bulundurularak 15° olarak belirlenmiştir.

Çatı boyutları ve belirlenen açılar PVsyst simülasyon aracında, gölgelenme analizi yapılmak üzere üç boyutlu(3D) olarak Şekil. 3'teki gibi modellenmiştir. Yapılan gölgelenme analizinde, çatıları gölgeleyen ağaçlar da daha doğru bir analiz için gösterilmiştir. Yapılan 3D modellemede, her bir yönelimde seride 20 adet paralelde 54 adet olmak üzere toplam 1080 adet, iki yönelim toplamında 2160 adet panel yerleşimi yapılmıştır. Tasarlanan sistemin kurulu gücü 604,8 kWp'dir. Eviriciler her bir yönelimde 8 adet olmak üzere toplamda 16 adet ve toplamda 512 kWac güçtedir. Sistemin PNom oranı (DC güç/AC güç) 1,18'dir.



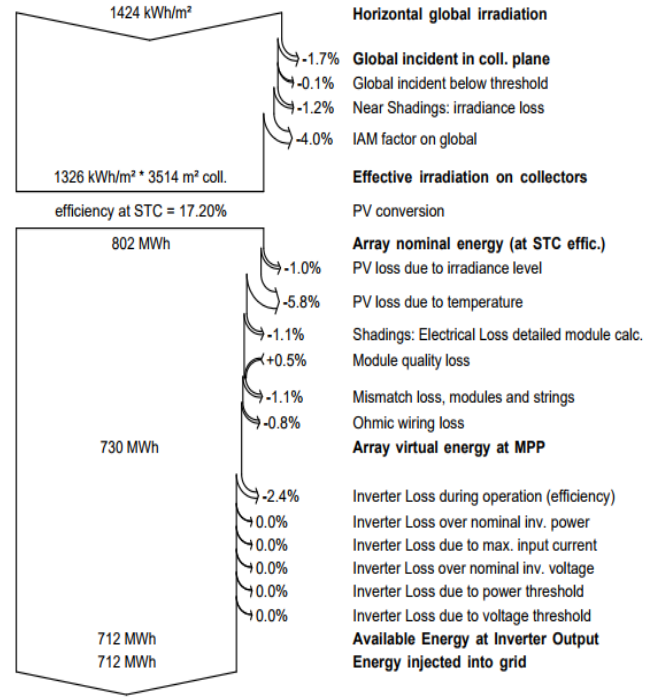
Şekil. 3 Yapılan 3D modelleme

III. BULGULAR

Simülasyon sonucunda sistemin enerji üretimi, enerji kaybı ve performans oranı tanımlanmıştır. Sistemin kurulu olduğu alana düşen ışınım miktarı yıllık 1424 kWh/m² iken gölgelenme sebebiyle panele düşen ışınım miktarı

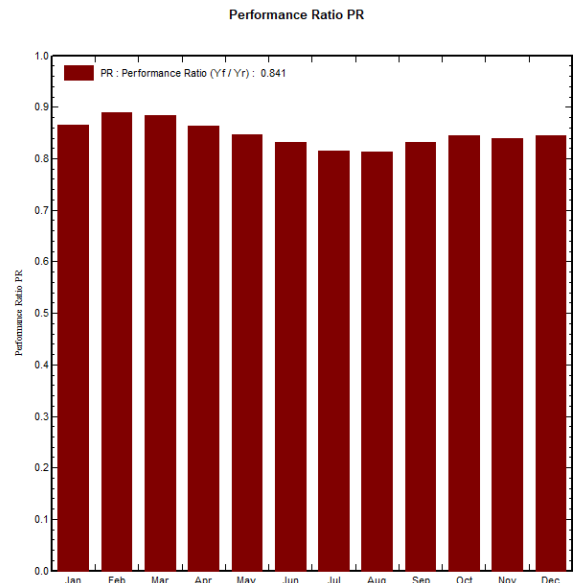
1326,3 kWh/m²'dir. Panel verimi, sıcaklık ve inverter kayıpları göz önünde bulundurulduğunda tasarlanan sistemin şebekeye verdiği yıllık enerji miktarı, ürettiği enerji miktarı 729,67 MWh olmasına rağmen 712,3 MWh'tir. Şekil. 4'te tüm bu kayıp kazanımların gösterildiği, PVsyst'den elde edilmiş yıllık kayıp diyagramı verilmiştir.

Tablo. 2'de sistemin performans parametreleri olan nihai verim (Yf), referans verim(Yr) ve performans oranı(PR), aylık ve yıllık ortalamaları olarak verilmiştir.

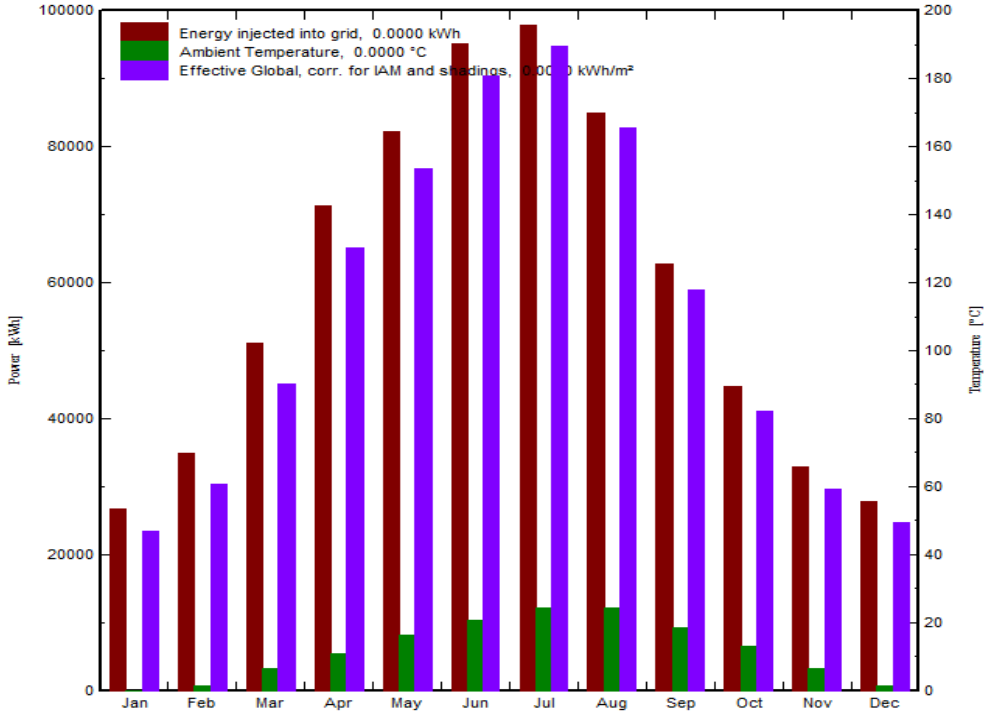


Şekil. 4 Yıllık kayıp diyagramı

Sistemin ortalama performans oranı %84,1'dir. Şekil. 5'te de görüleceği üzere yaz aylarında sistem performansı düşmekte, kış aylarında yükselmektedir.



Şekil. 5 Aylara göre performans oranı



Şekil. 6 Aylara göre şebekeye verilen enerji miktarının ışınlam ve sıcaklıkla değişimi

En büyük performans oranı şubat ayında %88,9'dur. Şekil. 6' da aylara göre şebekeye verilen enerji miktarının ışınlam ve sıcaklıkla değişim grafiği gösterilmiştir. Ortam sıcaklığının arttığı aylarda enerji üretimi artmıştır.

Tablo. 2 Aylara göre performans parametreleri

Aylar	Yf	Yr	PR
Ocak	1,42	1,64	0,866
Şubat	2,06	2,32	0,888
Mart	2,73	3,08	0,886
Nisan	3,93	4,55	0,864
Mayıs	4,39	5,18	0,847
Haziran	5,24	6,3	0,832
Temmuz	5,22	6,4	0,816
Ağustos	4,53	5,58	0,812
Eylül	3,46	4,15	0,834
Ekim	2,38	2,82	0,844
Kasım	1,81	2,15	0,842
Aralık	1,48	1,75	0,846
Ortalama	3,23	3,84	0,841

IV. SONUÇ

PVsyst simülasyon aracı kullanılarak 604,8 kWh kurulu güce sahip, çatı tipi bir PV sistem tasarlanmış ve performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildiği gibidir:

- Sistemin şebekeye verdiği yıllık enerji miktarı 712,3 MWh'tir.
- Şebekeye en çok Temmuz ayında 97,81 MWh, en az Ocak ayında 26,63 MWh enerji gönderilmiştir.

- Seçilen coğrafi ve iklim koşullarında mono-si sistemin ortalama performans oranı %84,1'dir.

Farklı teknolojiye sahip güneş hücreleri ile simülasyon tekrar edilip, fotovoltaik panel ve inverter özellikleri değiştirilmesi koşulunda elde edilecek sistem çıktıları, yapılan bu çalışmadaki çıktılar ile karşılaştırılıp, sistem daha verimli hale getirilmeye çalıştırılabilir.

Sistemin tasarlandığı binaların enerji ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, sistemin bu ihtiyacı ne kadarını karşıladığı ölçülebilir ve maliyet analizleri yapılabilir.

REFERANSLAR

- [1] (2019) Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Websayfası.[Online]. Ulaşılabilir: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx
- [2] E. Keskin. "Türkiye iklim koşullarında fotovoltaik güç sistemlerinin tasarımı ve maliyet analizi" M. Tr. thesis, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2012.
- [3] Ahsan, S., Javed, K., Rana, A. S., & Zeeshan, M. (2016). Design and cost analysis of 1 kW photovoltaic system based on actual performance in Indian scenario. *Perspectives in Science*, 8, 642-644.
- [4] S. Şimşek. "Fotovoltaik sistemlerde verimliliği etkileyen faktörlerin incelenmesi" M. Tr. thesis, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2018.
- [5] Kumar, N. M., Kumar, M. R., Rejoice, P. R., & Mathew, M. (2017). Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. *Energy Procedia*, 117, 180-189.
- [6] Marion, B., Adelstein, J., Boyle, K.E., Hayden, H., Hammond, B., Fletcher, T., Canada, B., Narang, D., Kimber, A., Mitchell, L. and Rich, G., 2005, January. Performance parameters for grid-connected PV systems. In *Conference Record of the Thirty-first IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2005*. (pp. 1601-1606)
- [7] (2019) Google Earth Websayfası. [Online]. Ulaşılabilir: <https://www.google.com/earth/versions/>