



Feasibility Analysis of Rooftop Solar PV Systems on a University Campus: A Case Study of Sivas Cumhuriyet University

Hayrullah Kaan Dunder ^{1,*}, Mustafa ŞEKER ²

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalı, Sivas, 58140, Türkiye

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Bölümü, Elektrik Makinaları Anabilim Dalı, Sivas, 58140, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 26/08/2025

Accepted: 18/09/2025

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

ABSTRACT

The sun, one of the most important renewable energy sources, and the energy produced by photovoltaic (PV) panels through the sun provide great opportunities in terms of clean, green energy due to its almost zero harmful environmental impact and easy and fast installation, also considering the solar efficiency of our country.

In this study; 278 kWp capacity rooftop solar power plant, grid-connected simulation application was implemented in a block building of Sivas Cumhuriyet University Faculty of Engineering via Pvsyst program. In the study, it was seen that the geographical characteristics of the relevant location, the panels used and their positioning, and the correct PV module and inverter selections are extremely important. In the simulation made with the Pvsyst program, it was predicted that approximately 388004 kW of power would be injected into the grid annually from the PV modules positioned on the roof of the Faculty of Engineering. When the simulation was performed with the Pvsyst program and compared with the real energy production data, it was seen that there was a very small difference of 0.56% between the results obtained from the Pvsyst simulation and the real production values.

Keywords: PV system; Pvsyst Simulation; Solar energy.

Üniversite Yerleşkesinde Çatı Ges Uygulamalarının Fizibilite Değerlendirmesi : Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Örneği

Süreç

Geliş: 26/08/2025

Kabul: 18/09/2025

Öz

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan Güneş ve Güneş vasıtasıyla fotovoltaik (PV) panellerden üretilen enerji neredeyse sıfıra yakın olan zararlı çevresel etkisi ve kolay, hızlı kurulumları nedeniyle, ülkemizin güneş verimliliği de göz önünde bulundurulduğunda temiz, yeşil enerji anlamında büyük fırsatlar sağlamaktadır.

Bu çalışmada; Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bir blok binasında 278 kWp kapasiteli çatı GES, şebekeye bağlı simülasyon uygulaması Pvsyst programı aracılığıyla uygulanmıştır. Yapılan çalışmada ilgili konunun coğrafi özellikleri, kullanılan paneller ve konumlandırılması, doğru PV modül ve inverter seçimlerinin son derece önemli olduğu görülmüştür. Pvsyst programı ile yapılan simülasyonda, Mühendislik Fakültesine çatısına konumlandırılan PV modüllerden yıllık yaklaşık şebekeye 388004 kW güç enjekte edilmesi öngörülmüştür. Pvsyst programı ile simülasyonu gerçekleştirilerek gerçek enerji üretim verileri ile karşılaştırması yapıldığında, Pvsyst simülasyonu ile gerçek üretim değerlerinden elde edilen sonuçlar arasında %0.56 oranında oldukça az bir fark olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: PV sistem; Pvsyst Simülasyon; Güneş enerjisi.



^a hkaandundar97@gmail.com



^b mustafaseker@cumhuriyet.edu.tr



0009-0009-1764-2652



0000-0002-3793-8786

Giriş

Dünyanın en önemli enerji kaynaklarından biri güneştir. Güneşin ısıtım enerjisi, yer ve atmosferde ki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi kaynağını güneşten alan ve güneşin çekirdeğinde gerçekleşen füzyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan radyasyon (ısıtım) enerjisidir. Atmosfer dolayısıyla bu enerjinin

yeryüzüne ulaşan miktarı 0-1100 W/m² arasında değişmektedir.

Türkiye 36° - 42° kuzey paralellerinde orta kuşakta yer almaktadır ve güneş enerji potansiyeli yüksek olan ülkelerdendir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından hazırlanan Türkiye’de 2004-2021 yılları arasında gerçekleşen ortalama günlük güneşlenme sürelerinin dağılımı Şekil 1’de gösterilmiştir



Şekil 1. Türkiye’de güneş radyasyonu dağılım haritası

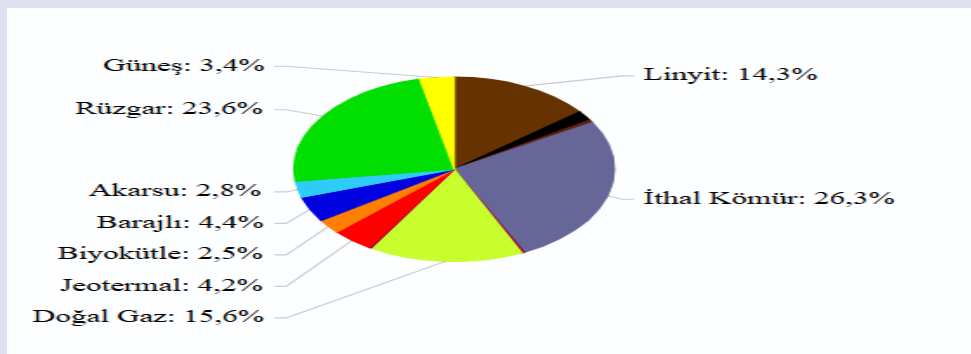
Figure 1. Map of solar radiation distribution in Turkey

Yine Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 1991-2020 verilerine göre Türkiye’de ortalama en yüksek günlük güneşlenme süresi Temmuz ayında yaklaşık 10.66 saat/gün iken en düşük güneşlenme süresi ise Aralık ayında 3.05 saat/gün şeklinde gerçekleşmiştir. [1]

Şekil 1 incelendiğinde, Güneydoğu Anadolu Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan illerin, diğer coğrafi bölgelerde yer alan illere kıyasla daha yüksek ortalama günlük güneşlenme sürelerine sahip olduğu görülmektedir.

Güneş enerjisi sistemlerine olan talep, temiz, yerli ve yenilenebilir kaynak olması, enerji üretiminde dışa bağımlılığımızı azaltması ve karbon salımını düşürücü etkileri olmasıdır. Dolayısıyla tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de Güneş enerjisinden elektrik üretimi hızla artmaktadır. Kasım 2024 sonu itibarıyla Türkiye’nin güneş enerjisine dayalı toplam kurulu gücü 19.157 MW ve Türkiye’nin toplam kurulu gücü içindeki payı %3.4 seviyesine ulaşmıştır. [2]

Şekil 2’de enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı görülmektedir. (Kasım 2024)



Şekil 2. Türkiye’de enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Figure 2. Distribution of energy production by source in Turkey

Türkiye’de güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisleri lisanslı üretim, lisanssız üretim veya yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) modeli kapsamında kurulabilmektedir. Lisanslı üretim tesislerinin kurulumu, lisanssız üretim modeline kıyasla izin ve idari süreçlerin daha fazla olması, mevzuatta ki yükümlülüklerin yerine getirilme zorunluğu nedeniyle süreç daha uzun sürmektedir ve genel olarak büyük projeler bu kapsamda hazırlanır. Lisanssız üretim kapsamında, öz tüketimin karşılanması amacı ve ihtiyaç fazlası elektriğin sisteme verilerek kazanç elde etme amacıyla kurulacak GES’lerdir ve idari-izin süreci lisanslıya göre daha kolaydır.

GES’ler üzerine fayda-maliyet, üretim potansiyelinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve santral kurulumlarına ilişkin çeşitli akademik çalışmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi’nde 1 MW gücüne sahip bir GES yatırımının analizi PVsyst programı ile yapılmış, polikristal ve monokristal panellerin hangisinde daha verimli ve uzun yıllar üretim yapacağı gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemlerde monokristal panellerle kurulan santralin 30 yıllık ekonomik ömrü boyunca polikristal panellere göre daha yüksek kazanç sağlayacağı ancak kurulum maliyetinin daha fazla olacağı görülmüştür.[3]

Bir diğer çalışmada, halihazırda işletmede olan ve 200kWp kapasiteye sahip bir güneş enerji santralinin PVsyst programı ile simülasyonu gerçekleştirilerek gerçek enerji üretim verileri ile karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, PVsyst simülasyonu ile gerçek üretim değerlerinden elde edilen sonuçlar arasında %0.56 oranında oldukça az bir fark olduğu görülmüştür.[4]

Başka bir çalışmada ise şebekeye bağlı 1220 MW gücündeki bir GES’in Burdur gölü civarında yapılabilirliği değerlendirilmiş, bu projenin ülke ekonomisine ve

yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güce büyük oranda katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.[5]

Ülkemizin ekonomisinde olumsuz büyük katkıda bulunan fosil yakıt ithalatıdır. Fosil yakıtlarının önemli miktarı elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, enterekte sisteme daha fazla katkı sunmasıyla ülkemizin ekonomisine de olumlu yönde etki edeceği aşikardır.

Bu çalışma, ülkemizin İç Anadolu Bölgesi Sivas İli Cumhuriyet Üniversitesi yerleşkesinde enerji tüketimi fazla olan fakülteleri kapsamaktadır. Kurulması planlanan çatı tipi güneş enerji santrali (GES) için uygulanabilirlik analizi PVsyst 7.4 programı kullanılarak yapılmıştır. Adından çok söz ettiren ve ülkemizin köklü üniversitelerinden olan Sivas Cumhuriyet Üniversitesinde böyle bir projenin hayata geçirilmesi diğer üniversitelerinde ilgisini çekecektir.

Materyal ve Metot

Güneş Enerji Santrallerinin tasarımı ve projelendirilmesi için literatürde PvSOL, Pvcase, PVsyst gibi birçok program bulunmaktadır. Bu çalışmada anlaşılır ara yüzü ve kolay kullanımı nedeniyle PVsyst Ver:7.4 programı tercih edilmiştir. Ayrıca çalışmanın simülasyonları Monster marka 64 bit işletim sistemi ve 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5- sahip bir bilgisayarda yapılmıştır.

Santral Yeri

Bu çalışmada Şekil 3 ve Şekil 4 ile konumu gösterilen Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi çatısına şebekeye bağlı 278kWp değerine sahip GES sisteminin kurulum simülasyonu ve analizi amaçlanmıştır.



Şekil 3. GES Santral Konumu

Figure 3. Location of the Solar Power Plant



Şekil 4. GES kurulacak bina

Figure 4. Building Where the Solar Power Plant Will Be Installed



Şekil 5- Çatı alanı

Figure 5. Roof area



Şekil 6 Bina Görünümü

Şekil 6- Bina görünümü

Figure 6. Building view

Tesisin enlemi $39^{\circ}42'24.00''K$ boylamı ise $37^{\circ}1'46.43''D$ olarak Google Earth Pro ile tespit edilmiştir. Aynı zamanda Şekil 5' te görüldüğü üzere çatı alanı $1638m^2$ dir.

Çatının etrafında enerji verimliliği engelleyecek, gölgelenme etkisi yaratacak nesne bulunmamaktadır.

Konumun İklim Verileri

Türkiye'nin güneş enerjisi atlası (GEPA)[6] verilerine göre Sivas ili için en yüksek radyasyon değeri ve güneşlenme

süresi yaz aylarında gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 7 ve Şekil 8 ile diğer aylara göre karşılaştırılmalı olarak gösterilmektedir. Şekil 7'de anlaşılabileceği gibi en yüksek güneş radyasyonu değeri Haziran- Temmuz aylarında en düşük güneş radyasyonu değeri ise Aralık-Ocak aylarında olduğu görülmüştür. Şekil 8' de ise GES'in kurulacağı santralin bulunduğu bölgenin günlük güneşlenme süresinin en yüksek olduğu dönemin Haziran-Temmuz-Ağustos ayları arasında olduğu görülmektedir.

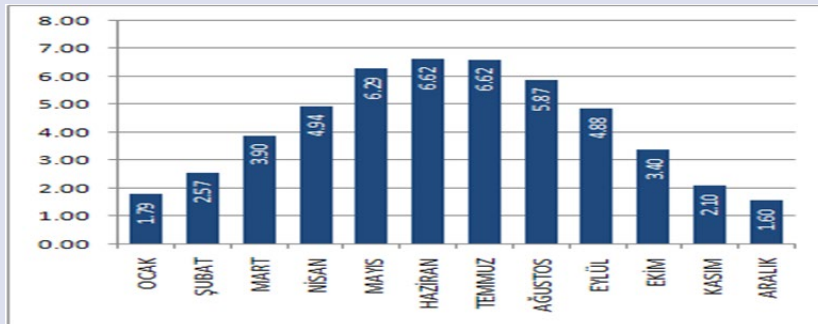
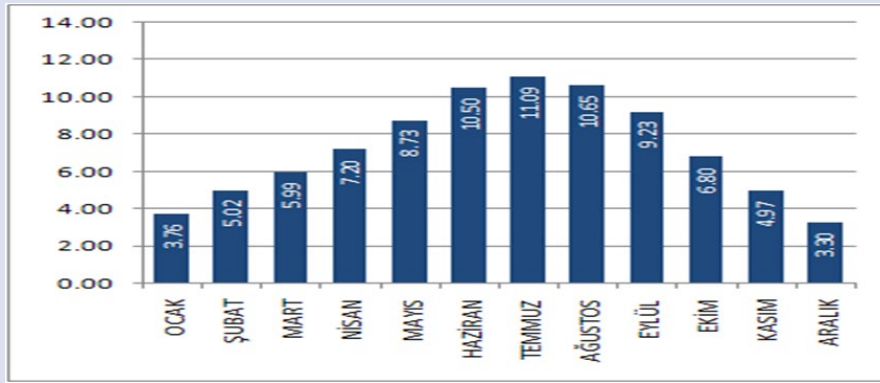


Figure 7. Sivas Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)

Figure 7. Global Solar Radiation Values of Sivas (kWh/m²-day)

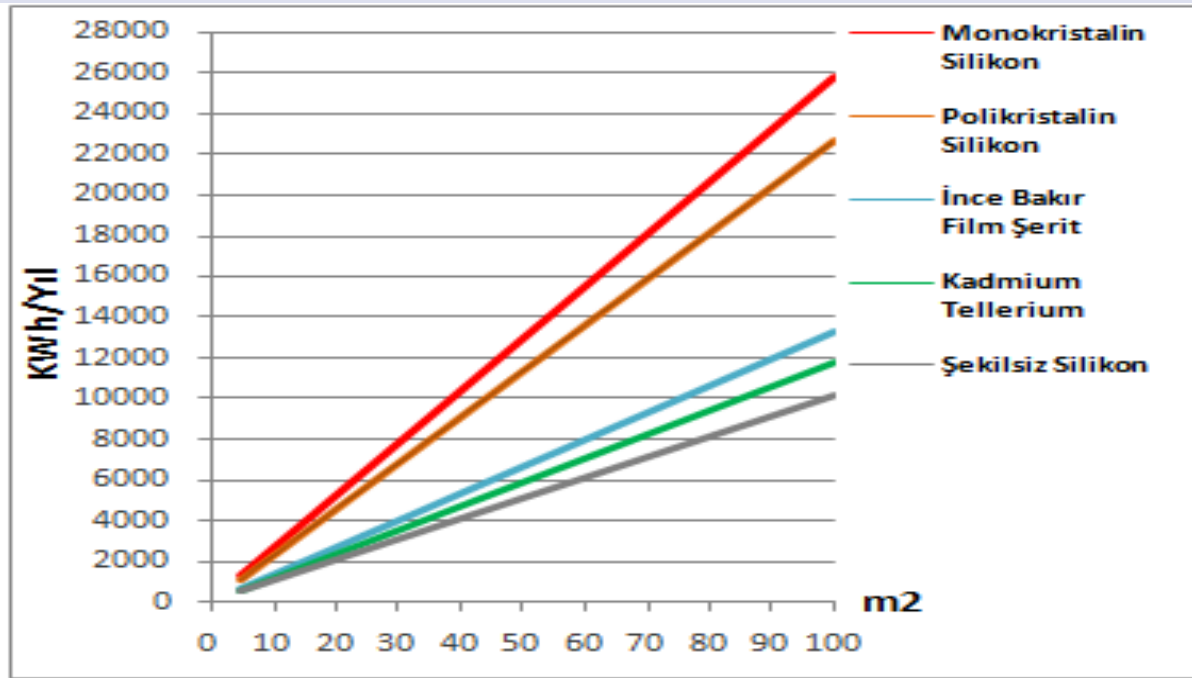


Şekil 8. GES kurulacak alanın global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün)

Figure 8. Global Solar Radiation Values of the Area Where the PV Plant Will Be Installed (kWh/m²-day)

Pv modüllerinde ise monokristal-silikon tip PV modüllerin diğer PV modüllere oranla Sivas için, Şekil 9'da gösterildiği gibi en iyi performansı verdiği anlaşılmıştır. Birim m² başına

en yüksek enerji miktarı mono-silikon tip PV modülden alınacağı görülmektedir.



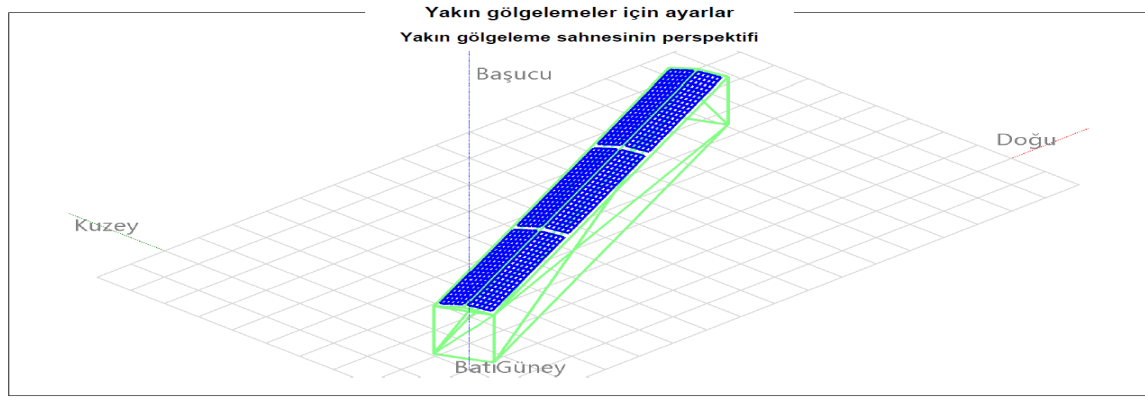
Şekil 9. Sivas PV panel tipine göre Alan-Üretebilecek Enerji (KWh/yıl) eğrisi.

Figure 9. Area vs. Annual Energy Generation (kWh/year) Curve for Sivas by PV Panel Type

PVsyst ile Santral Tasarımı ve Analizi

PVsyst programına Nasa veri tabanı vasıtasıyla GES konumu seçilerek gerçek iklim verileri aktarılır. Daha sonra yıllık ışıınım verisi kullanılarak panellerin optimum (kayıpsız) azimut açısı ve eğimi belirlenir. Solar PV santral kurulumu yapılması planlanan fabrika çatısı 10° derece eğimlidir. Çatı

üzerinde panellerin dizilimi ve görünümü Şekil 10'da gösterilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmasında panel yerleşimleri birbirlerine gölge yapmayacak şekilde tasarlanmış ve 278 kWp DC güç elde edilebileceği görülmüştür. 2 adet 110 kW'lık 2 invertörle de 220 kWe AC güç elde edilebileceği görülmüştür. Çatının alanı 1638m² dir

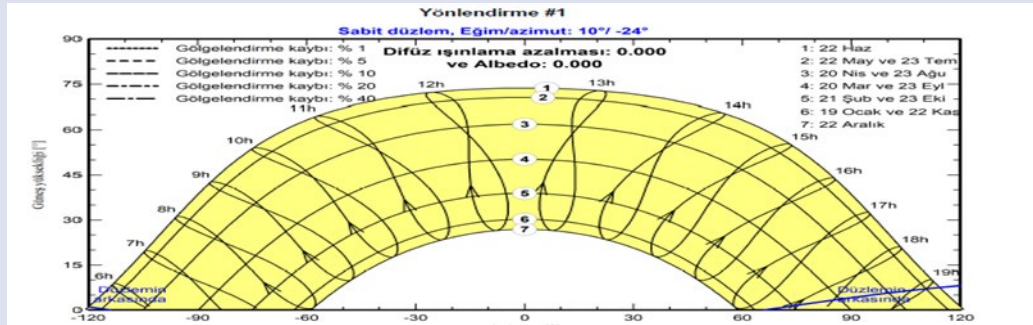


Şekil 10. PV Modüllerinin Çatı Üzerinde Görünümü

Figure 10. View of PV Modules Installed on the Roof

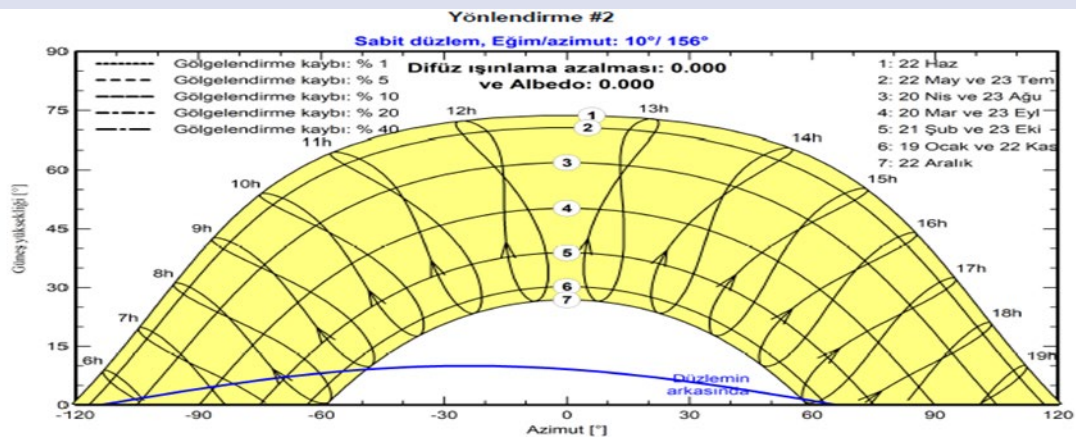
En uygun panel yerleşimi nedeniyle PV modüller her mevsim gün boyunca en uzun süre boyunca güneş ışınımına maruz kalacaklardır. Şekil 11 ve Şekil 12’de bu santralin gölgelenme eğrisi verilmiştir. Tasarımı yapılan çatı tipi

santralde 278kWp güç elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle 455Wp gücünde 612 adet 18’li dizilerde PV modül kullanılmıştır.



Şekil 11. PV Modüllerinin Sene Boyu Işınımı -1

Figure 11. Annual Irradiation of PV Modules – 1



Şekil 12. PV Modüllerinin Sene Boyu Işınımı -2

Figure 12. Annual Irradiation of PV Modules – 2

Bulgular

Pvsyst verileri: Güneş Işınımı, Ortam Sıcaklığı ve DC ve AC Enerji Üretimi

PVsyst ile tasarlanan çatı GES'te üretilen enerjinin aylara göre dağılımı Tablo 1 ile verilmiştir. Tablo 1'e göre panellerin üzerine gelen güneş ışınımının arttığı Nisan-Ağustos ayları arasında enerji üretiminin de arttığı görülmüştür. En yüksek güç üretimi Temmuz ayında 50.318

kWh, en düşük güç üretimi ise Aralık ayında 13307 kWh olarak kaydedilmiştir. Ortam sıcaklığının en yüksek olduğu Ağustos ayında en yüksek elektrik enerjisi üretimi elde edilmemiştir. Bunun nedeni panellerin yüksek sıcaklıktan joule kayıpları nedeniyle olumsuz etkilenmesidir. Bir yıl boyunca kolektör düzlemine gelecek ışınlam 1569,8 kWh/m² olarak elde edilmiş buna karşılık toplam elektrik üretimi ise yaklaşık olarak 388004 kWh olarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Pvsyst'e Göre Üretilen Enerji miktarları

Table 1. Energy Production Amounts According to PVsyst

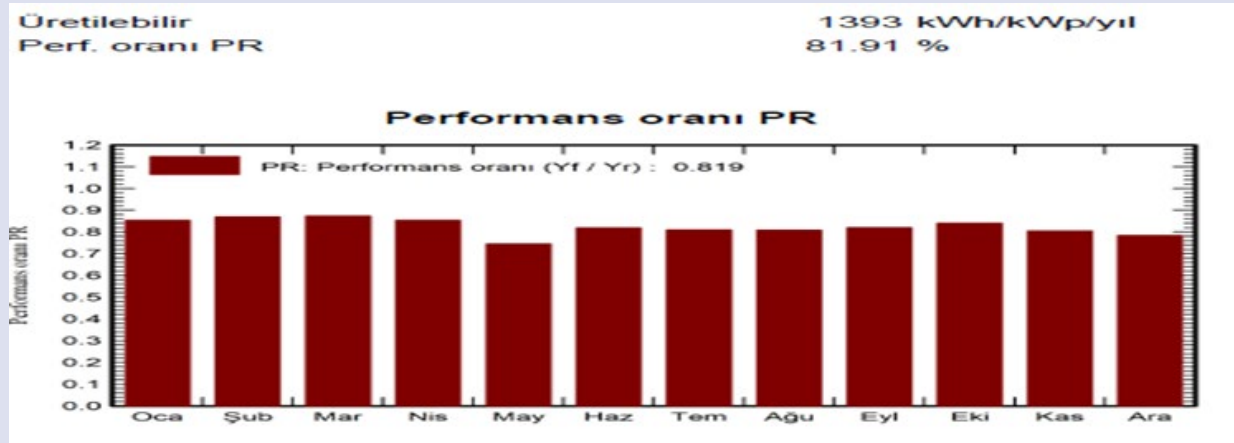
Ay	GlobHor (kWh/m ²)	DiffHor (kWh/m ²)	T_Amb (°C)	GlobInc (kWh/m ²)	GlobEff (kWh/m ²)	EArray (kWh)	E_Grid (kWh)	PR
Ocak	62.8	30.21	-3.59	62.6	54.7	15 401	14 891	0.854
Şubat	85.3	30.56	-1.99	84.8	76.6	21 277	20 552	0.870
Mart	126.0	59.14	3.43	125.0	115.2	31 472	30 409	0.873
Nisan	160.3	65.25	8.36	159.2	148.1	39 263	37 871	0.855
Mayıs	196.7	78.69	12.97	195.2	182.3	47 177	40 515	0.745
Haziran	221.9	55.88	16.70	220.3	207.2	52 265	50 312	0.820
Temmuz	224.9	65.15	20.47	223.1	209.4	52 206	50 318	0.810
Ağustos	212.5	50.79	21.03	210.9	196.7	49 241	47 496	0.809
Eylül	168.2	47.27	16.28	167.0	154.8	39 548	38 156	0.821
Ekim	116.8	39.65	10.77	116.0	105.6	28 069	27 142	0.840
Kasım	76.5	27.12	4.39	76.1	67.1	18 282	17 035	0.804
Aralık	61.0	23.73	-1.18	60.9	52.1	14 474	13 307	0.785
Yıl	1713.0	573.46	9.03	1701.1	1569.8	408 674	388 004	0.819

GlobHor: Global yatay ışınlam, **DiffHor:** Yatay difüz ışınlam, **T_Amb:** Çevre sıcaklığı, **GlobInc:** Kollektöre yansıyan global ışınlam, **GlobEff:** IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin globa, **EArray:** Dizinin çıkışında etkin enerji, **E_Grid:** Şebekeye enjekte edilen enerji, **PR:** Performans oranı

Performans Oranı ve Kayıplar

PVsyst ile tasarlanan santralin Sivas'a ait iklim şartlarına bağlı olarak performans oranı simülasyon sonuçlarıyla %81,91 olarak elde edilmiştir. Bu bir Güneş Enerji Santrali için uygun performans oranıdır. Bu durum aylara göre Şekil 13'de gösterilmektedir. Güneş panellerinin yüksek sıcaklık

altında performansı düşmesinden dolayı Temmuz ve Ağustos ayında kış aylarına göre düşük performans göstermiştir. Bunun nedeni yüksek sıcaklığın PV modüller üzerindeki olumsuz etkisidir. En yüksek performans ise Şubat ve Mart aylarında olduğu görülmektedir.

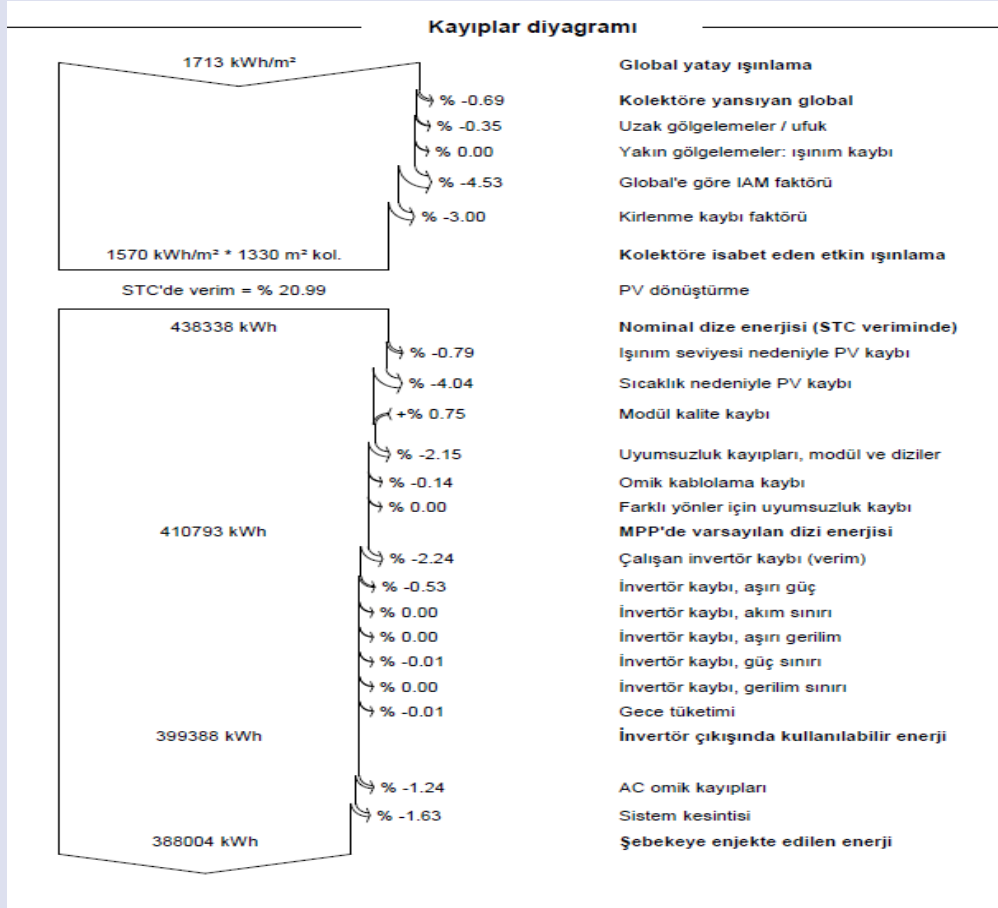


Şekil 13. Aylara göre Performans Oranı (PR)

Figure 13. Monthly Performance Ratio (PR)

PV sistem kayıpları çoğunlukla yüksek dizi sıcaklıklarından, gölgelenmelerden, panel kirliliğinden sistem bileşenlerinin verimsizliği veya arızalanmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 14'de sistemin kayıp diyagramı verilmiştir. Tasarımı yapılan santralde yıllar içerisinde PV modüllerin kirlenmesi ve normal ışınlam altında fotovoltaik

hücrelerin yüzeyine ulaşan ışımanın azalmasına karşılık gelen lam kayıplarının %8,57 PV modüllerin ısınmaya ve ışıma bağlı kayıplarının %7.12 inverter kayıplarının %2,79 olduğu görülmüştür. Bütün bu kayıplardan sonra standart kurulacak santralin şebekeye yılda 388004 kWh güç enjekte edecektir.



Şekil 14. Kayıplar Diyagramı

Figure 14. Losses Diagram

Tartışma Sonuç

Bu çalışmada Cumhuriyet Üniversitende Yerleşkesi Mühendislik Fakültesinde ki bir blok için bir ÇATI GES projesi, simülasyon çalışmalarıyla optimum tasarım yapılabileceği ortaya konulmuş, fizibilite çalışmalarına ışık tutulabileceği belirlenmiştir. Sivas ilinin coğrafi konumu ve güneşlenme süresine bağlı olarak GES projelerinden yaz aylarında en yüksek enerji üretimi alınabileceği görülmüştür. Fakat burada güneş panellerinin yüksek sıcaklıklardan olumsuz etkileneceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Son dönemlerde panel fiyatlarında ki keskin düşüşler bu tür projeleri daha da yapılabilir hale getirmiştir. GES kurulumu için ülkemizde yatırımcılar tarafından oldukça yüksek bir talep bulunmakta, kâr getirisi sağlayan yatırım açısından verimli projelerin hayata geçirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Pvsyst programı vasıtasıyla yapılan simülasyon çıktıları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde belirlenen blok binanın alanı 1638 m² 'dir.
- Analizi yapılan çatı tipi GES'in simülasyon çalışmaları sonunda şebekeye 1 yıllık süre boyunca 388004 kW enerji verilebileceği elde edilmiştir.
- Santralin üreteceği en yüksek güç üretimi Temmuz ayında 50.318 kWh, en düşük güç üretimi ise Aralık ayında 13307 kWh olarak kaydedilmiştir
- Santralin kurulacağı bölgedeki meteorolojik verilere göre PV modül kolektör alanına gelen yatay ışınlam miktarı 1569.8 kWh/m² olarak tespit edilmiştir.
- Santral kurulacak bölgenin yıllık ortalama ortam sıcaklığının 9.03 °C olacağı görülmüştür.
- Sistemin performans oranını %81,91 olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde kayıp oranı ise %18,48'dir. En yüksek ve en düşük performans oranı sırasıyla Ocak ve Mayıs aylarında elde edilmiştir.

Analizi yapılan çatı tipi GES'in %81.91'lik performansı nedeniyle uygulanabilir olduğu görülmüştür. Ayrıca GES santralleri dağıtık üretim santrallerinden olduğundan şebekeye entegrasyonlarında harmonik, reaktif güç, kısa devre analizi gibi çalışmalar yapılmalıdır.

Aynı bölgede için arazi GES projesi analizi yapılarak bu çalışma ile karşılaştırılıp performans analizleri yapılabilir.

Kaynakça

- [1](<https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>)
- [2](https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm_istatistikler.jsf)
- [3] Sarı V., Özyiğit F.Y. 2020. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesinde Güneş Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 22 (65), 517-526.)
- [4](Demiryürek H.K., Arifoğlu U., Bolat M. 2020. Lebit Enerji Güneş Santralinin Pvsyst Programı İle Analizi. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 9 (3): 1351-1363.)
- [5] Kırbaş İ., Çifci A. 2019. Feasibility Study of a Solar Power Plant Installation: A Case Study of Lake Burdur, Turkey. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (3): 830-835.)
- [6] (<https://gepa.enerji.gov.tr/pages/58.aspx>)