

## Güneş Enerjisi ile Aydınlanan Bir Yaşam: Siirt'te 15 Kw'lık Bağı Evi Fotovoltaik Sistemi

M. Süleyman Olgun<sup>1</sup>, Ebuzer Cengiz<sup>\*2</sup>, Rifat Evin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mühendislik Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Siirt Üniversitesi, Siirt, TÜRKİYE

<sup>3</sup> T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Batman / Merkez - Mevlana Ortaokulu, Batman, TÜRKİYE

(Alınış / Received: 31.01.2024, Kabul / Accepted: 21.03.2024, Online Yayınlanma / Published Online: 26.04.2024)

### Anahtar Kelimeler

Güneş Enerjisi,  
Türkiye'de Güneş Enerji  
Potansiyeli,  
Siirt'te Güneş Enerji  
Potansiyeli

### ÖZ

Bu makale, Siirt'te kurulu 15 kW'lık bir bağı evi fotovoltaik sistemi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sistemdeki genel kayıpların %9 olduğu vurgulanmıştır, bu kayıpların kabloların dirençleri, invertörlerin verimsizlikleri ve diğer sistem bileşenlerinin performans kayıplarından kaynaklanabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca, PV sistemlerinde yaygın olarak kullanılan Performance Ratio (PR) değerinin sistemin gerçek üretim performansının teorik olarak beklenen performansa oranını temsil ettiği belirtilmiştir. Bu değerlerin, sistemin performansını değerlendirme ve geliştirme sürecinde önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır. Kollektör kaybının %81 olduğu ve toplam kayıpların görselleştirildiği diyagramda, güneş enerjisinin dönüştürülme sürecindeki yüksek kayıpların vurgulandığı ve bu kayıpların panel yüzeyine gelen güneş ışınlarının kısmen ısıya dönüşmesiyle meydana geldiği açıklanmıştır. Bu verilerin, güneş enerjisi sisteminin performansını değerlendirme ve iyileştirme sürecinde kritik bir rol oynadığı belirtilmiştir.

## A Sunlit Life with Solar Energy: A 15 Kw Off-Grid House in Siirt Equipped with A Photovoltaic System

### Keywords

Solar Energy,  
Solar Energy potential in  
Turkey,  
Solar Energy potential in  
Siirt

### ABSTRACT

This article focuses on a 15-kW photovoltaic system installed in Siirt. It highlights that the overall losses in the system are 9%, attributed to losses in cables' resistances, inverters' inefficiencies, and other component performance losses. Additionally, it is mentioned that the Performance Ratio (PR) value commonly used in PV systems represents the ratio of the actual production performance to the theoretically expected performance of the system. These values are emphasized as crucial tools in evaluating and improving system performance. It is noted that collector losses account for 81% of the total losses, as illustrated in the diagram, indicating significant losses during the conversion of solar energy, partly due to the conversion of incoming solar radiation into heat on the panel surface. These data are highlighted as playing a critical role in evaluating and enhancing the performance of solar energy systems.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, enerji kaynaklarına olan talep sürekli bir artış göstermektedir ve bu durum, mevcut kaynakların sınırlılığı gerçeğiyle birleştiğinde enerji sektöründe önemli zorluklara neden olmaktadır [1-3]. Bu zorluklar karşısında, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi giderek artmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi, geleceğe yönelik umut verici bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Güneş enerjisi, güneşten gelen ışık ve ısı enerjisini kullanarak elektrik veya ısı enerjisi elde etmeyi sağlayan bir yöntemdir. Çevresel etkileri minimal düzeyde olması ve sınırsız bir kaynak olması, güneş enerjisinin enerji sektöründe devrim yaratma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Güneş enerjisinin temelini oluşturan fotovoltaik sistemler, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen teknolojilerdir. Bu sistemler, güneş ışınlarını absorbe eden fotovoltaik hücreler aracılığıyla elektrik üretirler [4-8]. Bu özellikleri sayesinde, güneş enerjisi evlerden endüstriyel tesislere kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca, güneş enerjisi sadece elektrik üretimiyle sınırlı değildir; güneş termal sistemler, güneş enerjisini kullanarak ısı enerjisi üretmeyi sağlar. Bu sistemler, güneş ışığını absorbe ederek akışkanları veya termal yağları ısıtarak ısı enerjisi elde ederler [9]. Güneş enerjisinin sürdürülebilir bir geleceğin anahtarı olduğu düşünülmektedir. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltması, sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltması ve enerji maliyetlerini düşürmesi gibi avantajları, güneş enerjisinin çekiciliğini artırmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi kaynaklarının yenilenebilir olması, güneş enerjisinin sürekli bir enerji kaynağı olacağına garanti olarak öne çıkar. Ancak, güneş enerjisinin kullanımıyla ilgili bazı zorluklar bulunmaktadır. Güneş enerjisi, güneşin doğal döngüsüne bağlı olduğu için güneş ışığına ve hava koşullarına bağlıdır, bu da üretimi belirli zamanlarda etkileyebilir [10,11]. Ayrıca, güneş enerjisi sistemlerinin yüksek maliyeti ve altyapı gereksinimleri, güneş enerjisinin daha geniş çapta benimsenmesini engelleyebilir. Ancak, teknolojinin ilerlemesi ve maliyetlerin düşmesiyle birlikte, güneş enerjisinin daha yaygın ve erişilebilir hale gelmesi beklenmektedir. Ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin olmasına rağmen, bu kaynaklardan yeterince faydalanamamaktadır. Güneş enerjisi, genellikle binalarda sıcak su elde etmek amacıyla kullanılmaktadır, ancak diğer kullanım alanlarının daha aktif olarak keşfedilmesi ve yatırımların bu yönde değerlendirilmesi, ülkemiz açısından daha verimli ve faydalı olabilir.

Bu çalışma, Siirt'te bulunan 15 kW'lık bir bağ evi fotovoltaik sisteminin tasarımı ve performansıyla ilgili detaylı bir analiz sunmaktadır. Araştırmanın literatüre katkı sağlayan bazı önemli noktaları şunlardır:

1. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak için sıcaklıkla ilişkili performans düşüşlerini minimize etmeye yönelik çözümlere odaklanılmıştır. Bu, PV sistemlerinin sıcak hava koşullarında nasıl daha etkin çalışabileceğine dair değerli bilgiler sağlamaktadır.

2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin etkin bir şekilde değerlendirilmesi konusunda önemli veriler sunulmuştur. Bu, ülkenin güneş enerjisi alanındaki büyüme potansiyelini ve gelecekteki enerji politikalarını şekillendirmede faydalı olabilir.

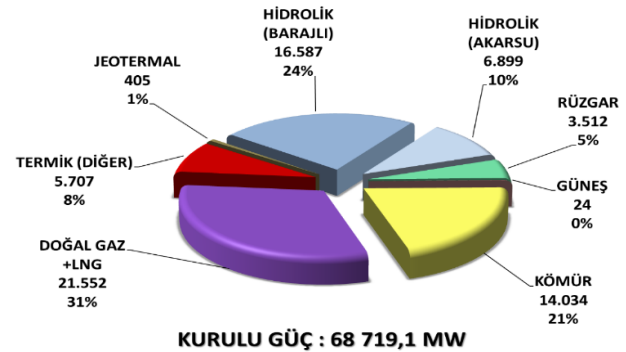
3. Fotovoltaik sistemlerde sıcaklığın performansı nasıl etkilediği ve özellikle yaz aylarında PV sistemlerinin performansında gözlemlenen düşüşler üzerinde durulmuştur. Bu, mevsimsel değişkenliklerin ve iklim koşullarının fotovoltaik sistemlerin performansına olan etkisini anlamak için önemli bir katkı sağlar.

4. Siirt'teki bağ evi fotovoltaik sisteminin sürdürülebilir enerji geleceğine katkı sağladığı vurgulanmıştır.

Bu noktalar, güneş enerjisi sistemlerinin daha verimli ve etkili bir şekilde tasarlanması ve uygulanması için değerli bilgiler sunmaktadır.

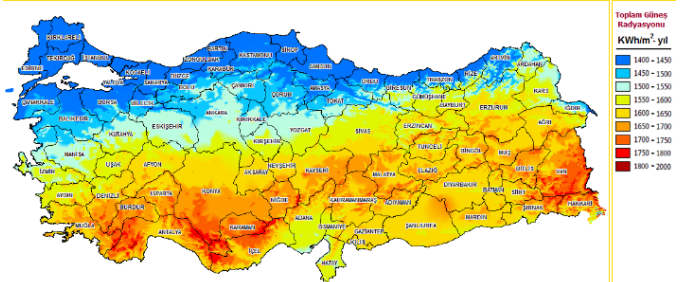
## 2. TÜRKİYE GENELİNDE VE SİİRT İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye, geniş ve çeşitli iklim yapısıyla güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Yıl boyunca genellikle güneşli günlerin sıklığı, ülkenin farklı bölgelerinde değişiklik göstermekle birlikte, genel olarak yüksek bir güneş ışınımına sahiptir [12,13]. Bu durum, Türkiye'nin güneş enerjisi üretimi için uygun bir ortam sağlamaktadır. Özellikle Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgeleri, yüksek güneş ışınımına ve düşük bulut örtüsüne sahip olmaları nedeniyle öne çıkan bölgelerdir. Ülkede hükümetin ve özel sektörün güneş enerjisi projelerine yönelik teşvikleri ve yatırımları da dikkate alındığında, Türkiye'nin güneş enerjisi sektöründe büyük bir potansiyele sahip olduğu ifade edilebilir. Bu potansiyelin etkin bir şekilde değerlendirilmesi, sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş ve enerji bağımsızlığının artırılması açısından önemli bir adım olabilir [14,15].



Şekil 1. Enerji kaynaklarının dağılımı [1]

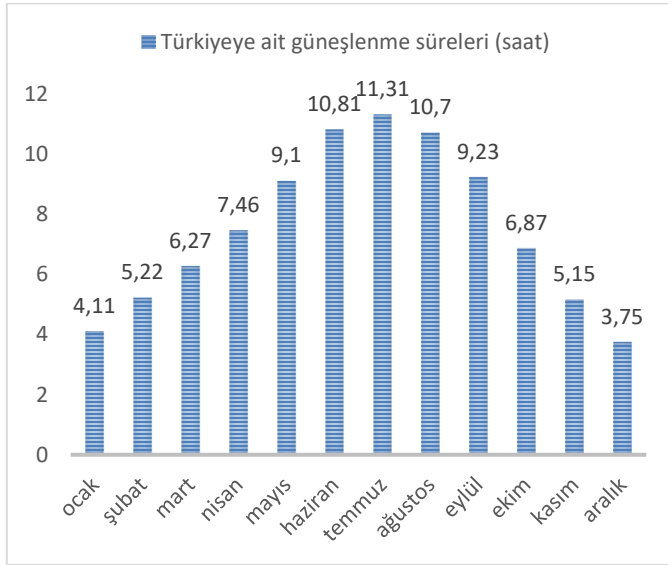
Şekil 1'de gösterildiği gibi, ülkemizde güneş enerjisi kullanımı oldukça düşüktür. Ülkemizin doğal imkanları göz önüne alındığında, bu oranın daha yüksek olması beklenirken, istenilen düzeyde yararlanma gerçekleşmemektedir. Görüldüğü üzere, kurulu güç içinde güneş enerjisinden yararlanma düşük seviyelerde kalmıştır.



Şekil 2. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası [2]

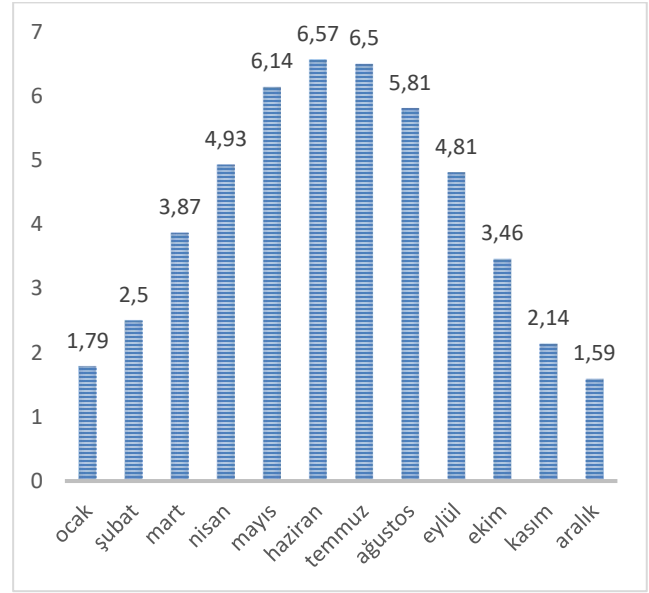
Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlas'ına (GEPA) göre hazırlanan verilere göre, Şekil 2'de ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olarak belirlenmiş ve ortalama yıllık toplam ışıınım değeri ise 1.527,46 kWh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Güneş enerjisi yatırımı için uygun olan şehirler sarı ve kırmızı renklerle gösterilmektedir. Aslında, yukarı kesimler hariç ülkemizin hemen hemen her bölgesi güneş enerjisi yatırımı için uygun potansiyele sahiptir.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini belirleme çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, tesis kurulabileceği belirlenen alanlardan üretililecek toplam elektrik enerjisi yaklaşık 395 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye'deki güneş enerjisinin değerlendirilmesi ve yatırıma açılması ülke ekonomisi açısından oldukça cazip görünmektedir. Bu çalışmalarda, 1670 kWh/m<sup>2</sup> ile 1800 kWh/m<sup>2</sup> arasındaki radyasyon değerleri kullanılmış olup, bu alanlar üzerine kullanılamaz alanlar olarak, ormanlık ve tarım alanları, eğimi 2 dereceden büyük alanlar, yerleşim yerleri, özel çevre koruma sahaları, ana ve tali yollar, göl ve barajlar, akarsular, yeraltı suları, askeri alanlar, hava ve deniz limanları, helikopter pistleri, özel tapulu alanlar, maden ruhsat sahaları ve diğer santral sahalarına ait alanlar çıkarılarak hesaplanmıştır.



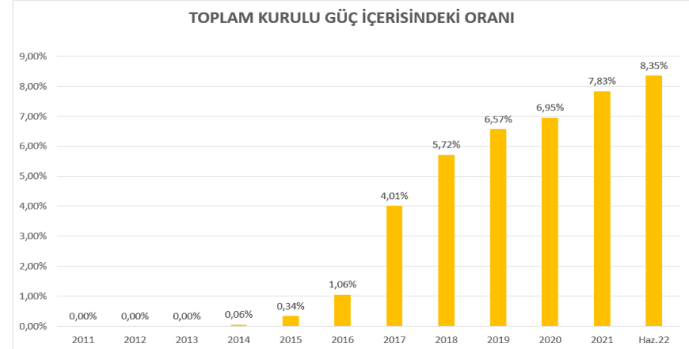
Şekil 3. Türkiye'ye Ait Güneşlenme Süreleri (saat) [2]

Şekil 3'te görüldüğü gibi, ülkemizde güneşlenme süresinin ortalaması kış aylarında yaklaşık 4 saat iken, bu oran yaz aylarında 10 saat dolaylarına kadar yükselmektedir. Bir yıllık ortalama alındığında ise bu değer 7,5 saat olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (kWh/m<sup>2</sup>-gün) [2]

Bu bağlamda şekil 4'te Türkiye'nin aylara göre radyasyon değeri verilmiştir. Tüm bu değerleri verdikten sonra ülkemizin güneş potansiyeli yüksek bir ülke olduğu görülmektedir.

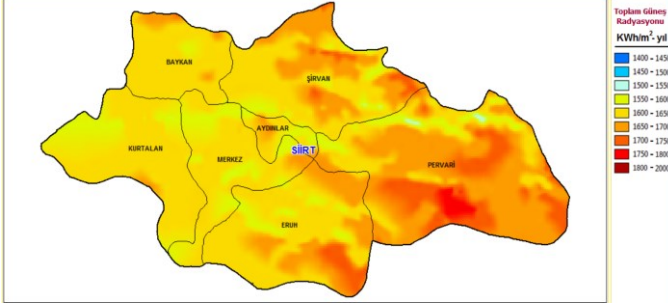


Şekil 5. Türkiye'de güneş enerjisinin toplam kurulu güç içindeki yeri [3]

Şekil 5'te güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki yerinin yıllara göre değişimi verilmiştir. Bu değer düzenli olarak artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, güneşten daha fazla yararlanma amacıyla daha gelişmiş ve teknolojik yöntemlerin kullanılması planlanmaktadır. Bu sayede, güneş enerjisi potansiyeli ülkemizde hak ettiği yere ulaşacaktır.

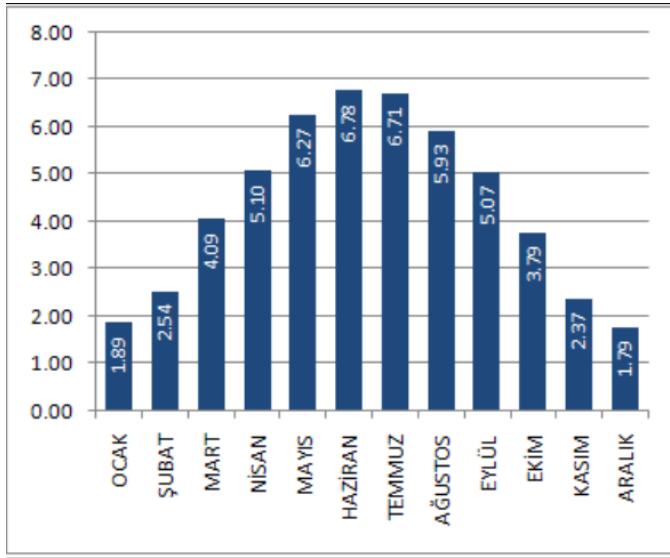
Siirt, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli açısından önemli bir bölge olarak öne çıkmaktadır. Şehrin coğrafi konumu ve iklim yapısı, güneş ışıınımını etkileyen faktörler bakımından oldukça avantajlıdır. Genellikle güneşli günlerin sayısının fazla olduğu ve bulut örtüsünün düşük olduğu bir iklimle karakterize olan Siirt, güneş enerjisi üretimi için uygun bir ortam sağlamaktadır. Ayrıca, Siirt'te güneş enerjisi potansiyelini artırmak adına yapılan yatırımlar ve projeler de göz önüne alındığında, bölgenin sürdürülebilir enerji üretimine katkı sağlamak amacıyla önemli bir rol oynayabileceği söylenebilir. Siirt'in güneş enerjisi potansiyeli hem yerel ekonomiye katkı sağlama hem de enerji ihtiyacının sürdürülebilir bir şekilde karşılanması açısından stratejik bir öneme sahiptir. Siirt ilinin yüzölçümü 5.718 km<sup>2</sup> olup, rakımı ise 887 metredir. Siirt ili,

41° 57' doğu boylamı ve 37° 55' kuzey enlemi üzerinde yer almaktadır.



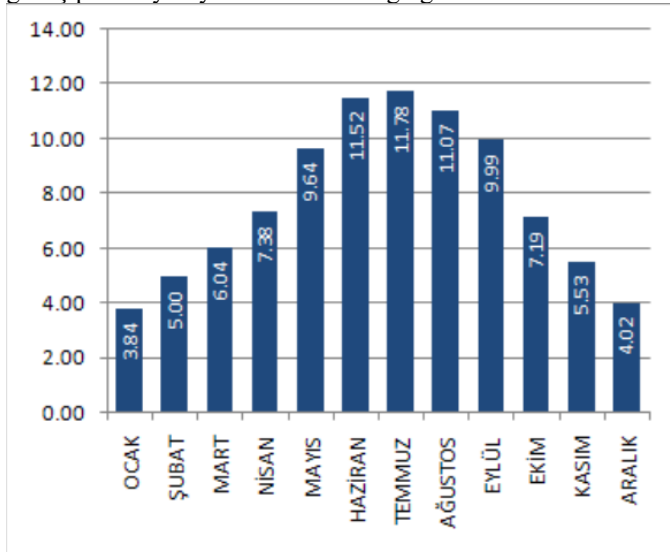
Şekil 6. Siirt'te güneş enerji potansiyeli [4]

Şekil 6'da görüldüğü üzere, Siirt ili için alanlar kırmızı ve sarı ile işaretlenmiştir. Bu da bize Siirt ilinin aslında yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Siirt İli Global Radyasyon Değerleri (kWh/m2-gün) [4]

Bu bağlamda şekil 7'de Siirt ilinin aylara göre radyasyon değeri verilmiştir. Tüm bu değerleri verdikten sonra Siirt ilinin güneş potansiyeli yüksek bir il olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Siirt İline Ait Güneşlenme Süreleri (saat) [4]

Şekil 8'de görüldüğü gibi, Siirt ilinde güneşlenme süresinin ortalaması kış aylarında yaklaşık 4,5 saat iken, bu oran yaz aylarında 10,5 saat dolaylarına kadar yükselmektedir. Bir yıllık ortalama alındığında ise bu değer 7,7 saat olduğu gözlemlenmektedir.

### 3. PVSYSYT PROGRAMIYLA GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZ İŞLEMLERİNDE KULLANILAN METOTLAR

PVsyst'in temel analiz işlemlerinde kullanılan metotlar şu şekildedir:

1. Güneş Işınımı Modelleme: PVsyst, güneşin pozisyonunu ve hareketini dikkate alarak bölgesel iklim verilerine dayalı olarak güneş ışınımını modellemek için sofistike matematiksel ve geometrik modeller kullanır. Bu modeller, güneş ışınlarının atmosferdeki dağılımını, yörüngesel hareketini ve panelin konumuna göre düşen güneş ışınımını hesaplar.

2. Fotovoltaik Modül ve İnvörtör Performansı: Program, kullanıcı tarafından belirtilen fotovoltaik modül ve invertörün teknik özelliklerini dikkate alarak sistemin elektrik üretimini modellemek için çeşitli matematiksel formüller ve algoritmalar kullanır. Bu, güneş ışınımından elektrik enerjisi üretimini, modül ve invertör verimliliklerini, güç kayıplarını ve sistem güç çıkışını hesaplar.

3. Kayıp Analizi: PVsyst, sistemdeki çeşitli kayıpları değerlendirmek için sofistike analizler yapar. Bunlar arasında kablo dirençleri, invertör verimlilikleri, gölgelenme kayıpları, modül sıcaklık katsayıları gibi faktörler bulunur. Bu analizler, sistemin toplam verimliliğini ve performansını belirlemeye yardımcı olur.

4. Performans Oranı Hesabı: Performans oranı, sistemin gerçek enerji üretiminin teorik olarak beklenen enerji üretimine oranını ifade eder. PVsyst, bu oranı hesaplamak için kullanıcı tarafından belirtilen verileri kullanır ve sistemin performansını değerlendirmeye olanak sağlar.

5. Ekonomik Değerlendirme: Program, fotovoltaik sistemlerin ekonomik değerlendirmesini yapmak için finansal modeller kullanır. Yatırım getirisi (ROI), geri ödeme süresi, net bugünkü değer (NPV) ve iç verim oranı (IRR) gibi finansal göstergeler, yatırımın maliyet etkinliğini değerlendirmek için hesaplanır.

Bu yöntemler, PVsyst'in güneş enerjisi sistemlerinin tasarımını, performansını ve ekonomik değerlendirmesini yapmak için kullanıldığı temel analiz süreçleridir.

### 4. PVSYSYT PROGRAMI

PVsyst, fotovoltaik (güneş enerjisi) sistemlerinin tasarımı, simülasyonu ve analizi için özel olarak geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu yazılım, mühendisler ve uzmanlar tarafından güneş enerjisi projelerinin her aşamasında kullanılmaktadır. PVsyst'in temel amacı, fotovoltaik sistemlerin etkin bir şekilde planlanması, optimize edilmesi ve performanslarının değerlendirilmesidir. PVsyst, güneş enerjisi projelerinin tasarımında önemli bir rol oynar. Kullanıcılar, güneş panellerinin yerleşimi, eğimi, yönelimi ve sistem bileşenlerinin seçimi gibi detaylı parametreleri ayarlayabilirler. Ayrıca, yazılımın içerdiği meteorolojik veriler ve güneş ışınım modellemesi sayesinde, belirli bir bölgede fotovoltaik sistemin potansiyel performansı önceden tahmin edilebilir. PVsyst aynı zamanda fotovoltaik sistemlerin simülasyonunu gerçekleştirebilir. Bu simülasyonlar, güneş enerjisi sisteminin elektrik üretimi, güneşlenme süreleri, verimlilik ve enerji üretim maliyetleri gibi faktörleri değerlendirmeye olanak tanır.

Kullanıcılar, farklı bileşen kombinasyonlarını test edebilir ve sistemin en verimli konfigürasyonunu belirleyebilirler.

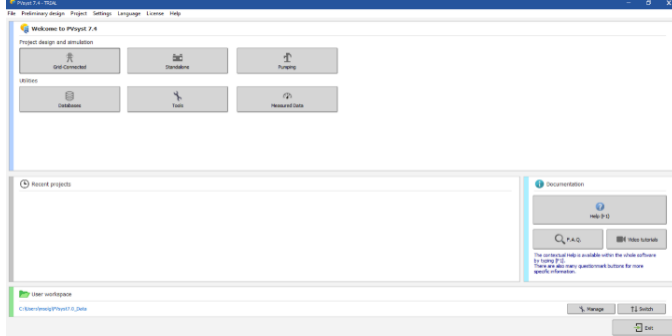
Son olarak, PVsyst ile yapılan analizler güneş enerjisi projelerinin performansının değerlendirilmesini sağlar. Gerçek zamanlı verilerle karşılaştırılarak sistemlerin gerçek dünya koşullarında nasıl çalışabileceği tahmin edilebilir. Bu sayede, projenin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği değerlendirilebilir ve gerektiğinde iyileştirmeler yapılabilir. PVsyst, güneş enerjisi projelerinin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi ve işletilmesi için önemli bir araçtır.

PVsyst'in temel özellikleri şunları içerebilir:

- Coğrafi Konum Analizi:** Belirli bir coğrafi konum için güneş radyasyonu ve iklim verilerini analiz ederek güneş enerjisi potansiyelini belirleme.
- Modül ve İnverter Seçimi:** Farklı fotovoltaik modül ve invertör tipleri arasında seçim yapma ve bunları sistem tasarımına entegre etme yeteneği.
- Sistem Tasarımı:** Fotovoltaik sistem bileşenlerini yerleştirme, bağlantıları yapma ve sistem konfigürasyonunu belirleme.
- Sistem Simülasyonu:** Belirli bir konum ve sistem konfigürasyonu için enerji üretimini simüle etme ve performans analizi yapma.
- Finansal Analiz:** Projelerin ekonomik değerlendirmesini yapabilme, yatırım getirisi hesaplamaları ve enerji maliyeti analizi gibi finansal unsurları içermesi.
- Raporlama:** Kullanıcı dostu raporlar oluşturma ve enerji üretimi, performans oranları gibi çeşitli parametreleri görsel ve sayısal olarak analiz etme yeteneği.

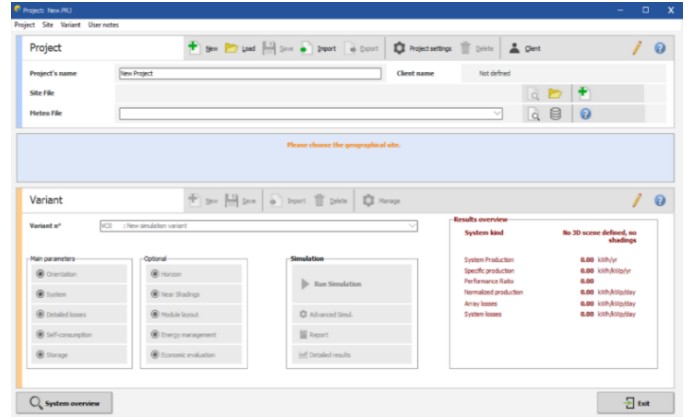
Bu tür yazılımlar, güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve performans analizi süreçlerini kolaylaştırmak, maliyetleri düşürmek ve projelerin sürdürülebilirliğini artırmak için kullanılmaktadır. PVsyst, özellikle güneş enerjisi endüstrisinde çalışan mühendisler, enerji uzmanları ve proje geliştiricileri tarafından yaygın olarak tercih edilen bir araçtır.

#### 4.1. PVsyst Programı ile Tasarım

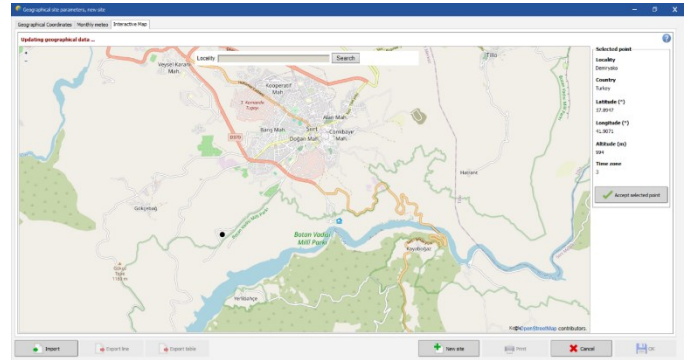


Şekil 9. PVsyst Program Arayüzü

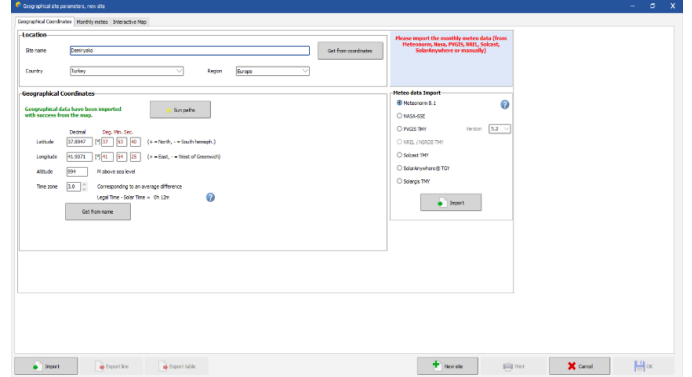
Yazılım yüklendikten sonra başlatılır. Ardından "Grid-Connected" bölümü seçilir. Bu bölüm açıldığında, koordinatların girilmesi için "dosya" seçeneğine tıklanır ve yeni bir lokasyonun belirlenmesi için koordinat veya nokta işaretleme yöntemleri kullanılır.



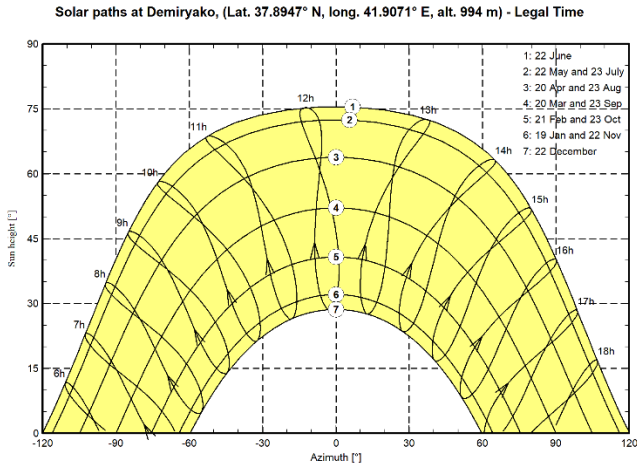
Şekil 10. PVsyst programı GridConnected arayüzü  
Bu çalışmada, kullanılan koordinat (37.899137, 41.915824) Siirt Merkez'de bulunan Yerlibahçe bölgesini temsil etmektedir.



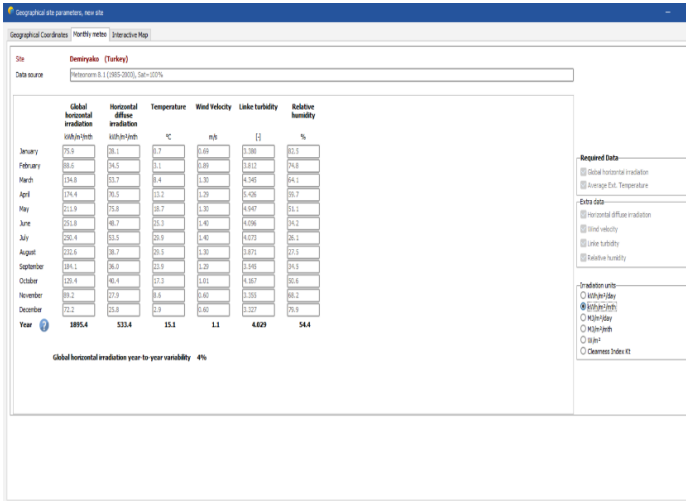
Şekil 11. PVsyst programı Koordinat Arayüzü  
Seçilen lokasyon, siyah bir nokta ile gösterilir. Daha sonra nokta seçilir ve koordinatları yüklenir.



Şekil 12. PVsyst programı Geographical Site Parameters  
Daha sonra Sunpath yapılıp Şekil 13'teki gibi görsel alınır.



Şekil 13. PVsyst programı SunPath (Güneş Yolları)



Şekil 14. PVsyst programı Siirt İli Aylık Meteoroloji

Şekil 14'te, girilen lokasyon için aylara göre rüzgâr hızı, sıcaklık, küresel yatay ışınlanma, yatayla dağınık ışınlanma, bağıl nem gibi parametrelerin görüntüsü sunulmaktadır. Bu parametrelerin günlük değerleri, programdan seçilerek ortalama alınabilir. Girilen lokasyon için yıllık ortalama sıcaklık 15,1 °C, rüzgâr hızı 1,1 m/s, yatay ışınlanma ise 1895,4 kWh/m<sup>2</sup>/ay olarak hesaplanmıştır. Şekil 6'da gösterildiği gibi, bu değerler 1800-2000 aralığında bulunmaktadır, ki bu da yeterli bir değerdir. Lokasyon kaydedildikten sonra tekrar yüklendiğinde, "kısmına basıp" saha parametreleri ve eğim açısı otomatik olarak tanımlanır.

Saha parametre ve eğim açısı seçimi, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak için oldukça önemlidir. Bu seçim süreci genellikle aşağıdaki adımları içerir:

#### a. Yer Seçimi ve Ölçümler:

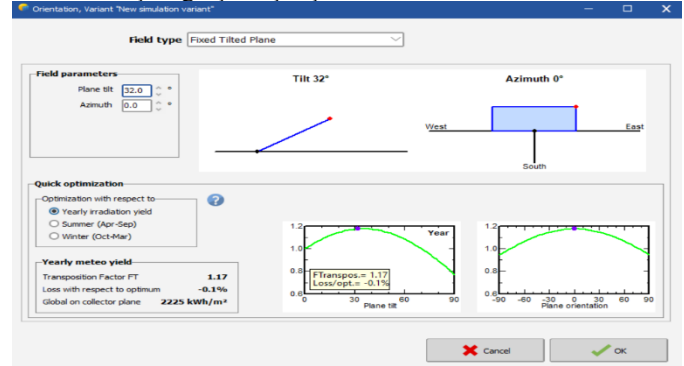
1. Güneş panellerinin yerleştirileceği alanın coğrafi konumu belirlenir.
2. Güneşin yıl boyunca hareketleri dikkate alınarak en fazla güneş ışığı alan nokta tespit edilir.
3. Bu noktada güneş ışınımının en verimli şekilde alınabilmesi için gölgeleme analizleri yapılır.
4. Eğim açısının belirlenmesi için alanın topografyası ve güneş ışınım açıları göz önünde bulundurulur.

#### b. Eğim Açısı Seçimi:

1. Güneş panellerinin maksimum verimlilikle çalışabilmesi için eğim açısı önemlidir.
2. Eğim açısı, güneş panellerinin yatay düzleme göre olan eğimini ifade eder ve genellikle derece cinsinden belirtilir.
2. Eğim açısı, güneş ışınımının dik açıyla gelmesini sağlayarak en yüksek verimi elde etmeyi amaçlar.
3. Eğim açısı, bulunduğunuz coğrafi konum ve mevsimlere göre değişebilir. Örneğin, kış aylarında güneş ışınımı daha dik geldiği için eğim açısı daha düşük olabilir.

#### c. Eğim Açısının Belirlenmesi:

Eğim açısı, genellikle güneşin en yüksek olduğu zamanda en fazla enerjiyi üretecek şekilde belirlenir. PVsyst gibi yazılımlar, coğrafi konum ve sistem parametrelerini dikkate alarak en uygun eğim açısını hesaplayabilir. Dolayısıyla eğim açısı 32 °C otomatik seçim gerçekleştirilmiştir.

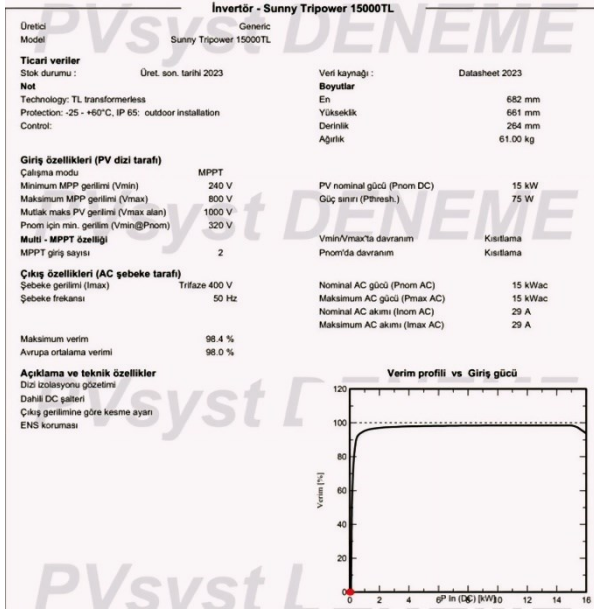


Şekil 15. PVsyst programı Saha Parametreleri

Programda hızlı optimizasyon seçenekleri bulunmaktadır, bu da yaz, kış veya yıllık optimizasyonları içerebilir. Daha sonra, "sistem" butonuna basılarak sistem parametreleri tanımlanır. Bu sistem, şebekeye bağlı olarak çalışacaktır. Projenin odak noktası, 15 kW kurulu güce sahip bir bağ evi projesidir. İlk olarak, inverter seçimi yapılacak ve Alman kökenli SMA Solar Technology firmasının dünya çapında tanınmış ve yüksek verimliliği ile bilinen 15 kW'lık inverteri tercih edilecektir.



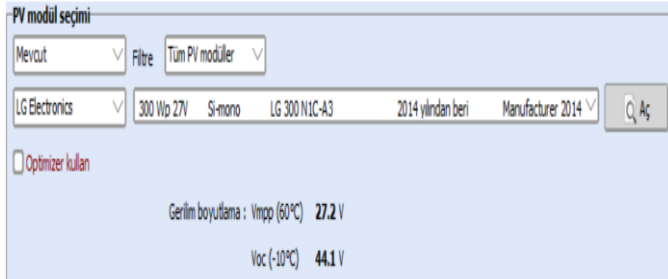
Şekil 16. PVsyst programı İnvertör Seçimi



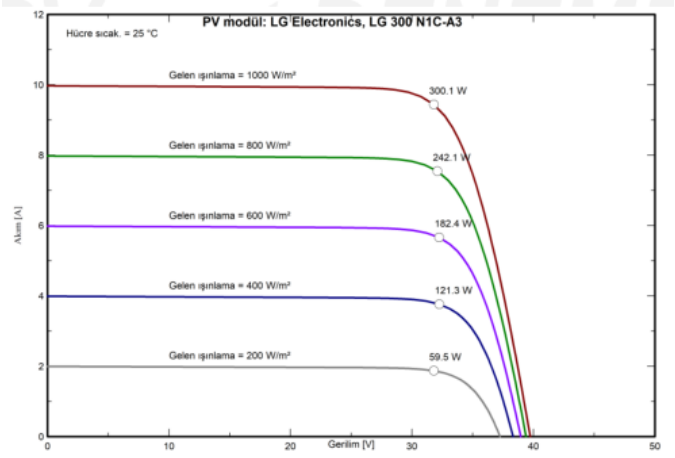
Şekil 17. PVsyst programı İnvertör Verim Eğrisi ve Değerleri

Inverterin verimlilik eğrisini, Şekil 17'te 25°C sıcaklıkta  $\cos \phi = 1$  değerlerinde çıkarıyoruz. Burada, sıcaklığı değiştirerek ve boyutları ayarlayarak verimliliği gözlemleyebiliriz. Sıcaklığı arttırdıkça, verimin düştüğünü ve  $\cos$  değerinin azaltılmasıyla reaktif gücün arttığını görebiliriz, bu da verimin düşeceğini gösterir. Ayrıca, inverterin boyutlarını da değiştirebiliriz. Nominal sıcaklığı 50°C olarak seçiyoruz, bu sıcaklık değerinden sonra invertör ısınacak ve verimi düşecektir. Kurulu gücü 15 kW olan bağ evi projemiz için 300 Wp'lik panel modülü seçeceğiz ve 30 adet, 2 zincir, 15 seri set olacak şekilde kurulum yapacağız.

LG'nin güneş panelleri genellikle yüksek enerji dönüşüm verimliliğine sahiptir, bu da daha yüksek verimlilik ve daha fazla enerji üretimi anlamına gelir. LG modülleri genellikle dayanıklı malzemelerden üretilir ve uzun ömürlüdür. Ayrıca, LG güneş panelleri teknolojik inovasyona yatırım yapar ve ürünlerini sürekli olarak geliştirir. Bu, daha yeni ve etkili teknolojilerin kullanılmasını sağlar. LG genellikle ürünlerine uzun vadeli garanti sağlar, bu da tüketicilere ürünlerine güven duymalarını sağlar. Bu gibi özelliklerden dolayı, Şekil 18'da gösterilen LG Electronics modülünü kullanacağız.

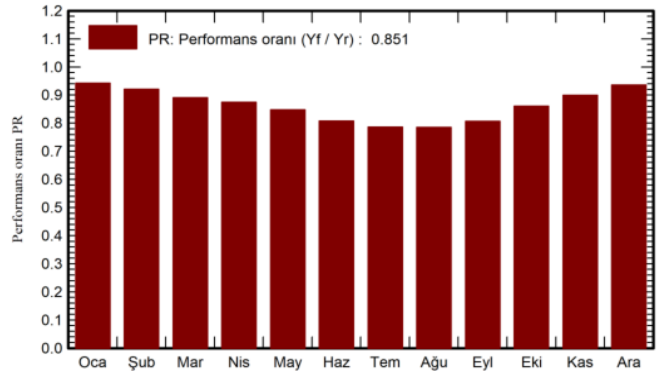


Şekil 18. PVsyst programı Modül Seçimi



Şekil 19. PV modül karakteristik eğrisi

Uygun Voc ve Isc değerleri ürün kataloglarından (datasheet) alındıktan sonra, uygun koşullar sağlanarak simülasyona başlanmıştır.

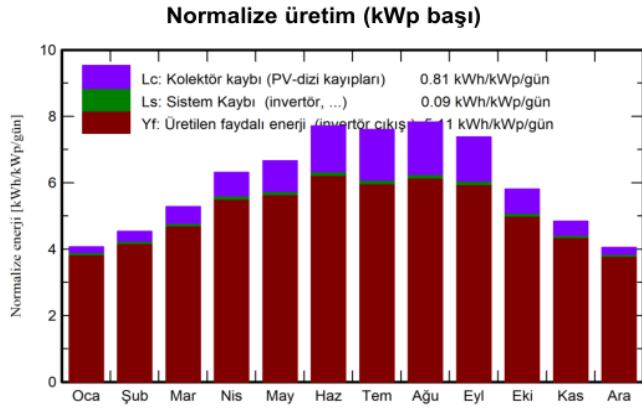


Şekil 20. Simülasyon performans oranı değişimi

Yf (Üretilen Faydalı Enerji): PV sistemi tarafından üretilen gerçek enerji miktarını ifade eder. Bu değer, sistemin gerçek işlevselliğini ve performansını yansıtır.

Yr (Beklenen veya Referans Enerji): PV sisteminin belirli bir dönem veya koşullar altında teorik olarak üretmesi beklenen enerji miktarını ifade eder. Bu değer, güneş ışığına, panel konumuna ve diğer çevresel faktörlere dayalı olarak hesaplanır. Performans Oranı, gerçek enerji üretiminin (Yf) beklenen enerji üretimine (Yr) oranını verir ve genellikle yüzde olarak ifade edilir. Yüksek bir PR değeri, PV sisteminin beklenenden daha verimli çalıştığını gösterirken, düşük bir PR değeri beklenenden daha az verimli olduğunu işaret eder.

Simülasyon sonuçlarına göre güneş paneli performans oranı (PR) 0,851 olarak belirlenmiştir. Performans oranı, güneş panelinin gerçek dünya koşullarında ne kadar verimli çalıştığını gösteren bir ölçüttür. Bu değer, panelin nominal gücüne (katalog değeri) ve simülasyon sonucundaki ortalama güç üretimine dayanarak hesaplanır. Performans oranı 1'e ne kadar yakınsa, panel o kadar verimli olarak çalışmaktadır. 0,851 değeri, güneş panelinin beklentilere göre iyi bir performans sergilediğini, ancak potansiyelinin tam olarak gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Bu sonuçlar, güneş panelinin gerçek dünya koşullarında ne kadar etkin olduğunu değerlendirme ve iyileştirme fırsatları sağlar.



Şekil 21. Normalize Üretim

Şekil 19'da verilen ifadelerin anlamları şu şekildedir:

Ls: Sistem kaybı, güneş enerjisi sistemi içinde oluşan genel kayıpları temsil eder. Bu kayıplar, kablo kayıpları, invertör kayıpları gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir.

Lc: Kollektör kaybı, güneş enerjisini dönüştürme sürecinde gerçekleşen kayıpları ifade eder. Bu kayıplar, güneş ışınlarının panel yüzeyine ulaşmasıyla başlayıp elektrik enerjisine dönüşüm sürecinde meydana gelen ısı kayıplarını içerir.

Yf: Üretilen faydalı enerji miktarını ifade eder. Bu değer, güneş panelinin nominal kapasitesi ve gerçek dünya koşullarında üretilen elektrik enerjisi miktarına dayanarak hesaplanır.

Kollektör kaybının %81 olarak belirlenmesi, güneş enerjisini dönüştürme sürecinde meydana gelen kayıpların yüksek olduğunu gösterir. Bu kayıplar, panel yüzeyine gelen güneş ışınlarının kısmen ısıya dönüşmesi ve bu ısı enerjisinin verimli elektrik enerjisine dönüşümünü engelleyebilir.

Sistem kaybının %9 olduğu bulgusu, güneş enerjisi sistemi içindeki genel kayıpların daha düşük olduğunu gösterir. Bu kayıplar, kabloların dirençlerinden, invertörlerin verimsizliklerinden ve diğer sistem bileşenlerinin performans kayıplarından kaynaklanabilir.

Bu veriler, güneş enerjisi sisteminin performansını değerlendirme ve iyileştirme sürecinde kullanılabilir. Özellikle kollektör kaybının azaltılması ve sistem kayıplarının minimize edilmesi, sistemin toplam verimliliğini artırabilir ve daha fazla faydalı enerji üretimine katkı sağlayabilir.

Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	oran
Ocak	75.9	28.09	0.67	126.2	123.4	1090	1071	0.942
Şubat	88.6	34.46	3.05	126.9	124.3	1071	1052	0.921
Mart	134.8	53.68	8.44	163.6	159.8	1336	1312	0.891
Nisan	174.4	70.52	13.17	189.3	184.6	1516	1489	0.874
Mayıs	211.9	75.76	18.75	206.4	200.6	1604	1575	0.848
Haziran	251.8	48.67	25.29	231.3	224.7	1711	1681	0.808
Temmuz	250.4	53.45	29.88	235.8	229.2	1699	1669	0.786
Ağustos	232.6	38.70	29.48	242.8	236.6	1745	1715	0.785
Eylül	184.1	36.00	23.88	221.4	216.3	1635	1608	0.807
Ekim	129.4	40.35	17.26	180.1	176.4	1419	1395	0.860
Kasım	89.2	27.93	8.63	145.2	142.2	1196	1176	0.900
Aralık	72.2	25.77	2.89	125.4	122.8	1076	1056	0.936
Yıl	1895.4	533.37	15.19	2194.6	2140.7	17098	16799	0.851

## Açıklama

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

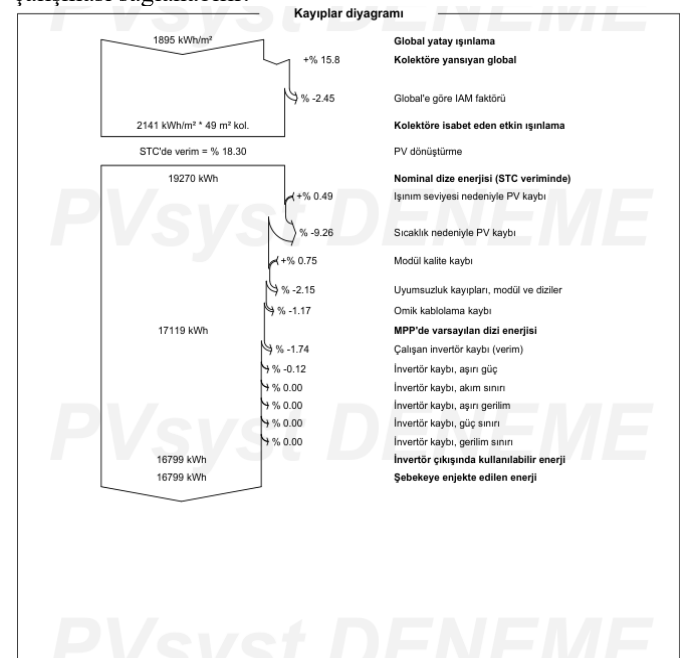
Şekil 22. Genel Sonuçlar

$$PR = \frac{\text{TOPLAM GÜÇ ÇIKIŞI}}{\text{TEORİK MAKSİMUM GÜÇ ÇIKIŞI}} \quad (1)$$

PV sistemlerinde "PR" (Performance Ratio), sistemin verimliliğini belirlemek için kullanılan bir ölçümdür. PR, sistemin gerçek üretim performansının, teorik olarak beklenen performansa oranını ifade eder. Genellikle yüzde (%) cinsinden ifade edilir.

Formül 1'de belirtilen ortalama performans oranının 0,851 olduğu görülmektedir. Ancak, bu değer yaz aylarında 0,785 gibi daha düşük değerlere indiği gözlemlenmektedir. Bu durum, sıcaklık arttıkça PV sisteminin veriminde bir düşüş olduğunu işaret etmektedir. Sıcaklık, fotovoltaik (PV) sistemlerin performansını etkileyen önemli bir faktördür. Yüksek sıcaklık, PV panellerinin elektrik üretim verimliliğini azaltabilir. Çünkü yüksek sıcaklıklar, panellerin elektrik üretme kapasitesini düşürebilir ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum, PV panellerin üzerindeki yarıiletken malzemelerin ısıya duyarlılığından kaynaklanmaktadır. Yarıiletken malzemelerin sıcaklık arttıkça elektron hareketliliği azalır ve bu da elektrik üretiminde verimliliği düşürür. Yaz aylarında, genellikle güneşin en yoğun olduğu dönemlerde sıcaklık da yüksektir. Bu nedenle, yaz aylarında PV sistemlerinin performansında bir düşüş gözlemlenmesi beklenir. Düşen performans, PV sistemlerinin elektrik üretim verimliliğindeki azalmanın bir yansımasıdır.

Bu durum, PV sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi süreçlerinde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Sistemlerin verimliliğini artırmak için, sıcaklıkla ilişkili performans düşüşlerini minimize etmeye yönelik önlemler alınabilir. Bunlar arasında panellerin daha serin kalmasını sağlayacak soğutma sistemleri kullanımı, panellerin gölgeleme ve yalıtımı gibi teknik çözümler yer alabilir. Bu şekilde, PV sistemlerinin yaz aylarında bile maksimum verimlilikle çalışması sağlanabilir.



Şekil 23. Toplam Kayıplar Diyagramı



## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Güneş enerji çözümü, sadece Siirt'teki bir bağ evinin günlük enerji ihtiyacını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir bir enerji geleceğine yönelik önemli bir adımı temsil etmektedir. LG300N1C-A3 model güneş panelleri, modern güneş enerjisi teknolojisinin en üst düzey avantajlarını taşıyarak projeye güç katmaktadır. LG'nin bu güneş paneli modeli, yüksek dönüşüm verimliliği sayesinde güneş ışığını maksimum seviyede elektrik enerjisine çevirme kapasitesine sahiptir. Ayrıca, uzun ömür beklentisi, projenin sürdürülebilirlik açısından uzun vadeli bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Bu paneller, Siirt'in güneş dolu günlerinden en iyi şekilde faydalanarak, bağ evinin enerji bağımsızlığını destekleyecek. Sunny Tripower 15000TL invertörü ise sistemdeki enerji akışını optimize ederek güneş enerjisinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Yüksek performansı ve güvenilirliği ile bu invertör, panellerden gelen enerjiyi maksimum verimle şebekeye entegre eder. Bu sayede, bağ evi enerji ihtiyacını karşılarken aynı zamanda fazla enerjiyi şebekeye geri göndererek ekonomik bir avantaj sağlar. Bu yenilikçi enerji çözümü, çevresel sürdürülebilirlik konusunda da etkili bir adımdır. Güneş enerjisi, karbon ayak izini azaltarak çevreye daha az zarar verir. Aynı zamanda, ekonomik fayda sağlayarak enerji maliyetlerini düşürür ve uzun vadede finansal getiri sunar. Bu bağlamda, projenin ekonomik sürdürülebilirliği, güneş enerjisinin benimsenmesindeki önemli bir unsuru temsil etmektedir.

Çalışmanın odaklandığı belirli bir fotovoltaik sistemin ölçek ve konum sınırları bulunmaktadır. Veri toplama sürecindeki kısıtlamalar veya ölçüm hataları, sonuçların genelleştirilebilirliğini etkilemektedir. Teknolojik gelişmelerin hızı ve maliyetleri, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşmasını sınırlamaktadır.

Gelecekte yapılacak farklı çalışmalar için farklı iklim koşullarında güneş enerjisi sistemlerinin performansının karşılaştırmalı olarak incelenmesi önemlidir. Güneş enerjisi depolama teknolojilerinin daha etkin ve ekonomik kullanımı üzerine odaklanan çalışmaların yapılması gereklidir. Ayrıca, yenilikçi tasarım yaklaşımları ve akıllı kontrol sistemlerinin güneş enerjisi sistemlerindeki rolünün daha detaylı araştırılması gerekmektedir.

Bu sınırlar ve gelecekte yapılacak çalışmalar, güneş enerjisi alanındaki araştırmaların daha ileriye taşınmasına ve sektördeki gelişmelere katkı sağlamaya yönelik önemli adımlar olabilir. Sonuç olarak, Siirt'te planlanan 15 kW'lık bağ evi fotovoltaik sistemi, LG'nin yüksek performanslı güneş panelleri ve Sunny Tripower 15000TL invertörü gibi teknolojik bileşenlerle donatılarak, sürdürülebilir bir enerji geleceğine katkı sağlamaktadır. Güneşin kucakladığı bu yenilikçi enerji çözümü, çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik fayda ve enerji bağımsızlığı gibi avantajları bir araya getirerek, Siirt'teki bağ evlerinin enerji ihtiyacını çevre dostu bir şekilde karşılamaktadır.

## KAYNAKLAR

[1] Akcan, E., Kuncan, M., Minaz, M. R. "PVsyst yazılımı ile 30 kw şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin modellenmesi ve simülasyonu", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı18, Sayfa 248-261, 2020.

- [2] Aksangör, N.N., "Ankara şartlarında bir fotovoltaik sistemin PVsyst programı yardımı ile performans analizi", Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2019.
- [3] Aviatic, "RÜZGAR GÜCÜ: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) yayınlandı", <https://ruzgargucu.blogspot.com/2011/08/turkiye-gunes-enerjisi-potansiyeli.html>, March 19, 2024.
- [4] CW-Enerji, "Güneşten Elektrik", <https://www.cw-enerji.com/tr/index.html>, March 19, 2024.
- [5] Tunçer, B., "Şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemlerinin analizi, benzetimi ve boyutlandırılması". Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2022.
- [6] GAMAK, "Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi", <https://www.gamak.com/gunes-enerjisi-ile-elektrik-uretimi-nasil-yapilir>, March 19, 2024.
- [7] Green Solar Network, "Portal Türkiye", <https://www.greensolarnetwork.org/>, March 19, 2024.
- [8] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "Güneş-Enerji İşleri Genel Müdürlüğü", <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>, March 19, 2024.
- [9] Lg USA, "High Efficiency Mono X™ NeON Module Cells: 6 x 10 Module efficiency 18.3% Connector Type: MC4 connector IP67", <https://www.lg.com/us/business/solar-panels/lg-LG300N1C-A3>, March 19, 2024.
- [10] T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, "Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik", <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15058&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, March 19, 2024.
- [11] Öztürk, H.H., "Güneş enerjisinden fotovoltaik yöntemle elektrik üretiminde güç dönüşüm verimi ve etkili etmenler", Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri, 1-14, İzmir, 2017.
- [12] Hanol, Ö., "Güneydoğu Anadolu Bölgesi geleneksel evlerinde açık ve yarı açık mekanların iklimle ilgili olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep, 2018.
- [13] TMMOB Makina Mühendisleri Odası, "Binaların Pasif Güneş Enerjili Sistemler Yardımıyla Isıtılması", <https://1.mmo.org.tr/tesisat-muhendisligi-22/makale/binalarin-pasif-gunes-enerjili-sistemler-yardimiyla-isitilmesi>, March 16, 2024.
- [14] Eyyüp C., "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları", <https://makale.eceylan.com/turkiyede-yenilenebilir-enerji-kaynaklari/>, March 19, 2024.
- [15] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, "Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası", <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/56.aspx>, March 22, 2024.