



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KONYA ŞARTLARINDA BİR GÜNEŞ
SANTRALİNİN TASARIMI VE ÜRETİM
DEĞERLERİ İLE SİMÜLASYON
SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Şeyma BABA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

**Haziran-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Şeyma BABA tarafından hazırlanan “Konya Şartlarında Bir Güneş Santralinin Tasarımı ve Üretim Değerleri ile Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması” adlı tez çalışması 25/06/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sacid ENDİZ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Şeyma BABA

Tarih: 25/06/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA ŞARTLARINDA BİR GÜNEŞ SANTRALİNİN TASARIMI VE ÜRETİM DEĞERLERİ İLE SİMÜLASYON SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Şeyma BABA

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sacid ENDİZ

2024, 57 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sacid ENDİZ

Doç. Dr. Mümtaz MUTLUER

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN

İnsanlığın varoluşundan günümüze kadar enerji gereksinimi sürekli artarak devam etmiştir. Her geçen gün artan ihtiyacı karşılayacak enerjinin üretiminde, yenilenebilir, sınırsız kaynaklara sahip ve fosil yakıtlara göre daha çevre dostu sistemlerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi santralleri (GES), güneşten elde edilen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek, sürdürülebilir bir enerji kaynağı sunmaktadır. Ancak, bu tür yatırımların başarısı, doğru yer seçimi, meteorolojik verilerin analizi, fizibilite çalışmaları ve ekonomik değerlendirmeler gibi birçok faktöre bağlıdır.

Bu tez çalışmasında, Konya’da bulunan ve 1 MW güce sahip Baykara Güneş Enerji Santrali’nin üretim verileri ile aynı tesisin PVsyst 7.2.11 programı kullanılarak yapılan simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre, tesisin üreteceği enerji miktarı 1.895.694 kWh olarak hesaplanırken, gerçekte bu miktar 1.905.050,10 kWh olarak ölçülmüştür. Yıllık üretim açısından yapılan karşılaştırmada, iki sonuç arasında %99,9 gibi önemli bir benzerlik belirlenmiştir. Bu karşılaştırma analizi, gerçek ortamdaki üretim verileri ile simülasyon verilerinin uyumunu değerlendirmek, böylece gelecekteki GES yatırımları için daha doğru ve güvenilir öngörülerde bulunmak amacıyla yapılmıştır. Bu tür analizler, güneş enerjisi yatırımlarının verimliliğini artırmak ve doğru kararlar almak için kritik öneme sahiptir. GES yatırımlarının planlanması ve uygulanmasında, meteorolojik verilerin toplanması, yer seçimi, ekonomik analizler, çevresel ve sosyal etkilerin değerlendirilmesi ve yasal gerekliliklerin yerine getirilmesi gibi adımlar, yatırımın başarısı ve sürdürülebilirliği için vazgeçilmezdir. Bu kapsamda, Baykara GES örneği üzerinden yapılan çalışma gelecekteki projeler için önemli bir referans noktası oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Konya, PVsyst, Yenilenebilir Enerji

ABSTRACT

MS THESIS

DESIGN OF A SOLAR POWER PLANT IN KONYA AND COMPARISON OF PRODUCTION DATA AND SIMULATION RESULTS

Şeyma BABA

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DEPARTMENT OF
ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Mustafa Sacid ENDİZ

2024, 57 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Mustafa Sacid ENDİZ

Assoc. Prof. Dr. Mümtaz MUTLUER

Asst. Prof. Dr. Ali Osman ÖZKAN

Since the existence of humanity, the need for energy has continued to increase continuously. In the production of energy to meet the ever-increasing need, it is of great importance to develop and promote systems that are renewable, have unlimited resources and are more environmentally friendly than fossil fuels. Solar power plants (SPP) offer a sustainable energy source by converting the energy obtained from the sun into electrical energy. However, the success of such investments depends on many factors such as correct site selection, analysis of meteorological data, feasibility studies and economic evaluations.

In this thesis, the production data of Baykara SPP in Konya with a power of 1 MW are compared with the simulation results of the same plant using PVsyst 7.2.11 program. According to the simulation results, the power plant was calculated to produce 1,895,694 kWh of energy, whereas the actual value measured was 1,905,050.10 kWh. A comparison of the two results showed a similarity of approximately 99.9% in terms of annual production. This comparative analysis was carried out to evaluate the compatibility of the simulation data with the real-world generation data, so that more accurate and reliable predictions can be made for future SPP investments. Such analyses are critical for improving the efficiency of solar energy investments and making the right decisions. In the planning and implementation of SPP investments, steps such as collection of meteorological data, site selection, economic analysis, assessment of environmental and social impacts, and fulfillment of legal requirements are indispensable for the success and sustainability of the investment. In this context, the Baykara SPP case study provides an important reference point for future projects.

Keywords: Solar Energy, Konya, PVsyst, Renewable Energy

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bana destek olan ve tecrübelerini benimle paylaşan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sacid ENDİZ'e teşekkürü borç bilirim. Tüm eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve maddi manevi hep yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Şeyma BABA
KONYA-2024



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. GÜNEŞ ENERJİSİ	9
3.1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	10
3.2. Konya İli Coğrafi Konumu ve Meteorolojik Verileri	11
4. FOTOVOLTAİK PANEL YAPISI ve ÇALIŞMA ŞEKLİ	13
4.1. Fotovoltaik Panel Yapısı.....	13
4.2. Fotovoltaik Hücre Türleri	13
4.2.1. Kristal Silisyum Hücre.....	13
4.2.2. Monokristal Silisyum Hücreler.....	14
4.2.3. Polikristal Silisyum Hücreler	14
4.2.4. İnce Film Hücreler	14
4.3. Fotovoltaik Hücrelerin Çalışma Şekli.....	15
4.4. Fotovoltaik Sistemlerin Bağlantı Çeşitleri.....	16
4.4.1. Şebekeye Bağlı Sistemler	16
4.4.2. Şebekeden Bağımsız Sistemler	17
4.4.3. Hibrit Sistemler	18
5. TASARLANAN SİSTEMİN PVSYSYT ORTAMINDA MODELLENMESİ.. 20	
5.1. Proje Özellikleri ve Genel Prosedür	21
5.2. Sistemin Pvsyst Ortamında Tasarlanması.....	26
5.3. Simülasyonun Çalıştırılması	31
5.4. Sonuçların Analiz Edilmesi	32
5.5. Kabloleme Kayıpları.....	40
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	47
6.1. Pvsyst Simülasyon Verileri ile Gerçek Üretim Verilerinin Karşılaştırılması	47
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51

7.1. Sonuçlar	51
7.2. neriler	52
8. KAYNAKLAR	54



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

\$: Dolar
°	: Derece
°C	: Santigrat derece
A	: Amper
E	: Enerji
GWh	: Gigawatt saat
kVA	: Kilovolt amper
kW	: Kilowatt
kWac	: AC kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
kWp	: Kilowatt peak
m	: Metre
m ²	: Metrekare
cm ²	: Santimetrekare
mm	: Milimetre
MW	: Megawatt
GW	: Gigawatt
MWh	: Megawatt saat
V	: Volt
W	: Watt
Wp	: Watt peak
DC	: Direct Current (Doğru akım)
PV/FV	: Fotovoltaik
AC	: Alternating Current (Alternatif akım)
N	: Dizi Sayısı

Kısaltmalar

A-si	: Amorf Silisyum
Cd-Te	: Kadmiyum Tellürid
CIS	: Bakır İndiyum Diselenid
CIGS	: Bakır İndiyum Galyum Diselenid
YA	: Dizi verimi
LC	: Dizi Kaybı
LS	: Sistem Kaybı
YR	: Referans Alınan Verim
YF	: Sistem Verimi
NOCT	: Nominal Çalışma Hücresi Sıcaklığı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Dünya yüzeyine güneş ışınlarının geçiş yüzdeleri	9
Şekil 3.2 Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası	9
Şekil 3.3 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası	10
Şekil 3.4 Türkiye yıllık ortalama güneşlenme süreleri	11
Şekil 3.5 Konya ili aylık güneşlenme ve radyasyon değerleri	12
Şekil 3.6 Konya iline ait aylık meteorolojik veriler	12
Şekil 4.1 Fotovoltaik panel yapısı	13
Şekil 4.2 Kristal silisyum hücreler	14
Şekil 4.3 Fotovoltaik hücre tipleri	15
Şekil 4.4 Fotovoltaik pillerin çalışma modeli	16
Şekil 4.5 Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem	17
Şekil 4.6 Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem	18
Şekil 4.7 Hibrit sistemler	19
Şekil 5.1 PVsyst 7.2 programı açılış ekranı	20
Şekil 5.2 Baykara tuğla fabrikası üstten görünüşü	22
Şekil 5.3 Baykara tuğla fabrikası panel yerleşim planı	22
Şekil 5.4 PVsyst 7.2 açılış ekranı	23
Şekil 5.5 PVsyst veri giriş ana sayfası	24
Şekil 5.6 PVsyst 'de konum bilgisinin girilmesi	25
Şekil 5.7 Program veri tabanından gelen meteorolojik veriler	25
Şekil 5.8 Veri girişi yapılması için kırmızı renkle belirtilen sekmeler	26
Şekil 5.9 Düzlem eğimi ve azimut açısı girişi	27
Şekil 5.10 Plurawatt (DC M 72 450 W) panel teknik özellikleri	27
Şekil 5.11 Huawei (SUN2000- 100 KTL-M1-400Vac) teknik özellikleri	28
Şekil 5.12 Panel ve inverter uyum kontrolü	29
Şekil 5.13 Baykara GES panel yerleşim planı	30
Şekil 5.14 Sistem veri giriş sayfası	30
Şekil 5.15 Yönlendirme ve sistem girdilerinden sonra simülasyonun aktif olması	31
Şekil 5.16 Simülasyon sonuç sayfası	31
Şekil 5.17 Proje, sistem ve sonuçların özeti	33
Şekil 5.18 Genel parametreler, kolektör alanının özellikleri, dizi kayıpları	34
Şekil 5.19 Genel sonuçlar	35

Şekil 5.20 Kayıplar diyagramı	36
Şekil 5.21 Hüyük / Göçeri mevkisi için meteonorm verileri	37
Şekil 5.22 Uzak gölgelenmeler simülasyon raporu	38
Şekil 5.23 Ayrıntılı kayıplar sekmesi	39
Şekil 5.24 Kablolama kayıpları sekmesi	40
Şekil 5.25 İnverter e bağlanan kablo kesitleri ve mesafeleri	41
Şekil 5.26 Kablolama direnci sekmesi	42
Şekil 5.27 Uyumsuzluk kayıpları veri giriş ekranı	43
Şekil 5.28 Yaşlanma kayıpları giriş sekmesi	44
Şekil 5.29 Kullanılamazlık kayıpları veri giriş ekranı	44
Şekil 5.30 Spektral düzeltme veri giriş ekranı	45
Şekil 5.31 Kayıpların eklenmiş hali ile simülasyon raporu	46
Şekil 5.32 Spektral düzeltme raporu	46
Şekil 6.1 Baykara GES 2023 yılı üretim verileri	47
Şekil 6.2 Baykara GES simülasyon verileri	49

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yeryüzünde yaşayan canlılar arasında kendisini egemen olarak kabul ettirmiş vaziyettedir. Bu konunun arkasındaki en belirleyici sebep ise, insanoğlunun enerjiye hükmedebilme ve kontrol altına alabilme yeteneğidir. İnsanoğlu, yaşam konforunu sağlayabilmek adına içinde bulunduğu duruma göre enerjinin çeşitli hallerine ihtiyaç duymuştur.

18. Yüzyılın ortalarında Britanya'da başlayan sanayi devrimi ile buhar ve su gücü sanayide kullanılmaya başlanılmış, bununla birlikte insanlık tarihinde ilk kez insan gücünün yerini makineler olarak makineleşme dönemi başlamış ve üretim küçük işletmelerden fabrikalara taşınmıştır (eba.gov.tr.). 19. Yüzyılda Batı Avrupa ülkeleriyle Kuzey Amerika ve Rusya'yı ve daha sonra da Japonya'yı içine dâhil eden Sanayi Devrimi ile bu zamana kadar insan nüfusu ile hemen hemen doğru orantılı artan enerji kullanımı hızlı bir artış göstermeye başlamıştır (www.poelsan.com).

Enerji ihtiyacının her geçen gün artarak devam etmesi sonucu insanoğlu fosil yakıtlarla ürettiği enerjiye alternatif yollar aramış ve yenilenebilir enerji (GES, HES, Rüzgâr, Jeotermal, Biyogaz) sistemlerinin geliştirilmesine yönelmiştir. Bu sistemlerin geliştirilmesi ile enerjiye daha hızlı, daha kolay ulaşılabilmiş ayrıca yenilenebilir olması nedeniyle bitmeyen bir kaynak olduğundan bu sistemler fosil yakıtlara olan bağımlılığa hızla son vermeye başlamıştır (acikerisim.karabuk.edu.tr).

Çağımızda enerji ihtiyacının temel kaynağı olmaya devam eden fosil yakıtların sınırlı olması nedeniyle tükenme riski ve enerji elde edilme sürecinde meydana gelen kirlenici etkiler nedeniyle alternatif enerji arayışları oluşmuştur. Her geçen gün artan ihtiyacı karşılayacak enerjinin üretiminde, yenilenebilir, sınırsız kaynaklara sahip ve enerji elde edilirken fosil yakıtlara göre çevre dostu sistemlerin geliştirilmesi, yaygınlaştırılması gerekmektedir (acikerisim.karabuk.edu.tr).

Fosil yakıtlar günümüzde hala enerji üretimi için en çok kullanılan yöntem olarak hayatımızda önemli bir yer kaplamaktadır. 2022 yılında Rusya-Ukrayna Savaşının fiilen başlaması ile Fosil kaynaklı enerji ihracatında dünyanın en büyük ülkelerinden Rusya'nın bu enerjiyi bir tehdit unsuru olarak kullanan politikalar izlemesi ile ülkeler bazında krizler oluşturması yenilenebilir enerjinin önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Güneş enerjisi yenilenebilir enerjinin en önemli kaynaklarından birisi olarak, özellikle 1980'li yıllardan itibaren ciddi bir sektör olmaya başlamıştır. Güneş enerjisi teknolojilerinin alt dallarından olan Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi (Concentrated Solar Power- CSP) bir başka önemli

güneş enerjisi teknolojisi olan Fotovoltaik (FV) Paneller kadar ilgi görmese de özellikle İspanya ve Amerika’da ciddi yatırım desteği görmüştür (dergipark.org.tr).

Fosil yakıtlar kullanılarak üretilen ve tüketilen kaynaklar yenilenemeyecek olduğundan dolayı geri dönüşümsüz bir hasara neden olunmakta ayrıca fosil yakıtlar çevre kirliliği yönünden dünyamıza zarar vermekte, enerji ihtiyacımızı karşılarken hava kalitemizi düşürmektedir. Yenilenebilir kaynaklar ile enerji üretimi ve enerji tüketiminin yaygınlaştırılması ile çevreye verilen zararlar asgari düzeyde olacaktır (Kocakuşak, 2018).

Ülkelerin enerji ihtiyaçlarının, yüksek oranda ithal edilecek kaynaklar ile karşılanıyor olması ülke ekonomisine önemli ölçüde zarar vermektedir. Ayrıca sadece enerji alanında değil ülkelerin bütün ihtiyaçlarının karşılanması noktasında dışa bağımlılık seviyesi arttıkça yönetsel olarak da ülkeler zorluk yaşamakta, sömürge haline gelmektedir. Türkiye, fosil kaynak rezervi açısından zengin bir ülke konumunda değildir. Bu nedenle ihtiyacı olan enerjiyi temin edebilmek için kaynakları ithal ederek oldukça büyük harcamalar yapmaktadır. Enerji ihtiyacının ithal kaynaklar yerine yerli kaynaklardan karşılanmasının sağlanması dışa bağımlılığı azaltarak ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Dışa bağımlılığın azalması az gelişmiş ülkeler için çok önemli bir atılım olacaktır (doi.org).

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının en önde gelenlerinden birisidir. Güneş enerjisinin kullanılması hızla gelişmekte ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Güneş enerjisi, ülkemiz için diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha avantajlı konumda bulunmaktadır. Ülkemiz, her ne kadar güneş alma süreleri açısından çok elverişli olsa da henüz istenilen düzeylerde bu potansiyeli kullanamamaktadır.

1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Sınırlı miktarda olan fosil enerji kaynakları artan ihtiyacı karşılayabilmekte yetersiz kalmaktadır. Geri dönüşümü olmayan ve çevreye vermiş olduğu zararlı etkiler sebebiyle fosil yakıtlara olan ilgi gün geçtikçe azalmaktadır. Artan enerji ihtiyacının temiz ve yenilenebilir kaynaklarla sağlanması hem ekonomik olarak ülkelerin dışa bağımlılığını azaltacak hem de çevreye verilen zararı önüne geçecektir.

Güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından ilk sıradadır. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum sebebiyle güneş alma süresi bakımından elverişli durumdadır.

Fotovoltaik sistemler kullanılarak enerji üretimi ülkemiz için en yaygın kullanılan alternatif enerji kaynağıdır. Yapılacak güneş enerjisi üretim tesisinin öncelikle simülasyon programları yardımıyla simüle edilmesi ve yatırımın yapılmadan önce analizlerinin ortaya konulması son derece önemlidir. Elde edilen verilerin gerçeğe yakın sonuçlar vermesi için kullanılacak simülasyon programı da önem arz etmektedir.

Çalışmamızda, güneş enerjisi santrallerinin simülasyonu için en yaygın olarak tercih edilen araçlardan biri olan PVsyst simülasyon programı kullanılmıştır. Bu program, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ve sistemin performansının analiz edilmesi konularında geniş bir kabul görmüş ve güvenilir bir araçtır. Bu seçim, çalışmanın objektif ve güvenilir sonuçlar elde etme amacına yönelik yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, Konya ili Hüyük ilçesinde bulunan Baykara Tuğla fabrikasında kurulu 1 MW güce sahip güneş enerjisi santralının PVsyst programında detaylı bir simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonun amacı, tesisin güneş enerjisi üretim potansiyelini değerlendirmek ve gerçek üretim verileriyle karşılaştırmaktır. PVsyst programı tarafından sunulan analiz sonuçları, gerçek üretim verileriyle kıyaslanarak tesisin verimliliği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın temel hedefi, yatırım öncesinde sistemin simülasyon sonuçlarının gerçek üretime ne kadar yakın olduğunu belirlemek ve gelecekte yapılacak yatırımların planlanmasına ışık tutmaktır. Bu değerlendirme süreci, güneş enerjisi santrallerinin verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek adına önemli bir adımdır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Aksangör 2019 yılında yapmış olduğu çalışmada Ankara ilindeki bir kampüsün içerisindeki binalarına ihtiyaç olan elektriğin Fotovoltaik güneş paneli sistemi ile elektrik üretmek için kullanılması durumunda modellenecek sistemden ne kadar enerji üretilbileceği ve performans analizini PVsyst programı ile yapmayı amaçlamıştır. Çalışmasında PVsyst programı V6.7.8 sürümünü kullanmıştır. Bölgenin meteorolojik verileri bu sürümde yüklü olan meteonorm 7.2 veri deposundan kurgusal olarak üretilmiştir. Toplamda 2160 adet 280 W gücünde fotovoltaik güneş paneli, 32 kWac güçte 16 adet invertör ile sistemi oluşturmuştur. 604,8 kWh kurulu güce sahip bir sistem oluşturmuştur. Şebekeye yıllık aktarılan enerji 712,3 MWh olmasına rağmen üretilen enerji 729,67 MWh olmuştur. Hesaplanan performans oranı %84,1' olmuştur. Çalışmasının sonunda Simülasyon programı ile modelleme yapmanın oldukça kolay olduğunu, Fotovoltaik güneş sistemi tasarımı yapılırken, kurulumun yapılacağı yerin coğrafi konuma, güneş alma sürelerine, tasarlanırken kullanılması düşünülen güneş paneli ve invertör özelliklerine dikkat edilmesinin önem arz ettiğini belirtmiştir (Aksangör ,2019).

Haydaroğlu ve Gümüş 2016 yılında yaptıkları çalışmada, Dicle Üniversitesi içerisinde 250 kWp'lik bir güneş enerjisi santralini simülasyonunu, PVsyst programı V6.39 sürümü ile modellemiş ve IEC 61724 standardında belirtilen performans kriterlerine göre uygunluğunu incelemiştir. Ayrıca 2015 Aralık ayında 2016 nisan ayına kadar gerçekleşen üretim verilerini simülasyon programından alınan verilerle karşılaştırmışlardır (Haydaroğlu ve Gümüş, 2016).

Minaz, Akcan, Kuncan 2020 yılında yaptıkları çalışmada Batman ilinde 30 KW gücünde birbirine bağlı Fotovoltaik güneş panellerinin simülasyonunu yapmışlardır. PVsyst simülasyonunu kullandıkları bu çalışmada sistemde meydana gelen kayıpları ve performans analizini yapmışlardır (Minaz vd., 2020).

Kınalı 2019 yılında yaptığı çalışmada, planlanan yatırım öncesi yapılan simülasyonların doğruluğunun incelenmesi için Konya ve Karaman illeri için üç ayrı enerji üretim tesisi için toplamda yirmi yedi adet simülasyon ile analiz etmiştir. Yaptığı bu çalışmada Mevlâna Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen Konya ve Karaman illerinde Güneş Enerjisi ile enerji üretimi sistemlerinin modellenmesi, üretilen enerji verilerini, yaygın kullanılan simülasyon programları ile kıyaslayarak simülasyon programı yazılımlarının performanslarını analiz etmiştir. Yatırımlarının finansman ve fizibilite safhalarında çoğunlukla başvurulan PVsyst, PVSOL ve PVGIS simülasyon

programlarının sonuçları ile Konya ve Karaman illerinde 250 kW ile 1 MW aralığında değişken kurulu güçlere sahip arazi tipi 3 adet Güneş Enerjisi Santralının gerçek verileri kıyasa tabi tutulmuştur. Kıyaslamalar sonucunda programların ortalama şaşma paylarının %4 civarında olduğunu tesislerin gerçek tasarımları simülasyon programlarında benzetim yapılarak IEC 61724 numaralı Güneş Enerjisi Santrallerinin Performans Analizi hesaplamalarında kullanılan parametreler kapsamında karşılaştırma yapılmıştır (Kınalı, 2019).

Küçükgoze 2016 yılında yaptığı çalışmada, Erzincan il sınırları içerisinde 50 kW kurulu güce sahip güneş enerji elektrik üretim tesisinin maliyet analizini yapmıştır. Şebekeye bağlı bir sistem olarak tasarlanan elektrik şebekesinin analizini PVsyst simülasyon programı kullanarak yapmıştır. Erzincan iline ait verileri Meteoroloji genel müdürlüğünden alarak aylık bazda ortalama ışınım değeri hesaplamıştır. Elde edilen verileri PVsyst simülasyon programına girerek hesaplamalar yapmış ve Erzincan ili için kurulması düşünülen 50 kW güce sahip bir güneş enerji santralının bir sene üreteceği elektrik enerji değerini 70.459 kWh ve kurulum maliyetinin de 76.641 \$ olduğunu hesaplamıştır. Yatırım geri dönüşüm süresinin de 9-10 yıl olduğunu hesaplamıştır. Yapılan çalışma sonucunda Erzincan ilinde güneş enerjisi üretim tesisi yatırımı yapmak için elverişli bir bölge olduğu sonucuna varmıştır (Küçükgoze, 2016).

Sougueh 2022 yılında yaptığı çalışmasında, Cibuti iklim şartlarında Güneş enerjisi sistemi ile pompa çalıştırılmasının tasarlanması için PVSOL, PVGIS ve PVsyst simülasyon programları ile şebekeden bağımsız 260 Wp güce sahip güneş enerji sistemlerini analiz etmiştir. PVsyst simülasyon programı ile yapılan analiz sonucu yıllık bazda enerji ihtiyacının 7718 kWh olduğu, üretilen enerjinin 7854.8 kWh olduğu ve sistem performansının %65,2 olduğu bulunmuştur (Sougueh, 2022).

Morshed, Ankon, Tanzil ve Rahman, Bangladeş Dhaka'da bulunan, Şebekeden bağımsız 2kW'lık bir PV güneş enerji sistemini, SolarMAT, MATLAB, PVsyst ve HOMER simülasyon programlarında tasarlamış, çıkan sonuçları gerçek verilerle karşılaştırmıştır (Morshed et al., 2015).

Kutluca 2020 yılında yaptığı çalışmasında, Kırklareli iline bağlı Vize ilçesinde şebekeden bağımsız 960 Wp kurulu güçte olan bir güneş enerjisi üretim tesisinin verileri ile performans analizi yapmıştır. Bu enerji santralının PVsyst ve PVSOL programları ile simülasyonu yapılarak sistemin performansını ve verimini etkileyen faktörler incelenmiştir (Kutluca, 2020).

Sekuçoğlu 2012 yılında yaptığı çalışmasında, Hibrit, Rüzgâr ve Güneş enerjisi sistemlerinde elektrik enerjisi üretilmesini inceleyerek, bu farklı sistemlerin modellenmesi ve ekonomik analizlerini yaparak birbirleri ile karşılaştırmıştır. PVsyst ve HOMER simülasyon programlarını kullanarak sistem tasarımlarını yapmıştır. İki programdan alınan verileri ve veriler arasındaki farklılıklara dayalı olarak bu programların kıyaslamalarını yapmıştır (Sekuçoğlu, 2012).

Demiryürek, Arifoğlu, Bolat 2020 yılında yaptığı çalışmada, Kurulu gücü 200kWp olan, şebekeye bağlı güneş enerji santraline ait bilgileri, PVsyst V6.67-TRİAL simülasyon programına aktarmış, simülasyon sonuçları ile gerçek üretim verileri kıyaslanmıştır. Simülasyon yapıldıktan sonra oluşan veri raporu ile sistem kayıpları (gölgeleme, tozlanma, termal, kablolama, kullanılan panel ve evirici kaybı) analizler yapılmıştır. Gerçek veriler ile simülasyon sonuçları arasında %0.56'lık bir fark olduğu bulunmuştur (Demiryürek, vd., 2020).

Shagea 2021 yılında yaptığı çalışmasında, güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten Fotovoltaik sistemlerin performanslarını analiz ederek elde edilen veriler ışığında bugüne kadar yapılan uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamıştır. Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesinin çatısında 5,1 kW'lık kurulu gücü olan sistemin enerji üretim değerleri ile PVSOL, PVsyst ve GSA simülasyon programlarından çıkan tahmini üretim değerleri kıyaslanmıştır. Simülasyon sonucu tahmini üretim performansı, 2018-2019 seneleri arasında PVsyst verilerine göre %87,5- %91, GSA verilerine göre performans %96,6- %100 aralığında ve PVSOL verilerine göre ise %97,3- %98,1 olarak gerçekleştiği görülmüştür (Shagea, 2021).

Girgin 2011 yılında yaptığı çalışmasında, Karaman'da yapılması planlanan 5 MW gücünde 36 farklı Fotovoltaik güneş paneli sisteminin enerji üretim verileri ve sistemin performans analizini yapmıştır. Üretilen enerji incelemesi için PVsyst simülasyon programını kullanılmış olup meteorolojik veriler için 4 ayrı kaynaktan faydalanmıştır. Bununla birlikte, Fotovoltaik güneş enerjisi santralinde kullanılan tüm gereçler ve santralinin kurulacağı bölgenin yapısal durumunu incelemiştir. alışmasının devamında, YEK yasa tasarısına göre ekonomik analiz simülasyonları yapılmış olup bu simülasyonlar için yatırım geri dönüşü ve karlılık oranı hesaplanmıştır (Girgin, 2011).

Kılıcı 2020 yılında yapmış olduğu çalışmasında, Kayseri ilinde; 5 farklı Fotovoltaik güneş enerjisi sisteminin modellemelerini ve üretilen enerji analizlerini yapmıştır. Bütün sistemlerin kurulu güçleri eşit ve 1,189.76 kWp 'olarak alınmıştır. Ayrıca Kayseri ilinde bulunan 500 kW kurulu güce sahip Fotovoltaik güneş enerji

santralının 6 senelik enerji üretim verilerini incelemiştir. IEC 61724 standardında belirtilen performans verilerini kullanarak PVsyst simülasyon programında sistemin üretim analizleri yapılmıştır. PVsyst simülasyon programından alınan sonuçlar ile gerçek üretim değerleri karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonucu üretilmesi öngörülen enerji 919 MWh, gerçek üretim miktarı ise 942.034 MWh'dir. 5 farklı şekilde modellenen sistem ise 440 W gücünde 2704 adet panel kullanılarak yapılmıştır. Sabit sistemler kendi içinde irdelendiği zaman; çift yüzeyli panel sistemi tek yüzeyli sistemden %6 daha fazla enerji ürettiği görülmüştür. Hareketli sistemler kendi içinde incelendiğinde; çift yüzeyli panelin tek yüzeyli panele göre %4 kadar fazla enerji ürettiği görülmüştür. Sabit sistemler ile hareketli sistemler kıyaslandığı zaman ortalama %13-15 hareketli sistemin daha çok enerji ürettiği anlaşılmıştır (Kılıcı, 2020).

Çınaroğlu'nun 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada, Kilis İlinde bulunan, Şebekeye bağlı üç adet Fotovoltaik enerji santralının, üç yıllık enerji üretim verileri ile PVsyst simülasyon programında modellenen santralin aynı özelliklerdeki verileri kıyaslanmıştır. Ayrıca; Kilis 7 Aralık Üniversitesinde ihtiyaç olan elektriğin bir miktarının Fotovoltaik güneş paneli sistemi ile giderilmesi için modellenen Güneş Enerji Santrali'nden üretilebilecek enerjiyi simülasyon programında hesaplamıştır. Çalışma kapsamında yapılan hesaplar ve analizler PVsyst 7.1 simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır (Çınaroğlu, 2021).

Etçi 2022 yılında yapmış olduğu çalışmasında, PVsyst simülasyon programını kullanarak Konya ve Van şehirlerinde kurulması öngörülen güneş enerjisi üretim tesislerinin tasarlanması, oluşturulan sistemlerin enerji üretim verilerinin kıyaslanması yapılmıştır. Konya ve Van illerinde tasarlanan güneş enerji santrallerinin sabit açılı ve çift eksen güneş takip sistemli olarak tasarlandığı zaman üretimlerinin farklılık gösterip göstermediğini anlamak maksadı ile üretim verileri kıyaslanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda Van ilindeki sistemlerin Konya iline göre daha fazla verim sağladığı ve daha fazla elektrik enerjisi üretimi yaptığı sonucuna ulaşılmıştır (Etçi, 2022).

Karaca 2023 yılında yaptığı çalışmasında, PVsyst ve Matlab/Simulink simülasyon programlarını kullanarak Ankara ilinde 75 kW'lık bir FV sistem modellemiştir. PVsyst ve Matlab/Simulink programlarından elde edilen simülasyon sonuçlarına göre kıyaslamalar yapmıştır. Matlab/Simulink programı ile Maksimum Güç Noktası İzleyici algoritması kullanılan ve kullanılmayan iki farklı modelleme yapılmıştır. Matlab/Simulink MGNİ algoritması kullanılan modelin verileri PVsyst programına göre daha yüksek olmasına karşın birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Bu iki simülasyon

programında yapılan üç farklı tasarımın sonuçları arasındaki aylık olarak farklar incelenmiştir (Karaca, 2023).

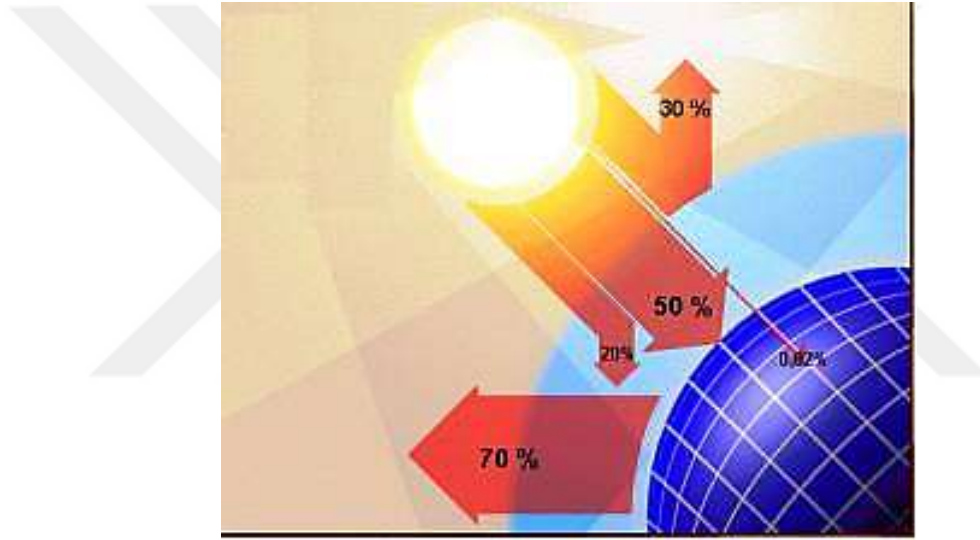
Türkdoğru 2022 yılında yapmış olduğu çalışmasında, Albedo etkisinin çift yüzölü 30 kW'lık bir Fotovoltaik panel sisteminde kazanç ve verimliliğe katkı sağlayıp sağlamadığını, PVsyst simülasyon programı ile modelleyerek analiz etmiştir. PVsyst programında farklı zemin modelleri ve albedo değerleri ışığında modelleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde albedo etkisinin, çift yüzölü panel sistemlerinin, tek yüzölü panel sistemlerine göre azımsanmayacak bir enerji artışı sağladığını anlaşılmıştır (Türkdoğru, 2022).

Şahin, Dinçer, Yılmaz 2022 yılında yaptığı çalışmada, Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde oturan bir ailenin tüketeceği günlük elektrik ihtiyacını, çatı tipi panel sistemi ile kurulumu yapılan şebekeye bağlantılı olarak tasarlayıp ihtiyacı karşılamayı amaçlamıştır. Ailenin evlerinde kullandığını elektrikli aletlerin ortalama tüketeceği elektrik hesaplanıp günlük ihtiyaç olan elektrik enerjisi belirlenmiştir. PVsyst simülasyon programında modellenen sisteme yıllık ortalama güneşlenme süresi ve ışınım değerleri verileri girilerek, şebeke bağlantılı Fotovoltaik güneş enerjisi santrali tasarlanmış ve bu tasarımın PVsyst simülasyon programıyla simülasyonu gerçekleştirilmiştir (Şahin vd., 2022).

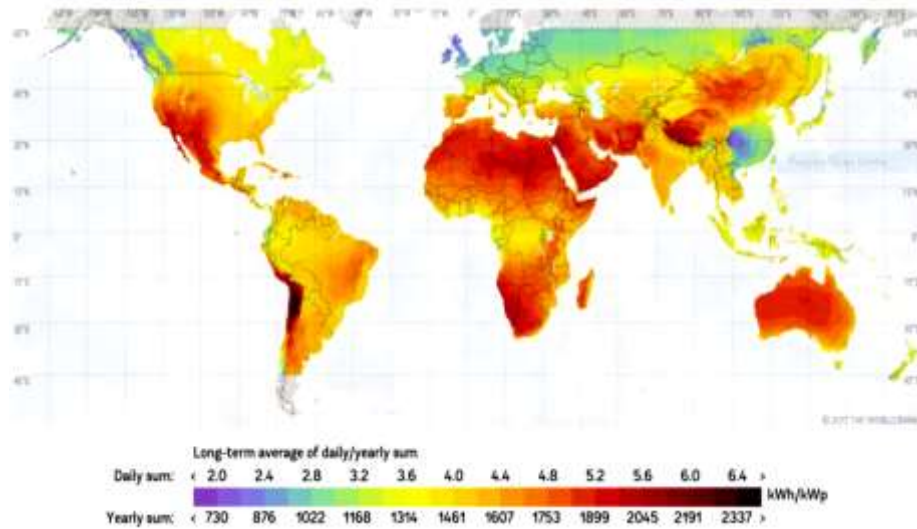
Öztürk 2021 yılında yaptığı çalışmada, güneş enerji tesislerinin fizibilite aşamasında hesaplanan yatırım geri dönüş sürecinin kurulum sonrasında gerçekleşen üretim ve mali bulgular arasındaki farklılıkları incelemiştir. Fizibilite çalışmasında tedarikçi firmalar tarafından düzenlenen fizibilite raporlarının tutarlığı kontrol edilmiştir. Beştepe Enerji Tesisleri Mühendislik Müşavirlik Danışmanlık ve Ticaret Limited Şirketi'nden alınan veriler incelenmiştir. Bu çalışmada Aksaray ili, Gençosman Mevkii'nde kurulmuş olan 1000 kW 'lık Fotovoltaik güneş enerji santralinin PVsyst 7.1 versiyonu ile simülasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile kurulum sonrası gerçek üretim verileri kıyaslanmıştır. Buna göre, PVsyst simülasyon programından alınan veriler ile gerçek üretim verilerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür (Öztürk, 2021).

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde meydana gelen tepkimeler sonucunda hidrojen gazı helyuma dönüşürken ortaya çıkan ışıma enerjisidir. Güneş, yaklaşık olarak $3,9 \times 10^{26}$ W güç yayan, bitmeyen bir enerji üretim kaynağıdır. Güneşten yayılan bu enerjinin dünyaya ulaşan kısmı Şekil 3.1.'de görüldüğü üzere az miktardadır. Ancak dünyaya ulaşan güneş enerjisi, ihtiyacımız olan enerji miktarından çok fazladır. Güneş ışınlarına ulaşmanın kolay olması ve kaynağın sınırsız olması sebebiyle güneş enerjisi son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarında hızla ilk sıraya yükselmiştir. Şekil 3.2.'de Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası görülmektedir.



Şekil 3.1. Dünya yüzeyine güneş ışınlarının geçiş yüzdeleri



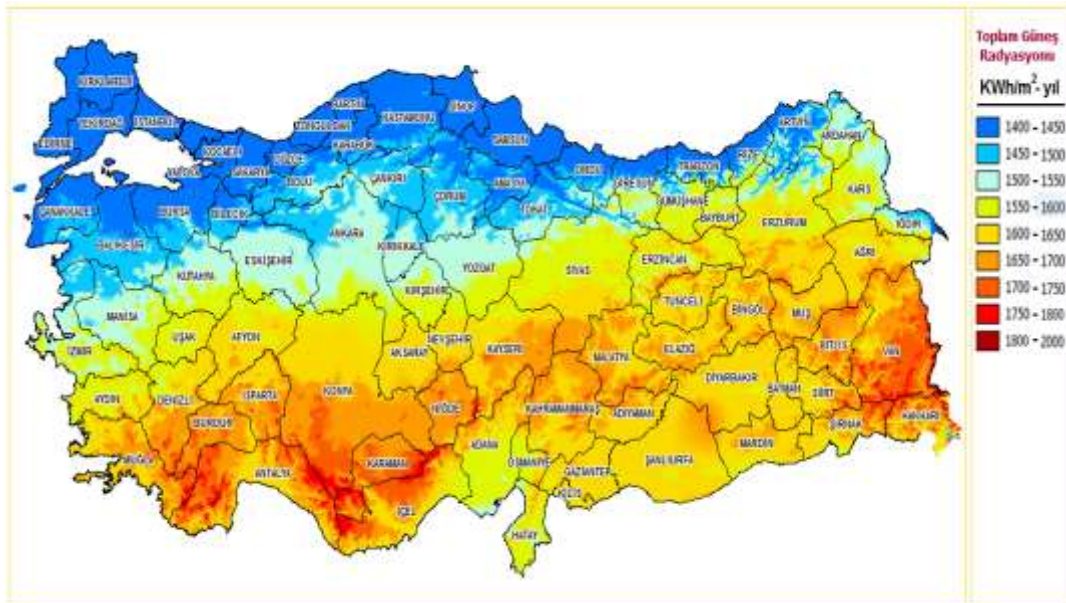
Şekil 3.2. Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası

3.1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

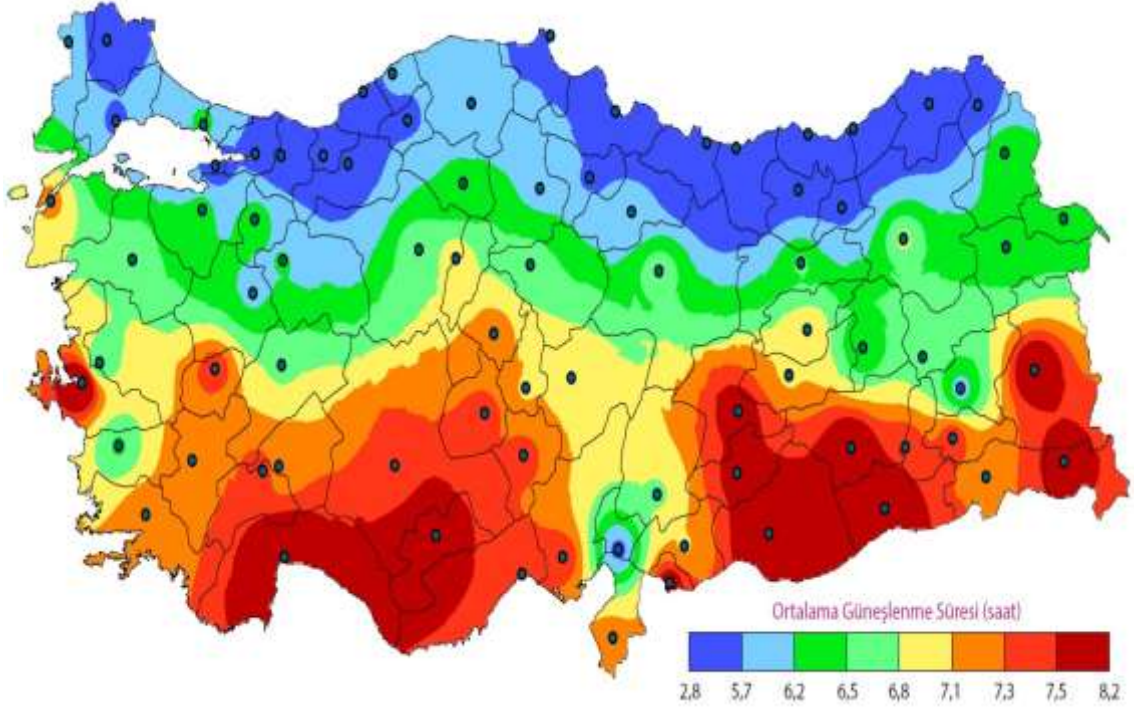
Coğrafi olarak kuzey yarım kürede bulunan ülkemizin, güneş alma süreleri açısından diğer ülkelere göre potansiyeli oldukça yüksektir. Son zamanlara kadar Türkiye bu potansiyeli kullanma açısından yetersiz kalsa da ilgili yönetmelik değişiklikleri ve yatırım teşvikleri ile her geçen gün yönelim artmaktadır (www.teknosayfa.com). Türkiye’de, 2020 yılı itibariyle 93207 MW olan enerji kapasitesi, 2021 yılında 99819 MW olmuş, 2022 yılında ise 102043 MW mertebesine erişmiştir (www.setav.org). Bunun yanında 2020 yılı itibariyle Güneş enerjisi kapasitesi 6361 MW, 2021 yılında 7815 MW, 2022 yılında ise 8793 MW olmuştur. 2022 yılı itibariyle toplam kurulu güç kapasitesinin %8’si güneş enerjisi kullanılarak üretilmiştir.

Ülkemizde 2010 yılına kadar güneş enerji sistemleri çoğunlukla termal amaçlı değerlendirilirken, 2010 yılı sonrasında güneş enerjisi ile elektrik üretimine yönelik atılımlar belirgin olarak artış göstermiştir. 2023 yılı için Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, enerji gereksiniminin yüzde 15’i kadarını yenilenebilir enerji sistemlerinden sağlamaktır. Bu plana göre Güneş enerjisinin olduğundan çok daha fazla öne çıkacağı ve yaygınlaşmaya hızla devam edeceği görülmektedir.

Şekil 3.3.’te verilen güneş enerji potansiyel haritası incelendiği zaman, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin potansiyel olarak ilk sıralarda olduğu diğer bölgelerin ise güneş enerjisi için daha verimsiz olduğu görülmektedir. Şekil 3.4.’te ise Türkiye yıllık ortalama güneşlenme süreleri görülmektedir.



Şekil 3.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli haritası
(<http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx>, Erişim Tarihi: 17.12.2017).



Şekil 3.4. Türkiye yıllık ortalama güneşlenme süreleri
(<http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx>., Erişim Tarihi: 17.12.2017).

3.2. Konya İli Coğrafi Konumu ve Meteorolojik Verileri

Konya ili Anadolu'nun ortasında yer alan İç Anadolu Bölgesi'nin güney kısmında konumlanmıştır. Konya'nın yüzölçümü 41.001 km²'dir. Konya yüzölçümü itibariyle Türkiye'nin en büyük ili konumundadır. Ortalama olarak 1.016 m' yükseltisi vardır. İdari olarak, kuzey tarafından Ankara, batı tarafından Isparta, Afyonkarahisar, Eskişehir, güney tarafından, İçel, Karaman, Antalya, doğu tarafından, Niğde, Aksaray vilayetleri ile çevrilmiş durumdadır. Konya ilinde ovalar ve platolar en büyük alana sahip yeryüzü şekilleridir.

Konya ilinde yıllık yağış miktarı 331.8 mm, günlük güneşlenme süresi 7.4 saattir. Konya ilinin yıllık ışıınım miktarı, 1602 kWh/m²'dir. Konya iline ait güneşlenme süreleri ve radyasyon değerleri aylık olarak Şekil 3.5.'te gösterilmiştir.

İç Anadolu bölgesinin genelinde karasal iklim şartları hâkimdir. Konya ilinde karasal iklimi olan şehirlerden bir tanesidir. Konya çevre ilçelerinden alınan iklimsel verilere göre senelik yağış miktarının 294.9 mm (Karapınar) ile 764.0 mm (Seydişehir) arasında büyük bir değişim gözlemlenmiştir. Yapılan ölçümlere göre Konya iline ait aylar içinde oluşan meteorolojik veriler Şekil 3.6.'da şekilde görülmektedir.



Şekil 3.5. Konya ili aylık güneşlenme ve radyasyon değerleri (Etcı, 2022).

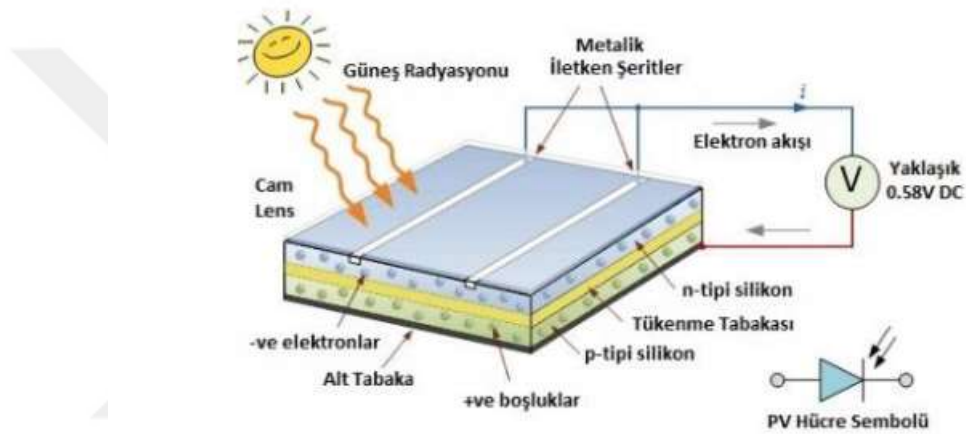
KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yılık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2022)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.2	1.5	5.5	11.1	15.9	20.1	23.5	23.3	18.8	12.8	6.5	1.8	11.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.6	7.0	11.7	17.5	22.4	26.7	30.2	30.2	26.0	20.0	13.1	6.6	18.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.2	-3.3	-0.2	4.3	8.6	12.7	15.9	15.7	11.0	6.0	0.8	-2.3	5.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.3	4.6	5.9	7.2	9.0	10.7	11.8	11.4	9.7	7.3	5.3	3.2	7.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.96	8.39	8.91	8.90	10.36	6.78	2.18	1.48	3.17	6.07	6.57	10.07	82.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	38.4	28.8	29.4	31.7	43.0	25.9	7.5	6.3	13.5	29.6	32.0	45.7	331.8
Ölçüm Periyodu (1929 - 2022)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	19.9	23.8	28.9	30.9	34.4	36.7	40.6	39.0	38.8	32.3	25.4	21.8	40.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-28.2	-26.5	-16.4	-8.6	-1.2	1.8	6.0	5.3	-3.0	-8.4	-20.0	-26.0	-28.2
En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecini değerlerin üzerine getiriniz													
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı	22.02.1945 73.7 mm			Günlük En Hızlı Rüzgar				18.04.2012 32.4 m/sn			En Yüksek Kar		
											22.02.1945 66 cm		

Şekil 3.6. Konya iline ait aylık meteorolojik veriler (Etcı, 2022).

4. FOTOVOLTAİK PANEL YAPISI ve ÇALIŞMA ŞEKLİ

4.1. Fotovoltaik Panel Yapısı

Fotovoltaik panellerin yapısı, yarı iletken materyallerden meydana gelen birbirine zıt kutupları olan iki katman oluşturur. Bu katmanlar silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi yarı iletken malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Fotovoltaik paneller, üretim metotlarına ve üretildikleri malzemeye göre farklı tiplere ayrılmaktadır. Şekil 4.1.'de bir Fotovoltaik panelin içyapısı ve katmanları yer almaktadır.



Şekil 4.1. Fotovoltaik panel yapısı (https://www.emo.org.tr/ekler/8e692a34a5e564e_ek.pdf).

4.2. Fotovoltaik Hücre Türleri

4.2.1. Kristal Silisyum Hücre

Silisyum yarı iletken bir element olması ve yeryüzünde fazlaca bulunması sebebiyle Fotovoltaik hücrelerin yapımında en fazla tercih edilen materyal olmuştur. Yeryüzünde silisyum elementinin saf halde bulunmamasından dolayı element ayrıştırılarak saf hale getirilir ve saf hale dönüştürülen silisyum hücre yapımında kullanılır. Bu durum üretim giderlerini yükseltmektedir. Şekil 4.2.'de kristal silisyum Fotovoltaik hücreler gösterilmektedir. Kristal silisyum hücreler yapım metotlarındaki değişkenlik sebebiyle monokristalin ve polikristalin olarak iki farklı model'e ayrılırlar (Uçar, 2018).



Şekil 4.2. Kristal silisyum hücreler (Uçar, 2018).

4.2.2. Monokristal Silisyum Hücreler

Monokristal silisyum hücrelerin malzemeleri homojen özelliktedir. Bu nedenle malzeme özelliklerini uzun müddet korumaktadır. Maliyetleri fazla olmasına karşın verimlilikleri yüksektir (Sekuçoğlu, 2012). Deneysel olarak verimlilikleri %26 olan monokristal silisyum hücrelerin, üretilerek piyasaya sunulanlarında verimlilik %18'den yüksek çıkmaktadır.

4.2.3. Polikristal Silisyum Hücreler

Yapısal olarak birden fazla monokristalden oluşan polikristal silisyum hücrelerin içeriği homojen değildir. Polikristal silisyum hücrelerin verimlilikleri, homojen tipte olan monokristal hücrelere oranla daha az ve yaklaşık olarak %16 verimlikte olmaktadır. Polikristal silisyum hücrelerin yapım aşaması monokristal hücrelere göre daha kolay ve hızlıdır. Aynı zamanda maliyetleri monokristal silisyum hücrelere göre daha düşüktür. Maliyetin verimlilikle kıyaslanmasına göre bu tip de üretilen hücreler daha fazla tercih edilmektedir (www.robotiksistem.com).

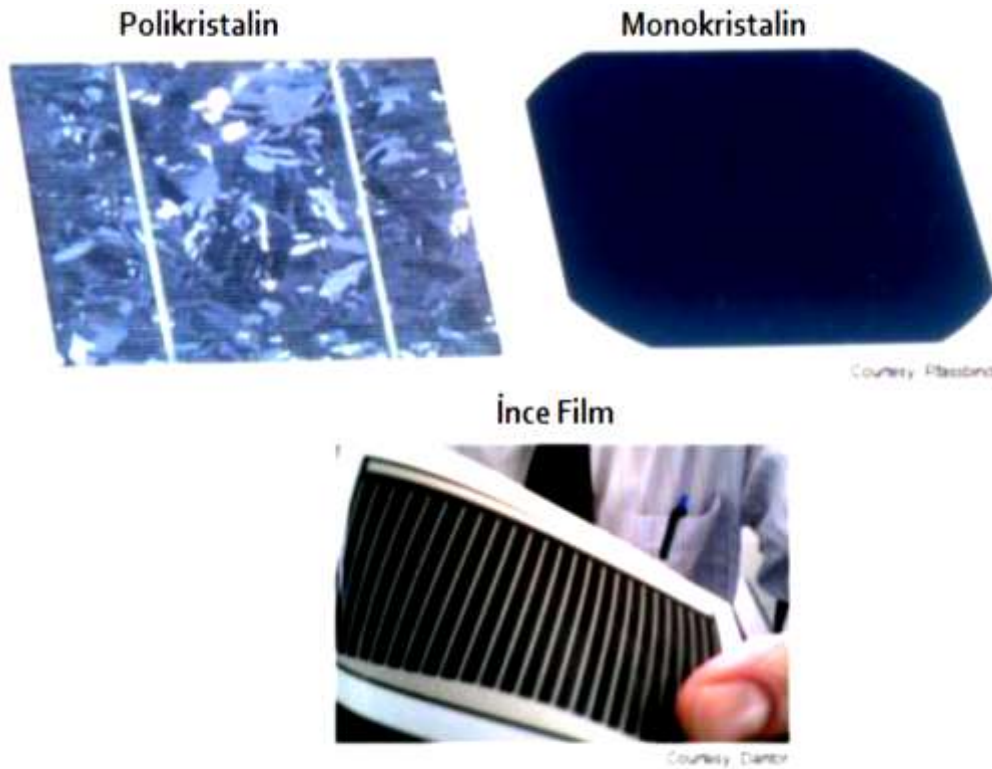
4.2.4. İnce Film Hücreler

Fotovoltaik sistemlerde çok az rağbet gören İnce film Fotovoltaik hücreler, güneşten alınan ışınımı fazla soğuruyor olsa da verimlilik oranları çok düşüktür. İnce film hücreler öbür hücreler ile birleştirilmesine gerek olmayacak şekilde düz tasarlanmıştır (www.enerjiportali.com). 1 mikron kalınlığında malzemelerle yapılan ince film hücrelerin üretim maliyetleri azdır. Ancak verimlilik oranları %7 ile % 11 aralığında olmaktadır. Bu nedenle kullanıldıkları sistemlerde istenilen miktarda enerjiyi

sağlayabilmek için daha büyük alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. İnce film hücrelerin üretiminde aşağıdaki materyaller kullanılmaktadır.

- Amorf silikon (a-Si)
- Kadmiyum tellür (CdTe)
- Bakır indiyum selenid (CIS)
- Bakır indiyum galyum diselenid (CIGS) [38].

Şekil 4.3.'de Fotovoltaik hücre tipleri gösterilmiştir.

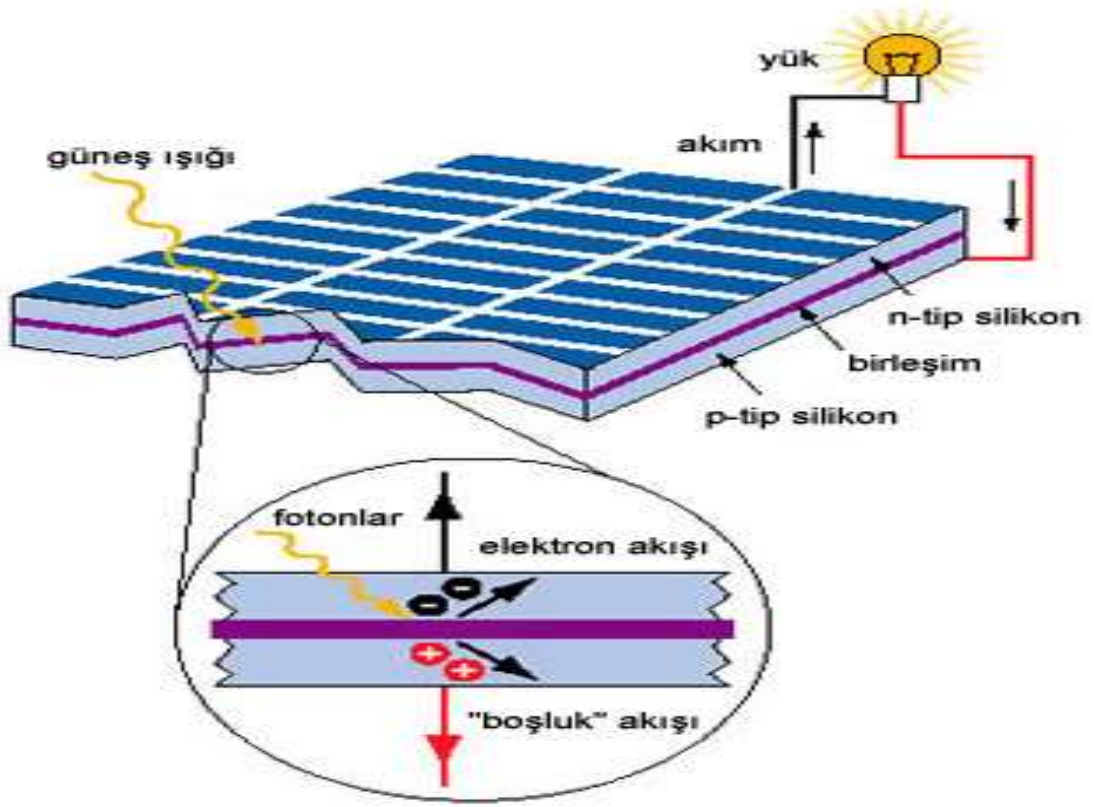


Şekil 4.3. Fotovoltaik hücre tipleri (Koryürek, 2008).

4.3. Fotovoltaik Hücrelerin Çalışma Şekli

Fotovoltaik hücrelerin içerisinde, elektron sayılarının çokluğuna göre P tipi ve N tipi yarı iletken maddeler yer almaktadır. Fotovoltaik hücrelerin ana bileşeni olan silisyum gibi yarı iletken elementler ile alüminyum, fosfor, bor elementlerin birleştirilmesi sonucu P veya N tipi yarı iletken malzemeler üretilmektedir. Yarı iletken malzemenin tipi ana maddeye eklenen diğer maddenin içindeki elektron miktarına bağlıdır. Silisyum ile fosfor birleştirilerek N tipi yarı iletken malzeme elde edilirken, P tipi yarı iletken malzeme elde etmek için silisyum ile alüminyum ya da bor elementlerinden birisi ile silisyum birleştirilir (Koryürek, 2008).

Güneş panellerinin üzerine düşen güneş ışınları yarı iletken tabakaları etkileyerek elektronları serbest bırakır. Bu serbest bırakılan elektronlar yarı iletken içinde hareket ederek P-N birleşim noktasında toplanır ve bu birleşim fotovoltaik hücrede elektrik akımının ters yöne doğru hareket etmesini sağlar. N tipi yarı iletken bölgeden P tipi yarı iletken bölgeye doğru bu serbest kalan elektronlar hareket eder ve elektrik alanı oluşmasına neden olur. Böylece DC elektrik üretimi oluşur.



Şekil 4.4. Fotovoltaik pillerin çalışma modeli (Koryürek, 2008).

4.4. Fotovoltaik Sistemlerin Bağlantı Çeşitleri

Fotovoltaik sistemler şebekeye bağımlı, şebekeden bağımsız ve hibrit sistemler olmak üzere kuruldukları çeşide göre üç farklı tipe ayrılmaktadırlar (Çınaroğlu ve Önal, 2023).

4.4.1. Şebekeye Bağlı Sistemler

Şebekeye bağımlı olan Fotovoltaik sistemler, bağlı olduğu şebekeye üretilen enerjinin aktarılmasını sağlamaktadır. Şebekeye bağımlı bu sistemler direkt olarak üretilen enerjiyi dağıtım hattına servis etmektedir (Akcan ve Kuncan, 2020).

Şebekeye bağımlı Fotovoltaik sistemlerde, şebeke üretilen enerjinin deposu olarak çalışıyor olduğundan, bu sistemlerde akü gruplarına ihtiyaç duyulmamaktadır. Şebekeye

bağımlı sistemlerde üretilmiş olan enerji inverter yardımı ile alternatif akıma (AC) dönüştürülmektedir. İhtiyaç olan enerjiden daha fazla üretim yapılıyor ise, fazla kalan enerji şebekeye verilir. Üretilen enerji ihtiyacı karşılamadığı durumlarda da eksik kalan enerji miktarı şebekeden satın alınabilmektedir. Şekil 4.5.'te şebekeye bağımlı Fotovoltaik enerji sistemi gösterilmektedir (Özçelik vd., 2020).



Şekil 4.5. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem (Özçelik vd., 2020).

4.4.2. Şebekeden Bağımsız Sistemler

Şebekeden gelen enerjinin düşük kalitede, elverişsiz olduğu bölgelerde ya da şebekeye hiç ulaşamadığında, şebekeden bağımsız Fotovoltaik sistemler kullanılmaktadırlar. Fotovoltaik paneller vasıtasıyla üretilen enerjinin, ihtiyaç olan miktardan fazla kalan kısmı akülerde depo edilir. Bu sayede, enerji üretiminin elverişsiz olduğu durumlarda ya da geceleri ihtiyaç olan enerjiyi karşılamak için akülerde depolanan enerji kullanılabilir (Singh, 2016).

Şebeke bağlantısının mümkün olduğu yerlerde tüketicinin enerji ihtiyacını kısmi ya da tamamen karşılayarak fatura tutarlarının azaltılması sağlanmaktadır.

Şebekeden bağımsız sistemler; şebekeye bağlanarak, ana şebekeden destekleniyor olsalar bile bu bağlantı sayesinde şebekeye enerji vermedikleri için şebekeden bağımsız

olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4.6.'da şebekeden bağımsız Fotovoltaik sistem modeli gösterilmektedir (Akkaş ve Çam, 2020).



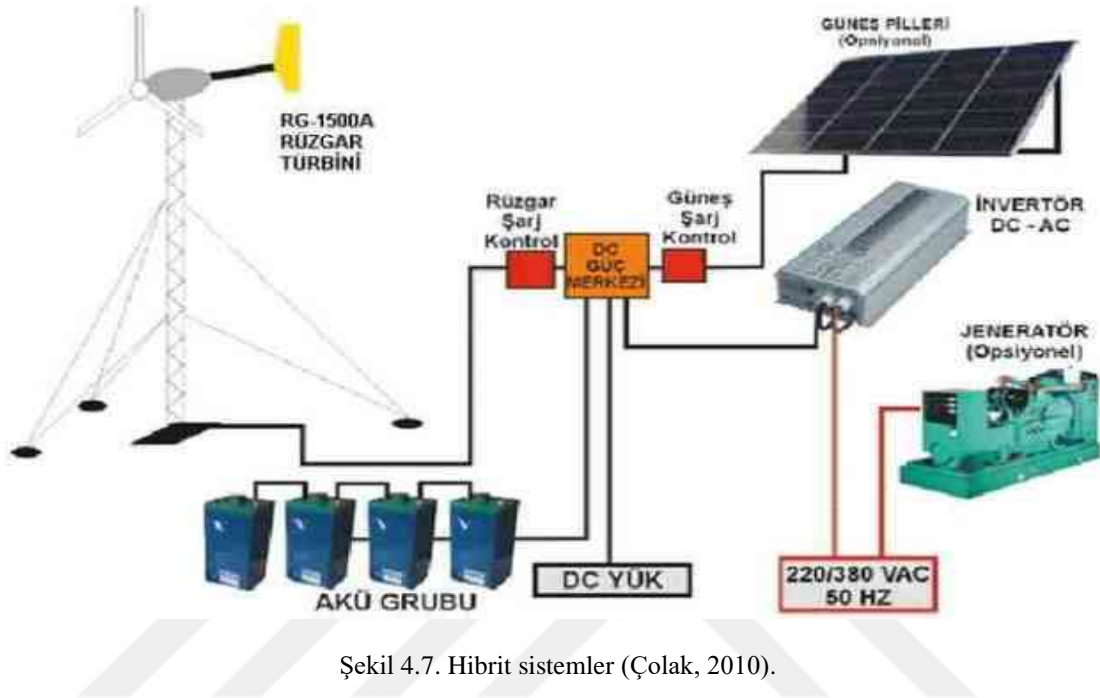
Şekil 4.6. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem (Akkaş ve Çam, 2020).

4.4.3. Hibrit Sistemler

Rüzgâr tribünleri, biyogaz, jeotermal, hidroelektrik, fosil yakıtlarla elektrik enerjisi üreten sistemlerin, Fotovoltaik enerji sistemlerine entegre edilmesi ile hibrit sistemler oluşturulmaktadır. Ani gelişen elektrik kesintilerinde, güneş ışınımının az olduğu ya da üretim miktarının ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda sistemde yer alan alternatif enerji üretim sistemi devreye girerek kesintisiz enerji üretiminin sağlanması Şekil 4.7.'de gösterilen hibrit sistemler sayesinde gerçekleştirilir (Çolak, 2010).

Enerji üretiminde hibrit sistemlerin kullanılması güneş ışınımının yıl içerisinde değişkenlikler göstererek bazı aylarda veriminin düşük olması neden olmuştur. Enerji üretimine elverişli hava koşullarında ihtiyacın tamamı Fotovoltaik enerji sistemleri tarafından karşılanabilmektedir. Üretim fazlası enerji ise akülerde depo edilerek kapalı havalarda, gece vakitlerinde üretim miktarının az olduğu durumlarda öncelikle akülerde depo edilen enerjiden istifade edilerek enerji ihtiyacı giderilir. İhtiyaç akülerde depo edilen enerji ile de giderilemez ise diğer enerji kaynaklarından ihtiyacın karşılanması

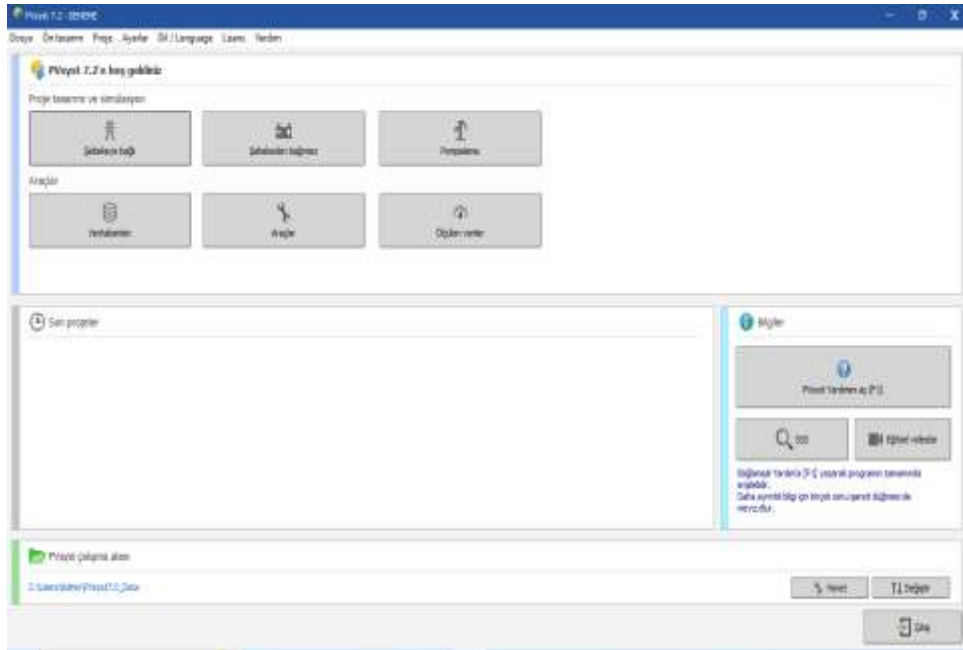
yoluna gidilir. Buna göre yaz aylarında elverişli hava koşulları olduğu için yeterli miktarda enerji üretimi sağlayan ancak kış aylarında ışınımın azlığı ve bol rüzgârlı bir bölgede Fotovoltaik sistem ile rüzgâr enerjisi birleştirilerek hibrit bir sistem oluşturulabilir (Akyürek vd., 2021).



Şekil 4.7. Hibrit sistemler (Çolak, 2010).

5. TASARLANAN SİSTEMİN PVSYSYT ORTAMINDA MODELLENMESİ

PVsyst, Güneş enerjisi ile elektrik üretmek için kurulan Fotovoltaik sistemlerin kurulumundan önce tasarımlarının yapılması, üretim değerlerinin analiz edilmesi, modelleme yapılması ve boyutlandırılması maksadı ile geliştirilmiş bir simülasyon programıdır. PVsyst programı off-grid (şebekeden bağımsız) ya da on-grid (şebeke bağlantılı) sistemlerin dizaynlarını oluştururken; sistemin kurulacağı bölgenin meteorolojik verilerini, ışıınım değerlerini, kullanılacak panel özelliklerini ve evirici (inverter) özelliklerini baz alır. Simülasyon sonucunda oluşturulan sistemden sağlanacak enerji miktarını, verimliliği ve oluşması muhtemel sistem kayıpları hakkında bilgiler verir. Bunun yanında kurulacak sistemin üzerine düşecek gölgelenmelerin Programın 3D özelliği ile modellenmesi ve gölgelenmenin sisteme olan etkisi de hesaplanabilmektedir (www.PVsyst.com). PVsyst programında, on-grid (şebeke bağlantılı), off-grid (şebekeden bağımsız) Fotovoltaik sistemlerin modellemeleri oluşturulabilir. Program veri tabanında çeşitli markaların panel, inverter türlerine ait özellikler işlenmiş bulunmaktadır. PVsyst 7.2 programının içerisinde bulunan Meteonorm sayesinde kurulum yapılacak sistemin bulunduğu bölgeye ait meteorolojik veriler sentetik olarak oluşturulabilmektedir. PVsyst programı ilk açıldığında kullanıcıların karşısına Şekil 5.1.'deki karşılama ekranı çıkmaktadır. PVsyst programının son sürümlerinde Türkçe dil desteği bulunmaktadır.



Şekil 5.1. PVsyst 7.2 programı açılış ekranı

Ön tasarım (Preliminary design): Bir projenin yüzeysel ve hızlıca değerlendirilmesini yapmak maksadı ile kullanılır. Panel ve evirici özelliklerinin bilgileri olmadan aylık olarak üretilecek enerji miktarları elde edilebilmektedir. Oluşturulacak sistemin yaklaşık maliyet öngörüsünün yapılması sağlanabilmektedir.

Proje (Project): Kurulması planlanan tesisin detaylı bir biçimde incelenmesi için kullanılan bölümdür. Kurulacak tesisin bulunduğu yere ait meteorolojik verilerin seçilmesi, sistem modellenmesi, olası gölgelenmeler ve olası kayıpların hesaplanması gibi önemli parametrelere ulaşılabilir.

Şebekeye bağlı (Grid-connected): Bu bölümde şebekeye bağlı (On-grid) bir sistemin bütün elemanlarının tanımlaması yapılmaktadır. PVsyst programında yer alan markaların panel, inverter çeşitleri ve güçleri seçilebilmektedir. Gerekli bütün girdiler işlendikten sonra simülasyonun işlemine geçilebilir.

Şebekeden bağımsız (Stand alone): Bu bölümde şebekeden bağımsız (Off-grid) bir sistemin modellenmesi yapılabilmektedir. Kullanım için ihtiyaç olan enerji saatlik bazda hesaplanır ve yük miktarı, karakteristiği bu bölümde belirtilir. Son olarak oluşturulan sistemin ürettiği enerjinin kullanımdan sonra ne kadar depolanacağını sonucunu verir.

Pompalama (Pumping): Güneş enerjisinden faydalanarak depolama yapmadan pompalama sistemlerinin beslenmesini yapar. Bu sistemler Fotovoltaik dizi, pompa ve kontrol merkezinden oluşurlar. Genellikle sulama için tasarlanmış sistemlerin simülasyonlarında kullanılmaktadır.

Veri tabanları (Databases): Meteorolojik verilerin sentetik olarak aylık veya yıllık bazda üretilebildiği kısımdır. Bunun yanında, program veri tabanında olmayan inverter, panel, batarya gibi sistem materyallerine ait teknik girdilerin yapıldığı kısımdır.

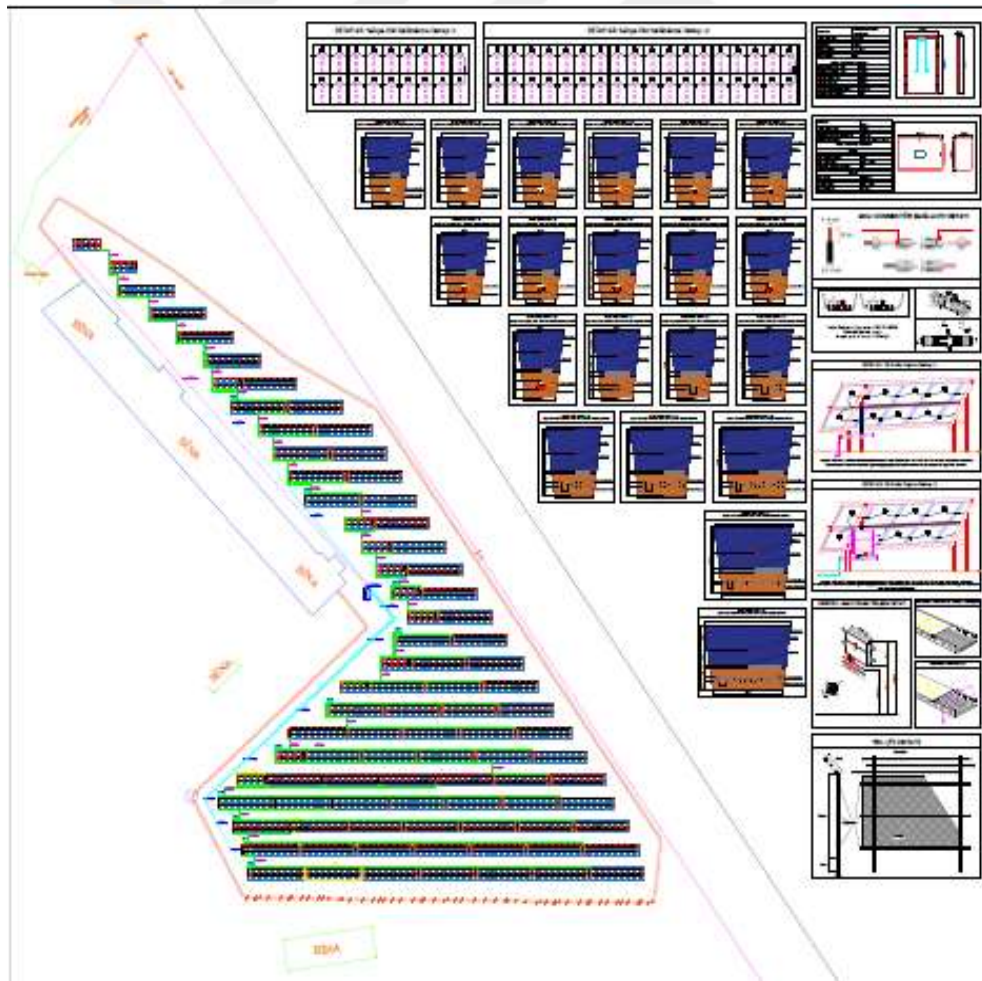
Araçlar (tools): Bu bölümde sistemin görsel modellenmesi ve kurulum tahmini yapılabilmektedir.

5.1. Proje Özellikleri ve Genel Prosedür

PVsyst programında proje tasarımı için Konya ili Hüyük ilçesinde bulunan Baykara Tuğla fabrikasında şebekeye bağlı 1 MW kurulu güce sahip Fotovoltaik sistemin oluşturulması incelenmiştir. Söz konusu tesisin uydu görüntüsü Şekil 5.2.'de yer almaktadır. Şekil 5.3'te ise tesisin panel yerleşim planı gösterilmiştir.

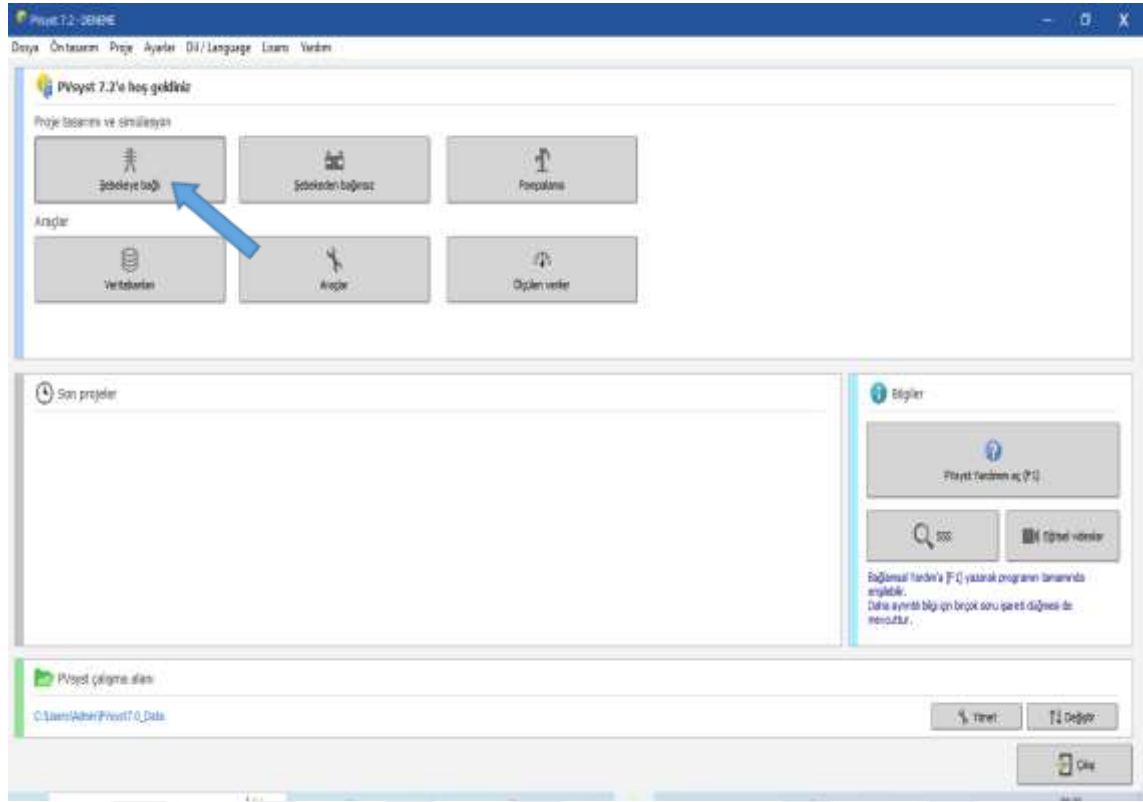


Şekil 5.2. Baykara tuğla fabrikası üstten görünüşü



Şekil 5.3. Baykara tuğla fabrikası panel yerleşim planı

Programın Şekil 5.4.'te gösterilen açılış ekranında "Şebekeye bağlı" sekmesi seçildiğinde, projenin yönetimi için bir kontrol paneli açılacaktır.

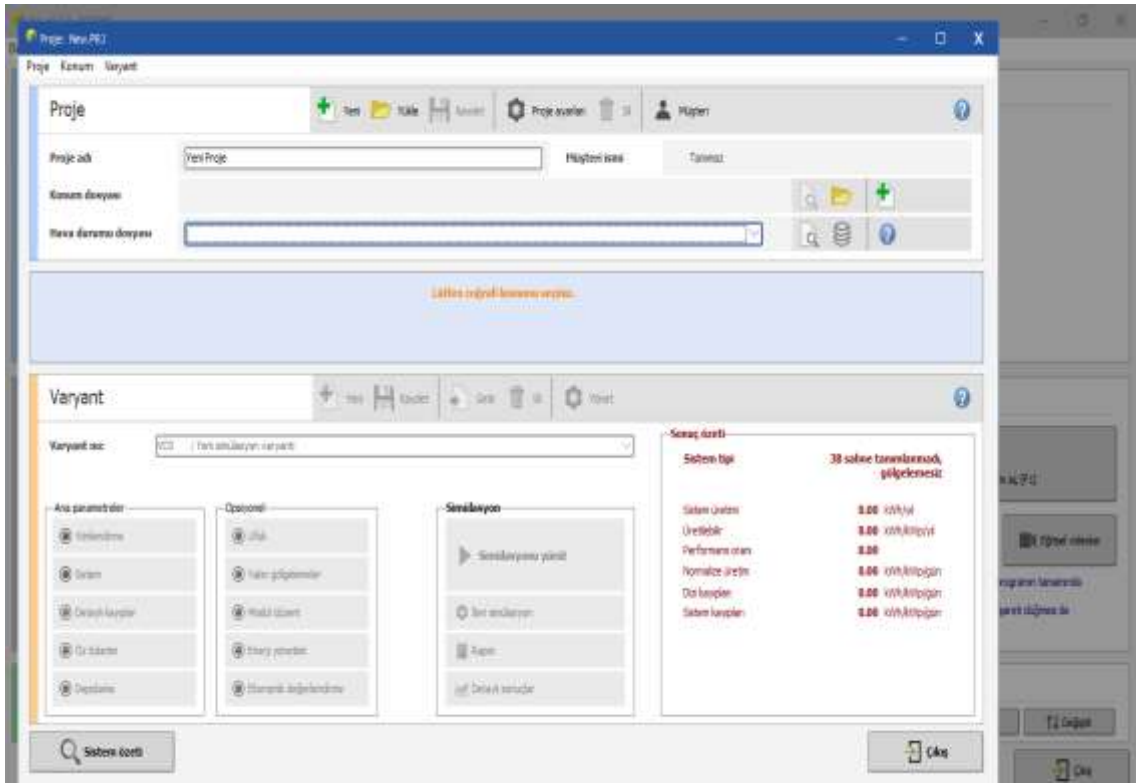


Şekil 5.4. PVsyst 7.2 açılış ekranı

Kontrol panelinde Şekil 5.5.'te gösterilen ekranda proje temel tanımları ve sistem değişkenleri yönetimi olarak iki bölüm bulunmaktadır.

Proje, Fotovoltaik sistemin oluşturulacağı yerin coğrafi konumunu, meteorolojik verilerini, albedo değeri gibi birtakım genel değişkenleri, boyutlandırma koşullarını ve yapılacak projeye özel parametreleri içermektedir.

Oluşturulacak sistemde kullanılacak olan güneş panelinin ve inverterin seçimi, panel ve inverter sayısı, yerleşim ve olası gölgelemeler, elektrik bağlantıları gibi bilgiler bu aşamada işlenir.

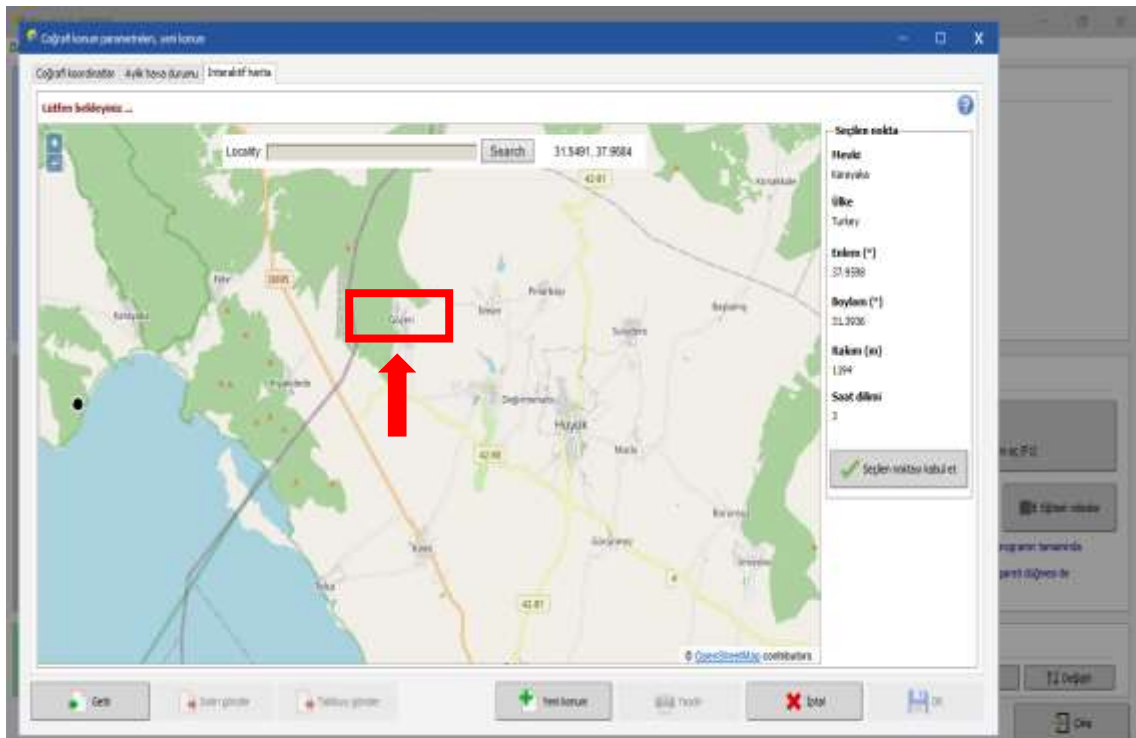


Şekil 5.5. PVsyst veri giriş ana sayfası

PVsyst'te bir proje modellemesi yapılırken ufak adımlarla ilerlenmesi gerekmektedir. Bu adımları üçe ayırabiliriz.

- Yapılacak Projenin Coğrafi konumu ve meteorolojik verilerin belirtilmesi
- Panellerin yönünü, ihtiyaç olan gücü veya kurulum alanını, seçilen panelleri ve inverterlerin çeşidini kapsayan sistemin ana bileşenlerinin tanımlanması. Program bu tanımlamalar için bir yapılandırma önerecek ve ilk hesaplamanın yapılması için ihtiyaç olan bütün etmenler için mantığa uygun değerleri ayarlayacaktır. Sonrasında bu varyant simüle edilerek kaydedilebilir.

- İlk oluşturulan bu varyanta, yakın ve uzak gölgelenmeler, sistem kayıpları gibi belirli parametrelerinde aşamalı olarak ekleyerek devam edilir. Bütün değişkenlerin sisteme olan etkilerini görebilmek için her girdi sonrasında varyant simüle edilmeli ve kaydedilmelidir. PVsyst programında Konya İli, Hüyük İlçesi, Göçeri Mahallesi, 324 ada 1 parselde bulunan Baykara Tuğla fabrikası çatısında 1 MW kurulu güce sahip sistemin simülasyonu oluşturuldu. Bunun için öncelikle Şekil 5.6.'da gösterilen ekranda tesisin konumunun işaretlenmesi ve bu konuma ait meteorolojik verilerinin program tarafından getirilmesi sağlandı.



Şekil 5.6. PVsyst 'de konum bilgisinin girilmesi

Konum bilgisi işaretlenip seçilen noktayı kabul et denildikten sonra, işaretlenen konuma ait Şekil 5.7.'de gösterilen ekranda meteorolojik verilerin program veri tabanından getirilmesi sağlanır.

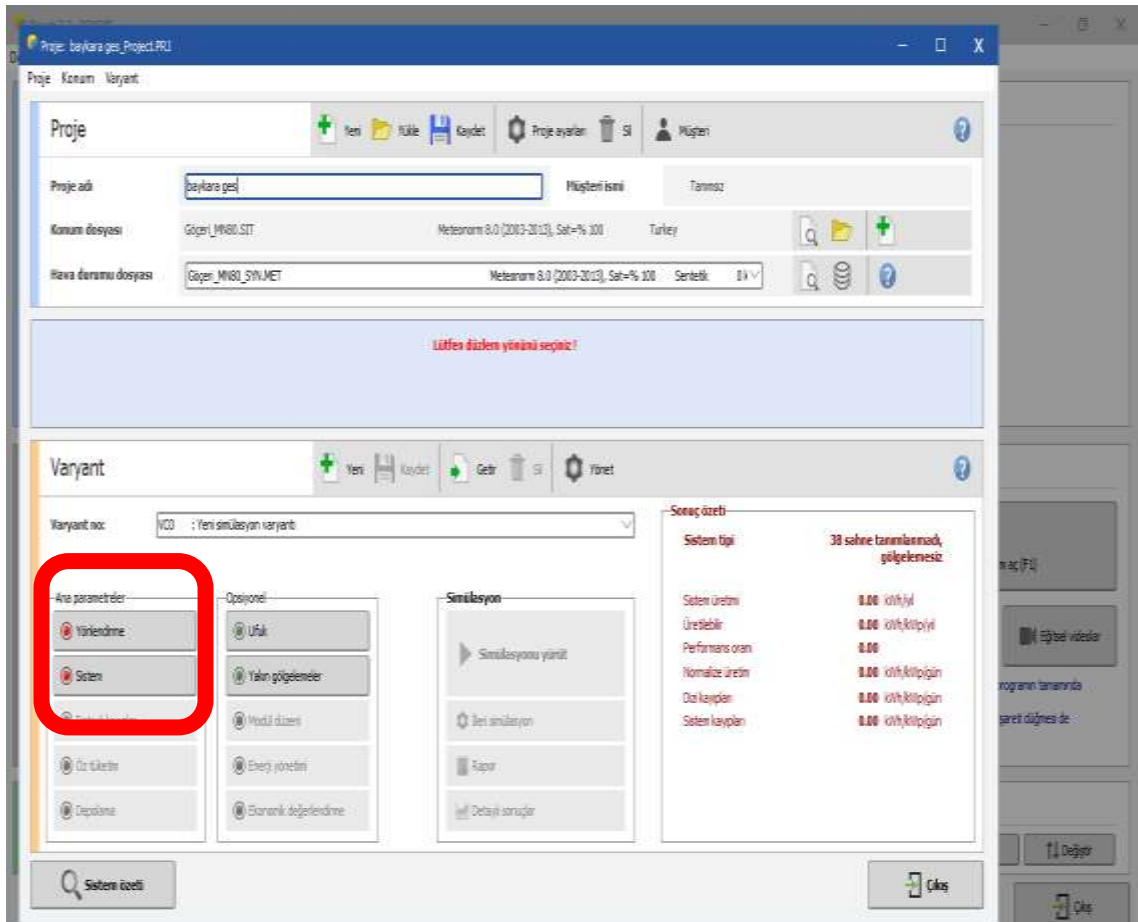
	Global yataç	Yatay düz	Sıcaklık	Rüzgar hızı	Ortalama bulutluluk	Buğul oranı
	Wh/m ² /yıl	Wh/m ² /yıl	°C	m/s	%	%
Ocak	52.3	24.4	5.8	2.87	2.973	46.3
Şubat	61.0	26.3	1.1	2.60	2.387	72.8
Mart	123.0	48.2	5.7	2.38	2.369	62.8
Nisan	180.0	51.4	9.9	2.20	2.318	18.8
Mayıs	260.4	57.6	14.8	2.00	2.326	54.2
Haziran	322.4	55.2	18.8	2.48	2.383	47.3
Temmuz	320.8	58.5	24.2	2.89	2.276	27.4
Ağustos	263.0	60.3	22.8	2.80	2.387	28.8
Eylül	183.8	55.3	16.4	2.97	2.823	44.8
Ekim	111.8	44.8	12.2	2.79	2.857	27.1
Kasım	76.2	32.2	6.7	2.30	2.708	70.4
Aralık	57.9	26.3	5.9	2.30	2.583	76.2
Yıl	1763.0	595.4	13.3	2.8	2.953	58.4

Global yataç verileri yıllık yataç değeri: 4.7%

Şekil 5.7. Program veri tabanından gelen meteorolojik veriler

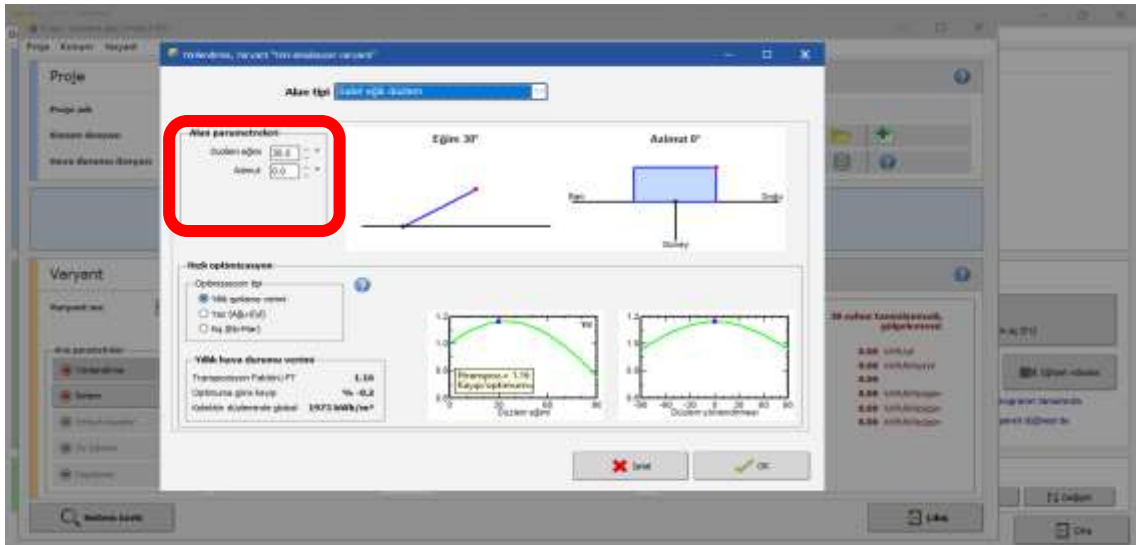
5.2. Sistemin PVsyst Ortamında Tasarlanması

Baykara Tuğla Fabrikasının konumunu ve bölgeye ait meteorolojik verileri tanımladıktan sonra ilk varyantı oluşturduk. Şekil 5.8.'de bulunan ekrandaki Yönlendirme ve Sistem sekmelerinin kırmızı işaretli olduğunu görüyoruz. Kırmızı renkli işaretleme sekmedeki girdilerin henüz simülasyona hazır olmadığını, ek girdi girilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bir varyant için tanımlanması gereken temel parametreler güneş panellerinin yönü, PV modüllerin ve inverterin tipi ve sayısıdır.



Şekil 5.8. Veri girişi yapılması için kırmızı renkle belirtilen sekmeler

Veri girişi yapmak için öncelikle yönlendirme sekmesindeki güneş enerjisi kurulumu için alan türüne, eğim ve azimut açılarına ilişkin değerlerin girdisinin yapılması gerekmektedir. Projemizde Şekil 5.9.'da gösterilen ekrandaki düzlem eğimi 30, Azimut açısı ise 0° dir.



Şekil 5.9. Düzlem eğimi ve azimut açısı girişi

Yönlendirme sekmesinden düzlem açısı ve azimut değerleri girildikten sonra bir sonraki adımda sistem sekmesinde varyantımız için gerekli olan diğer bilgileri girerek ilerledik. Burada elde etmek istediğimiz enerji miktarını girerek ne kadar alana ihtiyacımız olduğunu ya da kurulum yapacağımız alanın büyüklüğünü girerek ne kadar enerji üretebileceğimizi görebildik. Sistemimizi oluştururken en önemli parametrelerden olan panel ve inverter seçimlerini de yaparak varyantımızı simülasyon edilebilir hale getirdik. Çalışmamız da kullanılan paneller Plurawatt (DC M 72 450 W) olarak belirlenmiştir. Şekil 5.10.'da kullanılan panelin teknik özellikleri gösterilmiştir.

PLURAWATT DC 166 M72x2 - MONOKRİSTALİN PANEL ELEKTRİK DEĞERLERİ				
Panel Güç Sınıfı:	435	440	445	450
Panel Hücre Tipi	PERC Monokristalin Hücre - Half Cell			
Panel Model Tipi	PW DC 435 M 72x2	PW DC 440 M 72x2	PW DC 445 M 72x2	PW DC 450 M 72x2
Nominal Güç Aralığı	Aşağıdaki güç aralıklarından biri + 5W p aralığında			
Vmp	40,763	40,978	41,193	41,408
Imp	10,726	10,776	10,826	10,876
Voc	48,357	48,500	48,644	48,788
Isc	11,513	11,543	11,573	11,603
Panel Verimi	30,11%	30,31%	30,49%	30,73%
Maksimum Güç Sıcaklık Katsayısı (TPmax)	-0,33%/°C			
Kısa Devre Akımı Sıcaklık Katsayısı (Tsc)	+ 0,042 % / °C			
Açık Devre Gerilimi Sıcaklık Katsayısı (TVoc)	- 0,36 % / °C			
Panel Çalışma Sıcaklığı Aralığı	- 40 °C + 85 °C			
Maksimum Sistem Gerilimi	1000 VDC			
Nominal Çalışma Sıcaklığı (NOCT)	45 ± 2 °C			
STC (Panel Isısı 25°C, Işınma 1.000 W/m ² , Hava Kütle Katsayısı 1,5)				
Tabloda verilen değerler panellerden maksimum güç alınan noktalarda % ±3 ölçüme toleransa ile hesaplanmıştır.				
Her bir Plurawatt panelinin STC'deki ölçüm sonuçları, panel arkasındaki etikette yazılmaktadır.				
Sunışığı, hammadde farklılıkları dolayısıyla verilen değerlerin değeri farklılık göstermektedir.				

Şekil 5.10. Plurawatt (DC M 72 450 W) panel teknik özellikleri

Seçilen panelimize uyumlu olarak tercih edilen inverterimiz (Evirici) ise Huawei (SUN2000- 100 KTL-M1-400Vac) olarak seçilmiştir. Şekil 5.11.'de kullanılan inverterin teknik özellikleri gösterilmiştir.

Efficiency	
Max. Efficiency	98.8% @430 V, 98.6% @330 V / 400 V
European Efficiency	98.6% @430 V, 98.4% @350 V / 400 V
Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V - 1 000 V
Nominal Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10
Output	
Nominal AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Nominal Output Voltage	480 V / 400 V, 380 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V
Max. Output Current	133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 166.8 A @380 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes (isolation transformer required)
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	90 kg (198.4 lb)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 50°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4 000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Stäubli MC4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificates	EN 62103-1/2, IEC 62109-1/2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61693

Şekil 5.11. Huawei (SUN2000- 100 KTL-M1-400Vac) teknik özellikleri

Buna göre 2916 adet panel ve 10 adet inverter hesaplanmıştır. Modellememizde seri modül sayısı 18 ve oluşturulan zincir sayısı ise 162 olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.12.'de panel ve inverter uyumluluk kontrolü yapılmıştır. Oluşturulan panel yerleşim planı Şekil 5.13.'te ki gibi düzenlenmiştir.

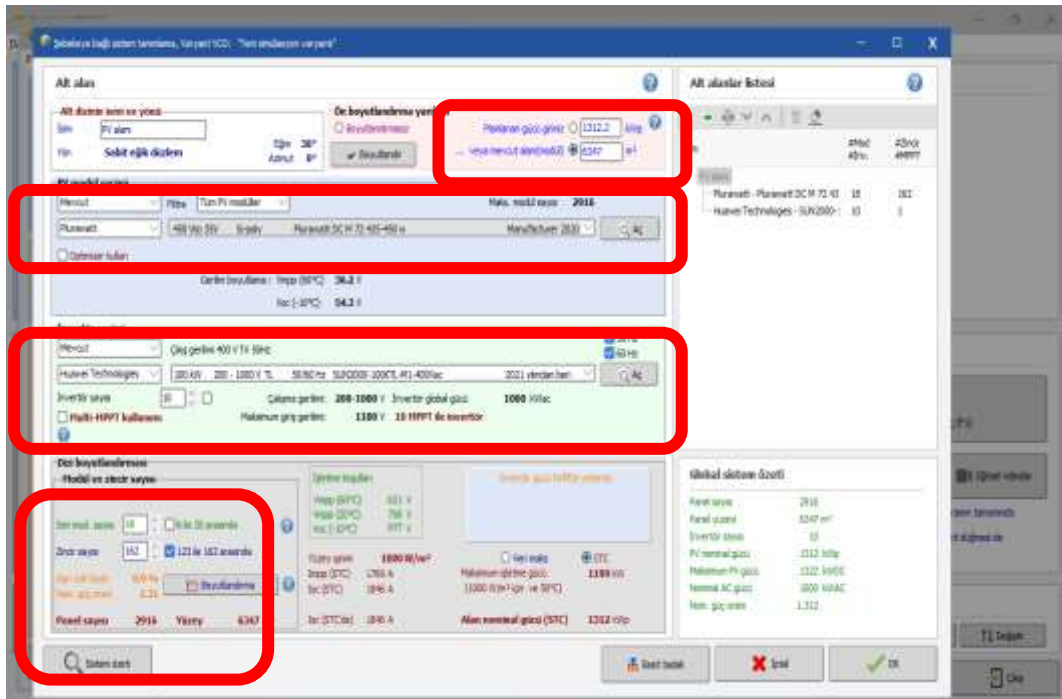
BAYKARA TUĞLA GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ									
PANEL ve İNVERTER UYUMLULUK KONTROLÜ									
PV Modül- Dizi Bilgileri					Inverter Bilgileri				
Mono Crystalline Modules					450	Watt	String Inverter	99	kWe
Max Sıcaklık (Tmax)	70	C	Paralel bağlı dizi sayısı (D)	16	Adet	Max Giriş Gerilimi	1100	Vdc	
Min Sıcaklık (Tmin)	-25	C	Dizideki Panel Sayısı(N)	18	Adet	Min Giriş Gerilimi	200	Vdc	
PV Modül Voc Sıcaklık Katsayısı (KVoc)	-0,35	%/C	PV Modül Nominal Gerilim (Vmpp)	41,480	Vdc	Max Giriş Gerilimi (MPPT)	200	Vdc	
PV Modül Standart Test Sıcaklığı (Ts)	25	C	PV Modül Açık Devre Gerilim (Voc)	48,860	Vdc	Min Giriş Gerilimi (MPPT)	1000	Vdc	
			Dizi Nominal Akım (Impp)	10,864	Adc	Max Giriş Akımı	26	Adc	
			Dizi Kısa Devre Akımı (Isc)	11,392	Adc	Max Giriş Kısa Devre Akımı	40	Adc	
MİNİMUM VE MAKSİMUM DC GİRİŞ GERİLİM KONTROLÜ									
Maksimum Dizi Gerilimi									
$N \times Voc [1 + (Kvoc \times [Tmin - Ts]) / 100] = 18 \times 48,860 \times [1 + (-0,35 \times [(-25) - 25]) / 100]$									
1033,39 < 1100 V UYGUNDUR									
Minimum Dizi Gerilimi									
$N \times Voc [1 + (KVoc \times [Tmax - Ts]) / 100] = 18 \times 48,860 \times [1 + (-0,35 \times [70 - 25]) / 100]$									
740,96 > 200 V UYGUNDUR									
Maksimum Mpp Gerilimi									
$N \times Vmpp [1 + (Kvoc \times [Tmin - Ts]) / 100] = 18 \times 41,480 \times [1 + (-0,35 \times [(-25) - 25]) / 100]$									
877,30 < 1000 V UYGUNDUR									
Minimum Mpp Gerilimi									
$N \times Vmpp [1 + (Kvoc \times [Tmax - Ts]) / 100] = 18 \times 41,480 \times [1 + (-0,35 \times [70 - 25]) / 100]$									
629,04 > 200 V UYGUNDUR									
MAKSİMUM DC GİRİŞ AKIM KONTROLÜ									
Dizi Maksimum Akımı									
$Imaks = D \times Impp = 2 \times 10,864$									
21,73 < 26 A UYGUNDUR									
Dizi Kısa Devre Akımı									
$Iscmaks = D \times Isc = 2 \times 11,392$									
22,78 < 40 A UYGUNDUR									
MAKSİMUM DC GÜÇ KONTROLÜ									
PV Modül Gücü (P)	=	450	Watt						
Paralel bağlı dizi sayısı (D)	=	16	Adet						
Dizideki Panel Sayısı(N)	=	18	Adet						
Dizi Maksimum Gücü	=	Pmaks = P x D x N		=	129600	W >	99000 W	UYGUNDUR	

Şekil 5.12. Panel ve inverter uyum kontrolü



Şekil 5.13. Baykara GES panel yerleşim planı

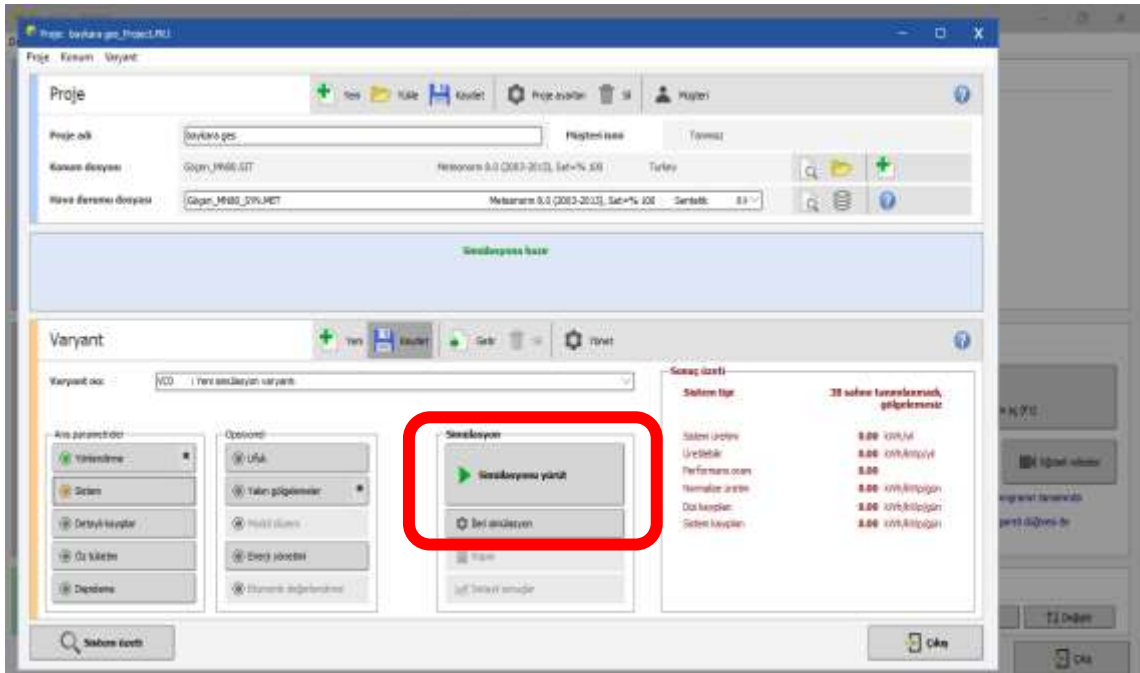
Şekil 5.14.'te gösterilen ekrandaki veri girişlerini tamamladıktan sonra sağ alt kısımdaki panel mavi ya da turuncu olmalıdır. Veri girişlerini tamamladığımızda turuncu renkli inverter gücü hafifçe yetersiz uyarısı aldık. Fakat bu aşamada kırmızı renkli bir uyarı almadığımız için bu uyarıyı göz ardı ederek devam ettik.



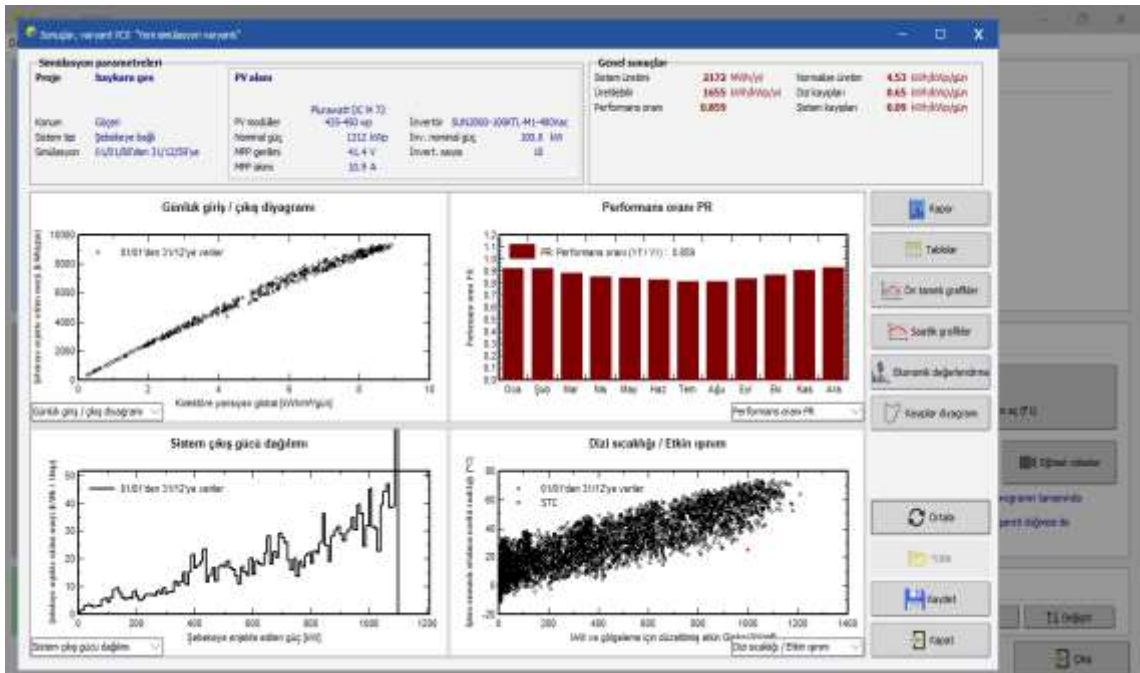
Şekil 5.14. Sistem veri giriş sayfası

5.3. Simülasyonun Çalıştırılması

Sistem sekmesinde gerekli olan bütün verileri girdikten sonra onayladıktan sonra ilk aşama varyantımız artık simülasyon için hazır hale geldi. Oluşturulan ilk aşama varyantımız için Şekil 5.15.'te simülasyonu yürüt sekmesine basarak sonuçlarını elde ettik. Şekil 5.16.'da simülasyon sonuç sayfası görünmektedir.



Şekil 5.15. Yönlendirme ve sistem girdilerinden sonra simülasyonun aktif olması



Şekil 5.16. Simülasyon sonuç sayfası

5.4. Sonuçların Analiz Edilmesi

Sistemimiz iim oluşturmuş olduğumuz ilk aşama varyantımız için yapılan simülasyonun çıkan sonuç ekranında veri girişi yaptığımız parametrelerde bariz bir yanlışlık yapıp yapmadığımızı görebilmemiz için ekranın st kısmında simülasyon parametrelerinin kısa bir özetini inceleyebiliriz. Sağ tarafta simülasyonun ana sonuçlarını özetleyen raporlar, tablolar, grafikler, ekonomik değerlendirme ve kayıplar diyagramları bulunmaktadır. Bu sonuçlar sistemin çok kaba bir resmini çizerler, bariz hataları tespit etmek veya değişiklik yapmak ihtiyacı olup olmayacağının ilk izlenimini edinmek ve projenin varyantları arasında karşılaştırmalar yapabilmek için kullanılırlar.

Sonuç ekranında sistemin genel davranışı hakkında daha ayrıntılı bilgiler veren "Günlük Giriş/ıkış şeması" simüle edilen her gün için şebekeye enjekte edilmiş enerjiyi gösterir. İyi boyutlandırılmış bir sistem için bu grafik büyük ışınım değerlerine hafifçe dolgunlaşan düz bir çizgi görüntüsünde olmalıdır. Grafikte sıcaklık etkisiyle oluşan hafif bir eğrilik görülmektedir. Fazla ışınımlarda kimi noktalarda sapma oluyor ise, bu durum aşırı yük koşullarının oluştuğunu göstermektedir.

Simülasyonun sonuçlarına ilişkin temel veriler raporda toplanır. Rapor sekmesine tıkladığımızda bu ilk basit varyant için şekil 5.17.'de oluşan raporu elde ettik.

Raporumuzun kapak sayfasında projemizin özetini, oluşturulan sistemin özetini ve yıllık retebileceğimiz enerji miktarını ve performansın oranını görebilmekteyiz.



PVsyst V7.2.21

VC0, Simülasyon tarihi:
11/12/23 20:05
v7.2.21 ile

Proje: baykara ges

Varyant: Yeni simülasyon varyantı

Proje özeti

Coğrafi konum		Konum		Proje ayarları	
Göçeri	Turkey	Enlem	37.98 °N	Albedo	0.20
		Boylam	31.53 °E		
		Rakım	1239 m		
		Saat dilimi	UTC+3		

Hava durumu verileri

Göçeri
Meteonorm 8.0 (2003-2013), Sat=% 100 - Sentetik

Sistem özeti

Şebekeye bağlı sistem	3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz				
Kolektör düzleminin yönlendirmesi	Yakın gölgelemeler		Kullanıcı ihtiyaçları		
Sabit düzlem	Gölgelemesiz		Sınırsız yükleme (şebeke)		
Eğim/Azimet	30 / 0 °				
Sistem bilgisi			İnvertör		
PV alanı			Öge sayısı		
Panel sayısı	2916 adet		10 adet		
Toplam nom. güç	1312 kWp		Toplam nom. güç		
			1000 kWac		
			Nom. güç oranı		
			1.312		

Sonuçların özeti

Üretilen enerji	2171784 kWh/yıl	Üretililebilir	1655 kWh/kWp/yıl	Perf. oranı PR	85.93 %
-----------------	-----------------	----------------	------------------	----------------	---------

İçindekiler

Proje ve sonuçların özeti	2
Genel parametreler, Kolektör alanının özellikleri, Sistem kayıpları	3
Genel sonuçlar	4
Kayıplar diyagramı	5
Özel grafikler	6

Şekil 5.17. Proje, sistem ve sonuçların özeti

Şekil 5.18.'de gösterilen sayfada varyantımızın genel parametrelerini, kullanılan panel ve inverter özelliklerini ve dizi kayıplarını görebiliyoruz.


PVsyst V7.2.21

VC0, Simülasyon tarihi:
11/12/23 20:05
v7.2.21 ile

Proje: baykara ges

Varyant: Yeni simülasyon varyantı

Genel parametreler

Şebekeye bağlı sistem	3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz	
Kolektör düzleminin yönlendirmesi	Dizi ayarları	Kullanılan modeller
Yönlendirme	3B sahne tanımlanmadı	Transpozisyon Perez
Sabit düzlem		Difüz Perez, Meteorom
Eğim/Azımüt	30 / 0 °	Circumsolar ayrı
Ufuk	Yakın gölgelemeler	Kullanıcı ihtiyaçları
Ufuk tanımlanmadı	Gölgelemesiz	Sınırsız yükleme (şebeke)

Kolektör alanının özellikleri

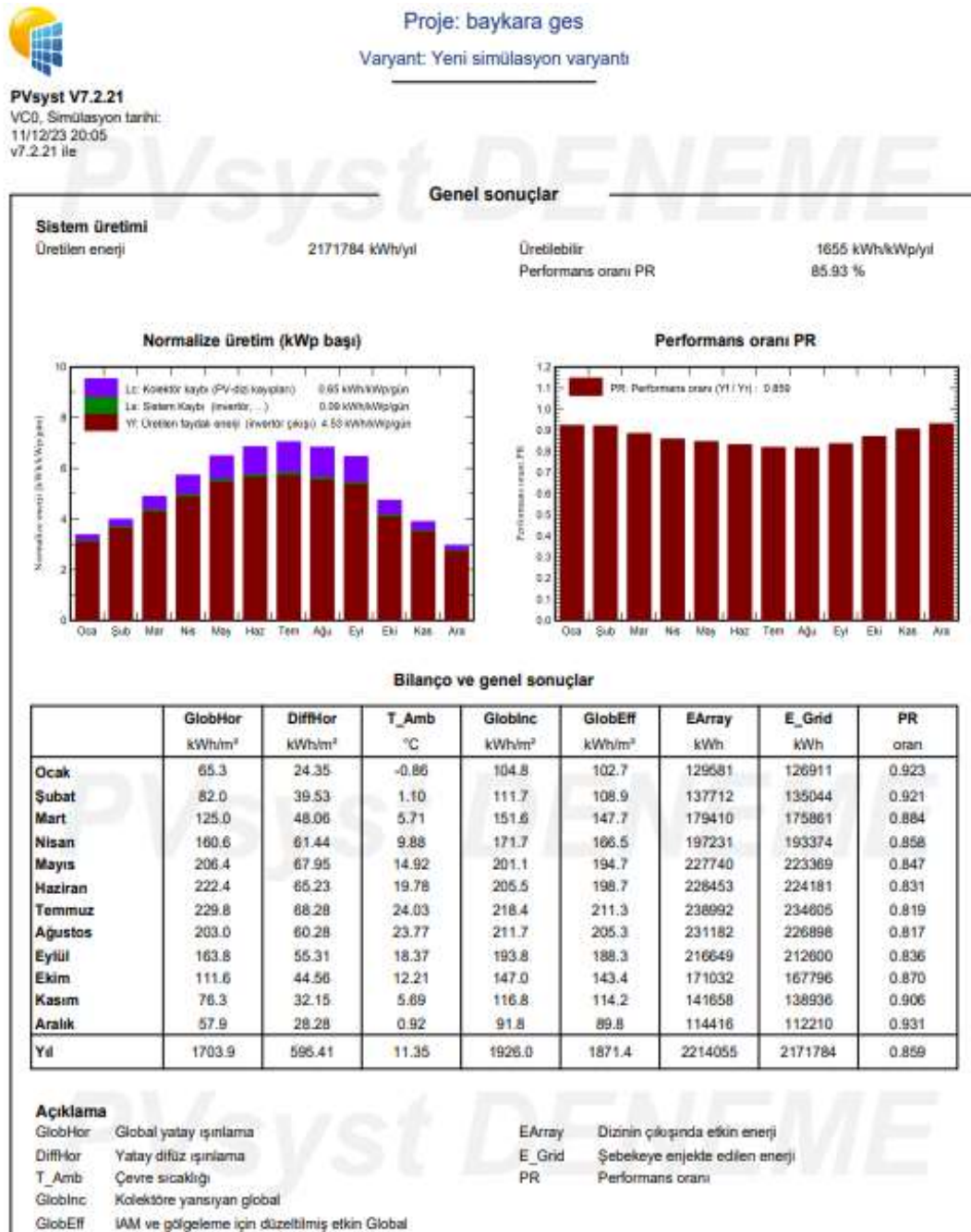
PV modül	İnvertör
Üretici Generic	Üretici Generic
Model Plurawatt DC M 72 435-450 wp	Model SUN2000-100KTL-M1-400Vac
(Kullanıcı tarafından belirlenen parametreler)	(Orjinal PVsyst veritabanı)
Birim gücü 450 Wp	Birim gücü 100 kWac
PV modül sayısı 2916 adet	İnvertör sayısı 10 adet
Nominal (STC) 1312 kWp	Toplam güç 1000 kWac
Modül 162 Zincir x 18 Seri	Çalışma gerilimi 200-1000 V
İşletme şartlarında (50°C)	Maks güç (=>33°C) 110 kWac
Pmpp 1199 kWp	Nom. güç oranı (DC:AC) 1.31
U mpp 678 V	
I mpp 1769 A	
Total PV gücü	İnvertör toplam gücü
Nominal (STC) 1312 kWp	Toplam güç 1000 kWac
Toplam 2916 modül	İnvertör sayısı 10 adet
Panel yüzeyi 6347 m ²	Nom. güç oranı 1.31

Dizi kayıpları

Termal kayıp faktörü	DC kablolama kaybı	Modül kalite kaybı						
İşletme göre modül sıcaklığı	Global alan direnci 6.3 mΩ	Kayıp oranı -0.3 %						
Uc (sabit) 20.0 W/m ² K	Kayıp oranı 1.5 STC'de%							
Uv (rüzgar) 0.0 W/m ² K/m/s								
Modül uyumsuzluk kaybı	Dizi uyumsuzluk kaybı							
Kayıp oranı 2.0 MPP'de%	Kayıp oranı 0.1 %							
IAM kayıp faktörü								
Yansımaya etkisi (IAM): Fresnel, normal cam, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Şekil 5.18. Genel parametreler, kolektör alanının özellikleri, dizi kayıpları

Şekil 5.19.'da gösterilen sayfada aylık bazda normalize üretim, performans oranı, bilanço ve genel sonuçlar tablosu bulunmaktadır.



Şekil 5.19. Genel sonuçlar

Üçüncü sayfanın alt kısmında, ana değişkenlerin yer aldığı, aylık değerler ve yıllık değerler olarak bir tablo bulunmaktadır. Yıllık değer, sıcaklık, ışınım veya enerjiler gibi bir toplam olabilir. Bu değişkenler;

GlobHor: Yatay düzlemde küresel ışınlama

T amb: Ortalama ortam sıcaklığı

GlobInc: Aktarımdan sonraki herhangi bir optik düzeltme olmaksızın, kolektör düzlemindeki küresel ışınlama (genellikle Dizi Düzlemi için POA olarak adlandırılır).

GlobEff: Optik kayıplardan sonra (uzak ve yakın gölgelemeler, IAM, kirlenme kayıpları) kolektörler üzerinde "etkili" küresel ışınlama,

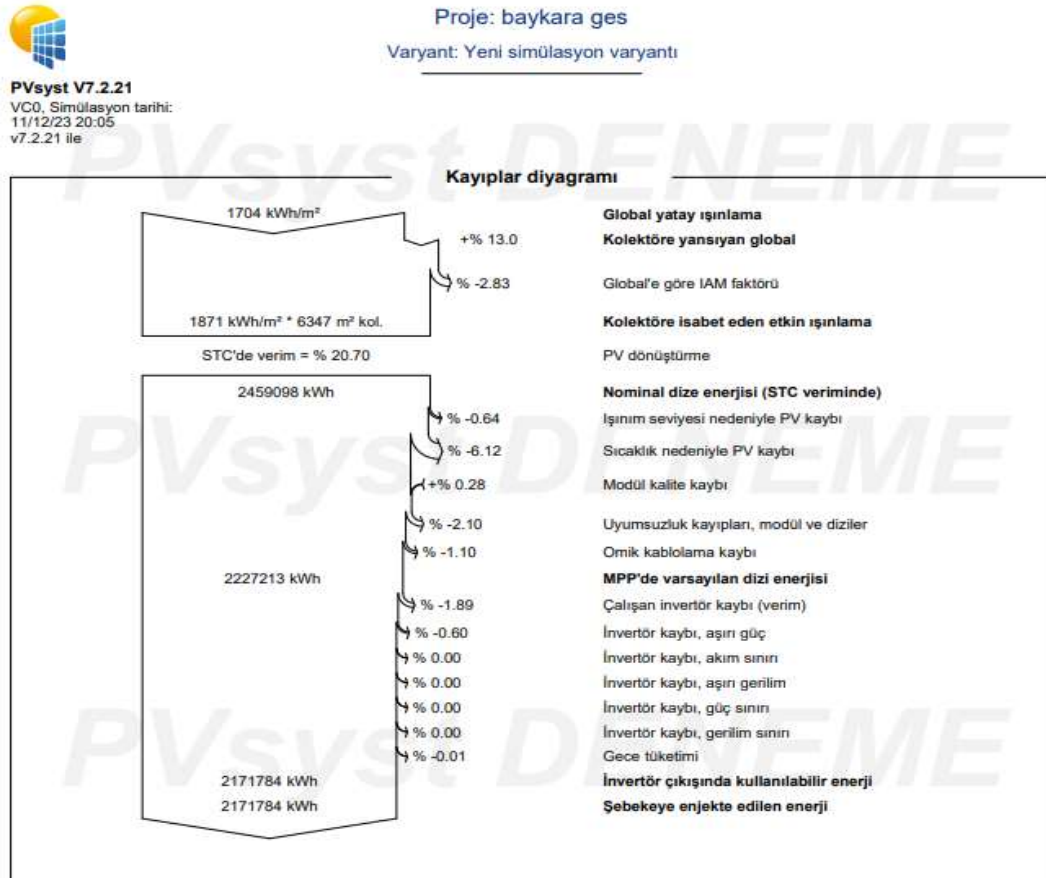
EArray: PV dizisi tarafından üretilen enerji (inverterlerin girişi).

E_Grid: İntertör ve AC kablolama kayıplarından sonra şebekeye enjekte edilen enerji.

EffArrR: Kolektörün toplam alanındaki ışınım ile ilgili PV dizi verimliliği

EffSysR: Kolektörün toplam alanındaki ışınım ile ilgili sistem verimliliği

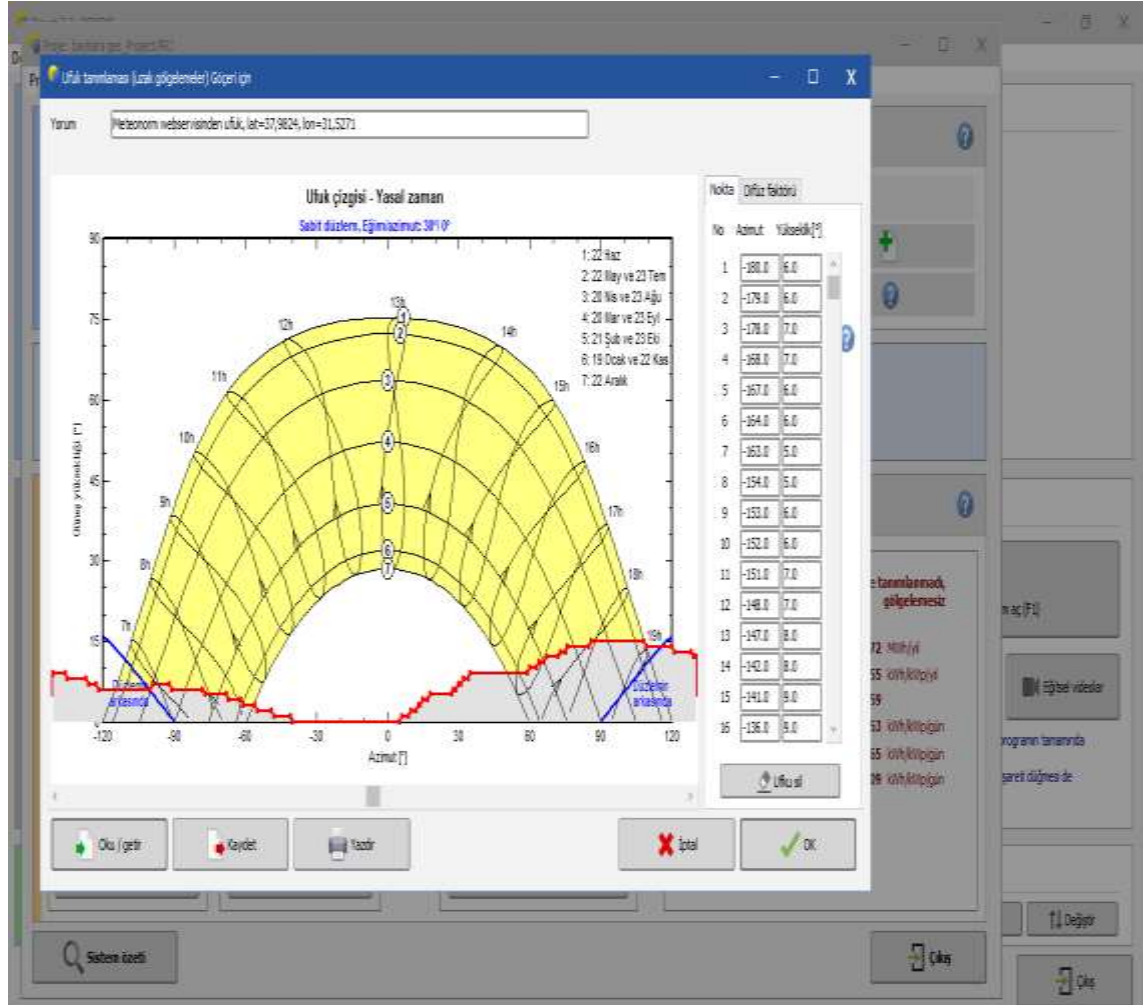
Şekil 5.20.'de gösterilen sayfa da kayıp diyagramı bulunmaktadır. Bu diyagram PVsyst sistem davranışını tüm detaylı kayıplarla beraber raporlamanın yöntemidir. Bu diyagram, tasarım tercihlerinin analiz edilmesi açısından çok faydalıdır ve aynı projenin sistemlerini veya varyantlarını karşılaştırırken kullanılır.



Şekil 5.20. Kayıplar diyagramı

Ufuk profili (Uzak Gölgeleme) Pv sistem boyutunun 10 katından fazla uzaklıkta bulunan gölgeleme nesnelерinin oluşturduğu etkiyi gösteren bir dizi (Yükseklik, Azimut) nokta ile gösterilen eğridir.

"Ufuk" sekmesine tıkladığımızda tesisin kurulacağı yere ait olan Şekil 5.21.'de gösterilen güneş yollarının grafiği açılmaktadır. Çalışmamız için bölgeye ait verileri Meteororm servisinden almayı tercih ederek kaydettik.



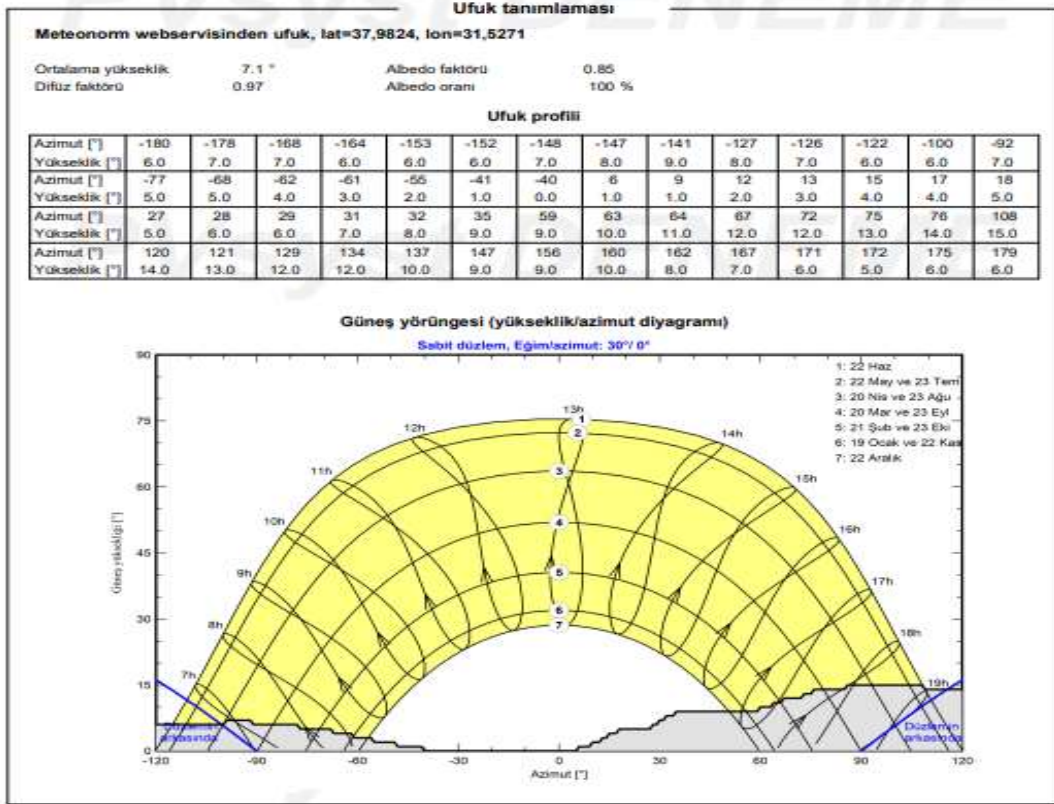
Şekil 5.21. Hüyük / Göçeri mevkiisi için meteororm verileri

Ufuk çizgisi tanımlandıktan sonra tekrar simülasyonu yürütürsek ufukun gölgelemesi de dikkate alınarak simülasyon oluşturuldu. Simülasyon raporunda artık uzak gölgelemeye ait Şekil 5.22.'deki grafiği de görebildik.



PVsyst V7.2.21
VC0, Simülasyon tarihi:
12/12/23 20:04
v7.2.21 ile

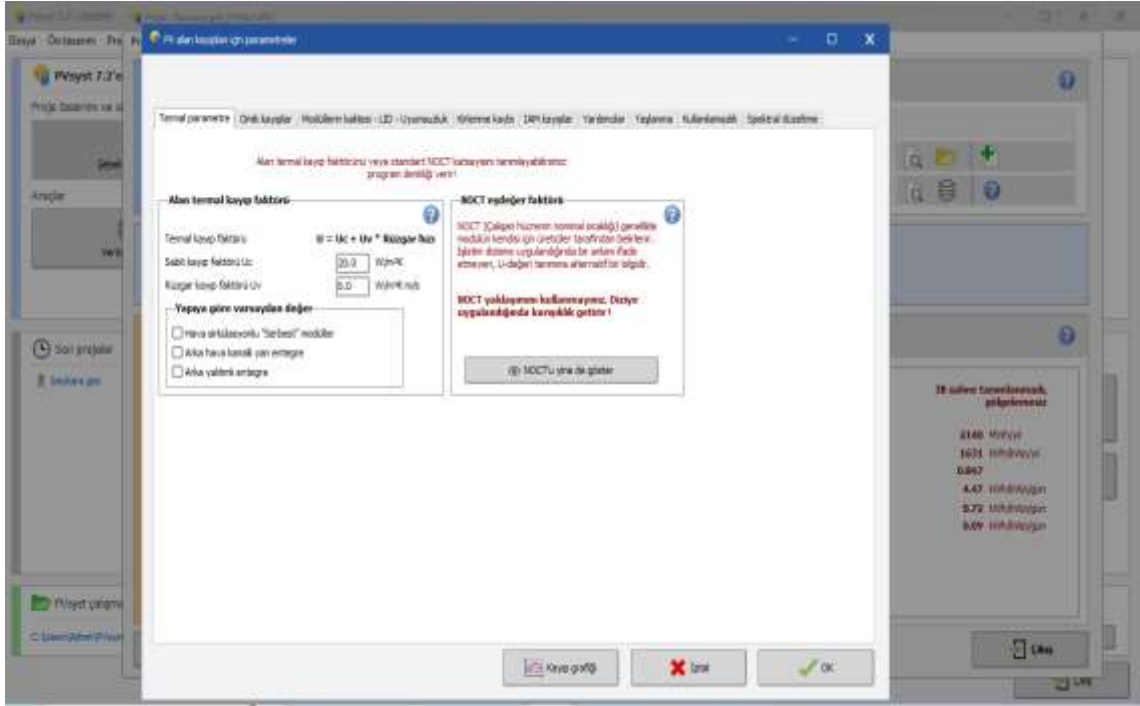
Proje: baykara ges
Varyant: 1. varyant



Şekil 5.22. Uzak gölgelemeler simülasyonu raporu

Oluşturulan ilk simülasyonlar için program tarafından belirlenen muhtemel değerlerle başlatılan fakat simülasyonun doğruya daha yakın sonuçlar vermesi için kendi sistemimizin özelliklerine göre sistemimize özel parametreleri girmemiz gerekir. Bu parametrelerin girişini "Detaylı kayıplar" sekmesinden yaptık. Şekil 5.23.'te görülen detaylı kayıplar sekmesinde şu parametreler bulunmaktadır:

- Termal Parametreler
- Omik Kayıplar
- Modül Kalitesi – LID – Uyumsuzluk
- Kirlenme Kaybı
- IAM Kayıpları
- Yardımcılar
- Yaşlanma
- Kullanılamazlık



Şekil 5.23. Ayrıntılı kayıplar sekmesi

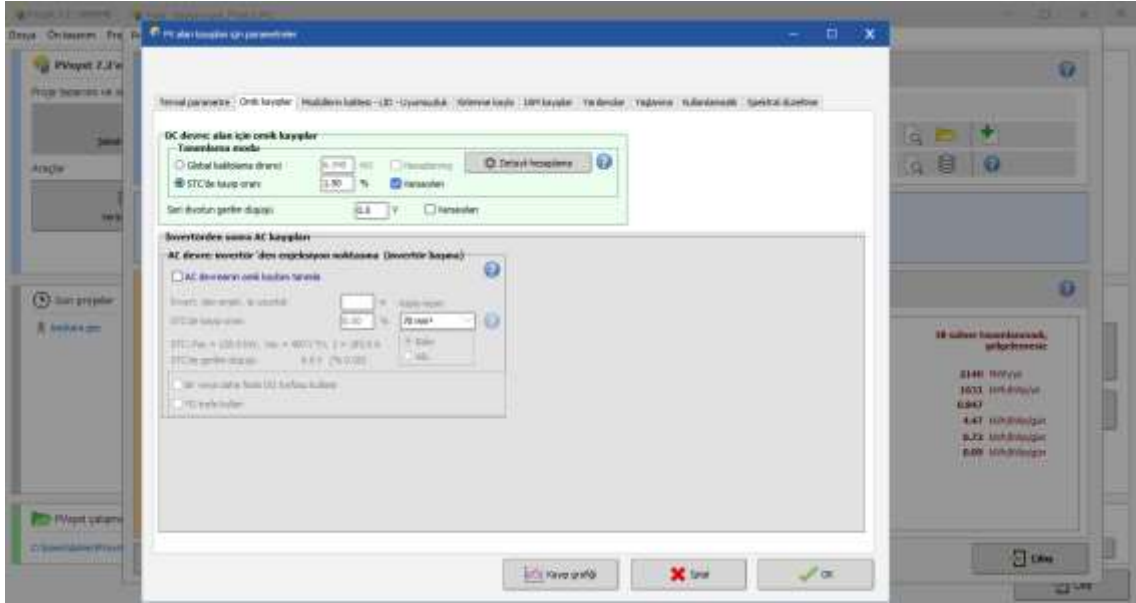
Oluşturulan dizinin termal davranışı çalıştırılan her bir simülasyon adımında bir termal denge ile hesaplanır. Hesaplanan bu veri anlık çalışma sıcaklığını belirler. Termal denge "Isı kaybı faktörünü" içerir. $U = U_c + U_v \cdot \text{Rüzgâr Hızı}$ [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]. Meteoroloji verilerinde rüzgâr hızı iyi bir şekilde tanımlanmadığı için ve U_v parametresi tam olarak bilinmediğinden, işleyişte rüzgâr bağımlılığını kullanılması daha uygundur. Bu nedenle ortalama rüzgâr etkisini sabit terime dâhil ederek $U_v = 0$ alıyoruz. Farklı sistemlerde yapılan ölçümlere göre PVsyst programı şu kabulleri yapmıştır;

- Kolektörlerin (bağımsız kolektörler) çevresinde tam serbest hava sirkülasyonu için $U_c = 29 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.
- Arkasında hava kanalı bulunan yarı entegre modüller için $U_c = 20 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.
- Konveksiyon/radyasyon soğutmasına yalnızca bir yüzey katıldığından entegrasyon için $U_c = 15 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ (arkadan yalıtımlı).

'Standart NOCT faktörü' (Nominal Çalışma Hücre Sıcaklığı), özel çalışma ve çevre şartları için modülün dengede ulaştığı sıcaklıktır. Üreticilerce sağlanan modül teknik özellikleriyle birlikte bulunabilmektedir.

5.5. Kablo Kayıpları

Kablolu omik direnci, modüller tarafından üretilen güç ile dizinin terminallerindeki güç arasında kayıplara ($R \cdot I^2$) sebep olur. Oluşan bu kayıplar, global dizi için tanımlanmış R parametresi ile belirtilir.



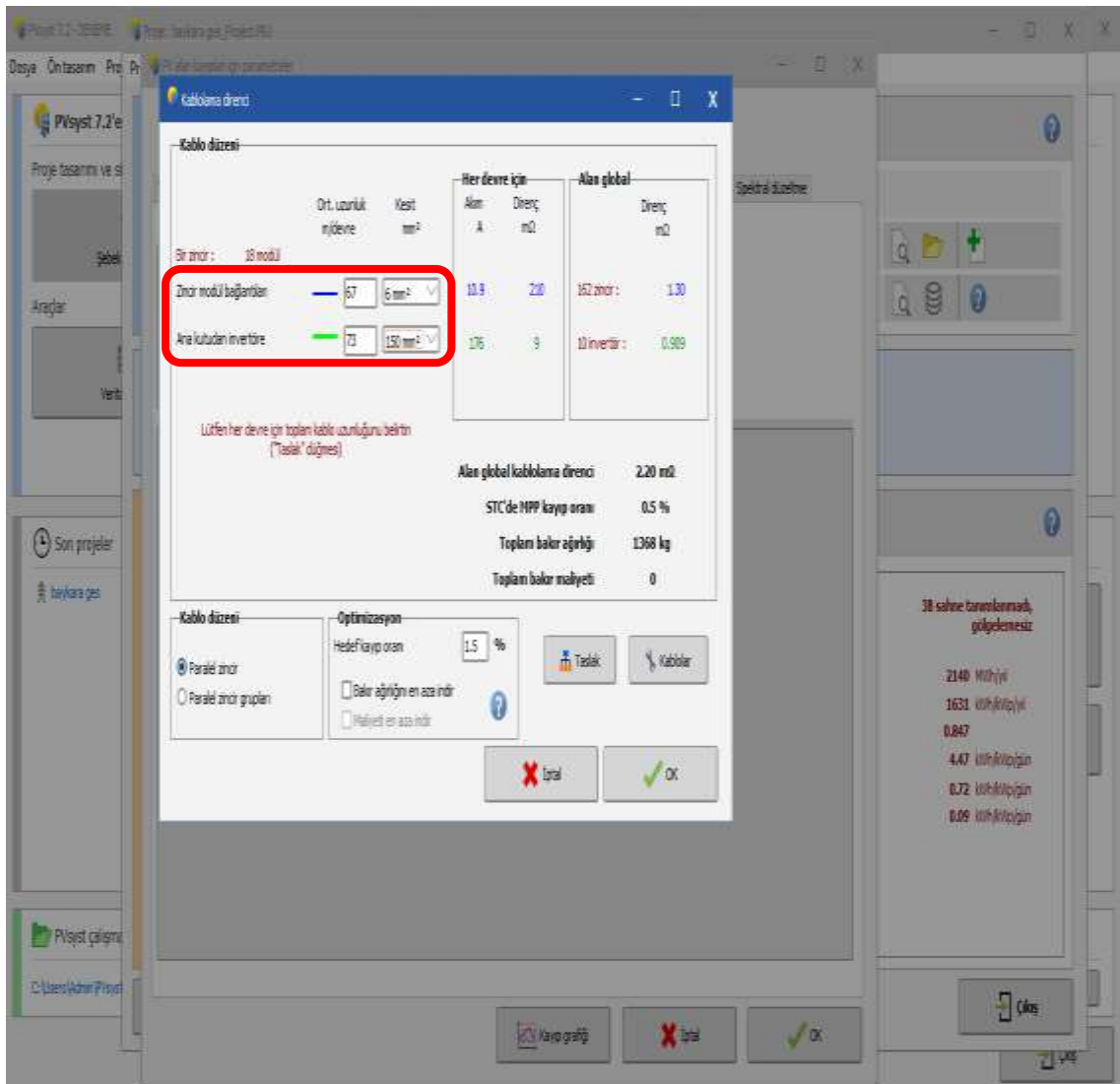
Şekil 5.24. Kablolu kayıpları sekmesi

PVsyst programı STC çalışma koşullarına göre kablolu kaybı için %1,5'lik bir oran önermektedir. Fakat Şekil 5.24.'te gösterilen omik kayıpları belirlemek ve optimize etmek için "Detaylı Hesaplama" kısmı kullanılır. Burada, dizi döngüleri için, ara geçiş kutuları ile inverter arasındaki ortalama kablo mesafesini belirtir ve buna göre kablo kesitlerinin oluşturulmasına yardımcı olur.

1. İNVERTERİN ÖZELLİKLERİ																
Bir DC Giriş Bağı Modül Sayısı :															18 Adet	
Toplam DC Giriş Sayısı :															16 Adet	
Bağı Toplam Modül Sayısı :															288 Adet	
Bağı Modül Birim Giriş Gücü :															450 Watt	
Toplam Giriş Gücü :															129,600 kW	
İNVERTER - 1	Dizi No	Kablo İsmi	Kesit (S) (mm ²)	Mesafe (L) (m)	Dizi No	Kablo İsmi	Kesit (S) (mm ²)	Mesafe (L) (m)	Dizi No	Kablo İsmi	Kesit (S) (mm ²)	Mesafe (L) (m)	Dizi No	Kablo İsmi	Kesit (S) (mm ²)	Mesafe (L) (m)
	Dizi 1-1	PV1-F	1 x 6 mm ²	30	Dizi 1-5	PV1-F	1 x 6 mm ²	70	Dizi 1-9	PV1-F	1 x 6 mm ²	110	Dizi 1-13	PV1-F	1 x 6 mm ²	150
	Dizi 1-2	PV1-F	1 x 6 mm ²	32	Dizi 1-6	PV1-F	1 x 6 mm ²	72	Dizi 1-10	PV1-F	1 x 6 mm ²	112	Dizi 1-14	PV1-F	1 x 6 mm ²	152
	Dizi 1-3	PV1-F	1 x 6 mm ²	50	Dizi 1-7	PV1-F	1 x 6 mm ²	90	Dizi 1-11	PV1-F	1 x 6 mm ²	130	Dizi 1-15	PV1-F	1 x 6 mm ²	22
	Dizi 1-4	PV1-F	1 x 6 mm ²	52	Dizi 1-8	PV1-F	1 x 6 mm ²	92	Dizi 1-12	PV1-F	1 x 6 mm ²	132	Dizi 1-16	PV1-F	1 x 6 mm ²	24

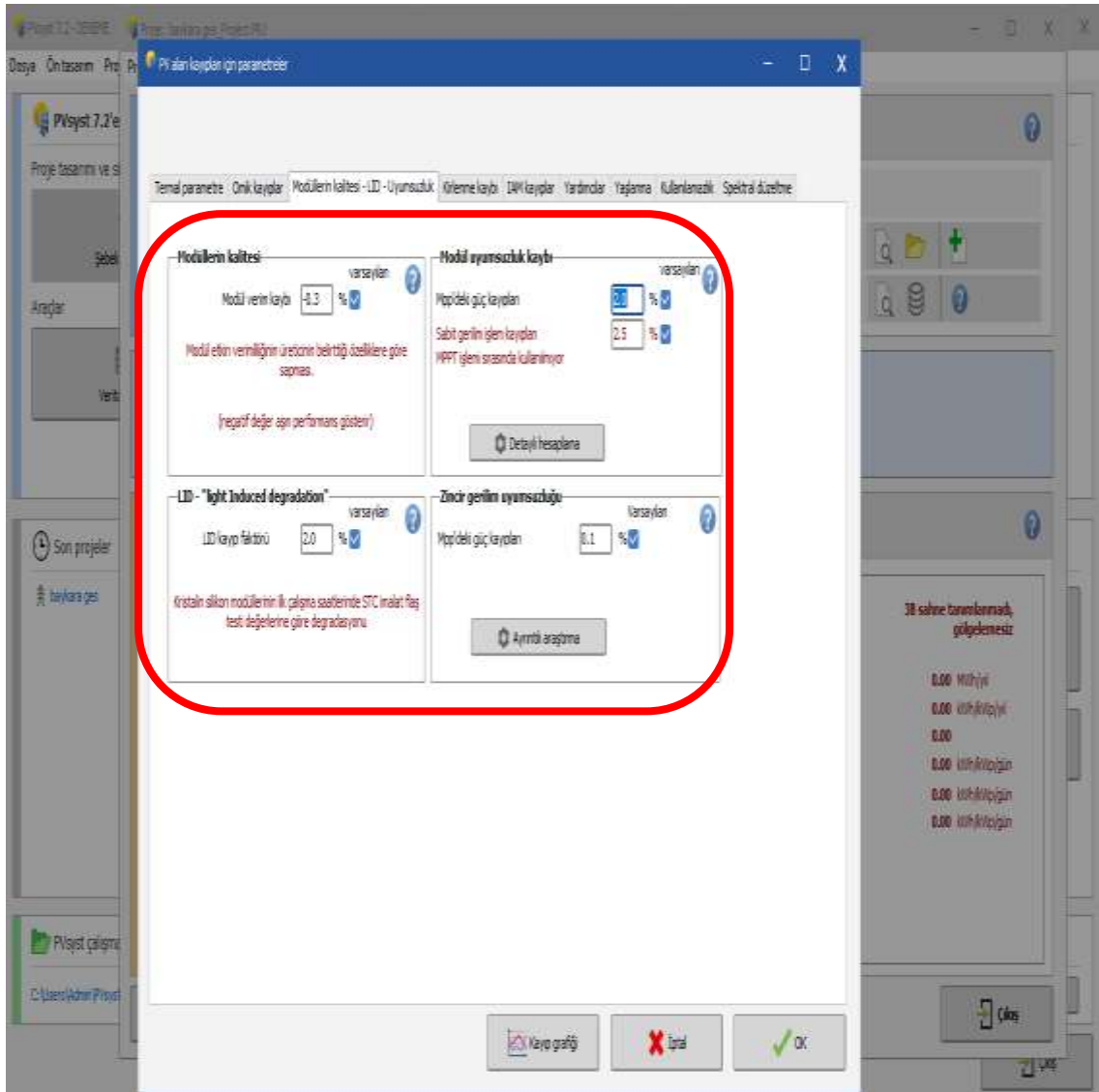
Şekil 5.25. İnverter e bağlanan kablo kesitleri ve mesafeleri

Sistemimizde 10 adet inverter bulunmaktadır. Buna göre Şekil 5.25.'te görüldüğü gibi bütün inverterlerimize gelen kablo kesitleri ve mesafelerini irdelediğimizde zincir modül arası bağlantılarının kablo kesitleri 1x6 mm² ve ortalama mesafesinin 67 metre olduğu hesaplandı. Ana kutudan invertere olan ortalama kablo mesafesi 73 m ve kablo kesiti de 150 mm² olarak hesaplandı. Şekil 5.26.'da gösterilen ekranda ana kutudan invertere olan ortalama kablo mesafesi ve kablo kesit değerleri girildi.



Şekil 5.26. Kablolama direnci sekmesi

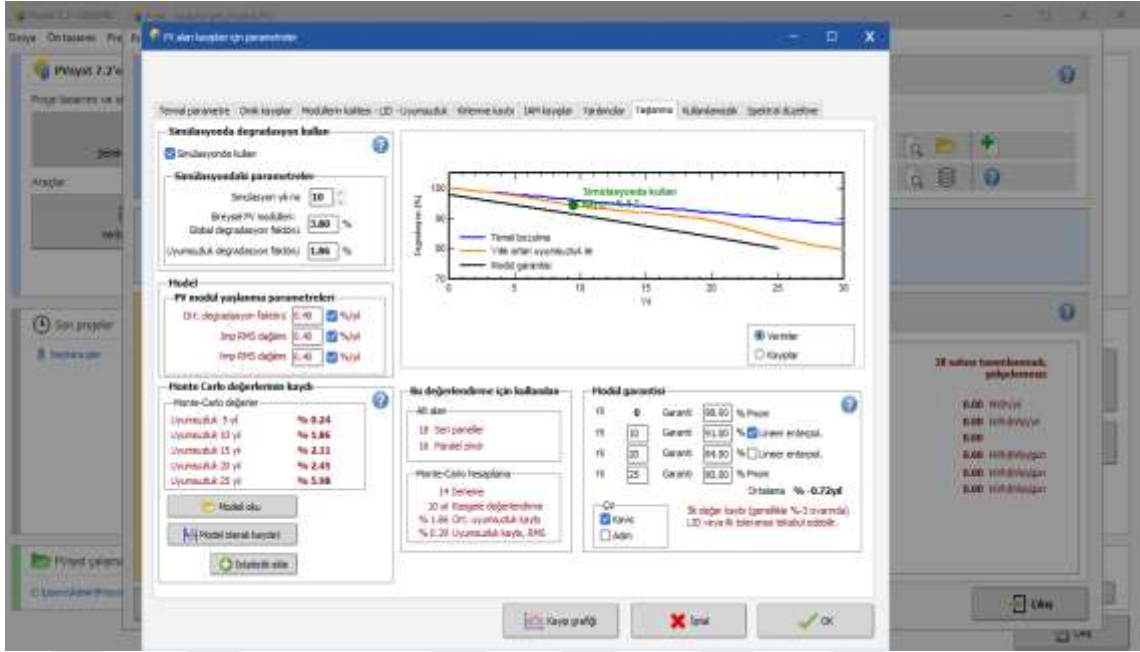
Bu kısımda harici transformatörden kaynaklı kayıpları da ekleme seçeneği bulunmaktadır. Omik kayıpların hesaplanması için gerekli bilgilerin girilmesinden sonra Modüllerin kaybı LID-uyumsuzluk sekmesine girerek, modül verim kayıplarını, modül uyumsuzluk kayıplarını, ışıınım kayıplarını ve zincir gerilim uyumsuzluğundan kaynaklı kayıpları girebilirsiniz. Çalışmamızda bu değerleri Şekil 5.27.'de gösterilen ekrandaki PVsyst programının varsayılan değerlerini girerek devam ettik.



Şekil 5.27. Uyumsuzluk kayıpları veri girişi ekranı

Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında genel olarak Üretici firmaların garanti süresini kayıp referansı almaktadırlar; bu süre genellikle 25 yıl süre sonunda yaklaşık olarak %20 kadar bir kayıp anlamını taşımaktadır. Fakat üretici firmaların garanti süresinin bir Pv modülü için en alt sınır olduğu bilinmelidir.

Şekil 5.28.'de görülen yaşlanma sekmesi ekranında bir dizi modül için ortalama bir bozulma oranı tanımlanır. Tanımlana kayıp değeri bozulma sınırından oldukça küçük olabilir. Birtakım deneysel araştırmalarda, farklı modüllerde ortalama olarak ölçülen (80 ve 90'lı yıllarda eski teknolojilerle üretilen çok eski modüllerle ölçülen)-%0,3/yıl seviyesinde bozulma oranlarına ulaşılmıştır.



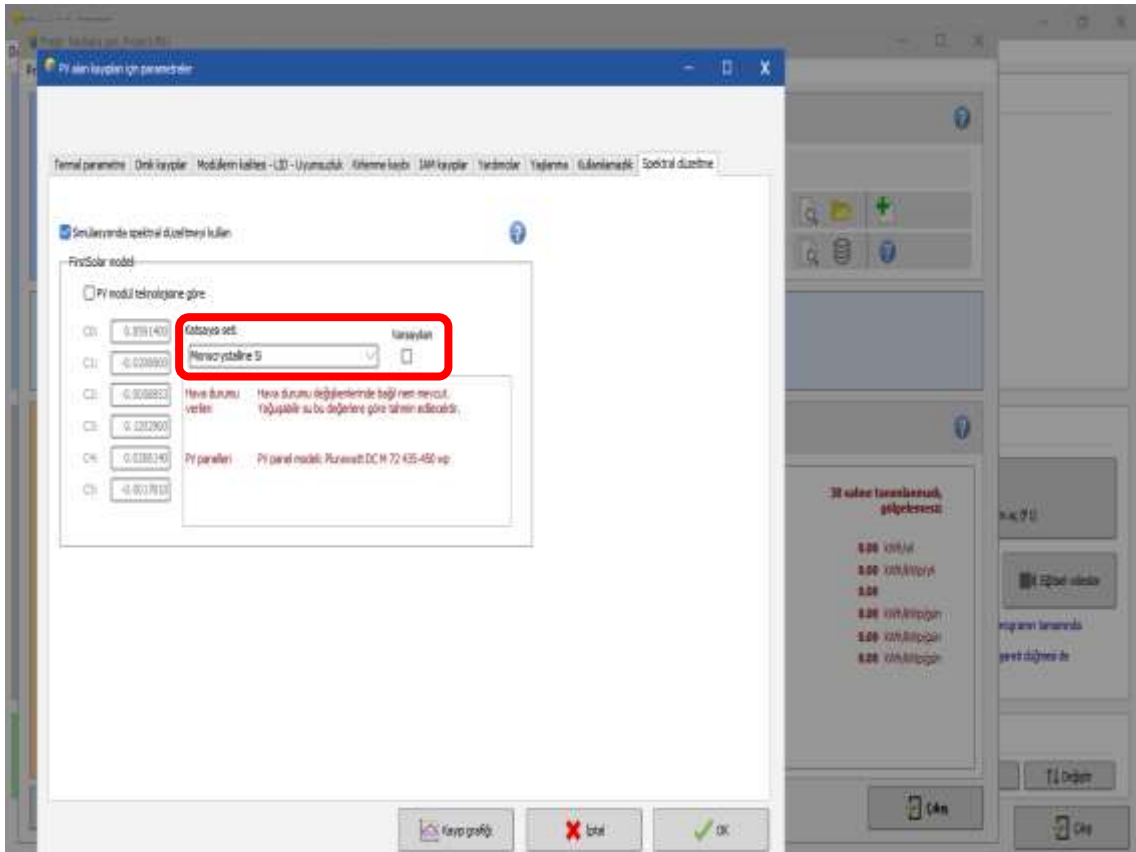
Şekil 5.28. Yaşlanma kayıpları giriş sekmesi

Üretim beklentileri hesaplanırken sistem arızalarını veya bakım yapılması için sistemin durdurulmasını da öngörmek gerekmektedir. Sistemin durdurulma süresi kısa bir süre ya da birkaç gün olarak tanımlanabilir. Bu süre çoğunlukla tahmin edilemez olduğu için sistemin belirli kullanılammama zamanlarını tanımlama veya rasgele bir şekilde bu zamanlar oluşturulabilir. Enerji kaybı mevsim şartlarına ve kullanılmayan zamanlardaki hava durumuna bağlıdır. Bu sebeple kullanılmama kaybının sadece istatistiksel olarak bir anlamı vardır. Şekil 5.29.'da kullanılmamlık kayıpları veri giriş ekranı gösterilmektedir.

Şekil 5.29. Kullanılmamlık kayıpları veri giriş ekranı

Spektral düzeltme, atmosferdeki saçılma ve soğurma sebebi ile güneş spektrumundaki farklılıkları hesaplar. Bu farklılıklar atmosferdeki su içeriği, aerosol ve ışığın Hava Kütlesi türünden tanımlanan yolculuk uzunluğuna bağlıdır. PVsyst programında spektral düzeltmeyi hesaplamak için birkaç model bulunmaktadır. Bunlar,

Amorf silikon tiplerinde kullanılan CREST modeli. Sistem tarafından otomatik uygulanır. Sandia veri tabanındaki modüllerde spektral düzeltme. Sistem tarafından otomatik uygulanır. Varsayılan değerler devre dışı bırakılarak kullanıcının kendi oluşturduğu FirstSolar spektral düzeltme modeli. Bu kısımda çalışmamızda kullandığımız modülün cinsini Şekil 5.30.'da gösterilen ekranda (Monokristalin) işaretleyerek spektral düzeltmeyi oluşturduk.



Şekil 5.30. Spektral düzeltme veri giriş ekranı

Sisteme etki edecek kayıpları birer birer işledikten ve kaydettikten sonra oluşturduğumuz varyantımızın simülasyonunu tekrar çalıştırdık. Kaydetmiş olduğumuz yeni verilere göre oluşan durumumuzu raporladık. Sisteme kayıpları ekledikten sonra Şekil 5.31.'de ve Şekil 5.32.'de oluşan raporun sonuçlarını görüyoruz.

Genel parametreler								
Şebekeye bağlı sistem	3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz							
Kolektör düzleminin yönlendirmesi								
Yönlendirme	Dizi ayarları	Kullanılan modeller						
Sabit düzlem	3B sahne tanımlanmadı	Transpozisyon	Perez					
Eğim/Azimuth	30 / 0 °	Difüz	Perez, Meteororm					
		Circumsolar	ayn					
Ufuk	Yakın gölgelemeler	Kullanıcı ihtiyaçları						
Ortalama yükseklik	Gölgelemesiz	Sınırsız yükleme (şebeke)						
Kolektör alanının özellikleri								
PV modül	Üretici	İnvertör	Üretici					
Model	Plurawatt DC M 72 435-450 wp	Model	SUN2000-100KTL-M1-400Vac					
(Kullanıcı tarafından belirlenen parametreler)		(Orijinal PVsyst veritabanı)						
Birim gücü	450 Wp	Birim gücü	100 kWac					
PV modül sayısı	2916 adet	İnvertör sayısı	10 adet					
Nominal (STC)	1312 kWp	Toplam güç	1000 kWac					
Modül	162 Zincir x 18 Seri	Çalışma gerilimi	200-1000 V					
İşletme şartlarında (50°C)		Maks güç (=>33°C)	110 kWac					
Pmpp	1199 kWp	Nom. güç oranı (DC:AC)	1.31					
U mpp	678 V							
I mpp	1769 A							
Total PV gücü	İnvertör toplam gücü							
Nominal (STC)	1312 kWp	Toplam güç	1000 kWac					
Toplam	2916 modül	İnvertör sayısı	10 adet					
Panel yüzeyi	6347 m ²	Nom. güç oranı	1.31					
Dizi kayıpları								
Alan kirlenmesi	Termal kayıp faktörü	DC kablolama kaybı						
Kayıp oranı	3.0 %	Global alan direnci	2.2 mΩ					
		Kayıp oranı	0.5 STC'de%					
LID - "light induced degradation"	Modül kalite kaybı	Modül uyumsuzluk kaybı						
Kayıp oranı	2.0 %	Kayıp oranı	2.0 MPP'de%					
Dizi uyumsuzluk kaybı	Modül ortalama degradasyon							
Kayıp oranı	0.1 %	Yıl no	10					
		Kayıp faktörü	0.4 %/yıl					
		Degradasyon nedeniyle uyumsuzluk						
		Imp RMS dağılımı	0.4 %/yıl					
		Vmp RMS dağılımı	0.4 %/yıl					
Yansıma etkisi (IAM): Fresnel, normal cam, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Şekil 5.31. Kayıpların eklenmiş hali ile simülasyon raporu

Dizi kayıpları							
Spektral düzeltme							
FirstSolar model							
Bağıl nemden hesaplanan yoğunlaşabilir su							
Katsayı seti	C0	C1	C2	C3	C4	C5	
Monocrystalline Si	0,85914	-0,02088	-0,0058853	0,12029	0,026814	-0,001781	
Sistem kayıpları							
Sistemin kullanılamazlığı	Yardımcı kayıpları						
Zaman oranı	2.0 %						
	7.3 gün,						
	3 dönemler						

Şekil 5.32. Spektral düzeltme raporu

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

6.1. PVsyst Simülasyon Verileri ile Gerçek Üretim Verilerinin Karşılaştırılması

Şekil 6.1.'de sunulan verilere dayanarak, Baykara Tuğla Güneş Enerji Santrali'nin 2023 yılındaki günlük, aylık ve yıllık enerji üretimi analiz edilmiştir. Yıllık bazda, santral tarafından üretilen toplam enerji miktarı 1.905.050,10 KWh olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama ise 158.754,16 KWh olarak belirlenmiştir. Bu veriler, santralin güneş enerjisi üretim kapasitesinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak hizmet etmektedir.

Tarih		AYLAR											
		OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1	5.036,00	2.970,50	4.070,00	7.080,00	8.932,46	7.742,00	7.780,70	5.790,00	4.990,40	2.990,00	4.790,40	4.932,70	
2	5.380,00	4.000,00	4.000,00	3.932,00	6.932,00	5.792,00	7.407,00	6.932,00	5.490,00	3.932,00	1.932,00	7.932,00	
3	5.980,00	4.980,00	6.980,00	7.932,00	7.932,00	4.792,00	7.020,40	6.432,00	3.932,00	5.932,00	5.932,00	1.932,00	
4	5.210,00	4.100,00	4.100,00	5.932,00	5.490,00	4.932,00	7.020,00	6.932,00	4.792,00	6.932,00	5.932,00	3.932,00	
5	4.932,00	1.490,00	2.490,00	3.932,00	4.932,00	4.932,00	4.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	4.932,00	4.932,00	
6	4.942,00	1.932,00	4.932,00	6.932,00	4.932,00	4.932,00	4.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	4.932,00	1.932,00	
7	5.432,00	1.020,00	5.070,00	4.932,00	4.932,00	7.792,00	5.070,00	7.020,00	6.932,00	5.932,00	5.432,00	1.932,00	
8	4.932,00	5.790,00	7.020,00	4.790,40	4.932,00	7.020,00	4.932,00	6.932,00	5.932,00	6.932,00	5.932,00	1.932,00	
9	2.942,00	4.170,00	4.790,00	5.932,00	6.932,00	7.490,00	2.942,00	4.932,00	6.932,00	6.932,00	4.932,00	1.932,00	
10	3.940,00	3.932,00	6.932,00	1.932,00	6.932,00	5.932,00	5.932,00	7.020,00	1.932,00	6.932,00	4.932,00	1.932,00	
11	1.932,00	3.490,00	3.490,00	4.932,00	4.932,00	3.932,00	7.020,00	6.932,00	2.932,00	6.932,00	1.932,00	6.932,00	
12	3.932,00	5.932,00	6.932,00	3.932,00	3.932,00	2.792,00	4.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	3.932,00	1.932,00	
13	1.932,00	4.932,00	1.932,00	5.932,00	7.020,00	7.020,00	4.932,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	1.932,00	1.932,00	
14	5.472,00	7.020,00	3.790,00	6.932,00	7.020,00	5.932,00	7.020,00	4.932,00	6.932,00	5.472,00	1.932,00	7.020,00	
15	3.432,00	4.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	7.020,00	5.932,00	4.932,00	3.432,00	
16	5.940,00	6.932,00	4.932,00	6.932,00	7.020,00	5.932,00	7.020,00	4.932,00	7.020,00	5.932,00	6.932,00	7.020,00	
17	5.432,00	4.932,00	2.490,00	3.932,00	5.932,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	7.020,00	5.932,00	5.932,00	1.932,00	
18	5.790,00	7.020,00	2.932,00	2.932,00	6.932,00	6.932,00	6.932,00	6.932,00	7.020,00	1.932,00	1.932,00	5.932,00	
19	6.932,00	7.020,00	1.932,00	6.932,00	4.932,00	5.932,00	7.020,00	6.932,00	7.020,00	5.932,00	1.932,00	4.932,00	
20	6.932,00	5.932,00	7.020,00	6.932,00	1.932,00	6.932,00	7.020,00	6.932,00	6.932,00	6.932,00	5.932,00	6.932,00	
21	5.932,00	7.020,00	7.020,00	2.790,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	7.020,00	6.932,00	5.932,00	1.932,00	
22	5.940,00	7.020,00	3.932,00	6.932,00	3.932,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	6.932,00	5.932,00	1.932,00	2.932,00	
23	5.940,00	7.020,00	3.932,00	6.932,00	4.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	3.932,00	4.932,00	4.932,00	
24	5.932,00	6.932,00	6.932,00	6.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	3.932,00	4.932,00	
25	5.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	7.020,00	4.932,00	1.932,00	4.932,00	
26	4.932,00	6.932,00	7.020,00	4.932,00	6.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	4.932,00	4.932,00	
27	4.940,00	6.932,00	7.020,00	2.932,00	3.932,00	7.020,00	6.932,00	7.020,00	6.932,00	6.932,00	4.932,00	4.932,00	
28	4.932,00	3.932,00	3.932,00	4.932,00	4.932,00	7.020,00	7.020,00	2.932,00	6.932,00	4.932,00	5.932,00	4.932,00	
29	4.940,00		3.932,00	5.932,00	5.932,00	6.932,00	7.020,00	7.020,00	6.932,00	5.932,00	6.932,00		
30	5.940,00		7.020,00	6.932,00	2.932,00	6.932,00	6.932,00	7.020,00	6.932,00	4.932,00	3.932,00		
31	1.932,00		7.020,00			6.932,00		6.932,00	7.020,00				
AYLIK TOPLAM	126.930,00	140.612,00	152.930,00	158.330,00	170.430,00	184.400,00	192.730,00	194.430,00	181.107,00	159.930,00	130.612,00	107.930,00	
YILLIK TOPLAM 1.905.050,10 kWh													

Şekil 6.1. Baykara GES 2023 yılı üretim verileri

Baykara Tuğla Güneş Enerji Santrali'nin 2023 yılı üretim verilerinin aylara göre incelenmesi, mevsimsel ve meteorolojik faktörlerin enerji üretimine olan etkisini belirlemek adına önemli bir analiz sunmaktadır. Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık

aylarında, ortalama üretim miktarının altında değerler kaydedilmiştir. Bu dönemlerde, muhtemelen güneş ışığının ve dolayısıyla güneş paneli verimliliğinin düşük olduğu, hava koşullarının üretimi olumsuz etkilediği düşünülebilir.

Temmuz ve Ağustos aylarında pik değerlere ulaşılmıştır. Bu aylarda, uzun gün ışığı süreleri ve genellikle açık hava koşulları, güneş enerjisi üretiminde artışa neden olmuş olabilir. Nisan, Mayıs, Haziran, Eylül ve Ekim aylarında ise, ortalamanın üzerinde üretim miktarı gözlemlenmiştir. Bu dönemlerde, mevsimsel geçişlerin etkisiyle daha ılıman ve güneşli günlerin olması, enerji üretimini olumlu yönde etkilemiş olabilir. Bu veriler, santralin performansını ve enerji üretimini optimize etmek adına mevsimsel değişkenliklerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Baykara Tuğla Güneş Enerji Santrali'nin PVsyst programı simülasyon sonuçlarına dayanarak tahmin edilen enerji üretim miktarları, gelecekteki santral performansının analizine yönelik kritik bir bakış açısı sunmaktadır. Şekil 6.2.'de sunulan tablo, simülasyon sonuçlarına dayanarak yıllık ve aylık enerji üretim tahminlerini göstermektedir. Bu tahminlere göre, yıllık bazda toplam 1.895.694,00 kWh enerji üretilmesi öngörülmektedir. Ayrıca, aylık ortalama enerji üretiminin ise 157.974,5 kWh olduğu hesaplanmıştır.

Simülasyon sonuçları, güneş enerjisi santralının potansiyel performansını belirlemede önemli bir araç olarak hizmet etmektedir. Bu tahminler, yatırımcıların ve işletmecilerin enerji üretimini planlama ve optimize etme süreçlerinde değerli bir rehberlik sağlar. Ayrıca, gerçek zamanlı verilerle karşılaştırıldığında, simülasyon sonuçları santralin operasyonel etkinliğini değerlendirmek ve gerekirse ayarlamalar yapmak için bir referans noktası olarak kullanılabilir. Bu bağlamda, PVsyst gibi simülasyon araçları, güneş enerjisi santrallerinin sürdürülebilir ve verimli bir şekilde çalışmasına katkıda bulunan önemli bir analitik araç olarak değerlendirilmektedir.

Bilanço ve genel sonuçlar

	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 oran
Ocak	65.3	24.35	-0.86	104.8	98.2	116977	114682	0.834
Şubat	82.0	39.53	1.10	111.7	103.2	121769	119523	0.816
Mart	125.0	48.06	5.71	151.6	140.9	159972	156972	0.789
Nisan	160.6	61.44	9.88	171.7	159.5	177237	173950	0.772
Mayıs	206.4	67.95	14.92	201.1	187.0	203127	199439	0.756
Haziran	222.4	65.23	19.78	205.5	191.2	203737	200138	0.742
Temmuz	229.8	68.28	24.03	218.4	203.3	212756	209054	0.730
Ağustos	203.0	60.28	23.77	211.7	197.2	206295	202648	0.729
Eylül	163.8	55.31	18.37	193.8	179.6	193332	154668	0.608
Ekim	111.6	44.56	12.21	147.0	136.3	152148	149405	0.775
Kasım	76.3	32.15	5.69	116.8	108.2	126156	115824	0.755
Aralık	57.9	28.28	0.92	91.8	84.5	101261	99391	0.825
Yıl	1703.9	595.42	11.35	1926.0	1789.1	1974766	1895694	0.750

Açıklama

GlobHor Global yatay ışınlama

DiffHor Yatay difüz ışınlama

T_Amb Çevre sıcaklığı

GlobInc Kolektöre yansıyan global

GlobEff IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global

EArray Dizinin çıkışında etkin enerji

E_Grid Şebekeye enjekte edilen enerji

PR Performans oranı

Şekil 6.2. Baykara GES simülasyon verileri

Simülasyon sonuçlarına dayanarak elde edilen verilere göre, Baykara Tuğla Güneş Enerji Santrali'nin potansiyel enerji üretimi, farklı ayların mevsimsel ve meteorolojik değişkenliklerine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu bağlamda, Ocak, Şubat, Mart, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında, ortalama üretim miktarının altında değerler kaydedilmiştir. Bu dönemlerde, muhtemelen güneş ışığının ve dolayısıyla güneş paneli verimliliğinin düşük olduğu, hava koşullarının üretimi olumsuz etkilediği düşünülebilir.

Diğer yandan Temmuz ve Ağustos aylarında pik değerlere ulaşılmıştır. Bu aylarda, uzun gün ışığı süreleri ve genellikle açık hava koşulları, güneş enerjisi üretiminde artışa neden olmuş olabilir. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ise, ortalamanın üzerinde üretim miktarı gözlemlenmiştir. Bu dönemlerde, daha uzun günlerin ve güneşli hava koşullarının etkisiyle, güneş enerjisi üretiminin arttığı düşünülebilir. Bu sonuçlar, güneş enerjisi santralının potansiyel enerji üretimini belirlemede mevsimsel değişkenliklerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Santralden alınan gerçek veriler ile simülasyon sonuçları aylık olarak karşılaştırıldığında;

Ocak ayında, planlanan enerji üretim miktarı 114.682 kWh iken, gerçekleşen üretim miktarı 135.958,65 kWh olarak kaydedilmiştir. Şubat ayında ise, planlanan enerji

üretimi 119.523 kWh iken, gerçekleşen üretim miktarı 140.612,10 kWh olarak belirlenmiştir. Bu durum, yılın ilk iki ayında planlanandan daha fazla bir verimlilikle enerji üretildiğini göstermektedir. Mart ayında, planlanan enerji üretimi 156.972 kWh iken, gerçekleşen üretim miktarı 152.958,06 kWh olarak kaydedilmiştir. Nisan ayında 173.950 kWh planlanan üretim miktarına karşılık gerçekleşen üretim 168.333,64 kWh olmuştur. Mayıs ayında 199.439 kWh planlanan üretim miktarına karşılık gerçekleşen üretim 170.424,62 kWh olarak kaydedilmiştir. Haziran ayında ise, planlanan 200.138 kWh'lik enerji üretim miktarına karşılık, gerçekleşen üretim miktarı 184.481,12 kWh olarak belirlenmiştir. Bu durumda, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında planlanan enerji üretim miktarına ulaşmak için öngörülen güneş ışınımının altında bir performans görülmüştür. Temmuz ayında, planlanan enerji üretimi 209.054 kWh iken, gerçekleşen üretim miktarı 212.738,42 kWh olarak kaydedilmiş, böylelikle öngörülen enerji üretim miktarının üzerine çıkmıştır. Ağustos ayında 202.648 kWh planlanan enerji üretim miktarına karşılık gerçekleşen üretim miktarı 204.020,94 kWh olarak belirlenmiştir. Eylül ayında ise, planlanan 154.668 kWh'lik enerji üretim miktarına karşılık gerçekleşen üretim miktarı 181.107,48 kWh olarak kaydedilmiştir. Ekim ayında 149.405 kWh planlanan enerji üretim miktarına karşılık gerçekleşen üretim 159.906,52 kWh olarak belirlenmiştir. Kasım ayında planlanan 115.824 kWh'lik enerji üretim miktarına karşılık, gerçekleşen üretim miktarı 106.672,57 kWh olarak kaydedilmiştir. Son olarak, Aralık ayında 99.391 kWh planlanan enerji üretimi miktarına karşılık gerçekleşen üretim miktarı 87.835,97 kWh olarak belirlenmiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Güneş enerjisi ile enerji üretimi alanında yapılan yatırımlar kaynağının sınırsız olması, çevre dostu, sürdürülebilir ve dışa bağımlılığı azaltan etkenleri nedeni ile her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu tür büyük yatırımların yapılmadan önce hakkında detaylı bir fizibilite çalışması yapılması da elzem bir konudur. Yatırımın nerede yapılacağı, fayda zarar kıyaslamaları, optimum maliyet, yatırımın geri dönüş ve kazanç süresi gibi etkenleri yatırımcının önceden bilerek hareket etmesi bu tür atılımların yaygınlaşması için önem taşımaktadır.

Güneş enerjisi santrali için yatırım yapılmadan önce piyasada güvenilirliği onaylanmış birçok program bulunmaktadır. Bunların en başında gelen PVsyst simülasyon programı gerçeğe çok yakın veriler vermesi, çok çeşitli analizler yaparak yatırımcıyı aydınlatması konularında üst düzey bir programdır.

PVsyst programı alt yapısında piyasada bulunan birçok markanın panel ve inverter katalog bilgilerini barındırmaktadır. Bununla birlikte sisteminde kayıtlı olmayan bir marka ya da modelin katalog bilgilerinin de veri tabanına işlenerek kullanılmasına olanak sağladığı için programın kullanımını daha işlevsel hale getirmektedir.

PVsyst programı tasarım kolaylığı sağlaması, kurulum yapılacak bölgeye ve lokasyona ait koordinat bilgileri, güneşlenme süreleri, meteorolojik verileri buldurması, modelleme yapıldıktan sonra ekonomik fizibilite raporlarını hazırlaması gibi özellikleriyle ticari amaçlı kullanıma son derece uygun bir programdır. Bunun yanında yapılması planlanan santralin üç boyutlu tasarımının da yapılabildiği program, baştan aşağı bütün ihtiyaçları karşılayacak şekilde donanımlı bir simülasyon programıdır.

Bu tez çalışmasında, Konya İli, Hüyük İlçesi, Göçeri Mahallesi, 324 ada 1 parselde bulunan Baykara Tuğla fabrikası çatısında 1 MW kurulu güce sahip sistemin gerçek üretim verileri ile PVsyst programında aynı santralin simülasyonu yapılarak sonuçları değerlendirme altına alınmıştır.

Yapılan bu çalışma da panel açısı, azimut değeri, uzak ve yakın gölgelenmeler, termal parametre, omik kayıplar, modüllerin verim kaybı, kirlenme kaybı, yansıma kayıpları, yaşlanma faktörü, sistemin kullanılamazlığı, spektral düzeltmeden kaynaklı kayıplarda irdelenerek simülasyona işlenmiş ve buna göre simüle edilerek gerçekliğe yakın sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Buna göre; santralde kullanılmış olan Plurawatt DC M 72 435-450 W panel, Huawei Sun 200 100 KTL-M1-400 Vac inverter

aynı şekilde PVsyst programı simülasyonunda da kullanılarak sonuçların değerlendirilmesi yapılırken şartların aynı olması amaçlanmıştır. Panel ve inverterin birbirine uyumlu olması gözetilerek, seçim yapılmadan önce birbirlerine uyumluluk durumu incelenmiştir. Sistemin simülasyonu yapılırken diğer bütün materyallerinde kurulu olan sistemle aynı olmasına dikkat edilerek yapılan çalışmada birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Simülasyon raporlarından alınan verilere göre gerçekleşen üretim verileri, 2022 yılında aktif edilen sistemin 2024 yılı üretim verileri ele alınarak birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre tesisin simülasyon sonucunda 1.895.694 kWh enerji üreteceği hesaplanırken, gerçekte ise bu veri 1.905.050,10 kWh olmuştur. Yıllık üretim olarak iki sonucun karşılaştırılmasında aralarında % 0,1 gibi küçük bir farkın olduğu görülmüştür. Aylık olarak ortalama üretim miktarı gerçekte 158.754,16 kWh, simülasyon sonucuna göre ise 157.974,5 kWh olarak hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmanın sonuçlarını aylık bazda irdelediğimizde; Ocak, Şubat, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarında gerçek üretim verisi öngörülenden daha yüksek, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Kasım, Aralık aylarında ise gerçek üretim verisi öngörülenden daha düşük olmuştur. Simülasyona göre en az üretim 99.391 kWh ile aralık ayında, gerçekte ise 87.835.98 kWh ile yine aralık ayında olmuştur. En yüksek üretim ise simülasyona göre 209.054 kWh ile temmuz ayında, gerçekte ise 212.738,42 kWh ile yine temmuz ayında olmuştur.

Yapılan bu tez çalışması sonucunda bir işletme kurulmadan önce analizlerin detaylı olarak yapılmasının ve kullanılacak programın genel kabul görmüş iyilikte olmasının gerçeğe yakın sonuçlar elde etmede son derece önemli olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

7.2. Öneriler

GES yatırımı yapmadan önce, planlanan bölgenin meteorolojik verileri ve güneşlenme süreleri gibi etmenlerin detaylı bir şekilde analiz edilmesi, yatırımın verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu analiz, uzun dönemli veri setleri kullanılarak gerçekleştirilmelidir.

GES'in kurulacağı alanın fiziksel özellikleri, ekonomik analizler ve maliyet hesaplamaları dikkate alınarak, yatırımın geri dönüş süresi, net bugünkü değer ve iç verim oranı gibi finansal göstergeler hesaplanmalıdır. Ayrıca, güvenilirliği onaylanmış simülasyon programları (PVsyst, Pvspanner, Homer Pro, REDscreen, PV F-Chart)

kullanılarak detaylı fizibilite çalışmaları yapılmalı, çevresel ve sosyal etkiler değerlendirilerek gerekli yasal izinler alınmalıdır. Bu adımlar, yatırımın başarısı ve sürdürülebilirliği için önemlidir ve doğru bir fizibilite çalışması, güneş enerjisi santralinin verimli ve karlı bir şekilde işletilmesini sağlar.



8. KAYNAKLAR

- Abbasoglu, S. ve 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., 2020. PVsyst Yazılımı ile 30 kW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(15), 248-261.
- Akkaş, Ö. P., & Çam, E., 2020. Optimal Operation a Virtual Power Plant in a Day-Ahead Market Considering Uncertainties of Renewable Generation and Risk Evaluation. El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 448-460.
- Aksangör, N.N., 2019. Ankara şartlarında bir Fotovoltaik sistemin PVSYST programı yardımı ile performans analizi. Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Akyürek, E. F., Geliş, K., & Yoladı, M., 2021. Farklı Gölgeleme Durumlarının Fotovoltaik Panel Karakteristiği Üzerine Etkisi. Gümüşhane University Journal of Science and Technology, 11(1), 161-168.
- Al-Shagea.E.,2021. Lisanssız elektrik üretiminde şebeke bağlantılı fotovaltaik sistemlerin performans analizi. Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.Kocaeli.
- Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (18), 248-261. DOI: 10.31590/ejosat.685909
- Bosman, L. B., Leon-Salas, W. D., Hutzal, W., & Soto, E. A. (2020). PV System Predictive Maintenance: Challenges, Current Approaches, and Opportunities. Energies, 13(6), 1398.
- Ceylan, O. ve Taşdelen, K., 2018, Isparta ili için Fotovoltaik programlarının simülasyon sonuçlarının doğruluğunun incelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (3), 895-903.
- Çınaroğlu, H., & Önal, Y., 2023. Performance Analysis Of Different Solar Tracking System For Off-Grid Photovoltaic Power System İn Bilecik, Turkey Using PVsyst Software. Journal of Scientific Reports-A, 51, 192-210.
- Çınaroğlu, M.S., 2021. Kilis 7 Aralık Üniversitesinde kurulacak bir GES projesinin PVsyst aracılığı ile tasarım ve analizi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Kilis.
- Çolak, Ş. Ç. , 2010. Fotovoltaik Paneller Yardımı ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demiryürek, H.K.,2018. 200kWp kurulu güçteki lebit enerji güneş santralinin PVSYST ile tasarımı ve üretim değerleri ile simulasyon değerlerinin karşılaştırılması. Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı.Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Dergipark Sitesi ‘Türkiye’nin Güneş Enerjisi Durumu ve Güneş Enerjisi Kurulumunda Önemli Parametreler’ <https://doi.org/10.34186/klujes.793471>
- Dergipark sitesi ‘Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Türkiyede CSP ye Yönelik Politikalar’ <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jsrb/issue/76076/1204201>
- EBA ‘Sanayi Devrimlerinin Kısa Tarihçesi’ <https://etwinningonline.eba.gov.tr/lesson/modul-1sanayi-devrimlerini-kisa-tarihcesi/>
- Elektrik Mühendisleri Odası İnternet Sitesi ‘Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı’ https://www.emo.org.tr/ekler/8e692a34a5e564e_ek.pdf

- Etcı, A.,2022. PVsyst programı ile modellenen Konya ve Van illerinde GES santrallerinin üretim verilerinin karşılaştırılması. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir.
- Girgin, M.H.,2011. Bir Fotovoltaik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, Karaman bölgesinde 5 MW'lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi / Enerji Enstitüsü / Enerji Bilim ve Teknoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karaman.
- Haydaroglu, C. ve Gümüş, B., 2016, Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının PVsyst ile Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi.
- Haydaroglu, Gümüş, 2016. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının PVsyst Ile Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(3): 491-500, Diyarbakır.
- <http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx>., Erişim Tarihi: 17.12.2017.
- <http://www.teknosayfa.com/gunes-enerjisi-kullanimi-2016-yilinda-rekor-seviyelere-ulasti-h391.html>., Erişim Tarihi: 17.12.2017.
- <https://www.greensolarnetwork.org/bilgi-bankasi/fotovoltaik-pv-gunes-enerji-sistemi-nedir-sistem-bilesenleri-nelerdir>
- <https://www.setav.org/dunyada-ve-turkiyede-yenilenebilir-enerji/>.,Erişim Tarihi: 17.12.2017.
- İnternet: Enerji Dunyasi. İnce Film Güneş Paneli Nedir? www.enerjiportali.com. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.enerjiportali.com%2Fince-film-gunes-paneli-nedir%2F&date=2019-05-18>, Son Erişim Tarihi: 18.05.2019.
- İnternet: Robotiksistem. GÜNEŞ PİLLERİ. <http://www.robotiksistem.com>. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.robotiksistem.com%2Fgunes_pilleri_nedir.html&date=2019-05-18, Son Erişim Tarihi: 18.05.2019.
- Kan Kaynar, N., 2020. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin Amasya ilindeki potansiyeli. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4(2), 48- 54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilgesci/issue/56891/11112>
- Karabük Üniversitesi sitesi 'Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu Gelecek Öngörüsü ve Özelinde Güneş Enerjisinin İncelenmesi' <http://acikerisim.karabuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/2610>
- Karaca, B.,2023. PVSYST VE MATLAB/Simulink programları ile tasarlanan bir Fotovoltaik sistemin simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- Karakaş Ulusoy, C., 2019. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki gelişmeler; güneş enerji sistemleri ve finansman modelleri. ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, 6(13), 65- 84. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/assam/issue/44925/559304>
- Kaushika, N.D. & Rai, A.K. (2007). An investigation of mismatch losses in solar photovoltaic cell networks. Energy. 32 (5), 755-759. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.06.017>
- Kılıç, O., 2020. Değişken özellikli Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin mevcut verilerle PVsyst programında üretim ve performans analizi. Selçuk Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü / Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Kılıç, Ç.F., Güneş Enerjisi Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. Mühendis ve Makina, 56(671): 28-40, 2015.

- Kınalı, M., Y., 2019. Güneş enerjisi simülasyon programlarının gerçek verilerle doğruluk analizi. Konya Teknik Üniversitesi/Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Kocakuşak, 2018. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye'deki Önemi ve Ges Kurulum Araştırması. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Koryürek, E., 2008. Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 20-25.
- Kutluca, M., 2020. Şebekeden bağımsız mikro güneş enerji santralının tasarımı ve analizi. Kırklareli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli.
- Küçükgoze, O.M., 2016. Erzincan İlinde Güneş Enerjili Elektrik Üretim Sisteminin Ekonomik Analizi. Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan.
- Kymakis, E., Kalykakis, S. & Papazoğlu, T.M., 2009. Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the Island of Crete. Energy Conversion and Management.50(3),433-438.<http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890408004615>
- Morshed. S., Ankon, S., M., Chowdhury.T. H., Rahman. A.,2015. Designing of a 2kW stand-alone PV system in Bangladesh using PVsyst, Homer and SolarMAT. Ahsanullah University of Science and Technology/ Department of Electrical and Electronics Engineering.Bangladesh.DOI:10.1109/ICGET.2015.7315090
- Ovuz, K. (2018). Kırıkkale Çevre Şartlarında Sıcaklığın Polikristal Fotovoltaik Panelin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 26-31.
- Özçelik, M. A., Karalı, İ., & Kabul, A. (2020). Overview of Solar Energy Conversion in Turkey. International Journal of Energy and Smart Grid, 4(1), 2-11.
- Öztürk, H. H., 2017, Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler, Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri, 1, 1-14.
- Öztürk, H., 2021. Bir güneş enerji santralının üretim ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması ve kayıp analizi: Beştepe Enerji Örneği. Hasan Kalyoncu Üniversitesi / Çevre Bilimleri ve Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.
- Poelsan internet sitesi 'Dünden Bugüne Sanayi Devrimi ve Yalın Üretim' <https://www.poelsan.com/dunden-bugune-sanayi-devrimi-ve-yalin-uretim/>
- Ramoliya, J. V., 2015, Performance evaluation of grid-connected solar photovoltaic plant using PVSYST software, Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), 2 (2), 7.
- Rocha, M.P., Rubio, J.E., Cardona, M.S. & Frieria, P.S., 2008. Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses. 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain. Retrieved from <https://www.eupvsec-proceedings.com/proceedings?paper=3328>
- Sekuçoğlu, S.A., 2012. Fotovoltaik (PV), rüzgâr ve hibrit sistemlerin tasarımı ve ekonomik analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- Singh, G. K., 2016. Solar Power Generation By Pv (Photovoltaic) Technology. A review Energy, 1-13.
- Sougueh, İ, Y, 2022. Cibuti iklim şartlarında PV Siste mile pompa çalıştırılmasının modellenmesi. Karabük Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/ Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

- Standard, B., 1998, Photovoltaic system performance monitoring-Guidelines for measurement, data exchange and analysis, BS EN, 61724.
- Sülü, M. (2019). Fotovoltaik güç santrallerinde enerji kaybı ve verimlilik entegrasyonu (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis Türkiye.
- Şahin, Z., R., Dinçer, F., Yılmaz, A., S., 2022. 4 kişilik bir ailenin elektrik enerjisi ihtiyacı için şebeke bağlantılı güneş enerji santrali tasarımı ve simülasyonu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(Özel Sayı),46-56. Kahramanmaraş
- Tekkale, G., 2018, Türkiye'nin Çeşitli İllerinde Yapılacak Arazi Tipi Lisanssız Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının Teknik ve Finansal Analizi, Enerji Enstitüsü.
- Türkdoğru, E.,2022. Albedo etkisinin farklı yer zeminleri ile 30 kw çift yüzlü pv sisteminde PVsyst yazılımı kullanılarak analiz edilmesi. Yaşar Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Uba, F. A. ve Sarsah, E. A., 2013, Optimization of tilt angle for solar collectors in WA, Ghana, Pelagia Research Library, Advances in Applied Science Research, 4 (4), 108-114.
- Uçar, 2018. Çatı ve Cephelerde Fotovoltaik Panel Uygulamaları Üzerine Bir Çalışma: Burdur Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 37-41.
- www.PVsyst.com
- Yakupov, A., Ismagilov, F., Khayrullin, İ., Vavilov, V., Bekuzin, V., 2015. Evaluating the effectiveness of photovoltaic panels with a rotation mechanism for region of republic Bashkortostan. International Journal of Renewable Energy Research, 5(3), 815-820, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijrer/issue/16070/167933>
- Yalcin, L. ve Öztürk, R., 2013, Performance comparison of c-Si, mc-Si and a-Si thin film PV by PVsyst simulation, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 15 (March-April 2013), 326-334.
- Yücel, Y., 2016. Güneş Enerjisinden Yararlanmak Amacı ile Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 20-25.