

ÇİFT EKSEN TAKİPLİ ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ 2KW FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMİNİN PVSYST YAZILIMI KULLANILARAK PERFORMANS ANALİZİ

Hülya ÇINAROĞLU

Bilecik Seyh Edebali University, Institute of Postgraduate Education, Gulumbe Campus

ORCID: 0000-0001-8775-1445

Yasemin ÖNAL

Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic Engineering, Gulumbe Campus

ORCID: 0000-0003-0173-0948

ÖZET

Ülkemizin bulunduğu konumdan dolayı yüksek potansiyele sahip olduğu enerji kaynağı yenilenebilir enerji kaynakları arasında büyük bir orana sahip olan güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için fotovoltaik (FV) panel sistemleri kullanılmaktadır. FV panel sistemleri kurulum şekillerine göre, şebekeye bağımlı, şebekeden bağımsız ve şebekeden bağımsız hibrit sistem olarak sınıflandırılmaktadırlar. FV panel sistemlerine yapılacak yatırımlar için fizibilite çalışmalarının önce yapılması büyük önem teşkil etmektedir. Bir bölgeye kurulması planlanan FV sistem hakkında; daha önceden sistemin üretim verilerinin ve kurulumun maliyetinin belirlenmesi yatırımın doğru yönlendirilebilmesi için önemlidir. Günümüzde bu araştırmalar bazı bilgisayar programları kullanılarak yapılabilmektedir. Akademik ve bilimsel çalışmalarda FV panel sistemlerinin tasarımının optimizasyonu için farklı metotlar ve HOMER, RETScreen, SolarMAT, PVsol, PVGIS, Solargis ve Pvsyst gibi simülasyon yazılımları kullanılmaktadır. Bu çalışmada Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinde kurulması planlanan çift eksen takip sistemine sahip şebekeden bağımsız 2 kW'lık FV panel sistemi için Pvsyst simülasyon yazılımı kullanılarak performans oranı, sisteme ait üretim ve kayıp verileri analiz edilmiştir. Pvsyst simülasyon yazılımı seçim parametrelerinin araştırmalara uygun olması, veri tabanında birçok marka ve modelde panel, invertör ve akü bulunması, işlevsel olması, ekonomik analizin yapılabilmesi, hızlı sonuç vermesi ve simülasyon verilerinin gerçeğe yakın olması sebepleriyle tercih edilmiştir. Analiz için kullanılan aylık ortalama güneş ışınımı ve ortam sıcaklık verileri Pvsyst' nin veri tabanında bulunan Meteororm 8.0. aracılığıyla sentetik olarak üretilmiştir. FV panel sisteminde 2 adet 275 Wp Si-poly panel seri bağlanmıştır. Sistemde 1 adet TN POWER firmasına ait TNG 12-200 model kurşun-asit akü kullanılmıştır. Analiz sonucunda, yıllık enerji üretimi 1049.9 kWh, eksik enerji 57.03 kWh, performans oranı 0.558 olarak elde edilmiş ve mevcut ortalama güneş enerjisi, FV panelden elde edilen etkin enerji ve kullanıcının ihtiyaç duyduğu toplam enerji verileri aylık olarak kullanıcıya sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Sistemi, Performans Oranı, Pvsyst Simülasyon Yazılımı, FV panel

PERFORMANCE ANALYSIS 2KW OFF-GRID PHOTOVOLTAIC PANEL SYSTEM USING PVSYST SOFTWARE WITH DUAL AXIS TRACKING SYSTEM

ABSTRACT

The energy source that our country has a high potential due to its location is solar energy, which has a large share among renewable energy sources. Photovoltaic (PV) panel systems are used to obtain electrical energy from solar energy. PV panel systems are classified as on-grid, off-grid and standalone systems according to they are installed. For investigations to be made in PV panel systems, it is of great importance to carry out feasibility studies before the system is installed. About the PV system planned to be installed in a region, it is important to determine the production data of the system and the cost of the installation beforehand so that the investment can be directed correctly. Today, these investigations can be done by using some computer programs. In academic and scientific studies, different methods and simulation softwares such as HOMER, RETScreen, SolarMAT, PVsol, PVGIS, Solargis and Pvsyst are used to optimize the design of PV panel systems. In this study, the performance ratio, power data and loss data of the 2 kWp off-grid PV panel system with the dual axis tracking system planned to be established in Bilecik Şeyh Edebali University using Pvsyst simulation software was analyzed. Pvsyst simulation software has been preferred because the selection parameters are suitable for research, there are many models of panels, inverters and batteries in the database, it is functional, economic analysis can be made, fast results and simulation data are close to reality. The monthly average solar irradiation and ambient temperature data used for the analysis are produced synthetically using Meteonorm 8.0. available in Pvsyst's database. Two 275 Wp Si-poly panels are connected in series in the PV panel system. One TNG 12-200 model lead-acid battery of TN POWER company was used in the system. As a result of the analysis, the annual energy production is 1049.9 kWh, the missing energy is 57.03 kWh and the performance ratio is 0.558, and the average available solar energy, effective energy from the PV array and the total energy needed supplies to the user are presented to the user on a monthly.

Keywords: Off-Grid Photovoltaic System, Performance Ratio, Pvsyst Simulation Software, PV panel

1. GİRİŞ

Yeryüzünde yaşamın sürdürülebilmesi için ihtiyaç duyulan en önemli unsur kuşkusuz enerjidir. Elektriğin büyük bir çoğunluğu fosil kaynaklar kullanılarak geleneksel yöntemlerle üretilmektedir (Yadav, Kumar, ve Chandel, 2015). Yenilenebilir enerji kaynaklarının, ülkemizdeki fosil kaynak kullanımının azaltılmasında rolü büyüktür. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, biokütle, hidrojen, hidroelektrik, jeotermal ve dalga enerjisi olmak üzere doğada bol miktarda bulunan ve sürdürülebilir olan kaynaklardır (Özcan, ve İzgi, 2020). Sera gazı salınımı ve diğer çevresel sorunlara bağlı olarak; fotovoltaik (FV) panel sistemleri gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin elektrik üretimindeki payı artmaktadır (Dey, ve Subudhi, 2020).

FV) sistemler şebekeden bağımsız ve şebekeye bağımlı olarak kurulum şekillerine göre sınıflandırılmaktadır. FV sistemlere yapılacak yatırımlar için önceden fizibilite çalışmalarının yapılması önemlidir. Gelişen bilgi sistem teknolojileri ile bu çalışmalar bilgisayar programları aracılığıyla yapılabilmektedir. Kurulması planlanan sisteme yönelik, daha önceden santrale ait üretim verilerinin ve kurulum maliyetinin belirlenmesi, boyutlandırılması ve yatırımın doğru yönlendirilebilmesi için önemlidir (Kılıcı, ve Koklu, 2019).

Literatürde yapılan çalışmalarda, FV sistemlerin teknik ve ekonomik analizlerini yapabilmek için farklı metotlar ve simülasyon programları tercih edilmektedir (Akinsipe, Moya, ve Kaparaju, 2021). Bu simülasyon yazılımları HOMER, RETScreen, SolarMAT, PVsol, PVGIS, Solargis ve PVsyst' dir (Umar, ve ark., 2018). PVsyst simülasyon programı, FV sistemlerin analizlerinde; veri tabanında birçok marka ve modelde panel, invertör, akü bulunması, işlevsel olması, ekonomik analizin yapılabilmesi, hızlı sonuç vermesi ve simülasyon verilerinin gerçeğe yakın olması sebepleriyle sıklıkla kullanılmaktadır. Programın simülasyon sonucunda oluşturduğu kapsamlı rapor ile sisteme ait tahmini üretim verilerini, kayıp değerlerini ve performans oranını aylık, günlük veya saatlik olarak açık ve net bir şekilde kullanıcıya sunmaktadır. Tüm bunlara ek olarak; içinde veri tabanı bulunan Meteonorm 8.0 ile santralin kurulmasının planlandığı lokasyona ait meteorolojik veriler sentetik olarak üretilebilmektedir (Akcan, Kuncan, ve Minaz, 2020).

Literatürde FV sistemlerde PVsyst yazılımı kullanılarak birçok çalışma yapılmaktadır. Li ve arkadaşları, PVsyst V5.74 kullanarak 2.02 kWp' lik bağımsız bir FV sistemin performansını incelemişler ve beş izleme modunu analiz etmişlerdir. Sonuçlar, 25°'lik sabit eğim açısının mevcut en düşük FV enerjisine sahip olduğunu, çift eksenli takip sisteminin ise mevcut en yüksek FV enerjisine sahip olduğunu göstermiştir (Li, ve ark., 2017). Etcı ve arkadaşları PVsyst 6.43 kullanarak Selçuk Üniversitesi kampüsünün enerji ihtiyacının FV sistemlerle karşılanması durumunun analizini yapmışlardır. (Etcı, ve Bilhan, 2021). Rehman ve arkadaşları Suudi Arabistan'ın doğu kıyısında 5,28 kW kurulu kapasiteli şebekeden bağımsız bir güneş FV sistemin performansını analiz etmiş ve yaz aylarında FV panel sıcaklığının artmasıyla saatlik ortalama enerji veriminin azaldığını göstermişlerdir (Rehman, ve ark., 2010). Senpinar ve arkadaşları, biri sabit açılı ve diğeri çift eksenli izleme sistemi olan iki FV panelin performansını karşılaştırmışlardır (Senpinar, ve Cebeci, 2012). Jagadale ve arkadaşları PVsyst kullanarak Hindistan'ın Pure şehrinde 250 kW kurulu güç değerine sahip bir FV enerji santralinde panelleri 20° ve farklı açılarda yerleştirerek iki durumun karşılaştırmışlardır (Jagadale, Choudhari, ve Jadhav, 2021). Ghafoor ve arkadaşları Pakistan'ın Faisalabad şehrinde şebekeden bağımsız FV sisteminin tek bir konut uygulaması için teknik ve ekonomik analizi gerçekleştirilmiştir (Ghafoor, ve Munir, 2015).

Bu çalışmada, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinde kurulması planlanan çift eksen takip sistemine sahip şebekeden bağımsız 2 kWp'lik FV panel sistemi için PVsyst simülasyon yazılımı kullanılarak performans oranı, sisteme ait üretim ve kayıp verileri analiz edilmiştir. PVsyst simülasyon yazılımı hızlı sonuç vermesi ve simülasyon verilerinin gerçeğe yakın olması sebepleriyle tercih edilmiştir. FV panel sisteminde 2 adet 275

Wp Si-poly panel seri bağlanmıştır. Sistemde 1 adet TN POWER firmasına ait TNG 12-200 model kurşun-asit akü kullanılmıştır. Aylık ortalama güneş ışınımı ve ortam sıcaklık verileri PVsyst' nin veri tabanında bulunan Meteororm 8.0. aracılığıyla üretilmiştir. Analiz sonucunda, yıllık enerji üretimi 1049.9 kWh, eksik enerji 57.03 kWh, performans oranı 0.558 olarak elde edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Bilecik İline ait Meteorolojik Veriler

Simülasyon aşamasına geçmeden önce bölgeye ait meteorolojik veriler programın veri tabanında yer alan Meteororm 8.0. aracılığıyla alınmaktadır. Bu nedenle PVsyst yazılımında yer alan coğrafi alan yönetim bölgesinde ki haritada bölge işaretlenmektedir (Sharma, ve Chandel, 2013). Bölgeye ait koordinat bilgileri programa tanıtılmış ve bölgeye ait meteorolojik veriler yapay olarak üretilmiştir. Bölgeye ait üretilen veriler Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Bilecik iline ait meteorolojik veriler

Aylar	Yatay Işınım kWh/m ² /ay	Dikey Işınım kWh/m ² /ay	Sıcaklık °C	Rüzgar Hızı m/s	Bağıl Nem %
Ocak	58.5	29.7	1.2	2.5	81.5
Şubat	69.3	37.9	3.0	2.59	76.2
Mart	109.6	60.0	7.0	2.7	66.9
Nisan	145.4	72.0	11.1	2.5	66.1
Mayıs	190.6	72.9	16.4	2.39	62.5
Haziran	203.8	78.5	20.4	2.49	60.7
Temmuz	208.5	81.2	24.0	2.79	55.2
Ağustos	184.6	67.8	24.0	2.8	54.7
Eylül	141.0	56.3	18.7	2.3	62.1
Ekim	92.5	45.3	13.2	2.0	70.5
Kasım	64.2	30.3	7.4	2.0	76.0
Aralık	50	28.4	2.7	2.29	81.3
Yıllık	1518.0	660.3	12.4	2.4	67.8

2.2. Fotovoltaik Sistem Simülasyonu

Şebekeden bağımsız bir FV sistem genel olarak; paneller, akü grubu, şarj kontrol cihazı, DC ve AC yük, DC-DC dönüştürücü, DC-AC invertör ve sistem entegrasyonu için gerekli bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Aküler, üretilen enerjinin talepten fazla olması durumunda enerjiyi depolamak için yedek kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu enerji, düşük veya hiç güneş ışınımı olmadığı veya gece boyunca kullanılabilir. DC/AC invertör, DC beslemesini, AC çalışan cihazları çalıştırmak için AC kaynağına dönüştürmektedir (Singh, 2013). Şebekeden bağımsız güneş enerjisi sistemlerinin en büyük dezavantajı ise üretilen fazla enerjinin akü dolduğunda depolanamamasıdır (Bouacha, ve ark., 2015).

Bu çalışmada JINKO SOLAR firmasına ait JKM275PP-60 model 275 Wp Si-poly panelden 2 adet kullanılmıştır. Seçilen panelin ağırlığı 19 kg, boyutları 1.65 x 0.992 x 0.04 m ve yüzey alanı 1.64 m²'dir.

Tablo 2.2'de PVsyst simülasyon programından seçilen panele ait 1kW/m^2 ışığa ve 25C° sıcaklık standart test koşulları altındaki teknik verileri sunulmuştur.

Tablo 2.2. FV panele ait teknik veriler

Model	JKM275PP-60
Teknoloji	JİNKO SOLAR
Üretici	Si-Poly
Nominal Güç	275 Wp
Boyut	1.65x0.992x0.04 m
Yüzey alanı	1.637 m ²
Ağırlık	19 Kg
Hücre sayısı	60
Kısa devre akımı	9.15 A
Açık devre gerilimi	39.1 V
Maksimum güçteki akım	8.61 A
Maksimum güçteki gerilim	31.9 V
Hücre çalışma sıcaklığı	45±2 °
Sıcaklık katsayısı	-0.39 %/°C

Çalışmada TN POWER firmasına ait TNG 12-200 model kurşun-asit aküden bir adet kullanılmaktadır. Kurşun asit aküler düşük bakım maliyetleri, yüksek verimleri ve işletme güvenliğinden dolayı şebekeden bağımsız güneş enerji sistemlerinde genel olarak tercih edilmektedir. Tablo 2.3'de seçilen aküye ait teknik veriler gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Aküye ait teknik veriler

Model	TNG 12-200
Üretici	TN POWER
Teknoloji	Kurşun-Asit
Boyut	0.52 x 0.239 x 0.225 m
Ağırlık	63.2 Kg
İç direnç	2.7 mΩ
Nominal gerilim	12 V
Kapasite	200 Ah
Coulomb verimi	%97
Sayı	1
Özerk gün sayısı	4 Gün
Statik ömrü 20 °C'de	5 Yıl

2.3. PVsyst Simülasyon Programı

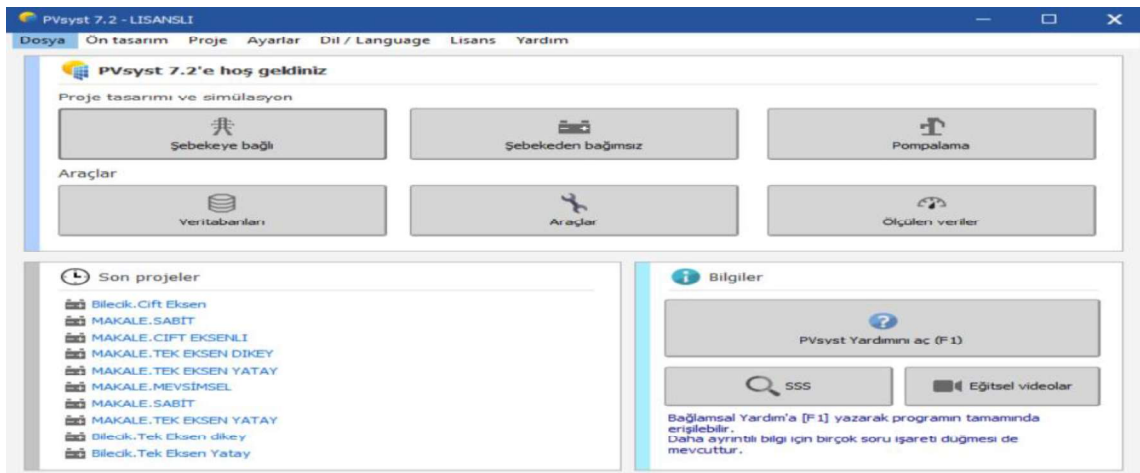
PVsyst 7.2. simülasyon programı Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Şebekeye bağımlı, şebekeden bağımsız ve güneş enerjili sulama sistemleri gibi FV enerji sistemlerinin tasarımlarının yapılabildiği sonuçlarının incelenmesi için kullanılan ücretli bir programdır (Akcan, Kuncan, ve Minaz, 2020). FV sistemlerin; üretim verilerinin analizi, boyutlandırılması ve modellenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu program ile panel, invertör, santralin kurulacağı bölgeye ait ışınım ve meteorolojik veriler kullanılarak sisteme ait simülasyon sonucunda ayrıntılı bir rapor oluşturulmaktadır. Bu sayede sistemden elde edilebilecek faydalar ve oluşabilecek kayıplar hakkında bilgi vermektedir. Tüm bunlara ek olarak sistem üzerine düşen

gölge modellemesi programın 3D uygulaması ile yapılabilmektedir. Böylece gölge faktörünün sistem üzerinde ki etkisi de hesaplanabilmektedir (Abbasoğlu, ve Babatunde, 2015). Şekil 2.1'de programa ait açılış ekranı görüntüsü verilmiştir.

Açılış ekranı üzerinde "Ön tasarım", "Proje", "Şebekeye bağlı", "Şebekeden bağımsız", "Pompalama", "Veri tabanları" ve "Araçlar" simgeleri bulunmaktadır.

"Ön tasarım" simgesi projeyi hızlı bir şekilde değerlendirebilmek için kullanılmaktadır. Belirli sistem parametrelerinden panel ve invertör bilgileri olmadan aylık bazda üretim verilerini elde etmek için kullanılır. Sisteme ait yaklaşık bir maliyet tahmininde bulunma özelliği de mevcuttur (Bouacha, ve ark., 2015).

"Proje" simgesi programın ticari amaçlı, gerçek verileri elde etmek için ve projenin detaylı bir şekilde incelenmesinde kullanılan bölümdür. Kurulması planlanan FV enerjisi santraline ait meteorolojik verilerin seçimi, sistem tasarımı, olası gölge modeli ve kayıpların hesaplanması gibi önemli bilgileri içermektedir (Sharma, ve Chandel, 2013).



Şekil 2.1. PVsyst simülasyon programı açılış ekran görüntüsü

"Şebekeye bağlı" simgesi şebekeye bağlı bir santrale ait, şebeke bağlantısına kadar olan tüm sistem elemanlarının, tanımlanması bu bölümde yapılmaktadır. PVsyst simülasyon programının veri tabanında bulunan panel ve invertörlere ait marka, güç, çeşit ve üretici firma seçimi yapılabilmektedir. Tüm tanımlamalar yapıldıktan sonra simülasyon gerçekleştirilmektedir (Mermoud, ve Wittmer, 2014; Soualmia, ve Chenni, 2016).

"Şebekeden bağımsız" simgesi şebekeden bağımsız sistemlerin tasarımında kullanılan bölümdür. Bu bölümde yükün karakteristiği ve miktarı belirtilmektedir. Kullanıcının ihtiyaçları saatlik değerlerde tanımlanmalıdır. Sistemin üreteceği enerjinin yükü besledikten sonra ne kadarının depolanabileceği sonucunu vermektedir.

"Pompalama" simgesi elektrik depolaması olmadan güneş enerjisinden yararlanarak pompalama sistemlerini

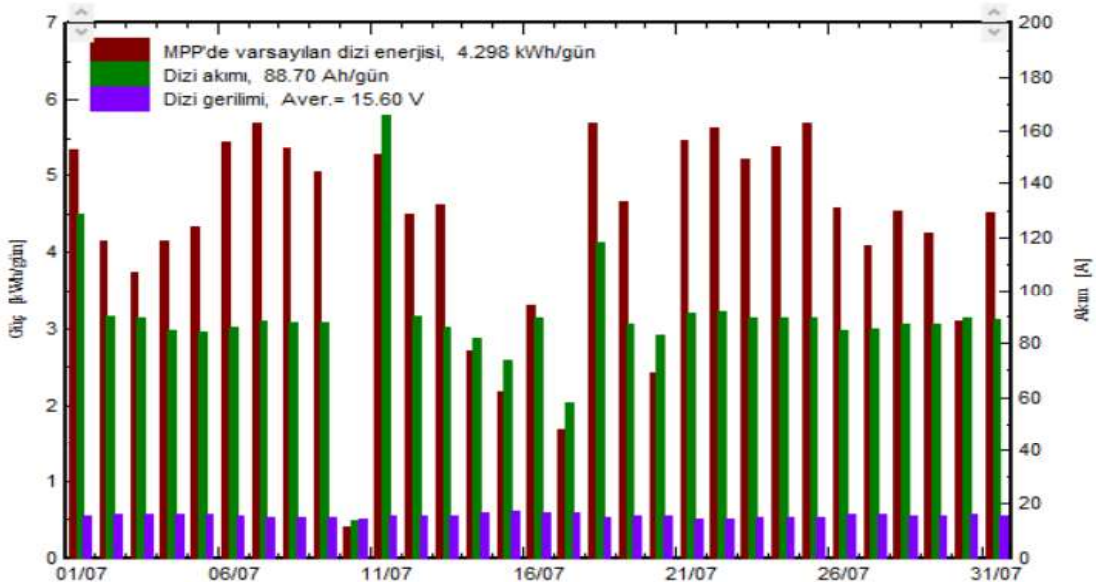
beslemektedir. Bu tür sistemler genel olarak pompa, FV panel ve bir kontrolöründen oluşmaktadır. Daha çok sulama amaçlı tasarlanacak sistemlerin simülasyonlarında kullanılmaktadır.

"Veri tabanları" simgesi aylık ve yıllık iklim verilerinin sentetik olarak üretilebildiği bölümdür. Ayrıca PVsyst simülasyon programının veri tabanında bulunmayan invertör, FV panel, batarya vb. sistem elemanlarına ait teknik ve fiziki tanımlamalar yapılabilmektedir.

"Araçlar" simgesi FV sistemlerin kurulum tahmini ve görselleştirilmesi bu kısımda bulunan ek araçlar vasıtasıyla yapılır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

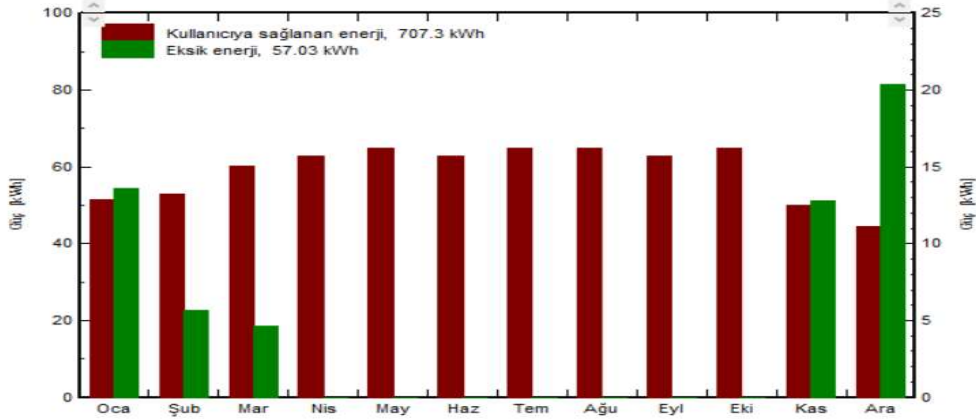
PVsyst programında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinde kurulması planlanan çift eksen takip sistemine sahip, şebekeden bağımsız 2 kWp'lik FV panel sistemine ait performans oranı ile sisteminin üretim ve kayıp verilerinin analizi yapılmıştır. Simülasyon tamamlandıktan sonra FV sistemine ait detaylı analiz raporu alınmıştır. Şekil 3.1'de FV sistem tarafından üretilen Temmuz ayına ait günlük panel akımı, gerilimi ve enerji üretim verileri gösterilmektedir. Simülasyon sonucuna göre, FV sisteminin yıllık olarak enerji üretim değeri 1049.9 kWh olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca en yüksek enerji üretim değeri Temmuz ayında toplam 130.4 kWh olarak gerçekleşmiştir. Temmuz ayındaki ortalama günlük akım 88.7 Ah, gerilim 15.6 V ve üretilen enerji ise 4.298 kWh/gün değerindedir.



Şekil 3.1. FV sistem tarafından üretilen Temmuz ayına ait akım, gerilim ve enerji üretim değerleri

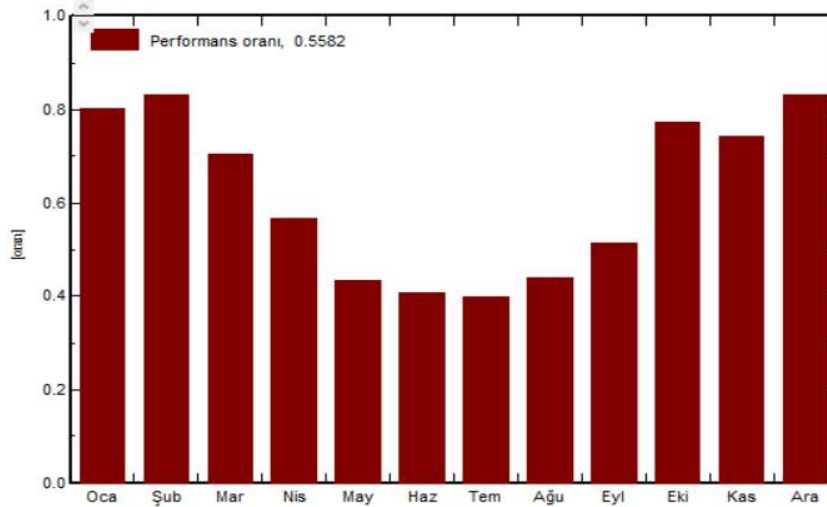
FV sisteminde üretilen enerjinin kullanıcıya transfer edildiği değer toplam yıllık 707.3 kWh dir. Ayrıca Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında yıllık olarak 64.91 kWh en yüksek değerine ulaşmıştır. Işınım verilerinin düştüğü özellikle kış aylarında enerji üretiminin azalmasına bağlı olarak FV sistemi tarafından kullanıcı ihtiyacı karşılanamamaktadır. Kullanıcı ihtiyacının karşılanamadığı kayıp enerji değeri yıllık toplam

57.03 kWh'dir. Bu değer en yüksek Aralık ayında 20.39 kWh olarak gözlemlenmiştir. Şekil 3.2'de Temmuz ayına ait FV sisteminden kullanıcıya sağlanan enerji ve eksik enerji değerleri gösterilmektedir. Aralık ayında kullanıcıya sağlanan enerji 45 kWh iken eksik enerji 11 kWh'dir.



Şekil 3.2. Kullanıcıya sağlanan enerji ve kayıp enerji değerleri

Şekil 3.3'de FV sistemine ait performans oranları aylık olarak gösterilmektedir. Yıllık ortalama performans oranı 0.5582'dir. Sisteme ait ortalama performans oranı en yüksek 0.832 olarak Şubat ve Aralık aylarında görülmektedir.



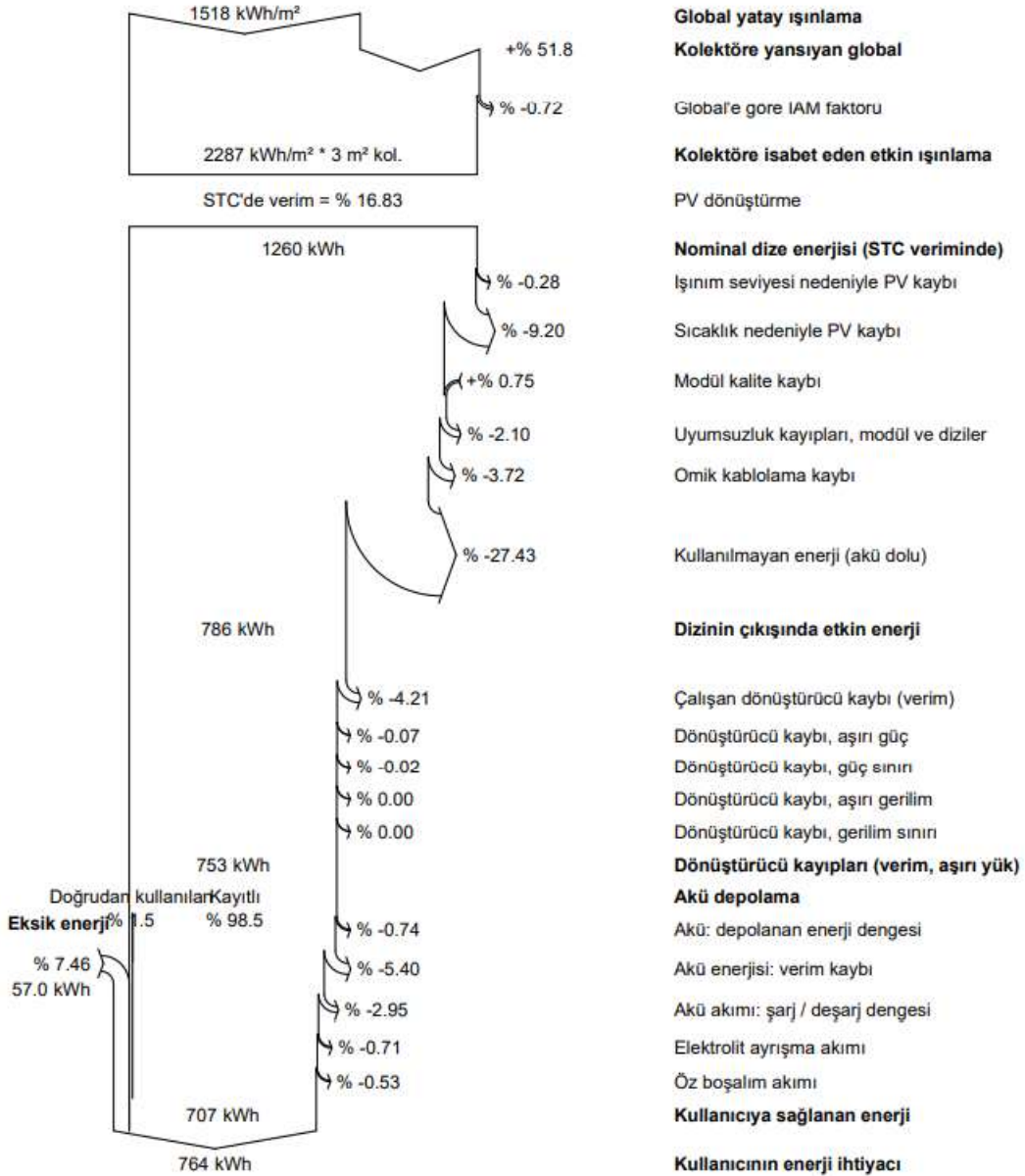
Şekil 3.3. FV sistemine ait performans oranı

Tablo 3.1'de FV sistemine ait mevcut enerji, kullanılmayan enerji, kayıp enerji ve kullanıcıya aktarılan enerji değerleri verilmektedir. FV sistemine ait yıllık mevcut enerji değeri en yüksek Temmuz ayında 130.4 kWh olarak toplam 1049.9 kWh olarak elde edilmektedir. Akünün dolmasına bağlı olarak oluşan kullanılmayan enerji yıllık olarak en yüksek Temmuz ayında 59.75 kWh olarak görülmüş ve toplam değeri 297.23 kWh olmuştur. Ayrıca kayıp enerji en yüksek Aralık ayında 20.39 kWh olarak yıllık toplam 57.03 kWh değerindedir. Kullanıcıya aktarılan enerji ise toplam yıllık 707.28 kWh'dir.

Tablo 3.1. FV sistemine ait mevcut enerji, kullanılmayan enerji, kayıp enerji ve kullanıcıya aktarılan enerji değerleri

Aylar	Mevcut Enerji kWh	Kullanılmayan Enerji kWh	Kayıp Enerji kWh	Kullanıcıya Aktarılan Enerji kWh
Ocak	56.7	0	13.57	51.34
Şubat	55.5	4.74	5.63	53.00
Mart	73.1	0.92	4.63	60.28
Nisan	93.9	27.76	0	62.82
Mayıs	124.3	53.86	0	64.91
Haziran	125.3	58.96	0	62.82
Temmuz	130.4	59.75	0	64.91
Ağustos	117.0	47.53	0	64.91
Eylül	99.0	32.81	0	62.82
Ekim	69.7	3.84	0	64.91
Kasım	57.6	7.07	12.8	50.02
Aralık	47.3	0	20.39	44.52
Toplam	1049.9	297.23	57.03	707.28

FV panel sistemini kurarken karşılaşılabilecek çeşitli kayıpların veya dikkate alınması gereken kısıtlamaların analizine yardımcı olan simülasyon çalışmaları sonucunda kayıp diyagramı elde edilmektedir. Sistemdeki çeşitli kayıpları temsil eden kayıp diyagramı Şekil 3.4'de görülmektedir. Yatay düzlemde küresel ışınım 1518 kWh/m^2 ve kollektör üzerindeki etkili ışınım 2287 kWh/m^2 'dir. Bu, ışınım seviyesinden dolayı % 0.28 gibi enerji kaybına neden olmaktadır. En büyük kayıp FV panelde üretilen enerjide meydana gelmektedir. FV panelde üretilen enerji, ortam sıcaklığı, ışık kaynaklı bozulma, üretim uyumsuzluğu ve omik kablolama gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. FV panelin çıkış enerjisinin, güneş ışınımı potansiyeli ve ortam sıcaklığından güçlü bir şekilde etkilendiği kanıtlanmıştır. Yüke sağlanan enerji regülatör ve akü depolama kayıplarından sonra belirlenebilir. Kayıp raporunda, FV sistemine ait aylık ve yıllık enerji üretim verileri elde edilmektedir.



Şekil 3.4. Şebekeden bağımsız 2 kWp'lik FV sistem için kayıp diyagramı

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada PVsyst simülasyon programı kullanılarak Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinde kurulması planlanan çift eksen takip sistemine sahip 2 kWp'lik şebekeden bağımsız FV panel sisteminin simülasyon performansı analizi gerçekleştirilmiştir. Yük talebini karşılamak için, her biri nominal gücü 275 Wp Si-poly 2 adet FV panel seçilmiştir. Sistem olarak 1 adet 200 AH akü kullanılmıştır. Bu yazılım, FV sistem tasarımcısının sistem konfigürasyonunu tasarlamasının yanı sıra üretilen enerjiyi etmesini sağlamaktadır. Yapılan çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- FV sisteminin yıllık olarak enerji üretim değeri 1049.9 kWh/yıl'dır.
- En yüksek enerji üretim değeri Temmuz ayında 130.4 kWh'dir.
- Sisteme ait en yüksek performans oranı % 83.2 olarak Şubat ve Aralık aylarında görülmektedir.

- Ayrıca, performansın iyileştirilmesi için uygun kurulum yöntemleri ile farklı FV panel teknolojileri kullanılarak çalışma gerçekleştirilebilir.
- Bu çalışmada FV panelden elde edilen etkin enerji ve kullanıcının ihtiyaç duyduğu toplam enerji verileri aylık olarak kullanıcıya sunulmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abbasoğlu, S., & Babatunde, A. A. (2015). Evaluation of field data and simulation results of a photovoltaic system in countries with high solar radiation. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 23(6), 1608-1618.
- Akcan, E., Kuncan, M., & Minaz, M. R. (2020). PVsyst yazılımı ile 30 kw şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin modellenmesi ve simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 248-261.
- Akinsipe, O. C., Moya, D., & Kaparaju, P. (2021). Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125055.
- Bouacha, S., Arab, A. H., Belhaouas, N., Semaoui, S., & Haddadi, M. (2015). Modeling and simulation of 1MW grid connected photovoltaic system. In Report Presented at the 2nd International Conference on Power Electronics and their Applications.
- Dey, D., & Subudhi, B. (2020). Design, simulation and economic evaluation of 90 kW grid connected Photovoltaic system. *Energy Reports*, 6, 1778-1787.
- Etcı, A., & Bilhan, A.K. (2021). PVsyst ile Konya İlinde sabit ve çift eksenli güneş takip sisteminin modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 32.
- Ghafoor, A., & Munir, A. (2015). Design and economics analysis of an off-grid PV system for household electrification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 496-502.
- Jagadale, P. R., Choudhari, A. B., & Jadhav, S. S. (2021). Design and Simulation of Grid Connected Solar Si-Poly Photovoltaic Plant using PVsyst for Pune, India Location. *Renewable Energy Research and Applications*.
- Kılıcı, O., & Koklu, M. (2019). The importance of fixed and variable angle in solar power plants analysis. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 7(4), 75-83.
- Mermoud, A., & Wittmer, B. (2014). PVsyst user's manual. *Switzerland, January*.
- Li, C., Zhou, D., Yu, W., Wang, H., Zhu, D., Sun, M., & Li, G. (2017). Performance of off-grid residential solar photovoltaic power systems using five solar tracking modes in Kunming, China. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(10), 6502-6510.
- Özcan, Ö., & İzgi, E. (2020). Şebekeye bağlı fotovoltaik çatı sisteminin karşılaştırmalı performans analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(3), 127-140.
- Umar, N., Bora, B., Banerjee, C., & Panwar, B. S. (2018). Comparison of different PV power simulation softwares: case study on performance analysis of 1 MW grid-connected PV solar power plant. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 7(7), 11-24.
- Rehman, S., Alam, M. M., Meyer, J. P., & Al-Hadhrani, L. M. (2012). Feasibility study of a wind-pv-diesel hybrid power system for a village. *Renewable energy*, 38(1), 258-268.
- Sharma, V., & Chandel, S. S. (2013). Performance analysis of a 190 kWp grid interactive solar photovoltaic power plant in India. *Energy*, 55, 476-485.
- Singh, G. K. (2013). Solar power generation by PV (photovoltaic) technology: A review. *Energy*, 53, 1-13.
- Soualmia, A., & Chennai, R. (2016, November). Modeling and simulation of 15MW grid-connected photovoltaic system using PVsyst software. In 2016 International renewable and sustainable energy conference (IRSEC), 702-705.
- Senpinar, A., & Cebeci, M. (2012). Evaluation of power output for fixed and two-axis tracking PV arrays. *Applied Energy*, 92, 677-685.
- Yadav, P., Kumar, N., & Chandel, S. S. (2015). Simulation and performance analysis of a 1kWp photovoltaic system using PVsyst. In 2015 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), 0358-0363.

ŞEBEKE BAĞLANTILI İKİ AŞAMALI TEK FAZLI FV İNVERTÖR İÇİN PR VE ANFIS TABANLI HİBRİT MPPT KONTROL METODU

Elif GENÇ

Bilecik Şeyh Edebali University, Institute of Postgraduate Education, Gulumbe Campus
Bilecik 11000, Turkey

ORCID: 0000-0002-8661-4286

Yasemin ÖNAL

Bilecik Şeyh Edebali University, Department of Electric and Electronic Engineering,
Gulumbe Campus
Bilecik 11000, Turkey

ORCID: 0000-0003-0173-0948

Ü. Çiğdem TURHAL

Bilecik Şeyh Edebali University, Department of Electric and Electronic Engineering,
Gulumbe Campus
Bilecik 11000, Turkey

ORCID: 0000-0003-2387-1637

ÖZET

Güç tüketimindeki sürekli artış, fosil kaynakların yetersizliği ve çevresel zararlar nedeni ile son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, doğal enerji kaynağı olması ve sürdürülebilir olması nedeni ile ön plana çıkmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretebilen sistemler fotovoltaik (FV) panel sistemleridir ve her yere kolaylıkla kurulabilirler. FV panel sistemlerinde, coğrafi koşullar, çevresel faktörler ve sistem tasarımı ile ilgili olarak FV sistem çıkışında elde edilen güçte kayıplar oluşmaktadır. FV panel sisteminden maksimum çıkış gücü elde edebilmek için MPPT kontrolör kullanılmakta ve çıkış gücünü şebekeye enjekte etmek için de iki aşamalı tek fazlı 2KW'lık invertör kullanılmaktadır. Bu çalışmada şebeke bağlantılı tek fazlı invertörde PWM sinyallerini üretmek için oransal rezonant (PR) kontrol algoritması ve DA-DA yükseltici devrede maksimum güç noktasındaki gerilimi elde etmek için Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) algoritması tabanlı yeni bir hibrit metot önerilmiştir. ANFIS algoritması, yapay zeka ve bulanık mantığın birleşmesinden oluşan bir metottur. ANFIS algoritmasında üyelik fonksiyonun parametrelerini optimize etmek veya kuralları optimize etmek için uyarlamalı yapay sinir ağı kullanılmaktadır. ANFIS algoritmasında üç girişli bir çıkışlı Sugeno çıkarımı kullanılmış ve giriş eğitim verisi olarak ışınım, sıcaklık ve akım verileri seçilmiştir. Sugeno çıkarımı tam hesaplamalı zekâ metotlarına en uygun çalışma modelidir. Algoritmada her giriş için 3'er adet üyelik fonksiyonu tanımlanmaktadır. Buna bağlı olarak ANFIS algoritma çıkışı için 9 adet çıkış fonksiyonu tanımlanmıştır. ANFIS algoritması 3 katmanlı ağ yapısında 100 iterasyon kullanılarak eğitilmiştir ve iterasyon sonucunda elde edilen MF fonksiyonları kullanılmıştır. Hedef hata toleransı 0. PR ve ANFIS tabanlı hibrit MPPT metodu kullanılarak aktif anahtarın PWM değeri ayarlanmakta ve DA-DA yükseltici devre çıkışında 400 V gerilim elde edilmektedir. Elde edilen gerilim tek fazlı invertör girişine uygulanmış ve PR algoritması kullanılarak 220V 50Hz AA elde edilmiştir. Önerilen hibrit metodun geçerliliği Matlab/Simulink benzetim programı kullanılarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maksimum güç takibi, Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi, DA-DA yükseltici, İki Aşamalı Tek fazlı PV invertör