ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ ULUYAZI KAMPÜS BİNALARI İÇİN ŞEBEKEYE BAĞLI GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE BENZETİMİ

Said NASSER AHMED

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Said NASSER AHMED tarafından hazırlanan **"Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüs Binaları İçin Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Sistemlerinin Tasarımı ve Benzetimi"** adlı tez çalışması 04/11/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Bora AKIN

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Bora AKIN
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Mehmet Selçuk MERT
Enerji Sistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yalova Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Zehra Gülten YALÇIN
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüs Binaları için Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Sistemlerinin Tasarımı ve Benzetimi**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (04/11/2022).

Said NASSER AHMED

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ ULUYAZI KAMPÜS BİNALARI İÇİN ŞEBEKEYE BAĞLI GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE BENZETİMİ

Said NASSER AHMED

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Bora AKIN

İklim krizi insanları yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmenin yollarını aramaya yöneltirken, Covid19 sonrası hızla artan taleplerle artan enerji ihtiyacı v Ukrayna ile Rusya arasında gelişen gerilim enerji ihtiyacını arttırmıştır. Yenilenebilir enerji denilince akla ilk gelen şüphesiz güneş enerjisidir. Güneşten fotovoltaik hücreler kullanılarak direkt olarak elektrik enerjisi üretmek mümkündür. Bu sistemler, kurulmadan önce dikkatlice tasarlanmalı ve benzetimleri yapılmalıdır. Basit hatalar sistemlerin çalışmamasına ve hatta bazı bileşenlerin zarar görmesine neden olabilir. Bu çalışmada, PVsyst programı kullanılarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsünde bulunan beş farklı binada yapılacak şebekeye bağlı GES kurulumlarıyla şebekeye transfer edilebilecek minimum enerji miktarının hesaplanması amaçlanmıştır. Bu yolda öncelikle Mühendislik Fakültesi çatısında yapılacak kurulumda panel dizileri arasındaki mesafe değiştirilerek yapılacak kurulum ile minimum yıllık 116.5 MWh enerji aktaracağı bulunmuştur. Son olarak, Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi bina çatılarındaki kurulumlar birlikte ele alındığında kurulu gücü 481 kWp olan şebekeye bağlı bu sistemler sayesinde yıllık 737 MWh elektrik enerjisi aktarabileceği ortaya konulmuştur.

2022, 120 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Fotovoltaik sistem, Tasarım, PVsyst yazılımı, Çankırı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DESIGN AND SIMULATION OF ON-GRID SOLAR ENERGY SYSTEMS FOR ÇANKIRI KARATEKIN UNIVERSITY ULUYAZI CAMPUS BUILDINGS

Said NASSER AHMED

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering

Advisor: Asst. Prof. Dr. Muhammed Bora AKIN

While the climate crisis has led people to seek ways to produce energy from renewable energy sources, the increasing energy need with the rapidly increasing demands after Covid19 and the tension between Ukraine and Russia has increased the need for energy. When it comes to renewable energy, the first thing that comes to mind is undoubtedly solar energy. It is possible to produce electricity directly from the sun using photovoltaic cells. These systems must be carefully designed and simulated before they are installed. Simple mistakes can cause systems to malfunction and even damage some components. In this study, it is aimed to calculate the minimum amount of energy that can be transferred to the grid with grid-connected SPP installations to be built in five different buildings in Çankırı Karatekin University Uluyazı Campus using the PVsyst program. In this way, it has been found that the installation to be made on the roof of the Faculty of Engineering will transfer a minimum of 116.5 MWh energy per year with the installation to be made by changing the distance between the panel arrays. Finally, when the installations on the roofs of the Çankırı Karatekin University Faculty of Engineering, Faculty of Science, Faculty of Dentistry, Faculty of Letters, Faculty of Economics and Administrative Sciences are considered together, it has been revealed that these systems connected to the grid with an installed power of 481 kWp can transmit 737 MWh of electrical energy annually.

2022, 120 pages

Keywords: Photovoltaic system, Design, PVsyst software, Çankırı

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Bora AKIN'a, sabrı ve rehberliği anlayışı ve katkıları için teşekkür ederim. Ayrıca Kimya Mühendisliği Bölümündeki ders aldığım tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Said NASSER AHMED
Çankırı, Kasım 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ VE TEMEL BİLGİLER **6**
2.1 Güneş Enerjisi ve Kullanım Alanları **6**
2.1.1 Kurutma ve seralar **8**
2.1.2 Güneş kolektörleri **8**
2.1.3 Güneş bacaları **9**
2.1.4 Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi **10**
2.2 PV Sistemlere Dair Temel Bilgiler **10**
2.2.1 PV hücrenin çalışma prensibi **10**
2.2.2 PV hücre **10**
2.2.3 Azimut ve eğim açısı **11**
2.2.4 Hücre-Modül-Panel-Dizi **11**
2.3 Literatürdeki Bazı Çalışmalar **12**
3. MATERYAL VE METOT **15**
3.1 PVsyst Yazılımı **15**
3.1.1 Ön tasarım **16**
3.1.2 Proje tasarımı **17**
3.2 Kurulumlar için Çatıları Seçilen Binalar **27**
3.2.1 Mühendislik Fakültesi Binası Kurulumu **29**
3.2.2 Fen Fakültesi Binası Kurulumu **30**
3.2.3 Diş Hekimliği Fakültesi Binası Kurulumu **32**
3.2.4 Edebiyat Fakültesi Binası **33**

3.2.5 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binası Kurulumu 35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 45
KAYNAKLAR 46
EKLER 52
ÖZGEÇMİŞ 120

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat derece
GWh	Gigawatt saat
kWh	Kilowatt saat
kWp	Kilowatt pik
MWh	Megawatt saat

KISALTMALAR DİZİNİ

3D	3 boyutlu
CSV	Virgülle ayrılmış değerler (Comma separated values)
GES	Güneş Enerji Santrali
MPPT	Maksimum Güç Noktası Takipçisi (Maximum power point tracking)
PDF	Taşınabilir Belge Biçimi (Portable document format)
PV	Fotovoltaik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası (Demiryürek vd. 2020).....3
Şekil 1.2 Fotovoltaik sistemler tarafından üretilen enerjinin şebeke sisteminin şeması (Akcan vd. 2020).....4
Şekil 2.1 Basit bir güneş kollektör sisteminin şeması.....8
Şekil 2.2 Güneş bacasının çalışma prensibi (Ming *et al*. 2016).....9
Şekil 3.1 PVsyst V7.2 yazılımı ana menü görünümü.....16
Şekil 3.2 Yeni Proje.....17
Şekil 3.3 Coğrafi bölge parametreleri, yeni bölge, Çankırı.....18
Şekil 3.4 Coğrafi bölge parametreleri.....18
Şekil 3.5 Çankırı için coğrafi alan parametreleri.....19
Şekil 3.6 Proje tanımı ekranı.....20
Şekil 3.7 Oryantasyon, Sistem, Yakın gölgelemeler, Modül yerleşimi ve Rapor.....20
Şekil 3.8 "Orientation, Fixed Tilted Plane" ekran görünümü.....21
Şekil 3.9 "Orientation, Unlimited Sheds" ekran görünümü.....22
Şekil 3.10 Grid Sistem tanımı, değişken.....23
Şekil 3.11 PVsyst'te ufuk çizgisi çizimi.....24
Şekil 3.12 Gölgelendirme sahnesi yapımı (Shadings scene construction).....25
Şekil 3.13 Uluyazı Kampüsünün Uydu görünümü (Google Maps 2022).....28
Şekil 3.14 Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü genel görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022).....28
Şekil 3.15 Mühendislik Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022).....29
Şekil 3.16 Mühendislik Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022).....29
Şekil 3.17 Fen Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022).....30
Şekil 3.18 Fen Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022).....31
Şekil 3.19 Diş Hekimliği Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022).....32
Şekil 3.20 Diş Hekimliği Fakültesinin Görünümü.....32
Şekil 3.21 Edebiyat Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022).....34
Şekil 3.22 Edebiyat Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022).....35
Şekil 3.23 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022).....35
Şekil 3.24 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022).....37
Şekil 4.1 PV alanlarının perspektifi: (a) 2,2 m, (b) 3 m, (c) 4 m, (d) 5 m ve (e) 6 m.....38
Şekil 4.2 Mesafenin modül alanı (a) ve hücre alanı (b) üzerindeki etkisi.....39
Şekil 4.3 Mesafenin modül (a) ve dizi (b) sayılarına etkisi.....40
Şekil 4.4 Mesafenin invertör sayısına etkisi.....40
Şekil 4.5 Mesafenin toplam güce etkisi a) kWp ve b) kW ac.....41
Şekil 4.6 Mesafenin pnom oranı ve şebekeye aktarılan enerji üzerindeki etkisi.....41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Mühendislik Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri 30
Çizelge 3.2 Fen Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım) 31
Çizelge 3.3 Fen Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım) 31
Çizelge 3.4 Diş Hekimliği Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım).....33
Çizelge 3.5 Diş Hekimliği Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım).....33
Çizelge 3.6 Diş Hekimliği Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Üçüncü kısım) 33
Çizelge 3.7 Edebiyat Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım) 34
Çizelge 3.8 Edebiyat Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım) 34
Çizelge 3.9 Edebiyat Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Üçüncü kısım) 34
Çizelge 3.10 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım) 36
Çizelge 3.11 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım).....36
Çizelge 3.12 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Üçüncü kısım).....36
Çizelge 3.13 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Dördüncü kısım) 36
Çizelge 3.14 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Beşinci kısım) 37
Çizelge 4.1 Mühendislik Fakültesi kurulumu özet tablosu.....39
Çizelge 4.2 ÇAKÜ Uluyazı yerleşkesindeki bina çatıları özet raporu.....43
Çizelge 4.3 ÇAKÜ Uluyazı yerleşkesindeki bina çatıları özet raporu.....44

1. GİRİŞ

İklim değişikliği son yıllarda bilimsel çalışmaların odak noktası olmuştur. En endişe verici konu küresel ısınmadır. Bu fenomen, sera gazı emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Emisyonları düşürmenin başlıca yolu enerji üretimi sırasında çevreci projeleri geliştirmektedir. Bu nedenle dünya genelinde kurulan güneş fotovoltaik projelerinin sayısı hızla artmaktadır. 2020 yılına kadar küresel şebekeye bağlı güneş enerjisi kapasitesi 580,1 GW'a kadar ulaşmıştır. Bu, 2016 yılındaki değerlerle kıyaslandığında çok büyük bir ilerlemedir (Baqir and Channi 2022). Enerji üretimi sanayileşmiş toplumlar büyük bir gereklilik halindedir. Bu alanda meydana gelen çeşitli teknolojik gelişmelere rağmen, enerji ihtiyacı büyüyerek devam etmektedir. Enerji gelişmekte olan ülkelerin de kalkınmasında en önemli faktördür. Enerji gereksinimlerinin fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerjiden sağlanabilmesi son derece önemlidir. Yenilenebilir enerjiyi teşvik etmek için sadece özel sektör ve kamu kurumları değil aynı zamanda eğitim adımlarının da sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu sayede, gelişmekte olan ve gelişmiş tüm ülkelerin hedeflerine ulaşmak için gerekli enerjiye temiz yolla sahip olması sağlanabilir. İnsanlar, zamanın başlangıcından beri güneşin ve ayın ritminde yaşarlarken güneşten faydalanma fırsatının ortaya çıkmasıyla temiz enerji için sonsuz bir kaynak tespit edilmiş oldu. Öyle ki güneş yoksa hayat zaten varolmayacaktır. Güneş varolduğu sürece GES tasarımları kullarak elektrik enerjisi üretiminin sağlanması bu açıdan insanlığın devamında da önemli bir yer tutmaktadır.

Bugün, elektrik her insanın hayatının önemli bir parçasıdır. Nükleer, kömür ve petrolü içeren fosil yakıtlar, enerji tüketimimizin büyük çoğunluğundan sorumludur. Hava kirliliği, küresel sağlık sorunlarının önemli bir nedenidir. İnsanların fosil yakıtların sonsuza kadar var olmayacağından korkmasının nedenlerinden biri de budur (Roshana *et al.* 2021). Güneş enerjisinin gelişimi, büyük ölçekli kullanımına izin verecek bir olgunluk düzeyine ulaştığında, genellikle toplu elektrifikasyon için teknik çözümlerin önerildiği alanlarda mini şebekeler kurulur. Güneş enerjisinin ana avantajlarından biri,

küçük bir şebekenin enerji ihtiyaçlarını bağımsız şekilde karşılamak için kullanılabilmesidir.

Türkiye konumu nedeniyle güneş enerjisi için yüksek bir potansiyele sahiptir, kuzey yarımkürede yer almaktadır ve uzun bir güneş enerjisi gelişimi geçmişine sahiptir. Bu enerji kaynağının sınırlamalarına rağmen potansiyeli her geçen gün artmaktadır. Düzenlemeler ve teşvikler sayesinde bu enerji potansiyelinin önemli ölçüde artması beklenmektedir (Demiryürek vd. 2020). Türkiye'nin güneşlenme süresi verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sitesinden alınmaktadır (Şekil 1.1), 1988'den 2017'ye kadar ortalama günlük güneşlenme verilerini göstermektedir. Türkiye'de ortalama günlük güneşlenme süresi 6,5-7 saat civarındadır. Ülkenin güneş sistemi kapasitesini hesaplarken bu veriyi dikkate almak gerekir. 2014 yılında Türkiye'nin elektrik enerjisi üretimi 40 MW'a ulaştı, 2015 ve 2016 yıllarında 249 MW'a yükselmeye devam etti ve toplamda 830 MW'a ulaştı. Türkiye'de kurulu elektrik kapasitesi toplam enerji tüketiminin sadece %1'i civarındadır. 2010'dan önce güneş sistemleri ağırlıklı olarak termal amaçlar için kullanılıyordu. O zamandan beri elektrik üretimi için kullanılıyorlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çalışmaların sayısı artmıştır. 2023 yılında Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı kapsamında soğutma ve ısıtma tesislerinin enerji ihtiyacının %15'i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacaktır. Soğutma ve ısıtma tesislerine güneş enerjisi sağlamak için çeşitli teknolojik ve yenilikçi çözümler planlanmaktadır. 2023 yılında Türkiye'de brüt elektrik talebinin 500.000 MW'a ulaşması beklenmektedir. Ülke güneş potansiyelinin tamamını kullanabilirse enerji ihtiyacını tam olarak karşılayabilecektir (Akcan vd. 2020).



Şekil 1.1 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası (Demiryürek vd. 2020)

Fosil yakıtlar, dünyadaki birincil enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. Güneş, dünyamızdaki tüm enerji kaynaklarından sorumludur. Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından doğrudan elektrik üretimi önem kazanmaya başlamıştır. Bu, gelecekteki enerji arzının önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir (Çolak 2010). Türkiye sınırlı fosil enerji kaynakları nedeniyle enerji ihtiyacını büyük ölçüde dışa bağımlı hale getirmektedir. Bu da ülkenin yüksek enerji harcamalarına yol açmıştır. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltmak için enerji araştırmaları en verimli şekilde yürütülmektedir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltmak için enerji araştırmaları en verimli şekilde yürütülmektedir. Ülkenin mevcut enerji kaynaklarını kullanabilirler (Ceylan 2018). Büyük ölçekli elektrik üretimi için kullanılan gelecek vaat eden yenilenebilir enerji kaynaklarından biri güneş enerjisidir. Bu teknolojinin önümüzdeki yıllarda yaygın olarak kullanılması bekleniyor. Büyük ölçekli güneş enerjisi santralleri genellikle bir konum için en uygun sabit eğim açısında kurulan PV modüllerini kullanır. Ancak, değişken bir açıyla da kurulabilirler ve mevsimsel ayarlamaya tabidirler (Chandel and Chandel 2022). Bu çalışmaların temel amacı, güneş alanındaki heliostat yerleşiminin çeşitli yönlerini analiz etmektir. Ayrıca bu yapıların tasarım parametrelerine odaklanmışlardır. Güneş alıcısının eğimi ve yüksekliğinin güneş akısına etkisi üzerine bir çalışma yapılmış olmasına rağmen, bu süreci etkileyen faktörleri tam olarak tespit edememiştir (Faye *et al*. 2021) .



Şekil 1.2 Fotovoltaik sistemler tarafından üretilen enerjinin şebeke sisteminin şeması (Akcan vd. 2020)

Bir kuruluş ya da şehrin elektrik ihtiyacını karşılayacak bir fotovoltaik sistemin tasarımı, kurulacak modül sayısı, sistemin yerleştirilmesi gereken yer ve kullanılacak bileşenler gibi çalışmasını etkileyen çeşitli faktörler hesaba katılmalıdır. Sistemin verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için, sistemin performansını incelemek için kullanılacak bir benzetim modeli önerilmektedir (Iskandar *et al.* 2019). Solar PV sistemi, ürettiği enerjiyi kullanılabilir elektriğe dönüştürmek için güneş ışığını kullanan bir elektrik sistemi türüdür. Güneşten gelen fotonlar daha sonra elektrik enerjisine dönüştürülür (Mohanty and Srivalli 2020). Fotovoltaik panellerin bina cephelerinde artan kullanımı, binaların kullandığı elektrik enerjisinde önemli bir artışa neden olmuştur. Güneş enerjisi üretimini en üst düzeye çıkarmak için paneller binanın dış duvar yüzeylerine yerleştirilmiştir. Türkiye gibi kuzey yarım kürede güneş panellerinin yerleşimi genellikle panellerin güneye doğru yönlendirilmesi şeklinde olmaktadır (Yıldırım ve Aktacir 2021). Güneş fotovoltaiklerinin hızla ortaya çıkması ve büyümesi, dünya çapındaki kurulum sayısını büyük ölçüde artırdı. Ancak, bu kaynaklar tarafından üretilen gücün kalitesi büyük bir endişe kaynağı olmuştur (Alhussainy and Alquthami 2020). Mevcut olan çeşitli fotovoltaik güneş paneli üretim sistemleri vardır. Bunlar tek kristalli, çok kristalli ve hibrit sistemleri içerir. Fotovoltaik sistemlerin performansı, hava koşulları ve güneş radyasyonu gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Rajkumar *et al*. 2022). Gölge gibi zorlu çevre koşullarında çalışırken, güneş panelleri normal koşullarda olduğundan daha az güç üretebilir (Khosrojerdi *et al*. 2021).

Özellikle Türkçe literatürde ülkemizdeki Uşak (Taktak ve Ili 2018), Şanlıurfa (Özcanlı vd. 2021), Van (Yalılı 2021), Aydın (Gezer 2019), Sivas (Sarı ve Özyiğit 2020a, 2020b), Karabük (Oral 2020), Afyonkarahisar (Orhun vd. 2015), Isparta (Ceylan and Taşdelen 2018), Karaman (Çırak 2019, Girgin 2011), Diyarbakır (Haydaroğlu ve Gümüş 2016), Balıkesir (Atlık vd. 2019), Kocaeli (Başoğlu vd. 2014), Osmaniye (Nacar 2021), Bursa (Biçen 2018), Eskişehir (Yildizay vd. 2014), Kütahya (Atalay Ayran 2019), Nevşehir (Bilhan ve Emikönel 2021), Kayseri (Oğuz ve Akkurt 2017), Burdur (Yalçın ve Yüce 2020) gibi şehirlerimizde güneş enerjisine ait teknik, ekonomik incelemeler ve gerçek-benzetim karşılaştırmaları ele alınsa da temelde güneş enerji potansiyeli araştırılmaktadır. Direkt olarak Çankırı için yapılmış bir çalışma bulunmamakta ve bu çalışma ile Çankırı Karatekin Üniversitesi, Uluyazı Kampüsünde bulunan beş binanın çatılarında şebekeye bağlı PV panellerin yerleştirilmesi fikri ele alınmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ VE TEMEL BİLGİLER

2.1 Güneş Enerjisi ve Kullanım Alanları

Samanyolu Gökadasında tahmin edilen yaklaşık 200 milyar yıldızdan birisi olan Güneş, gezegenimize yaklaşık 150.000.000 km uzaklıkta, 1.500.000 km çapa sahip ve sıcak gazlardan (hacmen %95 oranında hidrojen) oluşan plazma halinde bir yıldızdır. Güneş enerjisi, bu yıldızın içinde gerçekleşen hidrojenin helyuma dönüşmesi yani füzyon tepkimesi sayesinde meydana gelmektedir. Füzyon ile oluşan bu enerji, uzaya saçılmaktadır ve gezegenimizdeki hayatın var olmasını sağlar. Gezegene ulaşan enerji yaklaşık 1370 W/m²'dir olarak bildirilmektedir. Atmosfer engeli nedeniyle bu enerjinin 0 ile 1100 W/m² arasındaki bir miktarı yüzeye ulaşabilmektedir. Güneş ışınlarının gezegene ulaşması ile atmosferin de etkisi ile sıcaklık artmakta ve gezegen yaşama elverişli hale gelmektedir. Yaşam kaynağı olan bu yıldızın Dünya'ya gönderdiği enerjiden faydalanmak için insanoğlunu tarihin çeşitli zamanlarında farklı projeler geliştirmiştir. Bu çalışmalar günümüzde de devam etmektedir (acikders.ankara.edu.tr 2022, enerjiportali.com 2022).

Güneş enerjisi kendi başına kullanılabilen bir enerji kaynağı olmasından da öte diğer enerji türlerinin oluşumlarının da kaynağıdır. Güneş, gezegenimizde nükleer haricindeki tüm enerjilerin meydana gelmesinde direkt ya da endirekt olarak yardımcı olur. Temiz, yenilenebilir, güvenilir, çevre ile dost olması güneş enerjisinin öne çıkan özellikleridir. Ayrıca dağıtımı ve iletimi gibi bir sorun yoktur. Yeryüzünde hayat var olduğu sürece gökyüzünde bulunması onu sınırsız enerji kaynağı olarak karşımıza getirmektedir. Güneş enerjisinden faydalanmak amacına hizmet edecek alet ve ekipmanın kurulum maliyeti haricinde bir maliyet gerektirmez. Araştırmalar, gezegenimize ulaşan radyasyonun ortalama olarak 1,35 kW/m²'lik bir enerji meydana çıkarabileceğini göstermektdir. Mevsimler, hava durumu ve coğrafi koşullar bu enerjinin bölgelere ve zamana göre değişiklik göstermesine neden olmaktadır. Böylece, dağınık, düşük yoğunluklu, değişken ve aralıklı bir enerji olarak tanımlanabilen güneş enerjisi, uzun süreli ve kolay işletilebilme potansiyeli, temiz ve kısa sürede üretim sisteminin

kurulumunun yapılabilmesi, gelecekte de tercih edilmesini sağlayacaktır (enerjiportali.com 2022).

Güneş enerjisinin kullanım amacı temelde ısı veya elektrik elde etmektir. Bu amaç doğrultusunda değişik yöntemler ve teknolojiler kullanılmaktadır. Güneş enerjisi, gıdaların kurutulması, mekanların ısıtılması ve soğutulması, deniz suyundan içilebilir/kullanılabilir su üretimi gibi alanlarda kullanılırken sanayiden ulaşıma kadar çeşitli alanlarda kendine yer bulmaktadır.

Tarihte güneş enerjisinden faydalanma ile ilgili tam doğrulanamasa da nesiller boyu iletilen bir hikayeye göre Sicilya adasındaki Syrakuza şehrinin savunmasında Arşimet, aynalar kullaranak odaklandırdığı güneş ışınlarının düşman gemilerini yakmayı başarmıştır. Bu olayın MÖ 210-240 yılları arasında olduğu bilgisi kaynaklarda yer almaktadır. 17. yüzyıl sonlarında Athanasius Kircher ile başlayan güneş enerjisinin kullanımına dair yolculuk, Joseph Priestley, Horace-Benedict de Saussure, Henry Bessemer ve John Ericsson'un yaptıkları çalışmalarla günümüze kadar gelmektedir. 1872 yılında kurulan tatlı su elde edebilmek amacıyla, nitrat minerallerini uzaklaştıran 4700 m² alana sahip 40 yıl süresince hizmet veren damıtma sistemi güneş ile çalışmaktadır. Benzer şekilde, Paris'te, buharla çalışan ilk matbaa makinesi üretildiğinde buhar üretimi için güneşten yararlanılmıştır. Güneş enerjisini kullanarak buhar üreten bir makinenin 1900 yılında Amerika Birleşik Devletlerindeki Güney Pasadena bölgesinde kurulan su pompalama tesisinde sistemi çalıştırmak amacıyla kullanıldığı da bilinmektedir. Güneş enerjisinden faydalanmaya dair örnekler 1913'te Mısır'da Nil nehri kenarına 74 kW kurulu güce sahip olan güneş enerjili su pompalama sistemi, 1949'da Massachusetts Teknoloji Enstitüsünün (MIT), ilk güneş evini inşaa etmesi, 1953'te SSCB'ndeki Krzhizhanovsky Güç Enstitüsünün buhar üretimi üstünde kapsamlı çalışmalar yapılması ve ilk fotovoltaik panellerin 1954 yılında Bell laboratuvarlarında üretilmesiyle devam etmiştir (Eker 2019).

Günümüzde oluşan enerji politikaları nedeniyle alternatif enerji kaynaklarından faydalanma girişimleri ivme kazanmış ve özellikle güneş enerjisinden faydalanma

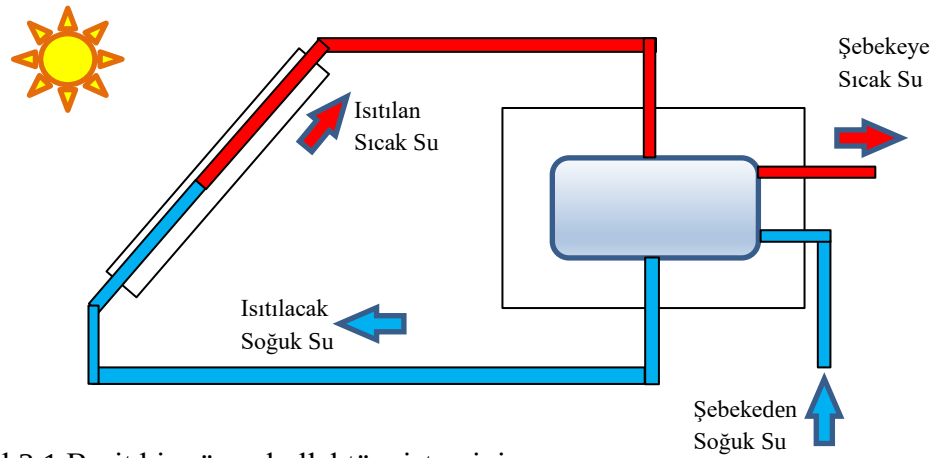
veriminin arttırılması ve sistem maliyetlerinin düşürülmesi yönünde çalışmalar artarak sürdürülmektedir.

2.1.1 Kurutma ve seralar

Güneş'in sağladığı enerjiler içeresinde ilk olarak akla gelen ısıtma olmaktadır. Bu ısı sayesinde kırsal yörelerde toplanan ürünler kurutulabilmekte ve seralarda ısınma yapılabilmektedir (Eker 2019).

2.1.2 Güneş kolektörleri

Özellikle enerji kaynaklarından bağımsız birimlerde kullanımı tercih edilen ve güneş ışınlarından enerjiyi toplayarak elde ettiği ısıyı suya aktaran farklı tipteki cihazlardır. 70 °C sıcaklıklara kadar ulaşan sıcak su en basit sistemlerde (Şekil 2.1) özellikle sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılırken, daha gelişmiş sistemlerde bağımsız birimlerin ısıtılması işlemi de eklenebilmektedir. Dünya genelinde toplam güneş kolektörlerinin kapladığı alan 30.000.000 m²'yi geçmektedir. Çin, ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan gibi ülkeler güneş kolektörlerinin en çok kullanıldığı ülkeler olarak kayda geçmektedir. Türkiye de kollektör sistemlerinin kurulu olduğu alan 7.500.000 m²'dir (Eker 2019).

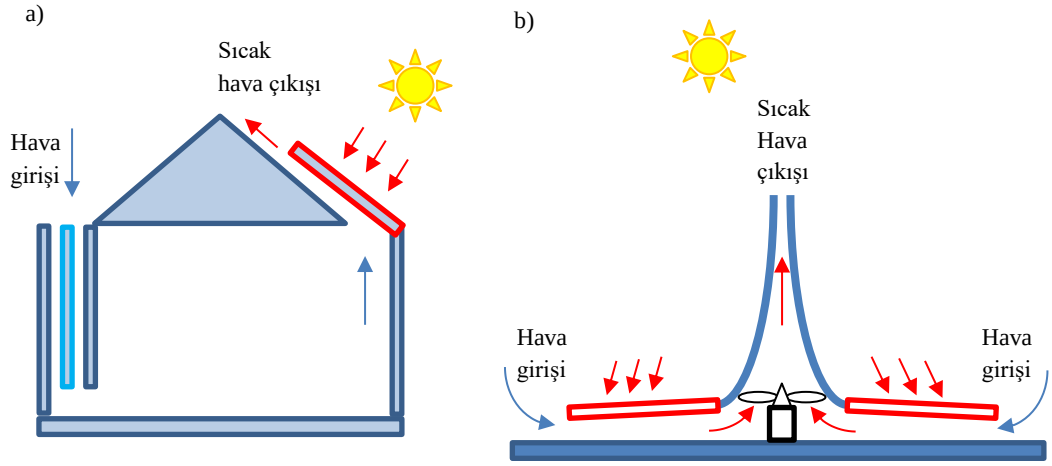


Şekil 2.1 Basit bir güneş kollektör sisteminin şeması

Kollektörlerde verim artışı sağlanabilmesi amacıyla kolektörlerdeki cam borularda vakum uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra absorblanma yüzeyinde enerji toplanmasını daha verimli kılmak için metal veya cam yansıtma sistemleri de kullanılır. Düzlemsel Güneş kollektörlerine kıyasla su çıkış sıcaklığı 120 dereceye kadar çıkabilir. Bu düzlemsel veya vakumlu kollektörler ile bir akışkan yoluyla toplanan ısının ihtiyaç duyulan ortama aktarılması şeklinde kurulan sistemler ısıtma amacını yerine getirebilmektedir. (Eker 2019).

2.1.3 Güneş bacaları

Bu sistemlerde güneşin ısısından oluşan hava hareketinden faydalanılarak soğutma yapmak (Şekil 2.2a) ya da elektrik üretmek mümkündür. Elektrik üretmek üzere tasarlanan güneş bacaları hidroelektrik santrallere benzer şekilde çalışmaktadır. Türbinlerin hareketi hidroelektrik santrallerinde su ile güneş bacalarında ise hava akışı ile olmaktadır. Güneşle temas ettirilen şeffaf malzemeyle kaplanmış eğimli çatıya sahip yapının ısıttığı yüksek debideki hava akışı bir baca içinde yatay konumda buluna rüzgar türbini kullanılarak elektriğe dönüştürülebilir (Şekil 2.2b). Ne yazık ki deneysel birkaç sistem dışında kendine uygulama alanı bulamamıştır (Tan and Shojaei 2019).



Şekil 2.2 Güneş bacasının çalışma prensibi (Ming *et al*. 2016)

2.1.4 Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi

Güneş enerjisinden elektrik üretimi iki farklı yol ile yapılmaktadır. Birinci yol güneş ışığından fotovoltaik hücreler yardımıyla doğrudan elektrik enerjisinin üretimi şeklinde iken, ikinci yolda güneş ışığı aynalar yardımıyla bir odakta toplanmakta ve yüksek sıcaklığa çıkarılan bu odaktaki sıvının kullanılması ile çalışmaktadır (Eker 2019).

2.2 PV Sistemlere Dair Temel Bilgiler

2.2.1 PV hücrenin çalışma prensibi

Güneşten dünyamıza gelen ışık radyasyonunun yarı iletken PV hücreleri üzerine düşmesi sayesinde elektron hareketi oluşmaktadır. Bu etki kullanılan malzemenin yarı iletken olması ve tasarımı sayesinde gerçekleşmektedir. Hücre üzerindeki elektron hareketi akım oluşmasını sağlar. Böylelikle birden fazla hücrenin bir araya getirilmesiyle oluşturulan modüller, güneş radyasyonunu doğrudan kullanılabilecek düzeyde elektrik üretir (Tekkale 2018).

2.2.2 PV hücre

Genellikle yarı iletken ham maddesi silikondur. Ancak, CdTe ve CuInSe malzemelerinin kullanıldığı PV hücreler de bulunmaktadır. Piyasada en çok kullanılan modüller çok sayıda hücrelerin birleştirilmesi ardından genellikle cam tercih edilen ışığı geçiren bir ön tabaka ve plastik yada camdan oluşan arka tabaka arasına yerleştirilmesiyle üretilir. Üretim sırasında eritilmiş poli-silikon bir kalıba dökülür sonrasında dilimlenir. Poli-kristal modüller bu yolla üretildiğinden mono-kristal modüllerden daha düşük maliyetli olup, sahadaki verimleri birbirlerine oldukça yakındır (Tekkale 2018).

2.2.3 Azimut ve eğim açısı

Fotovoltaik paneller sabit olarak yerleştirileceğinde, güneşten gelen radyasyondan en yüksek verim ile çalışabilmesi için panel yüzlerinin ekvator çizgisine yöneltilmesi gerekmektedir. Bu durum güney yarım küredeki bir panelin kuzey yönüne, kuzey yarım küredeki bir panelin güney yönüne bakacak şekilde konumlandırılmasına sebep olur. En yüksek verim tahmin edilebileceği gibi güneş ışınlarının panele dik gelmesi ile sağlanır. Güneş'in açısının sisteme en uygun şekilde gelmesi azimut açısı ve eğim açısı ile sağlanmaktadır. Azimut açısı, bir cismin, güney yönü ile yaptığı açının bir ölçüsüdür. Bu bakımdan azimut açısı güney konumunda 0° iken batı konumunda 90° olacaktır. Eğim açısı ise fotovoltaik sistemdeki bir modülü oluşturan panel ile zemin arasındaki açıyı ifade etmektedir (Yıldırım ve Aktacir 2018).

2.2.4 Hücre-Modül-Panel-Dizi

Yarı iletken malzemelerin atomları döküm kristalin içerisine eklenerek elektrik üretmek amacıyla n-tipi veya p-tipi yarı iletken yapılar üretilebilir. Bu yarı iletkenler çoğu zaman kadmiyum, silisyum, galyum, tellür olmaktadır. Söz gelimi, atom numarası 14 olan ve valans bandında 4 elektron sayısına sahip silisyum eriyik hale getirilerek periyodik tablodaki 5A grubu elementlerinden biri eklendiğinde, atomun dışarda kalan 1 elektronu yapıya katılır. Böylece n-tipi bir yarı iletken malzeme üretilmiş olur. Tam tersi şekilde eriyik haldeki silisyum içerisine 3A grubu elementlerinden birini eklenirse, 1 elektron eksik kalacağından üretilen malzeme, p-tipi olacaktır. n-tipi ve p-tipi plakalar beraber kullanılarak fotovoltaik hücreler elde edilmektedir. Yüksek güç almak amacıyla hücreler birbirlerine lehimlerle bağlanarak modüller üretilmektedir. Aynı şekilde modüller de panelleri, paneller de diziler elde etmek için birleştirilmektedir (Çelik ve Koç 2020).

2.3 Literatürdeki Bazı Çalışmalar

Literatür ayrıca benzetim yazılımı kullanımının konsept aşamasında bir güneş enerjisi santralinin verimliliğini ve çıktısını tahmin etmeye yardımcı olabileceğini öne sürmüştür. Yadav ve meslektaşları, Himachal Pradesh, Hamirpur'da 1 kWp'lik bir PV sistemini test etti ve tasarladı (Satish *et al*. 2020). Araştırmacılara göre sistemin ürettiği toplam enerji incelenmiş ve sistem kayıpları olarak sunulmuştur. Hamirpur'un enerji ihtiyaçlarını PV sistemleri kullanarak tamamlayabileceği sonucuna vardılar. Hesaplanan sistem performansı, sistemin yıl boyunca 0,724 oranında performans gösterdiğini göstermiştir. Araştırmacılar, önerilen PV sisteminin bir incelemesini yapmak için PVsyst yazılımını kullandılar. Enerji üretimi, verimliliği ve çıktı oranı gibi sistemin çeşitli yönlerini analiz etti. Benzetim sonuçları sistemin toplam enerji sağladığını göstermektedir. Ancak kullanılmayan enerjisi nedeniyle çok fazla enerji kaybetmiştir (Baqir and Channi 2022). Tanımlanabilecek çeşitli güneş enerjisi hasadı biçimleri vardır. Bunlara konsantre güneş fotovoltaik, güneş termal elektrik ve güneş yakıtları dahildir. İlki esas olarak güneş enerjisini elektriğe dönüştürmek için kullanılır. Günümüzde PV güneş enerjisi sistemleri, elektrik enerjisi üretmenin en uygun maliyetli ve çevre dostu yolu olarak kabul edilmektedir. Maliyetlerini düşürmeyi ve çevre dostu olmalarını iyileştirmeyi başardılar (Viduruwan and Induranga 2021). Bu bölüm, güneş enerjisi santralleri ile ilgili fizibilite çalışmalarının çeşitli yönleriyle ilgili literatürü gözden geçirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca PVsyst benzetim yazılımının kullanımına da odaklanmaktadır (Waseem *et al*. 2021). Güneş enerjisi panellerinin azimut ve eğim açıları üzerine bir çalışma yapılmıştır. PV panellerin tasarımında ve yerleşiminde çeşitli tekniklerin ve parametrelerin nasıl kullanıldığını ortaya çıkardı. Araştırmacılar ayrıca güneş enerjisi panellerinden enerji üretiminin geliştirilmesinde kullanılan çeşitli matematiksel modellerden de bahsetti. Bu modeller eğim, güneş radyasyonu ve eğim parametrelerini içermektedir (Eker 2019). Referans vermeden önce kullanıcı, sistemin güvenilirliğini ve enerji talebini etkileyen çeşitli faktörleri dikkate alan bir maliyet ve amortisman hesaplaması yapmalıdır. Bu adım, tasarım süreci hakkında rehberlik sağlar ve kullanıcının uygun özellikleri belirlemesine yardımcı olur. Önerilen tasarımların uygulanabilirliğini değerlendirmek için ön çalışmalar da yapılmaktadır (Eremkere ve Aktaş 2020). GES ve akıllı park yönetim sistemlerini birleştiren sanal mikro

şebekelerde de çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalar test sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bilimsel araştırmalar için önemli olsa da gerçek sistemlerden toplanan verileri kullanarak gerçek dünyayı simüle etmek daha gerçekçi sonuçlar sağlayabilir (Güner ve Muharremoğlu 2020). PV'nin çalışma şekli, belirli bir dalga boyunda elektromanyetik radyasyona maruz kalma nedeniyle elektronların bir yüzeyden fırlatılmasıyla ortaya çıkan fotoelektrik etkiye benzer. Elektrik üretmek için PV cihazlarının akımı koruyan bir elektrik alanına ihtiyacı vardır. Bu alan katkılı bir yarı iletken tarafından oluşturulabilir. Bu, gelen güneş ışığını doğrudan değiştirmek için kullanılabilir (Hasbiyalloh *et al*. 2021). Bir güneş enerjisi santralinin kurulduğu yer, işleyişi hakkında değerli veriler sağlayabilir. Örneğin, bir bitki güneş yolunda bulunuyorsa, güneş ışınımı hakkında veri sağlayabilir. Bu konumdan toplanan veriler, bir güneş enerjisi santrali tasarlamak için yararlı bir araç olan PVsyst veritabanında saklanabilir (Roshana *et al.* 2021). PVsyst programı gerçek değerlere yakın değerler verebilmektedir. Bu bilgiler ışığında finans kurumlarından kredi almak için bu veriler yeterlidir. PVsyst programı aracılığıyla gölgeleme durumlarının 3D modellerini oluşturabilirsiniz. Bu, farklı güneş enerjisi kaynaklarının etkilerini analiz etmek için kullanılabilir (Sarı ve Özyiğit 2020a, 2020b). Fotovoltaik panel, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir cihazdır. Birden fazla PV hücresinden oluşur. Dizi, birbirine bağlı birden çok modülden oluşan bir elektronik sistem türüdür. Bunlar genellikle paralel veya seri olarak yapılır. Optimum boyutu (12 volt) ve bağlantı türünü volt olarak belirlemek için bu modüllerin çıkış özellikleri de dikkate alınır (Uwineza 2018). Güneş Enerji Santralinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bunlar, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren güneş pillerini içerir. Bu hücreler silikon ve yarı iletken gibi çeşitli malzemelerden yapılmıştır. Diğer tesislerden farklı olarak güneş enerjisi santrali kirlilik ve tehlikeli atık üretmemektedir. Ayrıca çevre dostu bir bitki olarak kabul edilir. Güneş pillerinin güç çıkışı sıcaklık, güneş ışığı ve gölge gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Ayrıca panellerin yönü ve aldıkları radyasyon da dikkate alınır (Windarta *et al*. 2022). Fotovoltaik panellerin basit ve modüler yapısı, onları çeşitli uygulamalar için ideal hale getirir. Bu teknoloji bir alanda kolaylıkla tasarlanıp uygulanabilmektedir (Yıldız vd. 2020) .

Fotovoltaik panelleri bina yüzeylerine entegre etmek için farklı bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Örneğin, paneller doğrudan bir güneş serasının üzerine yerleştirilebilir, bu da ek arazi ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu yöntem aynı zamanda enerji tasarrufu sağlar ve tarımsal üretimin sürdürülebilir olmasına yardımcı olur. Bu yöntem, fotovoltaik modüllerin bir seranın üzerine yerleştirilmesini ve ardından ekinlerin bunlarla kaplanmasını içerir. Bu, bölgedeki tarımsal üretimin sürdürülmesini sağlar *(Zhang et al.* 2021). Bir sistemin çıktısı üzerindeki çeşitli faktörlerin etkilerini incelemek için PV literatüründe çok çeşitli gölgeleme analiz teknikleri kullanılmaktadır. Örneğin bir güneş panelinin toplam gölgelenmesi sistemin performansını etkileyebilir (Deniz 2013). Artan çevresel kaygılar ve güneş PV enerji üretiminin artan popülaritesi nedeniyle, gelecek vaat eden yeni bir alternatif enerji kaynağı haline gelmiştir (Sayem and Hassan 2021).

3. MATERYAL VE METOT

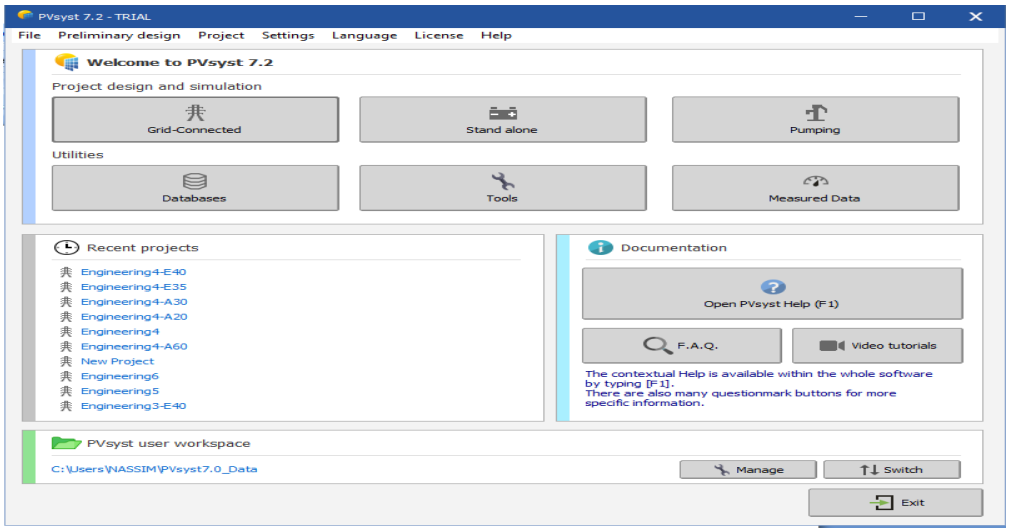
Bu çalışmada Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsünde bulunan beş bina çatıları düz olduğu için seçilmiştir: Mühendislik Fakültesi, Fen Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi. PVsyst'te bir enerji sistemi tasarlama süreci, projeye ait konumun belirlenmesi ve gölgeye ait hava durumu verilerinin tanımlanması, panellere ait modül yönlendirme, azimut ve eğim değerlerinin tanımlanması, modüllerin seçimi, modüllerle kullanılacak invertörlerin belirlenmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu temel adımların dışında elektrik sistemine ait tasarım, gölgeleme hesaplama yöntemi seçimi, modül yerleşimi gibi ayarlar da program içerisinde mevcuttur. Çalışmanın ilk kısmında mühandislik binası ele alınarak panel dizileri arasındaki mesafeler değiştirilerek tasarımlar kıyaslanmış ve elde edilebilecek güç miktarları incelenmiştir. Daha sonra mesafe sabit tutularak seçilen beş bina yapılacak kurulum ile kampüste elde edilebilecek enerji miktarı bulunmuştur. Çalışma sırasında PVsyst 7.2 programı kullanılmıştır.

3.1 PVsyst Yazılımı

PVsyst günümüzde güneş enerji sistem tasarımı için tasarlanan en başarılı programlardan biridir. Program bir aylık deneme sürümünde tüm özellikleri açık şekilde kullanılabilmektedir. Bu çalışma da deneme sürümü kullanılarak tamamlannıştır. Programa ait ana menü programın dört ana bölümüne erişim sağlamaktadır (Şekil 3.1). Bu bölümlerden "Preliminary design" ön tasarım amacıyla kullanılmaktda ve belirli bir durumda bir projenin potansiyellerinin ve olası kısıtlamalarının hızlı bir şekilde değerlendirilmesini amacıyla tasarlanmıştır. Bu kısım özellikle, şebekeden bağımsız sistemlerin veya pompalama amaçlı şebekeye bağlı sistemlerin ön boyutlandırması için oldukça kullanışlıdır. Proje tasarlama amacı taşıyan bir çalışma için "Project design" tüm yapılandırmalar için kullanılmaktadır. Bu kısım içerisinde meteorolojik verilerin seçimi, sistem tasarımı, gölgeleme çalışmaları, kayıpların belirlenmesi ve sistemin ekonomik değerlendirmesi bulunmaktadır. Benzetim, hassasiyet ihtiyacına göre ayarlanabilmektedir. Bir yıla ait verileri saatlik adımlarla gerçekleştirerek eksiksiz bir rapor elde etmek mümkündür. Veri tabanları "Databases" kısmında olup, aylık ve

saatlik verilerden, saatlik değerlerin sentetik olarak üretilmesine ve harici verilerin alınmasına kadar oluşan iklimsel veri yönetimi bu kısım içindedir. Veritabanları içerisinde ayrıca modüller, invertörler, piller vb. gibi fotovoltaik (PV) kurulumlarında yer alan tüm bileşenlerin tanımlarını bulmak da mümkündür.

Araçlar kısmına "Tools" düğmesine basarak ulaşılabilmekte olup, bir güneş enerjisi kurulumunun davranışını hızlı bir şekilde tahmin etmek ve görselleştirmek için bazı ek araçlar sağlamaktadır. Ayrıca, benzetimle yakın bir karşılaştırma için mevcut güneş enerjisi kurulumlarının ölçülen verilerinin içe aktarılmasına izin veren özel bir araç seti bulunmaktadır.



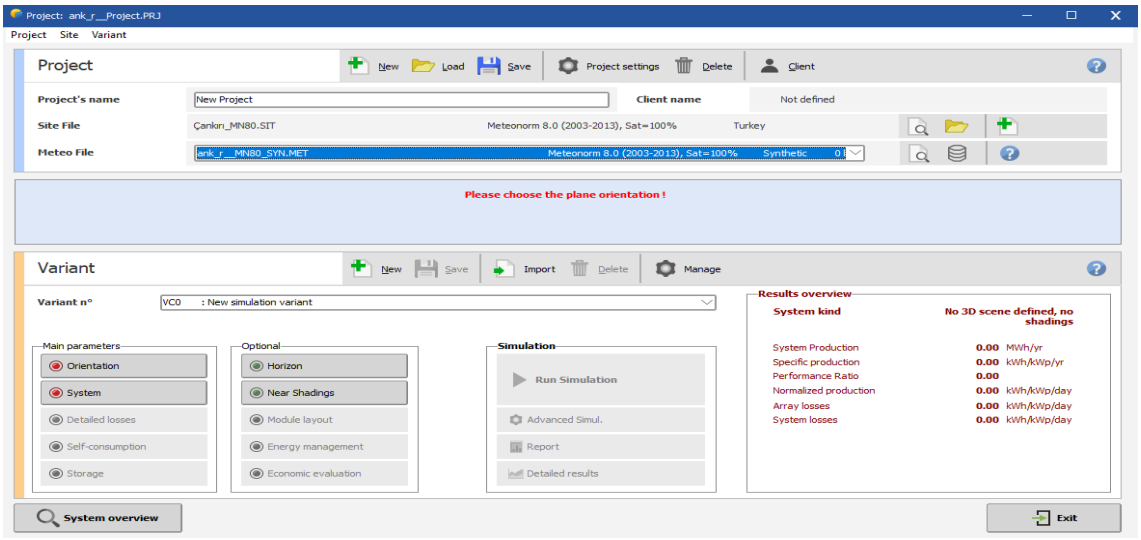
Şekil 3.1 PVsyst V7.2 yazılımı ana menü görünümü

3.1.1 Ön tasarım

"Preliminary design" belirli bir durumda bir projenin potansiyellerinin ve olası kısıtlamalarının hızlı bir değerlendirmesini sağlar. Bu, bağımsız ve pompalama sistemlerinin ön boyutlandırması için çok kullanışlıdır. Şebekeye bağlı sistemler için, mimarların bir binanın PV potansiyelini hızlı bir şekilde değerlendirmesini sağlayan bir araçtır. Bu aracın doğruluğu sınırlıdır ve gerçek tasarımlara yönelik raporlarda kullanılması amaçlanmamıştır.

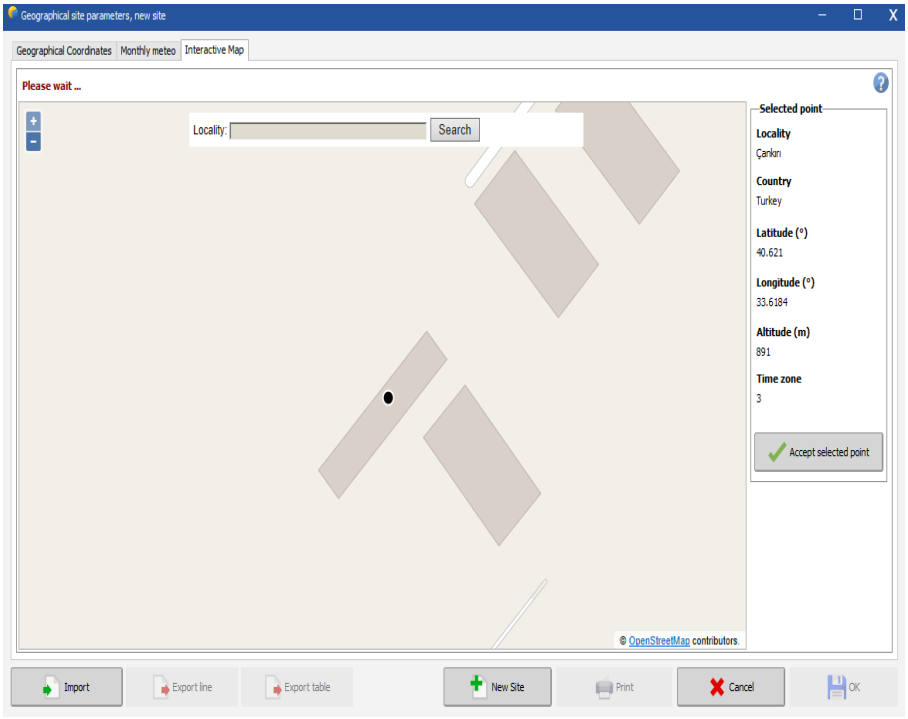
3.1.2 Proje tasarımı

Çalışmalarda en gerçeğe en yakın tasarımın ve benzetimin yapılabilmesi için tasarlanmıştır. Tasarlanarak benzerimi yapılacak sistem şebeke bağlantılı bir sistem ise "Grid-connected" kısmı seçilmelidir. Bu kısım seçildiğinde, kullanıcının karşısına bir projenin yönetimi için Şekil 3.2'de gösterilen sayfa gelmektedir. Bu kısımda yapılacak projenin yer alacağı şehir seçilmelidir. Bu nedenle çalışmada "New site" kısmı tıklanmalıdır.



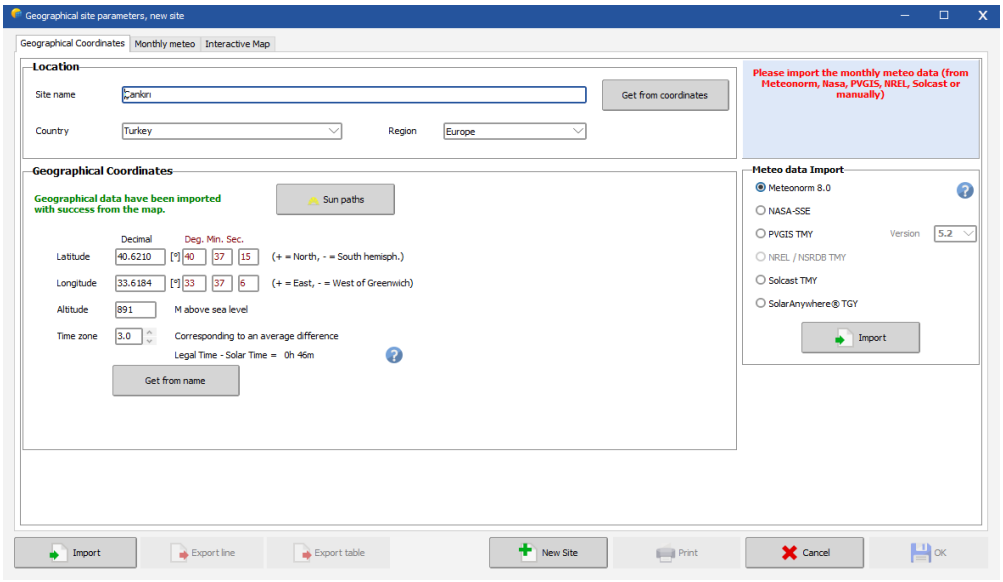
Şekil 3.2 Yeni Proje

Yeni bölgenin seçilebilmesi için PVsyst ana ekranındaki veritabanları tıklanmakta, ardından coğrafi bölgelerden yeni bir seçim yapabilmek için "New" tıklanarak bölge interaktif olarak konumlandırılmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Coğrafi bölge parametreleri, yeni bölge, Çankırı

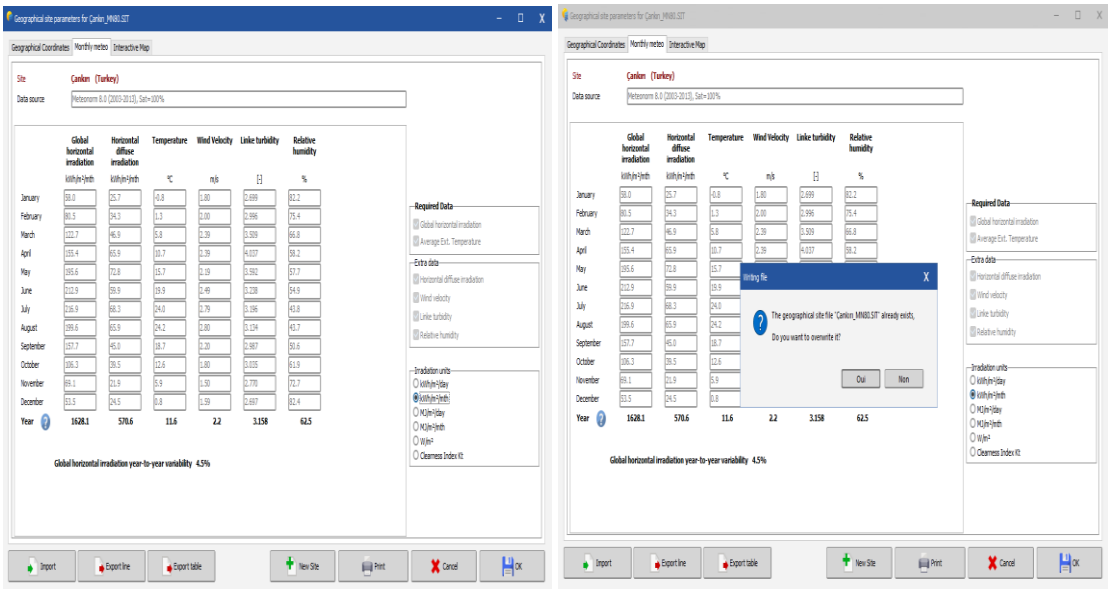
Sonrasında "Import"a tıklanarak içe aktarma işlemi yapılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Coğrafi bölge parametreleri

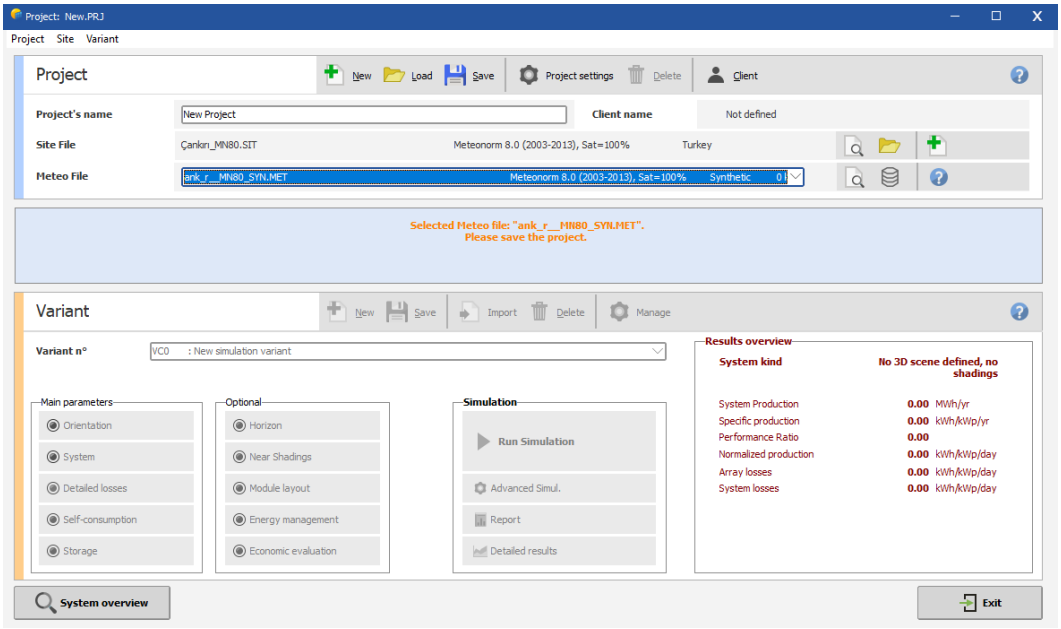
"Import" düğmesine tıkladıktan sonra, bölgeye ait meteorolojik verilerin aylara göre dağılımı doğrudan görüntülenmektedir (Şekil 3.5). Kullanıcının karşısına bu meterolojik

veriler, yatay global ışınlanma, yatay difüze ışınlanma, sıcaklık, rüzgar hızı, linke bulanıklığı ve bağıl nem olarak gelmektedir.



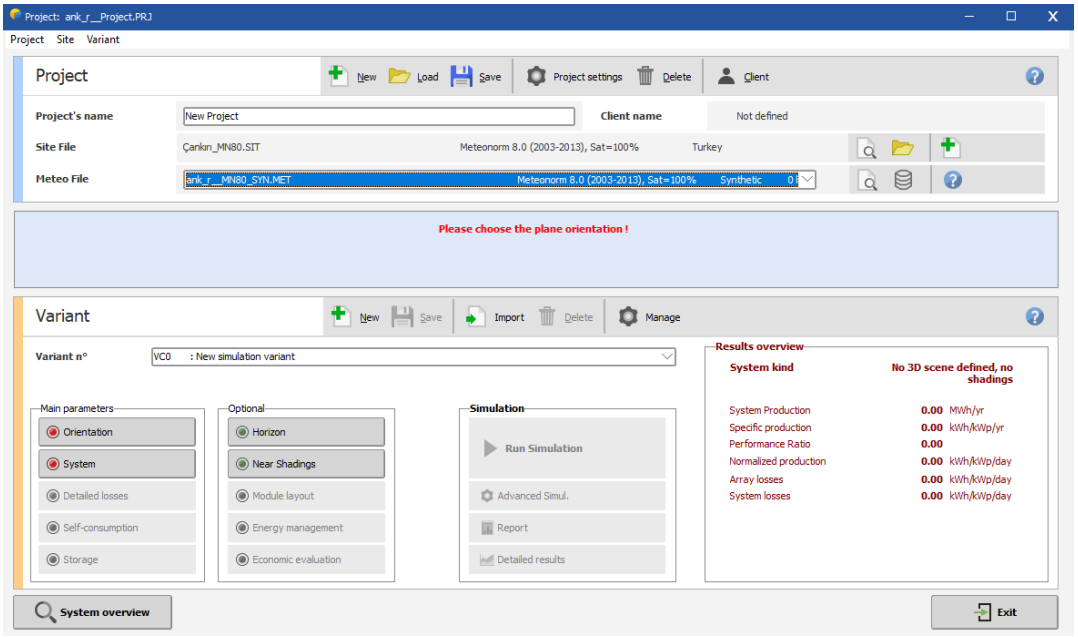
Şekil 3.5 Çankırı için coğrafi alan parametreleri

Şekil 3.6'de coğrafi bölge seçimi sonrasında projenin tanımlandığı görülmektedir. Bu bölge seçimiyle aktif projenin kaydedilmesi gereklidir. Bu kaydetme işleminin ardından Şekil 3.7'da görüleceği gibi Orientation, System, Horizon ve Near shadings düğmeleri aktif olmaktadır.



Şekil 3.6 Proje tanımı ekranı

Bu düğmelerden Orientation ve System düğmeleri bazı ayarlamalar yapılması gerekliliğini belirtmek için kırmızı renktedir. Her ne kadar işlem yapmak gerekli olsa da bu default haliyle hesaplama yapmaya hazır olan Horizon ve Near Shadings düğmeleri yeşil olarak görünmektedir.

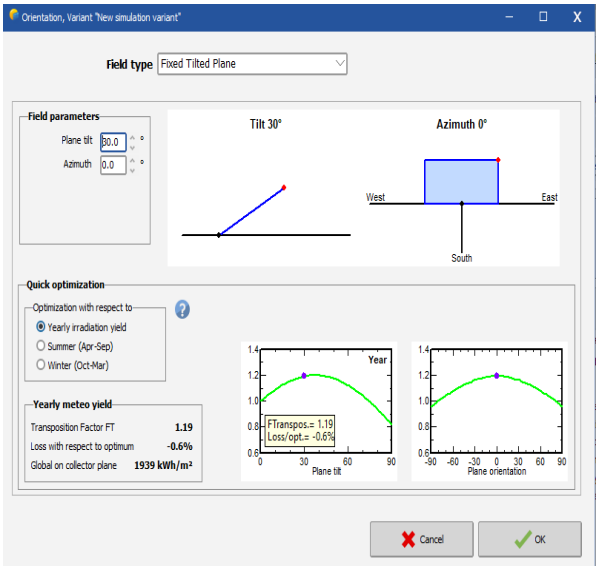


Şekil 3.7 Oryantasyon, Sistem, Yakın gölgelemeler, Modül yerleşimi ve Rapor

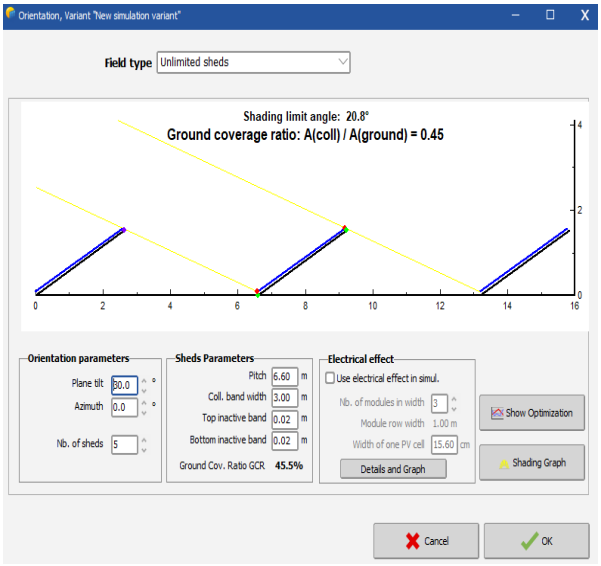
3.1.2.1 Oryantasyon (Orientation)

Coğrafi konumu ve iklim dosyası seçildikten sonra panelin azimut ve eğim değerinin tanımlanması gerekir. PVsyst, pekçok oryantasyon modu desteklemektedir:

"Fixed tilted plane" seçildiği durumda düzlem eğimi ve azimuth tanımlanması gereklidir. "Multi-orientations" seçimi sekiz farklı yönlendirmeye kadar PV düzlemlerinin tanımlanmasınaolanak sağlar (Şekil 3.8). Her oryantasyona farklı bir elektriksel alt dizi ilişkilendirilmesi gerekli olup, bir invertörün dizilerini iki farklı yönde paylaşmak mümkün hale gelir. "Seasonal tilt adjustment" seçeneğinde kış ve yaz olmak üzere mevsimsel şekilde iki farklı değer ayarlamak mümkündür. "Unlimited sheds" enine göre çok uzun dizilimlerde tercih edilmektedir (Şekil 3.9). Kenar efektleri ihmal edilemeyecek kadar çok kısaysa, bunun yerine "Near shadings" CAO seçeneğinde tutma yerleri tanımlanmaması gerekmektedir. Dizilerin konumlandırmalarasına ait güneşin konumuna göre "Tracking, tilted axis, Tracking, horizontal N-S axis, Tracking, vertical axis, Tracking, horizontal E-W axis, Tracking sun-shields, Tracking, two axes ve Tracking, two axis with frame" seçenekleri değişik izleme tasarımlarını seçebilmeyi mümkün kılmaktadır.



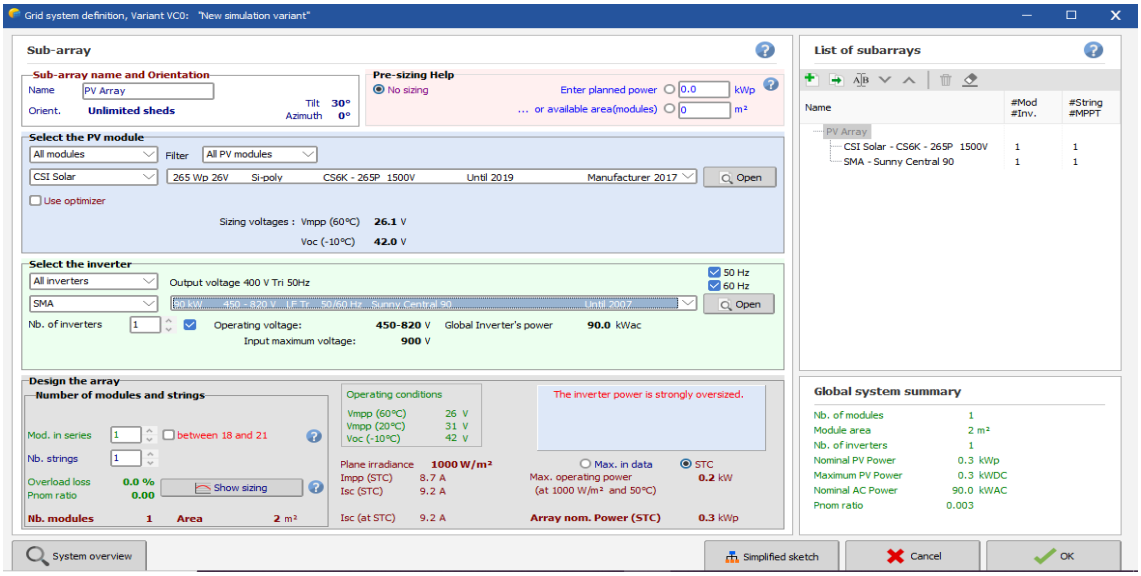
Şekil 3.8 "Orientation, Fixed Tilted Plane" ekran görünümü



Şekil 3.9 "Orientation, Unlimited Sheds" ekran görünümü

3.1.2.2 Sistem (System)

Modüllerin ve invertörlerin modelleri, sistem kapasitesi, dizi uzunlukları vb. gibi ana sistem parametreleri buradaki ekranda tanımlanmaktadır (Şekil 3.10). Bu nedenle invertör ve fotovoltaik paneller hakkında kesin bilgilere sahip olmak gerekmekle birlikte bu cihazlara ait bilgiler seçimlerle karşımıza gelmektedir. Bu adım beş alt bölüme ayrılmıştır: "Global System configuration" alt dizilerine durumunu bildirmeye, "Select the inverter" invertör seçimi yapmaya, "Select the PV modules" modül seçimi yapmaya, "Design the array" modüllerin bağlantı şemasını ayarlamaya ve son olarak "Preseizing Help" ise planlanan güce ya da imkan dahilindeki alana göre yaptığınız çalışmayı düzene koymaya yaramaktadır.



Şekil 3.10 Grid Sistem tanımı, değişken

3.1.2.3 Detaylı kayıplar (Detailed losses)

Bu kısım, projenin ayarlanan oryantasyon (orientation), sistem (system) ve yakın gölgeleme (near shading) gibi alanlar sonrasında otomatik olarak görüntülenmektedir. Kayıplara ait detaylı verinin girilmesi sayesinde sistemin enerji kaybının nasıl belirleneceğine ve sonuca ne şekilde etkisi olacağı eklenerek benzetimin gerçeğe daha yakın olması sağlanmaktadır.

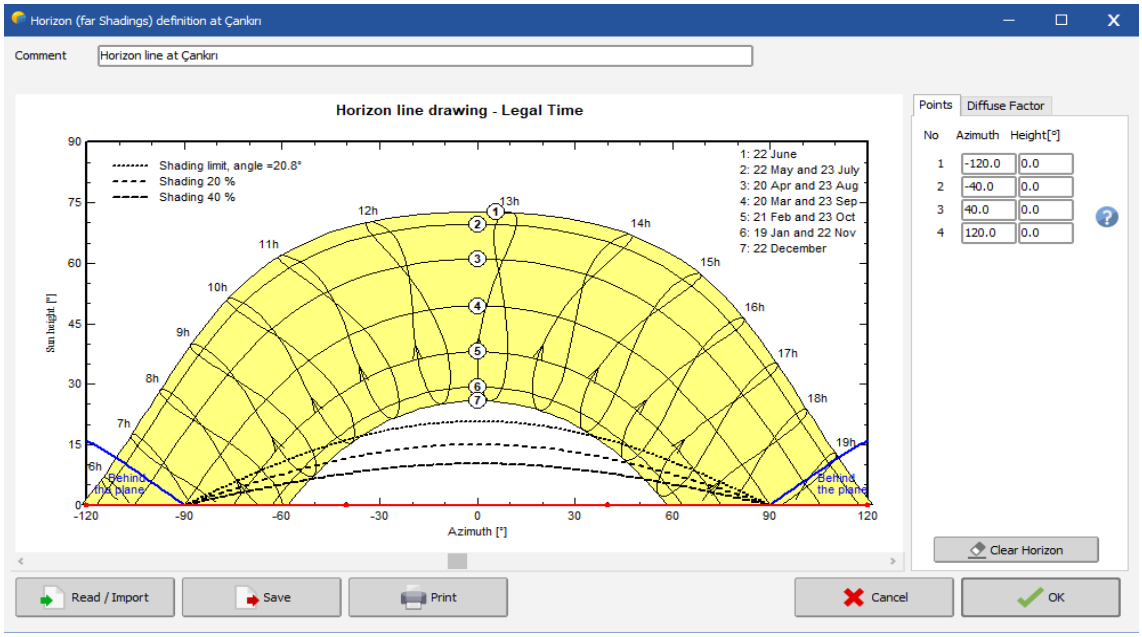
3.1.2.4 Depolama (Storage)

PV sistemler off-grid olduğu zaman aküler kullanılmaktadır. Bu kısımda enerjinin depolanmasına dair bilgiler seçilmektedir.

3.1.2.5 Ufuk (Horizon)

Ufka ait seçim yapılarak doğrudan güneş ışığının konumu üzerine eğriler şeklinde bilgi oluşturmak mümkündür (Şekil 3.11). Çalışmada kullanılan sabit açılı konstrüksiyona sahip santralin gölgelenme mesafesine ve eğim açısına göre yıl içerisinde aldığı gölge

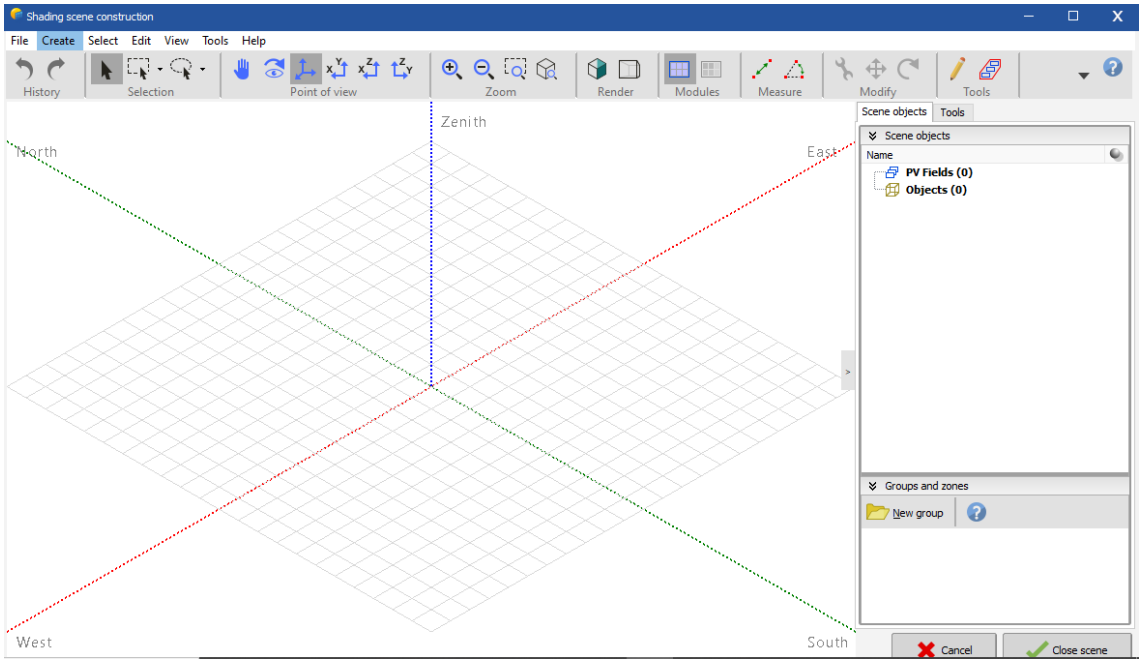
oranını saatlik olarak göstermektedir. Görüldüğü üzere sabit açılı sistem gün doğumu ve batımında kısa süreli gölgelenmelere maruz kalmaktadır.



Şekil 3.11 PVsyst'te ufuk çizgisi çizimi

3.1.2.6 Yakın gölgeleme (Near Shadings)

PVsyst'te PV alanının etkin gölgeleme oranı, gölgeleme faktörleri ile tanımlanır. Güneşin konumuna bağlı olarak herhangi bir zamanda gölgeleme faktörünü hesaplamak için, alanın ve çevresinin eksiksiz bir 3D gösterimine ihtiyaç vardır. Binaların 3D gösterimi (Şekil 3.12), temel olarak bina çizimleri ve Google Earth kullanılarak oluşturulmaktadır.



Şekil 3.12 Gölgelendirme sahnesi yapımı (Shadings scene construction).

Doğru ayarlama ile gölgelemenin sistemin yıllık enerji üretimine yansıması sağlanacaktır. Gerekirse, bir 3D gölgelendirme sahnesi oluştururken konstrüksiyondan sonra "Yeni bölge" (New zone) tıklanarak ve "Serbest" (Free) seçilmalidir. Daha sonra "Modüllere göre" (By modules) "Manzara" (Landscape) seçilmeli ve modüllerin dizilimindeki x-y sayısı girilmelidir. "Modülleri ayarla" (Adjust to modules) sonrasında "nesneyi kapat" (close object), tıklanmaktadır. Bu kısımda birkaç ayar daha kullanılmakta ve sistemin modül sayısı bulunmaktadır.

3.1.2.7 Modül düzeni (Module layout)

Modüllerin düzenlenmesi, elektrik tasarımından ve PV sisteminin benzetiminden bağımsızdır. Modül yerleşiminde kullanıcı, her modülün temsil edildiği PV alanını yeniden oluşturma olanağına sahiptir. Tüm sistem modülleri yerleştirildikten sonra, alanın elektriksel konfigürasyonunun tanımı yapılabilir. Her modül, daha sonra otomatik olarak bir MPPT girişine atanan bir zincire atanır. Modül başına baypas diyotlarının sayısı, uzunluk veya genişlikte alt modüllere yol açan bunların bağlanmasının yanı sıra kullanıcı tarafından tanımlanır.

Tüm modüller etkilendiğinde, bir zincirin elektriksel gölgelenmesinin etkileri gözlemlenebilir. Gölgeler modüller üzerinde manuel olarak çizilir ve düzlemdeki genel ve dağınık ışıma, sıcaklığın yanı sıra manuel olarak da ayarlanabilir. Çizilen gölgelemenin etkisi, kiriş bileşeni, genel ışınım ve ek doğrusal olmayan elektrik kaybı üzerindeki doğrusal gölgeleme faktörü için yüzde olarak verilir.

Gölgelendirmeler modül düzeninde manuel olarak çizildiğinden, sonuçlar o belirli andaki belirli gölgeleme durumu için olacaktır. Her bir invertör ve tüm alan üzerindeki gölgeleme etkisi hakkında bir fikir edinmek için modüllerin yerleşimi, alanın ve çevresinin 3 boyutlu gösterimi birlikte kullanılarak günün farklı saatlerinde ve yılın farklı günlerinde, gölgelemenin her bir dizi ve tüm sistem üzerindeki etkisi ile ilgili daha gerçekçi ve ayrıntılı bir sonuç alınabilmektedir.

3.1.2.8 Ekonomik değerlendirme (Economic evaluation)

Benzetimden sonra, tanımlanan parametreler ve benzetim sonuçları temelinde sistemin ekonomik bir değerlendirmesi yapılabilir. Ekonomik araca "Proje" iletişim kutusundan erişilebilir. Üretilen enerji LCOE (Levelized Cost of Energy) maliyetini hesaplamak için ilk kurulum maliyetlerini ve yıllık işletme maliyetlerini tanımlamayı sağlar. Araç, başlangıç maliyetlerine, yıllık ücretlere, finansal parametrelere ve tarifelere dayalı olarak uzun vadeli bir karlılık tahmin edebilir. ROI (Yatırım Getirisi), geri ödeme süresi ve NPV (Net Bugünkü Değer) gibi ayrıntılı finansal sonuçlar sağlar. Böylece bir kurulumun maliyetleri hakkında fikir sahibi olmak için nihai alternatiflerin ekonomik yönlerinin basit bir taslağı oluşturulabilmektedir. Fiyat durumunun en gerçekçi halini elde edebilmekte için kullanılan modüllerin ve invertörlerin satış fiyatı ile ilgili bir çalışma ayrıca yapılmalıdır.

3.1.2.9 Benzetim Alanı

Tüm parametreler doğru bir şekilde girildiğinde, "Benzetimi çalıştır" (Run simulation) düğmesi artık gri görünmez ve çalıştırılabilir hale dönüşmektedir. Açılan pencerede benzetimi başlatmadan önce benzetim sonunda PDF dosyasına yazılacak veriler

seçilebilmektedir. Benzetim tamamlandığında, görüntüleme ve yazdırma için bir rapor hazır olmaktadır. Ek olarak, benzetim ekranı benzetim süresini değiştirmenize ve transfer edilen enerji, invertör verimi dahil olmak üzere çeşitli parametrelerin saatlik değerlerini dışa aktarmanıza izin vermektedir. Sistemin karmaşıklığına ve boyutuna bağlı olarak, benzetim süreci birkaç saniyeden bir saate kadar sürebilmektedir.

3.2 Kurulumlar için Çatıları Seçilen Binalar

Bu çalışmada çatılarında GES kurulumu tasarlanan binalar Mühendislik Fakültesi, Fen Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi bina çatıları olmuştur. Tez çalışmasına konu olan binalara ait uydu görüntüsü Şekil 3.13'da gösterilmektedir. 1, 2, 3, 4 ve 5 numara ile gösterilen binalar sırasıyla Mühendislik Fakültesi, Fen Fakültesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'dir. Söz konusu kampüsteki binaların toplu haldeki fotoğrafı Şekil 3.14'da gösterilmektedir.



Şekil 3.13 Uluyazı Kampüsünün Uydu görünümü (Google Maps 2022)



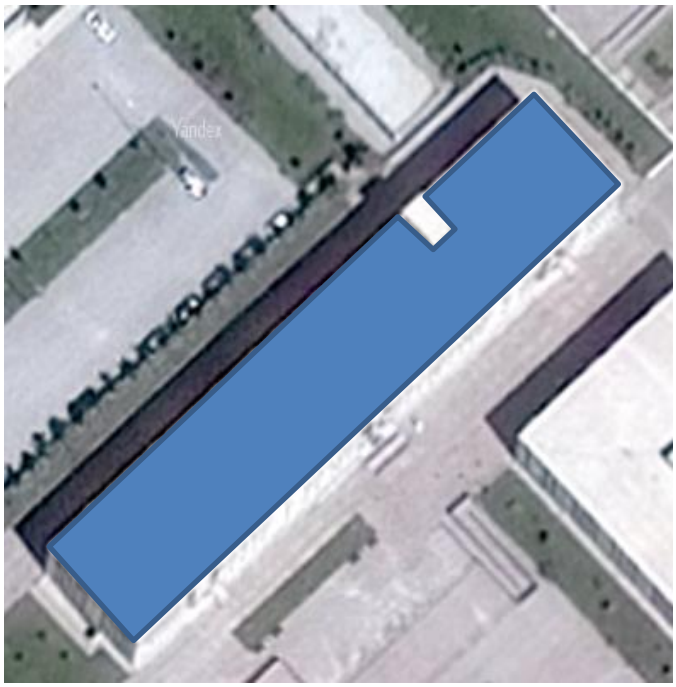
Şekil 3.14 Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü genel görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022)

3.2.1 Mühendislik Fakültesi Binası Kurulumu

Şekil 3.15'de görülen Mühendislik Fakültesinin düz olan çatısında (Şekil 3.16) Google Earth Pro kullanılarak çatıda panellerin konumlandırılmasında kullanılacak alanın köşelerine ait enlem ve boylam değerleri not edilmektedir (Çizelge 3.1). Bu değerler daha sonra CSV formatı kullanılarak Pvsyst programına aktarılmaktadır.



Şekil 3.15 Mühendislik Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022)



Şekil 3.16 Mühendislik Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022)

Çizelge 3.1 Mühendislik Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri

Nokta	Boylam	Enlem
1	40° 37’ 13,86’’	33° 37’ 5,09’’
2	40° 37’ 14,21’’	33° 37’ 4,65’’
3	40° 37’ 15,61’’	33° 37’ 6,56’’
4	40° 37’ 15,45’’	33° 37’ 6,80’’
5	40° 37’ 15,54’’	33° 37’ 6,92’’
6	40° 37’ 15,73’’	33° 37’ 6,70’’
7	40° 37’ 16,12’’	33° 37’ 7,31’’
8	40° 37’ 15,79’’	33° 37’ 7,76’’

3.2.2 Fen Fakültesi Binası Kurulumu

Şekil 3.17’da görülen Fen Fakültesinin düz biçimdeki çatısında iki ayrı alana ayrımak suretiyle (Şekil 3.18) Google Earth Pro kullanılarak çatıda panellerin konumlandırılmasında kullanılacak alanların köşelerine ait enlem ve boylam değerleri not edilmektedir (Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3). Bu değerler daha sonra CSV formatı kullanılarak Pvsyst programına aktarılmaktadır.



Şekil 3.17 Fen Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022)



Şekil 3.18 Fen Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022)

Çizelge 3.2 Fen Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım)

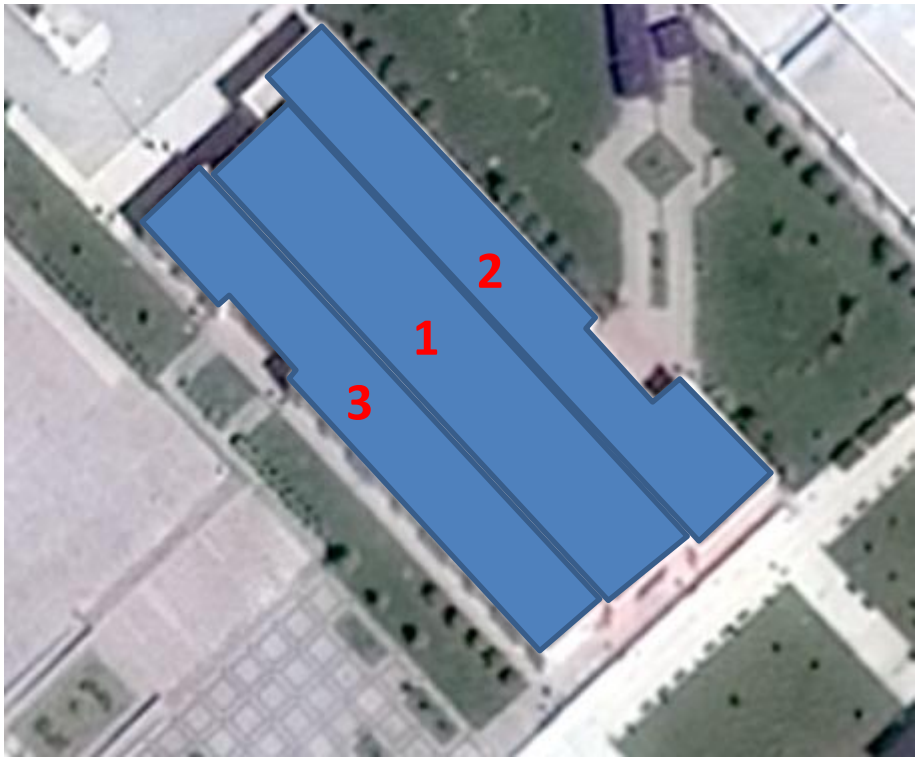
Nokta	Boylam	Enlem
1	40° 37’ 13,32’’	33° 37’ 8,92’’
2	40° 37’ 14,02’’	33° 37’ 9,93’’
3	40° 37’ 15,20’’	33° 37’ 8,48’’
4	40° 37’ 14,94’’	33° 37’ 8,11’’
5	40° 37’ 14,17’’	33° 37’ 9,06’’
6	40° 37’ 13,73’’	33° 37’ 8,40’’

Çizelge 3.3 Fen Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	40° 37’ 13,73’’	33° 37’ 8,40’’
2	40° 37’ 13,97’’	33° 37’ 8,77’’
3	40° 37’ 14,74’’	33° 37’ 7,80’’
4	40° 37’ 15,05’’	33° 37’ 8,25’’
5	40° 37’ 15,14’’	33° 37’ 8,13’’
6	40° 37’ 15,29’’	33° 37’ 8,34’’
7	40° 37’ 15,56’’	33° 37’ 8,01’’
8	40° 37’ 14,84’’	33° 37’ 7,00’’

3.2.3 Diş Hekimliği Fakültesi Binası Kurulumu

Şekil 3.20'de üç ayrı alana ayırmak suretiyle çözümlenen Google Earth Pro görüntüsü Diş Hekimliği Fakültesine aittir. Binanın (Şekil 3.19) düz biçimdeki çatısını kullanılarak panellerin konumlandırılmasında kullanılacak alanların köşelerine ait enlem ve boylam değerleri not edilmektedir (Çizelge 3.4, Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6). Bu değerler daha sonra CSV formatı kullanılarak Pvsyst programına aktarılmaktadır.



Şekil 3.19 Diş Hekimliği Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022)



Şekil 3.20 Diş Hekimliği Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022)

Çizelge 3.4 Diş Hekimliği Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	40° 37’ 17,16’’	33° 37’ 11,14’’
2	40° 37’ 16,91’’	33° 37’ 10,81’’
3	40° 37’ 18,45’’	33° 37’ 8,89’’
4	40° 37’ 18,69’’	33° 37’ 9,21’’

Çizelge 3.5 Diş Hekimliği Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	40° 37’ 16,78’’	33° 37’ 10,27’’
2	40° 37’ 16,98’’	33° 37’ 10,57’’
3	40° 37’ 18,56’’	33° 37’ 8,60’’
4	40° 37’ 18,35’’	33° 37’ 8,34’’
5	40° 37’ 18,05’’	33° 37’ 8,68’’
6	40° 37’ 18,10’’	33° 37’ 8,74’’
7	40° 37’ 17,81’’	33° 37’ 9,08’’
8	40° 37’ 17,77’’	33° 37’ 9,04’’

Çizelge 3.6 Diş Hekimliği Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Üçüncü kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	17,19	11,04
2	17,44	11,41
3	17,82	10,96
4	17,71	10,83
5	17,99	10,48
6	18,02	10,53
7	19,10	9,19
8	18,90	8,88

3.2.4 Edebiyat Fakültesi Binası

Şekil 3.21’de görülen Edebiyat Fakültesinin düz biçimdeki çatısını üç ayrı alana ayrılmak suretiyle (Şekil 3.22) Google Earth Pro kullanılarak çatıda panellerin konumlandırılmasında kullanılacak alanların köşelerine ait enlem ve boylam değerleri not edilmektedir. (Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9).

Bu değerler daha sonra CSV formatı kullanılarak Pvsyst programına aktarılmaktadır.



Şekil 3.21 Edebiyat Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022)

Çizelge 3.7 Edebiyat Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	24,13	23,30
2	24,36	23,65
3	25,31	22,45
4	25,53	22,80
5	25,69	22,56
6	25,61	21,91

Çizelge 3.8 Edebiyat Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	24,15	23,29
2	24,37	23,67
3	25,31	22,49
4	25,09	22,12

Çizelge 3.9 Edebiyat Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Üçüncü kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	25,09	22,12
2	25,53	22,83
3	25,70	22,56
4	25,27	21,90



Şekil 3.22 Edebiyat Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022)

3.2.5 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binası Kurulumu

Şekil 3.23'de görülen Edebiyat Fakültesinin düz biçimdeki çatısını beş ayrı alana ayrımak suretiyle (Şekil 3.24) Google Earth Pro kullanılarak çatıda panellerin konumlandırılmasında kullanılacak alanların köşelerine ait enlem ve boylam değerleri not edilmektedir (Çizelge 3.10, Çizelge 3.11, Çizelge 3.12, Çizelge 3.13 ve Çizelge 14). Bu değerler daha sonra CSV formatı kullanılarak Pvsyst programına aktarılmaktadır.



Şekil 3.23 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin Görünümü (ÇAKÜ Web sitesi 2022)

Çizelge 3.10 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Birinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	20,36	19,01
2	21,07	19,99
3	21,63	19,31
4	20,93	18,31

Çizelge 3.11 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (İkinci kısım)

Nokta	Boylam	Eylem
1	40° 37’ 21,12’’	33° 37’ 18,07’’
2	40° 37’ 21,83’’	33° 37’ 19,08’’
3	40° 37’ 22,43’’	33° 37’ 18,34’’
4	40° 37’ 22,40’’	33° 37’ 18,27’’
5	40° 37’ 22,60’’	33° 37’ 18,03’’
6	40° 37’ 22,05’’	33° 37’ 17,16’’
7	40° 37’ 21,80’’	33° 37’ 17,43’’
8	40° 37’ 21,75’’	33° 37’ 17,31’’

Çizelge 3.12 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Üçüncü kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	23,58	18,34
2	22,60	16,93
3	22,41	17,17
4	22,67	17,58
5	22,49	17,80
6	23,20	18,79

Çizelge 3.13 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Dördüncü kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	23,53	18,38
2	24,37	19,62
3	23,75	20,33
4	23,46	19,91
5	23,72	19,60
6	23,19	18,81

Çizelge 3.14 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi çatısı için kullanılan boylam ve enlem verileri (Beşinci kısım)

Nokta	Boylam	Enlem
1	23,20	20,25
2	23,48	20,70
3	23,16	21,10
4	23,00	20,87
5	22,93	20,97
6	22,78	20,76

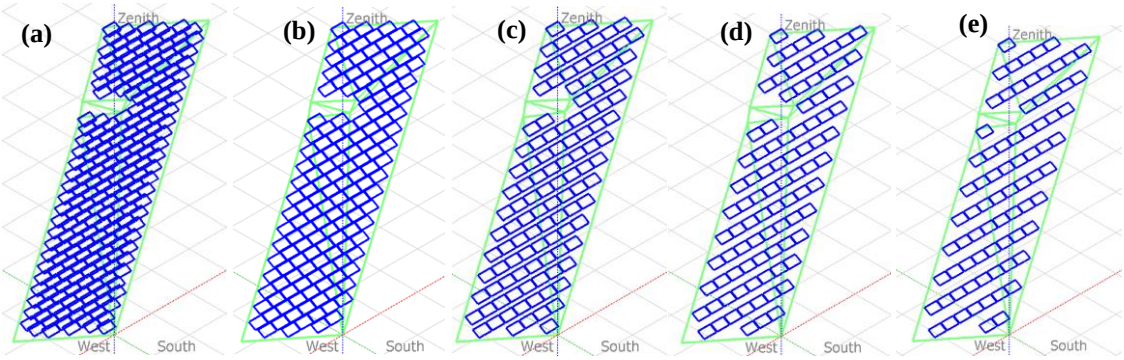


Şekil 3.24 İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinin Üstten Görünümü (Google Maps 2022)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın ilk kısmı Mühendislik Fakültesi için yapılmış olup üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada seçilen binanın enlem ve boylam bilgileri Google Earth Pro programında bulunmuştur. İkinci aşamada bu bilgiler MS Excel programında düzenlenerek PVsyst programına aktarılmıştır. Son aşamada ise PVsyst programında PV sistemi tasarlanmıştır. Bu tasarım sırasında panel dizileri arasındaki mesafe (2,2, 3, 4, 5 ve 6 m) değişken olarak seçilmiştir. Program, inşaat veya arıza durumlarında panellere erişim sağlamak için panel dizileri arasındaki mesafeyi 2,2 m olarak seçmektedir. Ancak bu değer zorunlu değildir ve mesafeyi azaltarak daha fazla panel yerleşimi yapmak mümkündür.

Tasarımlarda kullanılan Si-poly PV modüller, Canadian Solar firmasına ait CS6K - 265P 1500V olarak tercih edilmiştir. Bu modüllerin Pnom değeri (fotovoltaik modüllerin tepe gücü) 265 Wp'dir. Kolektör genişliği 2,01 m, eğim açısı 30° ve azimut açısı 0°'dir. Tasarımların görselleri Şekil 4.1'de verilmiştir.



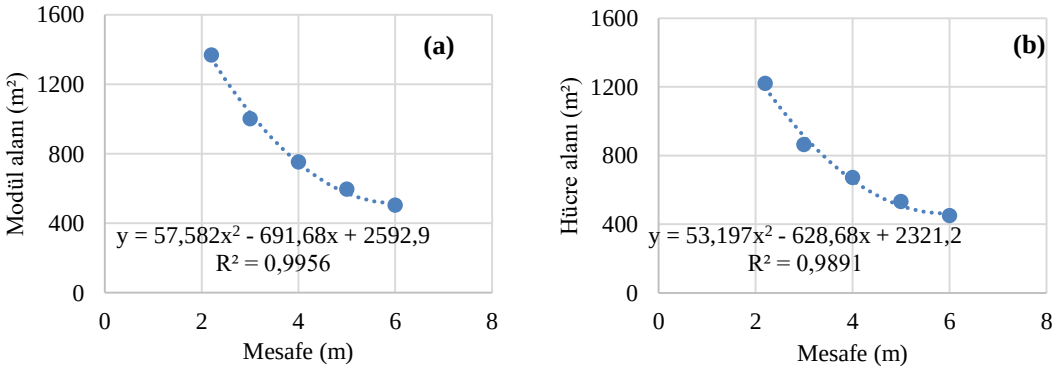
Şekil 4.1 PV alanlarının perspektifi: (a) 2,2 m, (b) 3 m, (c) 4 m, (d) 5 m ve (e) 6 m

PV panel dizileri arasındaki mesafenin artması doğal olarak dizi sayısının azalmasına neden olur. Dizi sayısındaki azalma, modül sayısı, modül alanı ve hücre alanının tümünün azalması anlamına gelir. Çizelge 4.1 bu sonuçları özetlemektedir.

Çizelge 4.1 Mühendislik Fakültesi kurulumu özet tablosu

Diziler Arası Mesafe	Modul alanı (m²)	Hücre alanı (m²)	Toplam PV modül sayısı	Seri içindeki modül sayısı	Dizi sayısı	İnvertör sayısı	Toplam güç (kWp)	Toplam pnom (kW ac)	Pnom oranı	Aktarılan enerji (MWh)
2.2m	1368	1221	836	22	38	3	222	180	1,23	209,7
3m	1002	864	612	34	18	1	162	150	1,08	208,5
4m	753	672	460	23	20	2	122	120	1,02	170,8
5m	596	532	364	13	28	8	96,5	80	1,21	134
6m	504	450	308	22	14	1	81,6	75	1,09	116,5

Şekil 4.2'de, PV dizileri arasındaki mesafe arttıkça modül alanı ve PV hücre alanının azaldığı görülmektedir. Burada alan ve uzaklık arasındaki bağlantı ikinci dereceden denklem modeline uyacak şekilde bağlanır, regresyon katsayıları 0,9956 ve 0,9891 bulunur.

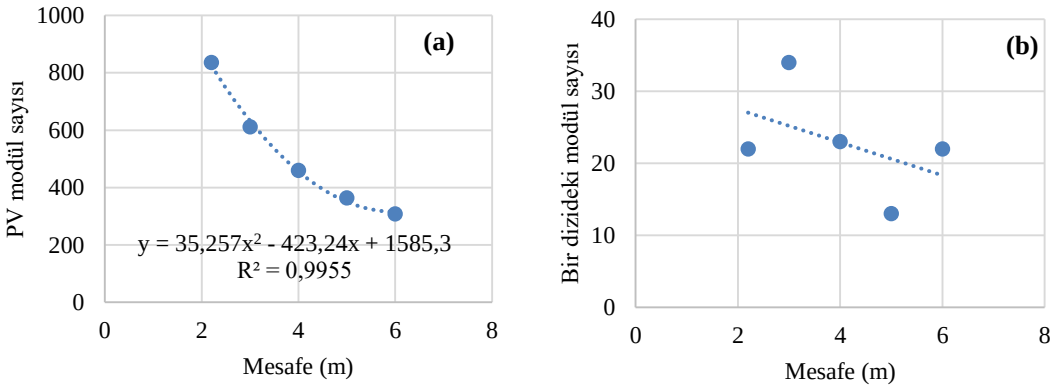


Şekil 4.2 Mesafenin modül alanı (a) ve hücre alanı (b) üzerindeki etkisi

PV modüller arası mesafe 2,2 m'den 6 m'ye çıkarıldığında 836 olan modül sayısı 308 olur. Bu çalışmada PV modül sayısı ile mesafe arasındaki korelasyon ikinci dereceden bir ifadeye karşılık gelir ve R^2 değeri 0,9955 (Şekil 4.3).

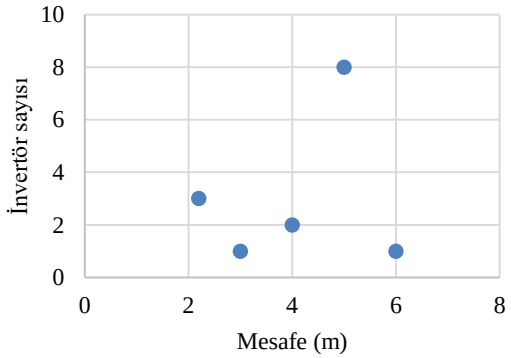
Şekil 4.3b'de dizilerdeki PV modüllerinin sayısının bir trendi olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni, evirici bağlantılarını yaparken yakın bir voltaj sağlamak için dizilerdeki modüllerin birlikte gruplandırılmasıdır. Ayrıca evirici, bağlantının yapılacağı elde

edilen grup sayısı kadar bağlantıya sahip olmalıdır. Bu durum bazı gruplamalar yapıldığında evirici seçimini zorlaştırmakta veya evirici sayısını artıracak seçimlere neden olmaktadır. Evirici sayısındaki artış, kurulum maliyetinde kaçınılmaz bir artışa neden olacaktır. Bu çalışmada çatı alanına kurulacak her bir PV dizisi için modül sayısının 23 civarında olduğu tespit edilmiştir.



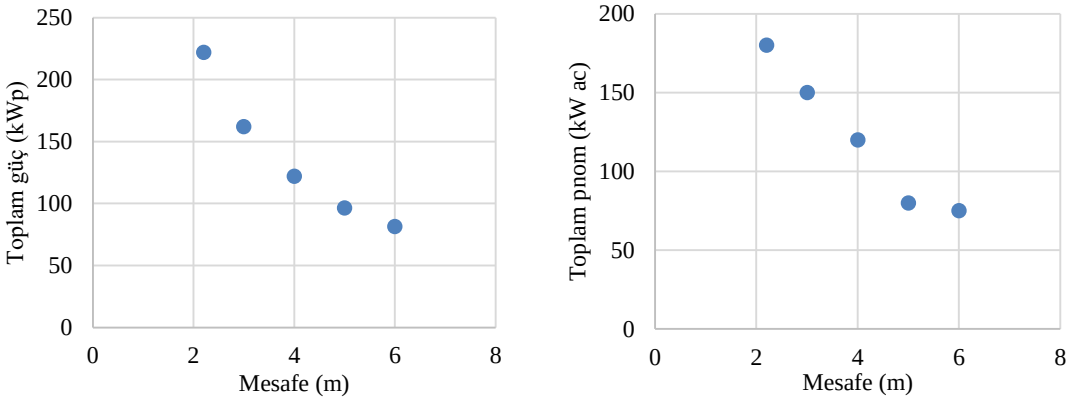
Şekil 4.3 Mesafenin modül (a) ve dizi (b) sayılarına etkisi.

Bu çalışmada; Şekil 4.4'te gösterilen gruplama sonucunda evirici sayısının sekiz olduğu bir durumla karşılaşılmıştır. Artan maliyet nedeniyle bu tasarımın üretilmesinden kaçınılacaktır.



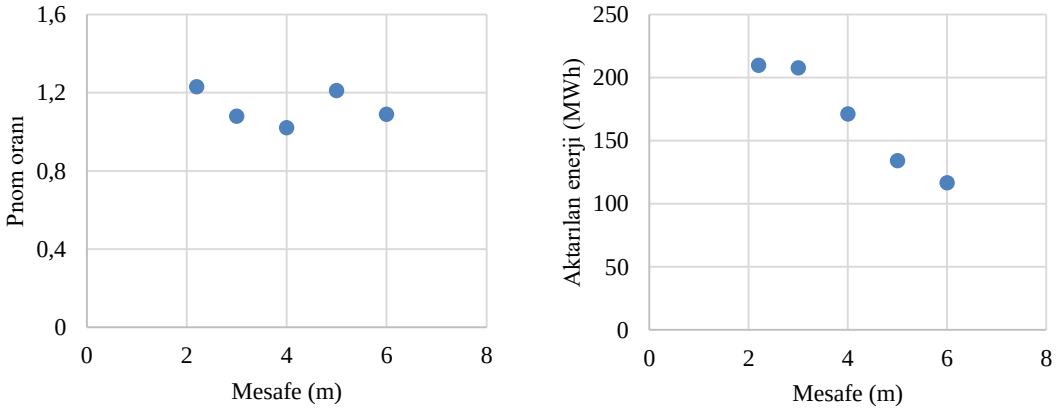
Şekil 4.4 Mesafenin invertör sayısına etkisi

Şekil 4.5'te, ister kWp ister kW ac ünitede toplam kurulu PV gücünün, modül sayısındaki azalma ile aralarındaki mesafenin artması nedeniyle azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.5 Mesafenin toplam güce etkisi a) kWp ve b) kW ac.

Pnom oranının yaklaşık 1 değerini alması istenir. Bu değer bulunduğunda PVsyst programı kullanıcıyı uyarır. Belirtilen aralıklar içerisinde olan çalışmada en düşük pnom oranı 1.02 ile 4 m aralıkların uygulandığı projededir. Aralıkların 3 m ve 6 m olarak uygulandığı projeler için 1,04 değeri alınmıştır (Şekil 4.6a). Aktarılan enerjinin karşılaştırıldığı Şekil 4.6b'de 2,2 m ve 3 m gölge aralığı kullanımında neredeyse hiç fark olmadığı dikkat çekmektedir.



Şekil 4.6 Mesafenin pnom oranı ve şebekeye aktarılan enerji üzerindeki etkisi

Sahip olduğumuz ölçümler, sistemin gerçek işleyişinin çeşitli yönlerini ayrıntılı olarak analiz etmemizi sağlar. Benzetimle ayrıntılı karşılaştırmalar, benzetimin işleyişinin belirli parametrelerini ve hassas noktalarını belirlememize izin vermeli, ancak aynı zamanda ölçümdeki belirsizliklerden şüphelenmemize de yol açacaktır.

Çalışmanın tüm çatı alanını kullanma amaçlı panel sayısı kısıtlanmadan yapılan kısmında invertör sayılarının yüksek olması tasarımların değiştirilmesini gerekli kılmaktadır (Çizelge 4.2). Tekrar edilen çalışma sonrasında değişen tasarımlar ile yapılan son benzetim sonuçlarında Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi 5 bina kurulumunun verilerinde toplam modül alanı 2872,4 m², hücre alanı 2652,3 m², ve modül sayısı 1816 olarak bulunmaktadır.

Bu çalışmada, ilk olarak, bir proje çalışmasının normal koşulları altında, üreticiye göre modüllerin parametrelerini kullanarak ve "modülün kalitesi" parametresini varsayılan olarak değerinde tutarak benzetimi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar raporlar şeklinde elde edilmiştir. Tüm raporlar EKLER kısmında verilmektedir.

Çizelge 4.2 ÇAKÜ Uluyazı yerleşkesindeki bina çatıları özet raporu (İlk çalışma)

Proje ismi	**Modül Alanı (m²)**	**Hücre Alanı (m²)**	**Toplam PV Modül sayısı**	**Modül Dizi Sayısı**	**İnvertör Saysı**	**Toplam Panel Gücü (kWp)**	**Aktarılan Enerji (MWh)**
Mühendislik Fakültesi	373	333	228	12	1	60,4	85,6
Fen Fakütesi Birinci Kısım	327	292	200	20	9	53,0	73,10
Fen Fakütesi İkinci Kısım	144	129	88	8	4	23,32	32,86
Diş Hekimliği Fakültesi Birinci Kısım	229	204	140	14	6	37,1	51,10
Diş Hekimliği Fakültesi İkinci Kısım	98,2	87,6	60	5	2	15,9	22,54
Diş Hekimliği Fakültesi Üçüncü Kısım	118	105	72	6	6	19,08	27,10
Edebiyat Fakültesi Birinci Kısım	295	263	180	15	5	47,7	67,30
Edebiyat Fakültesi İkinci Kısım	137	123	84	7	7	22,26	31,39
Edebiyat Fakültesi Üçüncü Kısım	45,8	40,9	28	2	2	7,42	10,53
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Birinci Kısım	196	175	120	10	10	31,8	45,00
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi İkinci Kısım	151	134	92	4	1	24,38	35,10
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Üçüncü Kısım	81,8	73	50	5	3	13,25	18,64
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Dördüncü Kısım	183	164	112	8	8	29,68	42,08
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Beşinci Kısım	32,7	29,2	20	2	1	5,30	7,46
Toplam	2411,5	2252,7	1474	-	65	390,59	579,8

Çizelge 4.3 ÇAKÜ Uluyazı yerleşkesindeki bina çatıları özet raporu (Son çalışma)

Proje ismi	**Modül Alanı (m²)**	**Hücre Alanı (m²)**	**Toplam PV Modül sayısı**	**Modül Dizi Sayısı**	**İnvertör Saysı**	**Toplam Panel Gücü (kWp)**	**Aktarılan Enerji (MWh)**
Mühendislik Fakültesi	504	450	308	22	1	81,6	116,5
Fen Fakütesi Birinci Kısım	381	286	196	14	1	51,9	78,10
Fen Fakütesi İkinci Kısım	144	129	88	22	2	23,32	37,70
Diş Hekimliği Fakültesi Birinci Kısım	236	210	144	12	1	38,2	56,72
Diş Hekimliği Fakültesi İkinci Kısım	91,7	81,8	56	14	2	14,84	23,73
Diş Hekimliği Fakültesi Üçüncü Kısım	229	204	140	14	1	37,1	55,16
Edebiyat Fakültesi Birinci Kısım	225	263	180	18	1	47,7	72,56
Edebiyat Fakültesi İkinci Kısım	151	134	92	23	2	24,38	39,34
Edebiyat Fakültesi Üçüncü Kısım	45,8	40,9	28	14	1	7,42	11,88
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Birinci Kısım	137	123	84	21	2	22,26	35,84
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi İkinci Kısım	313	333	228	19	1	60,4	99,72
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Üçüncü Kısım	225	228	156	12	1	41,3	61,03
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Dördüncü Kısım	131	117	80	20	2	21,20	34,13
İkt.ve İd. İlimler Fakültesi Beşinci Kısım	58,9	52,6	36	12	1	9,54	15,07
Toplam	2872,4	2652,3	1816	-	19	481,16	737,48

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mühendislik Fakültesi binası için yapılan kurulum tasarımlarında en yüksek enerji aktarımı 2,2 m mesafenin kullanıldığı tasarım olup burada aktarılan enerji miktarı 209,7 MWh olmuştur.

Yapılan kurulumlarda en düşük invertör sayıları diziler arasında 3 ve 6 m mesafenin uygulandığı kurulumlarda elde edilmiştir.

Paneller arasında çalışma mesafesi 2,2 ve 3 m olduğunda tamir ve değişimler için oldukça dar bir alan oluşturmaktadır. Bu nedenle kullanılan mesafe 6 m'ye kadar çıkarılmıştır. 6 m mesafe olduğunda aktarılan enerji 116,5 MWh olmaktadır.

Bir sonraki tüm fakülte binaları için 6 m mesafenin uygulandığı kurulumlar yapılarak genel sonuca ulaşılmıştır.

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Uluyazı Kampüsündeki beş ayrı bina yapılan kurulumlarda;

- Toplam 1816 modül,
- Toplam modül alanı 2872,4 m²,
- Toplam 19 invertör,
- Toplam kurulu güç 481,16 kWp,
- Aktarılan enerji 737,48 MWh

olarak gerçekleşmiştir.

Üniversitenin 2020 yılında toplam 6.489 MWh ve 2021 yılında toplam 2.324 MWh elektrik tüketimi olduğu bilinmektedir. Bu iki yıl için tüketim ortalaması alındığına yıllık 4.407 MWh elektrik tüketimi olduğu kabul edilebilir. Tasarlanan GESler ile aktarılan elektrik enerjisi 737,48 MWh olarak bulunmuş olup, tüketilen elektriğin %16,7'lık bir kısmının kurulumlar ile karşılanabileceği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

acikders.ankara.edu.tr. 2022. Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/61962/mod_resource/content/0/1.hafta.pdf. Erişim Tarihi: 29.09.2022.

Akcan, E., Kuncan, M., ve Minaz, M. R. 2020. PVsyst Yazılımı İle 30 Kw Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. European Journal of Science and Technology, *18*, 248–261.

Alhussainy, A. A., and Alquthami, T. S. 2020. Power quality analysis of a large grid-tied solar photovoltaic system. Advances in Mechanical Engineering, 12(7).

Atalay Ayran, Z. 2019. Kütahya İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması Ve Örnek Bir Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi, Master Thesis, Kütahya Dumlupınar University, Institute of Science, Kütahya.

Atlık, F., Esen, B., ve Demirtaş, M. 2019. Balıkesir ilinde farklı iki GES tesisinin panel yerleşimi açısından verimliliklerinin karşılaştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2), 679–696.

Baqir, M., and Channi, H. K. 2022. Analysis and design of solar PV system using Pvsyst software. Materials Today: Proceedings, 48, 1332–1338.

Başoğlu, E. M., Kazdaloğlu, A., Bilgin, M. Z., Erfidan, T., ve Çakir, B. 2014. Farklı Güneş Paneli Teknolojilerinin Kocaeli ili için Performans Değerlendirmesi. Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27 – 29 Kasım 2014, Bursa, 96–100.

Biçen, T. 2018. Güneş Panelleri İle Elektrik Üretiminin Teknik ve Ekonomik Analizi: Bursa Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Bilhan, A., ve Emikönel, S. 2021. Nevşehir İli Güneş Enerji Potansiyelinin Analizi ve Kurulu Güneş Enerji Santralleri. European Journal of Science and Technology, *24*, 289–294.

Çelik, A. N., ve Koç, F. 2020. Polikristal Tür bir Fotovoltaik Panelin I-V Karakteristiğinin Analitik Modellenmesi ve Deneysel Validasyonu. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8, 2491–2515.

Ceylan, M. 2018. Kampüs binalarında şebekeden bağımsız bir çatı üstü fotovoltaik

sistem tasarımı ve benzetimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Ceylan, O. and Taşdelen, K. 2018. Investigation of The Accuracy of Photovoltaic Programs Simulation Resultsfor Isparta City. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 18(3), 895–903.

Chandel, R., and Chandel, S. S. 2022. Performance analysis outcome of a 19-MWp commercial solar photovoltaic plant with fixed-tilt, adjustable-tilt, and solar tracking configurations. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 30(1), 27–48.

ÇAKÜ Web sitesi. 2022. www. karatekin.edu.tr. Erişim Tarihi: 05.09.2022

Çırak, B. 2019. Karaman İlinde Yenilenebilir Enerji Uygulamaları. KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1), 19–49.

Çolak, Ş. Ç. 2010. Fotovoltaik paneller yardımı ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin maliyet analizi ve gelecekteki projeksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demiryürek, H. K., Arifoğlu, U., ve Bolat, M. 2020. Lebit Enerji Güneş Santralinin Pvsyst Programı ile Analizi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(3), 1351–1363.

Deniz, E. 2013. Güneş enerjisi santrallerinde kayıplar. III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri, 21-24 Kasım 2013, İzmir.

Eker, B. S. 2019. Güneş panelleri için optimum eğim açısının belirlenmesi, rüzgarın soğutma etkisinin verime etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

enerjiportalı.com. 2022. Güneş Enerjisi Nedir. https://www.enerjiportali.com/gunes-enerjisi-nedir-4/. Erişim Tarihi: 15.09.2022.

Eremkere, M., ve Aktaş, T. 2020. Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Üzüm Suyu İşleme Tesis Çatısına Uygulanabilecek Fotovoltaik Tasarımların Teknik, Ekonomik ve Çevresel Açılardan Analizi. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 2020(1), 275–294.

Faye, K., Thiam, A., and Faye, M. 2021. Optimum Height and Tilt Angle of the Solar Receiver for a 30 kWe Solar Tower Power Plant for the Electricity Production in the Sahelian Zone. International Journal of Photoenergy, 2021.

Gezer, T. 2019. Bir Güneş Enerjisi Santralinin Maliyet Analizi: Aydın İli Örneği. Teknik Bilimler Dergisi, 9(2), 46–54.

Girgin, M. H. 2011. Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali için Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi (Issue July). Master Thesis, İstanbul Technical University, Energy Institute, İstanbul.

Google Maps. 2022. maps.google.com. Erişim Tarihi: 20.10.2022

Güner, S., ve Muharremoğlu, A. 2020. Bir Havalimanı Otoparkına Kurulabilecek Fotovoltaik Üretim Sisteminin Tasarımı ve Enerji Analizi. European Journal of Science and Technology, *19*, 182–188.

Hasbiyalloh, Friansa, K., Asri, R., Nurfani, E., Rozana, M., and Nugroho Soelami, F. X. 2021. Design and Application of PV Rooftop for Grid Feed in Residential House South Lampung. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 830(1).

Haydaroğlu, C., ve Gümüş, B. 2016. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin PVsyst ile Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(3), 491–500.

Iskandar, H. R., Darmawan, E., Zainal, Y. B., Angga Setia, G., Winanti, N., and Haz, F. 2019. Design of Solar Power Plant for Electrical Engineering Department Laboratory. Proceedings of the 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems: Towards Sustainable and Reliable Power Delivery, ICHVEPS 2019.

Khosrojerdi, F., Gagnon, S., and Valverde, R. 2021. Full Shading for Photovoltaic Systems Operating under Snow Conditions. 2021 9th IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering, SEGE 2021, 82–87.

Ming, T., Liu, W., Wu, Y., Gui, J., Peng, K., and Pan, T. 2016. Introduction. Solar Chimney Power Plant Generating Technology, 1–46.

Mohanty, B. P., and Srivalli, M. 2020. Optimization and Design of Grid Connected Rooftop Solar Power Plant under Various Operating Conditions. International Conference on Computational Intelligence for Smart Power System and Sustainable Energy, CISPSSE 2020.

Nacar, F. 2021. Güneş Enerjisi Santrallerinin Arazi Kullanımına Etkisi ve Sonuçları:

Osmaniye Örneği. European Journal of Science and Technology, *24*, 98–105.

Oğuz, M., ve Akkurt, Ş. 2017. Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 362–374.

Oral, M. 2020. Solar Energy Potential of Turkey and Evaluation of Pv 1 Applications in Local Scale :Case of Karabük Province. International Journal of Geography and Geography Education (IGGE), 482–503.

Orhun, M., Koca, Y. B., Hocaoğlu, F. O., ve Çınar, S. M. 2015. Farklı Yüzey Açılarındaki Işınım Şiddetlerinin Afyonkarahisar Bölgesi İçin Karşılaştırılması ve Güneş Panellerinden Elde Edilebilecek En Yüksek Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Uygun Açıların Tespiti. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(2), 1–5.

Özcanlı, M., Abulkadir, G., ve Akgün, B. 2021. Şanlıurfa ili'nde kurulu GES'lerin topoğrafik özellikler (yükselti, eğim, bakı) açısından uygunluk analizi. Turkish Geographical Review, 78, 127–144.

Rajkumar, B., Rout, K. C., and Kulkarni, P. S. 2022. Design and Performance Investigation of Proposed Grid-Tied Rooftop Solar PV System. 2022 2nd International Conference on Power Electronics and IoT Applications in Renewable Energy and Its Control, PARC 2022.

Roshana, A., Inbamani, A., Rithan, S. S., Krishnakumar, R., and Vishal, J. M. 2021. Design and Investigation of Grid Associated PV Framework Using PVSYST Software. 2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), 1–6.

Sarı, V., ve Özyiğit, F. Y. 2020a. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesinde Güneş Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi. Deu Muhendislik Fakultesi Fen ve Muhendislik, 22(65), 517–526.

Sarı, V., ve Özyiğit, F. Y. 2020b. Sivas İlinin Farklı İlçelerinde Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Santrallerinin Tasarımı ve Analizi. European Journal of Science and Technology, *20*, 425–437.

Satish, M., Santhosh, S., and Yadav, A. 2020. Simulation of a Dubai based 200 KW power plant using PVsyst Software. 2020 7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 824–827.

Sayem, M. S., and Hassan, M. K. 2021. Designing Grid Connected 1.124 MW Photo-

Voltaic System for Kuakata Coastal Area. 2021 Asian Conference on Innovation in Technology, ASIANCON 2021.

Taktak, F., ve Ili, M. 2018. Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme : Uşak Örneği Solar Power Plant (SPP) Development : An Example of Usak. Journal of Geomatics, 3(1), 1–21.

Tan, F., and Shojaei, S. 2019. Past to Present: Solar Chimney Power Technologies. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1), 220–235.

Tekkale, G. 2018. Türkiye'nin çeşitli illerinde yapılacak arazi tipi lisanssız güneş enerjisi santrali yatırımlarının teknik ve finansal analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Uwineza, L. 2018. Design simulation and evaluation of photovoltaic plant. MSc Thesis, Near East Univertisy, Nicosia.

Viduruwan, G., and Induranga, D. K. A. 2021. Validation of Meteonorm 8 for energy estimation of Solar Power Plants in Sri Lanka, Using PVsyst Software. 2021 3rd International Conference on Electrical Engineering (EECon), 1–6.

Waseem, N., George, A. S., Hameed, S., Yadav, A., Pillai, S. R., and Shukla, V. K. 2021. Simulation of a Dubai Based 100 KW Solar Plant on PVsyst. 2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions), ICRITO 2021.

Windarta, J., Handoko, S., Sukmadi, T., Nafadinanto, K., Muqtasida, S., and Halim, C. 2022. Design of a solar power plant system for micro, small, medium enterprise uses PVSyst 7.1 as a renewable energy alternative source in remote areas. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 969(1).

Yalçın, C., ve Yüce, M. 2020. Burdur'da Güneş Enerjisi Santrali (GES) Yatırımına Uygun Alanların CBS Yöntemiyle Tespiti. Geomatik, 5(48883), 36–46.

Yalılı, M. 2021. Lisanslı Fotovoltaik Güneş Enerji Santrali Yatırımının Finansal Analizi: Van İli Örneği. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(3), 1055–1074.

Yildizay, H. D., Aras, H., ve Yilmaz, V. 2014. Eskişehirde rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 5(1), 49–58.

Yıldırım, E., ve Aktacir, M. A. 2018. Investigation of azimuth and tilt angle effects on

building integrated photovoltaic systems. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33(2), 609–619.

Yıldırım, E., ve Aktacir, M. A. 2021. Çatı Üstü PV Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Şanlıurfa Örneği. DÜMF Mühendislik Dergisi, 12(1), 69–77.

Yıldız, Ö. F., Yılmaz, M., Çelik, A., ve İmik, E. 2020. Havalimanlarında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması. Journal of Aviation, 4(1), 162–174.

Zhang, Y., Xu, Z., and Ma, L. 2021. Solar greenhouse innovative structure. AIP Conference Proceedings, 2361.

EKLER

EK 1. Mühendislik Fakültesi Kurulumu için GES Raporu

EK 2. Fen Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Birinci Kısım

EK 3. Fen Fakültesi Kurulumu için GES Raporu İkinci Kısım

EK 4. Diş Hekimliği Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Birinci Kısım

EK 5. Diş Hekimliği Fakültesi Kurulumu için GES Raporu İkinci Kısım

EK 6. Diş Hekimliği Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Üçüncü Kısım

EK 7. Edebiyat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Birinci Kısım

EK 8. Edebiyat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu İkinci Kısım

EK 9. Edebiyat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu üçüncü Kısım

EK 10. İktisat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Birinci kısım

EK 11. İktisat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Ikinci kısım

EK 12. İktisat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Üçüncü kısım

EK 13. İktisat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Dördüncü kısım

EK 14. İktisat Fakültesi Kurulumu için GES Raporu Beşinci kısım

EK 1. Mühendislik Fakültesi için GES Raporu

Project: Engineering6
Variant: Engineering6

PVsyst V7.2.18
VC0, Simulation date:
17/09/22 23:38
with v7.2.18

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	76 units
Sizes	
Sheds spacing	6.00 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	33.3 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	13.2 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model	CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	304 units
Nominal (STC)	80.6 kWp
Modules	16 Strings x 19 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	72.3 kWp
U mpp	520 V
I mpp	139 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model	Sunny Tripower STP110-60-Core2
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	110 kWac
Number of inverters	8 * MPPT 8% 0.7 unit
Total power	73.3 kWac
Operating voltage	200-800 V
Pnom ratio (DC:AC)	1.10

Total PV power

Nominal (STC)	81 kWp
Total	304 modules
Module area	498 m²
Cell area	444 m²

Total inverter power

Total power	73.3 kWac
Nb. of inverters	1 unit
	0.3 unused
Pnom ratio	1.10

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance

Uc (const)	20.0 W/m²K
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.	63 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

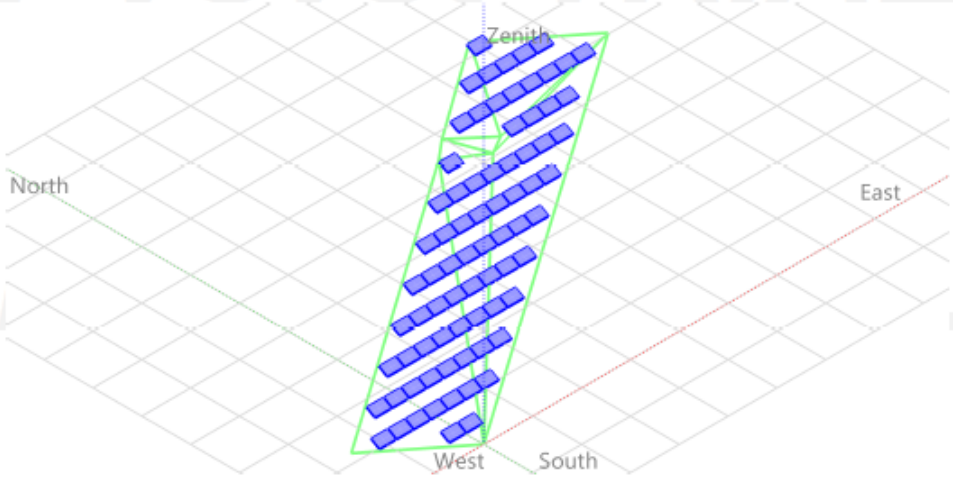
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

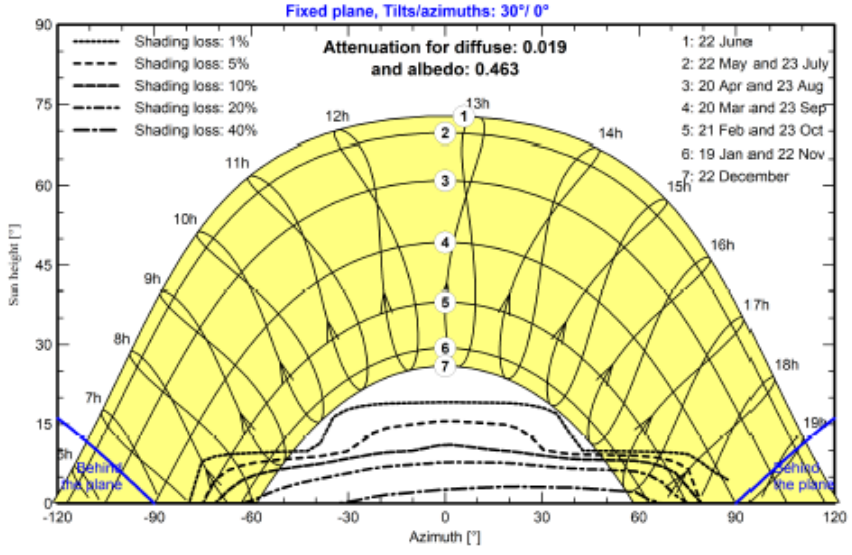
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



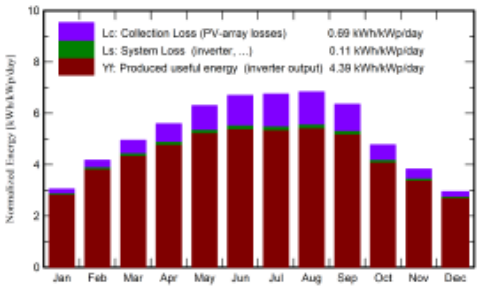
PVsyst TRIAL

Main results

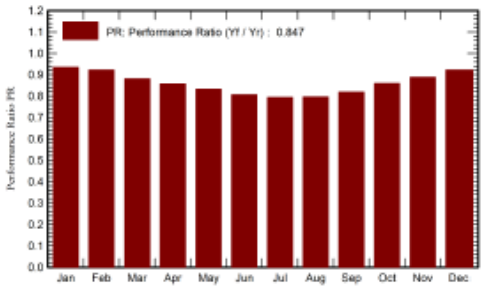
System Production

Produced Energy	129.1 MWh/year	Specific production	1603 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	84.66 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.68	-0.82	94.5	92.3	7.26	7.11	0.934
February	80.5	34.32	1.32	116.6	113.8	8.83	8.66	0.922
March	122.7	46.90	5.84	153.4	149.5	11.14	10.89	0.881
April	155.4	65.92	10.73	167.8	162.7	11.87	11.59	0.858
May	195.6	72.83	15.71	195.0	189.0	13.43	13.09	0.833
June	212.9	59.94	19.89	201.0	194.8	13.42	13.06	0.806
July	216.9	68.32	24.01	209.2	202.9	13.75	13.38	0.794
August	199.6	65.88	24.23	211.7	205.6	13.95	13.57	0.796
September	157.7	45.00	18.69	190.5	185.7	12.89	12.56	0.818
October	106.3	39.47	12.57	147.8	144.4	10.49	10.24	0.860
November	69.1	21.88	5.90	114.7	112.1	8.40	8.21	0.889
December	53.5	24.47	0.83	91.5	88.9	6.94	6.79	0.922
Year	1628.2	570.59	11.64	1893.6	1841.8	132.36	129.15	0.847

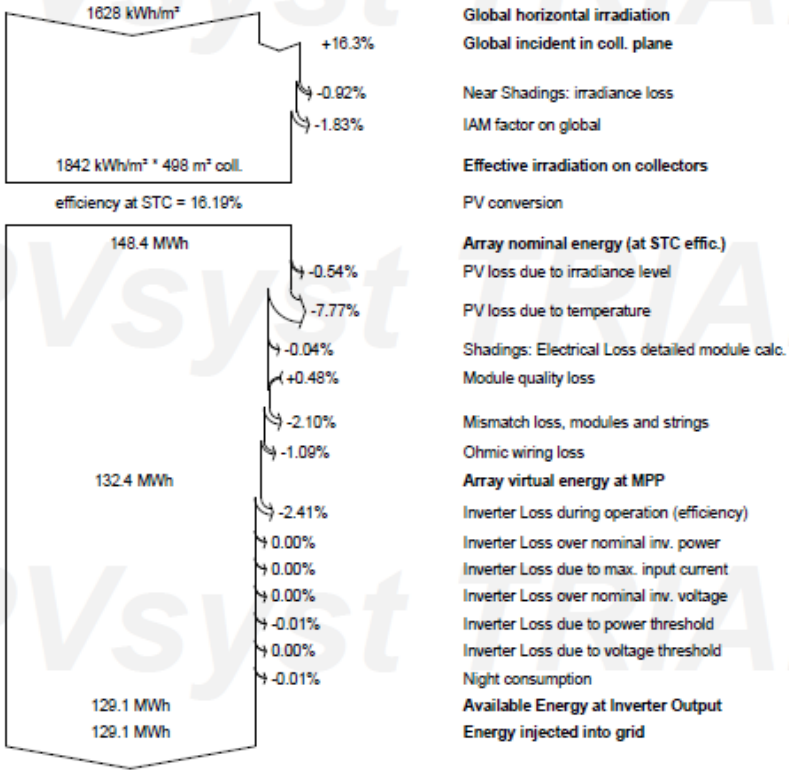
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst V7.2.18
VC0, Simulation date:
17/09/22 23:38
with v7.2.18

PVsyst TRIAL

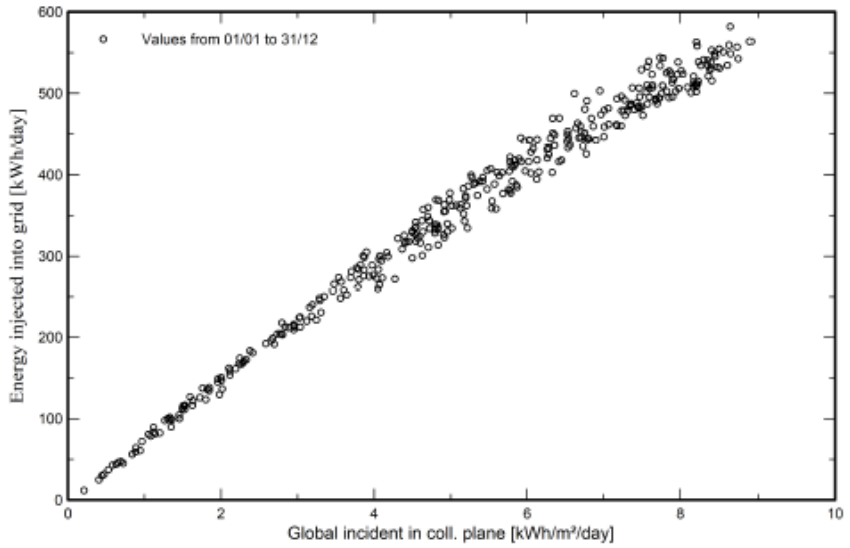
Loss diagram



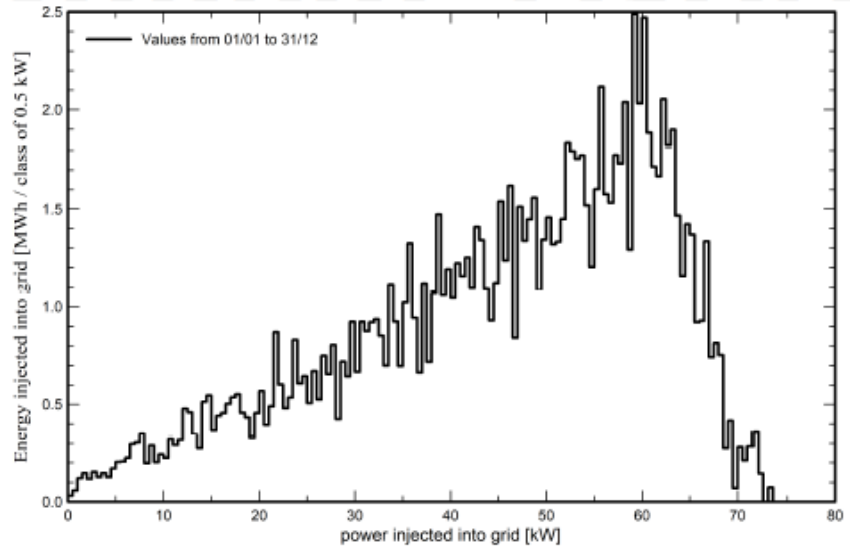
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 2. Fen Fakültesi için GES Raporu Birinci Kısım

Project: fenk1

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 06:14
with v7.2.21

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation
Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 30 / 0 °

Sheds configuration
Nb. of sheds 49 units
Sizes
Sheds spacing 6.00 m
Collector width 2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 33.3 %
Shading limit angle
Limit profile angle 13.2 °

Models used
Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module
Manufacturer Generic
Model CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 265 Wp
Number of PV modules 196 units
Nominal (STC) 51.9 kWp
Modules 14 Strings x 14 In series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 46.6 kWp
U mpp 383 V
I mpp 122 A

Inverter
Manufacturer Generic
Model Sunny Central 60 LV
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 60.0 kWac
Number of inverters 1 unit
Total power 60.0 kWac
Operating voltage 300-600 V
Pnom ratio (DC:AC) 0.87

Total PV power
Nominal (STC) 52 kWp
Total 196 modules
Module area 321 m²
Cell area 286 m²

Total inverter power
Total power 60 kWac
Number of inverters 1 unit
Pnom ratio 0.87

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 53 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

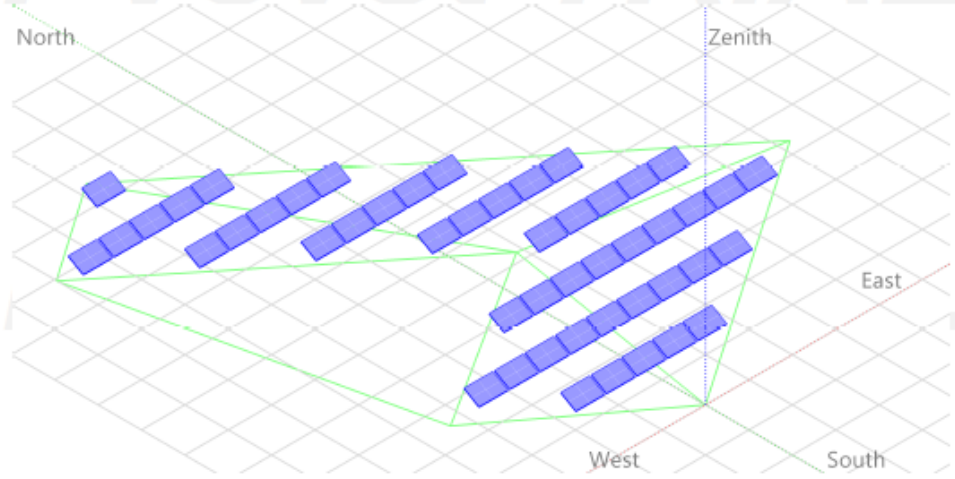
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

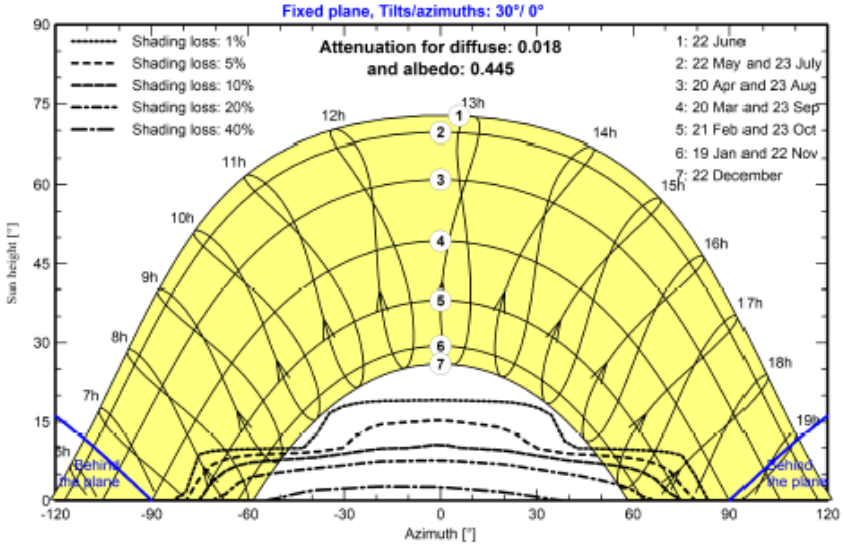
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



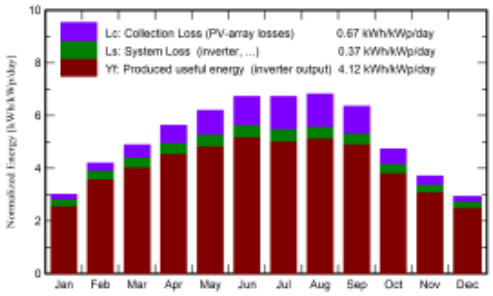
PVsyst TRIAL

Main results

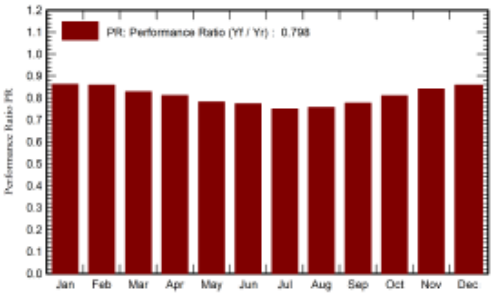
System Production

Produced Energy	78.10 MWh/year	Specific production	1504 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	79.84 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

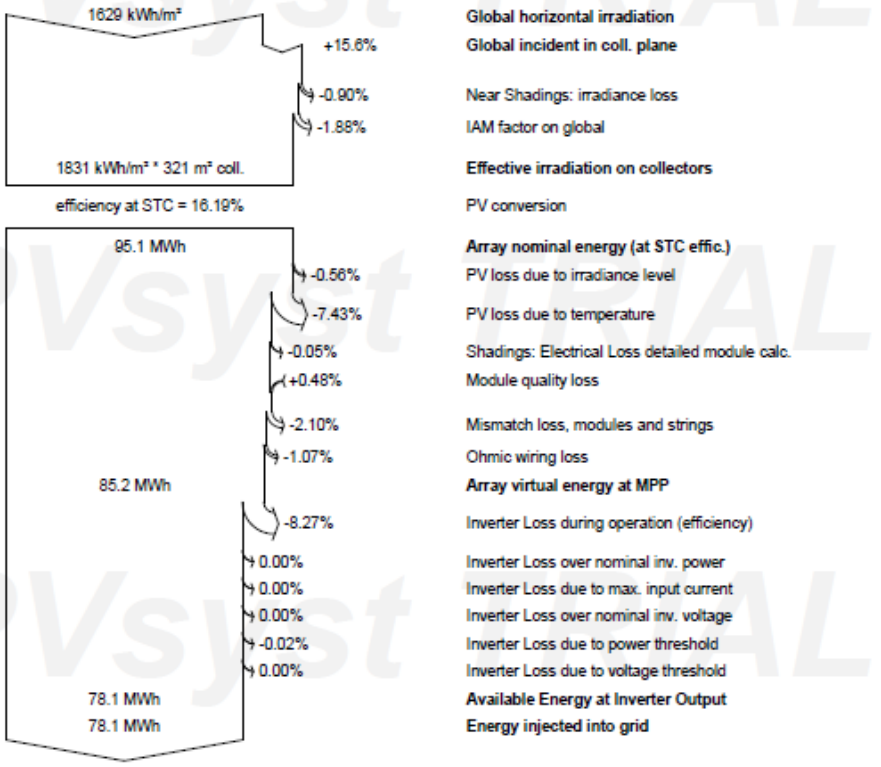
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	24.69	-0.36	92.9	90.8	4.576	4.159	0.862
February	80.6	33.17	1.80	117.5	114.7	5.713	5.237	0.858
March	122.7	48.91	6.07	151.6	147.6	7.124	6.523	0.829
April	155.4	71.21	10.75	169.0	163.9	7.761	7.116	0.811
May	195.5	76.38	15.53	192.2	186.1	8.527	7.811	0.783
June	213.1	75.74	19.52	201.6	195.3	8.819	8.095	0.773
July	217.2	65.33	23.35	208.4	202.1	8.853	8.117	0.750
August	199.9	67.01	23.56	211.2	205.1	9.003	8.295	0.756
September	157.6	45.72	18.38	190.5	185.7	8.324	7.683	0.776
October	106.2	39.68	12.54	146.8	143.4	6.725	6.174	0.810
November	69.1	28.00	6.11	111.1	108.4	5.285	4.846	0.840
December	53.5	25.33	1.33	90.7	88.3	4.446	4.045	0.859
Year	1629.0	601.15	11.60	1883.4	1831.4	85.157	78.101	0.798

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst TRIAL

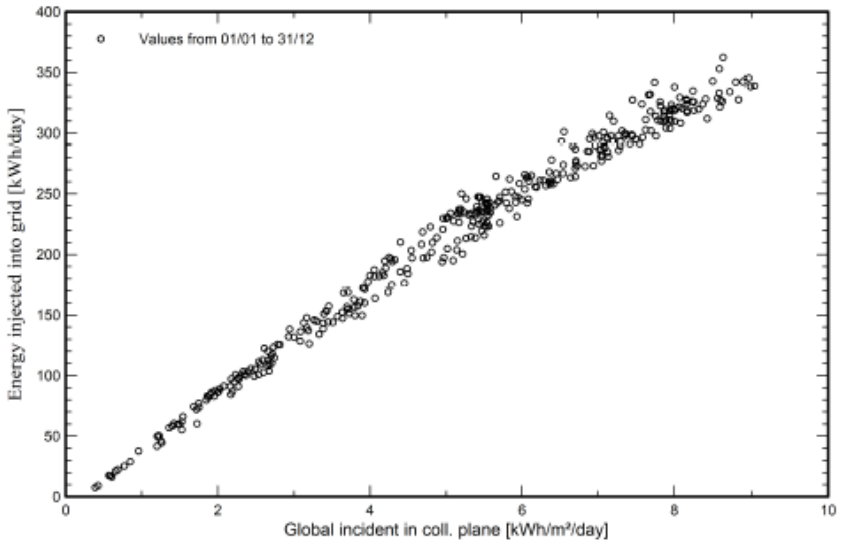
Loss diagram



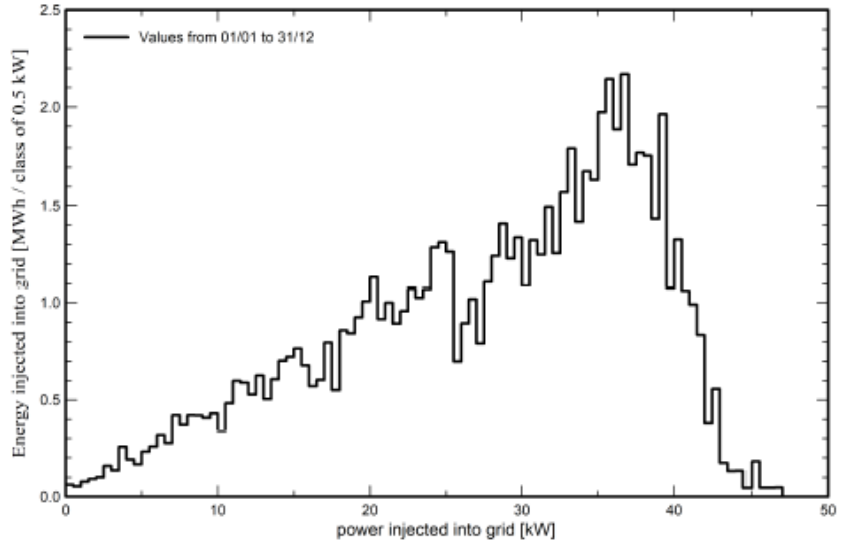
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 3. Fen Fakültesi için GES Raporu İkinci Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 05:18
with v7.2.21

Project: New Project
Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System — **Sheds on ground**

PV Field Orientation
Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 30 / 0 °

Sheds configuration
Nb. of sheds 44 units
Sizes
Sheds spacing 6.00 m
Collector width 0.99 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 16.5 %
Shading limit angle
Limit profile angle 5.5 °

Models used
Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module
Manufacturer Generic
Model CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 265 Wp
Number of PV modules 88 units
Nominal (STC) 23.32 kWp
Modules 4 Strings x 22 In series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 20.92 kWp
U mpp 602 V
I mpp 35 A

Inverter
Manufacturer Generic
Model Sunny Tripower 25000TL-JP-30
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 25.0 kWac
Number of inverters 2 * MPPT 50% 1 unit
Total power 25.0 kWac
Operating voltage 390-800 V
Pnom ratio (DC:AC) 0.93

Total PV power
Nominal (STC) 23 kWp
Total 88 modules
Module area 144 m²
Cell area 129 m²

Total inverter power
Total power 25 kWac
Number of inverters 1 unit
Pnom ratio 0.93

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 291 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

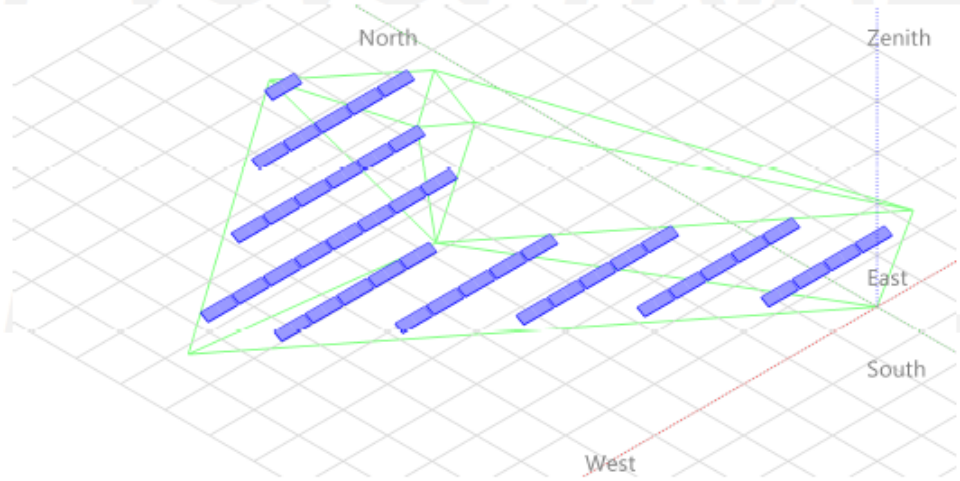
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

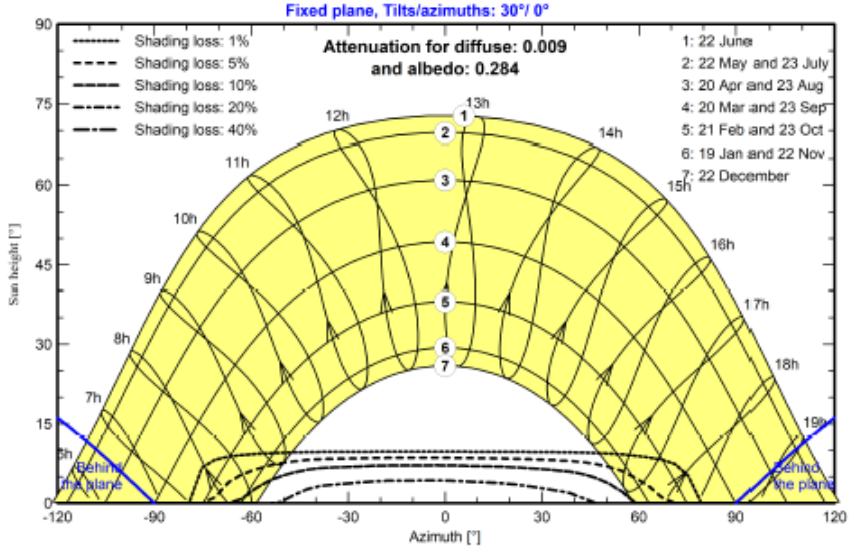
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



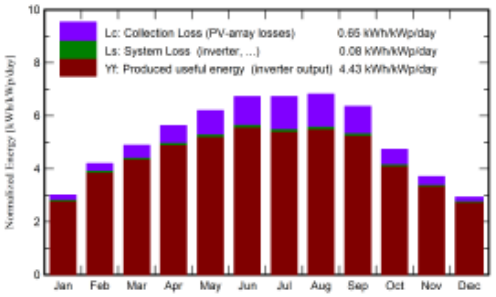
PVsyst TRIAL

Main results

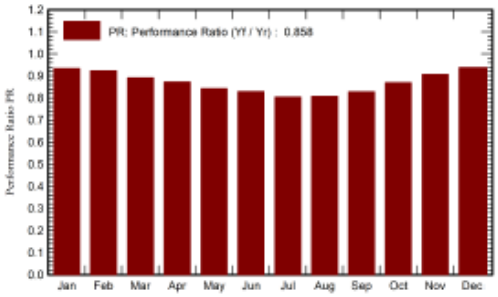
System Production

Produced Energy	37.70 MWh/year	Specific production	1617 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	85.83 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	24.69	-0.36	92.9	91.1	2.061	2.023	0.934
February	80.6	33.17	1.80	117.5	115.1	2.574	2.530	0.923
March	122.7	48.91	6.07	151.6	148.1	3.210	3.153	0.892
April	155.4	71.21	10.75	169.0	164.6	3.498	3.438	0.872
May	195.5	76.38	15.53	192.2	186.9	3.844	3.774	0.842
June	213.1	75.74	19.52	201.6	196.1	3.974	3.902	0.830
July	217.2	65.33	23.35	208.4	202.9	3.988	3.912	0.805
August	199.9	67.01	23.56	211.2	205.8	4.055	3.979	0.808
September	157.6	45.72	18.38	190.5	186.2	3.748	3.679	0.828
October	106.2	39.68	12.54	146.8	143.8	3.029	2.976	0.869
November	69.1	28.00	6.11	111.1	108.8	2.388	2.348	0.907
December	53.5	25.33	1.33	90.7	88.8	2.021	1.985	0.939
Year	1629.0	601.15	11.60	1883.4	1838.3	38.391	37.699	0.858

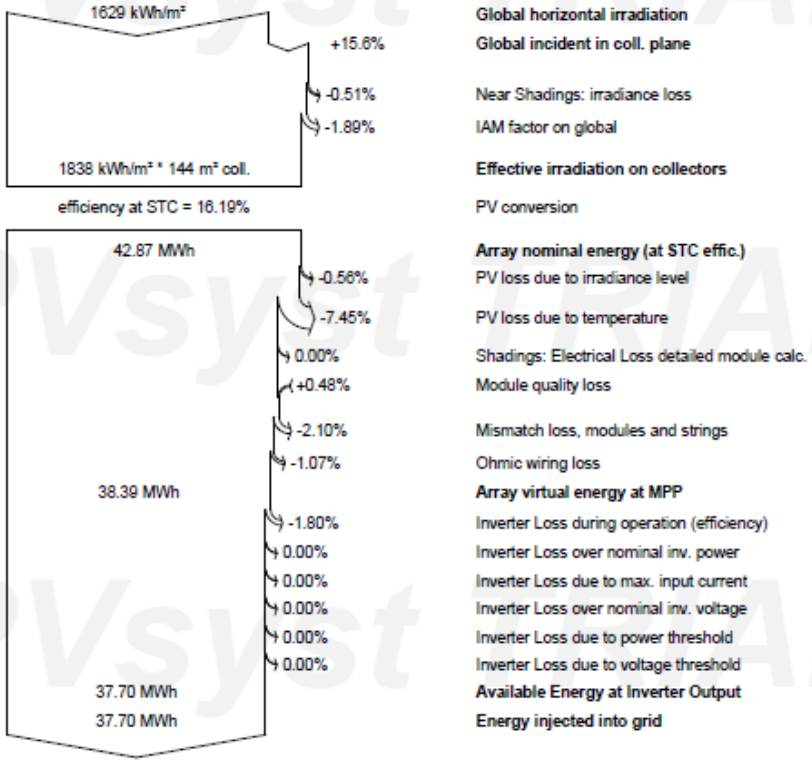
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 05:18
with v7.2.21

PVsyst TRIAL

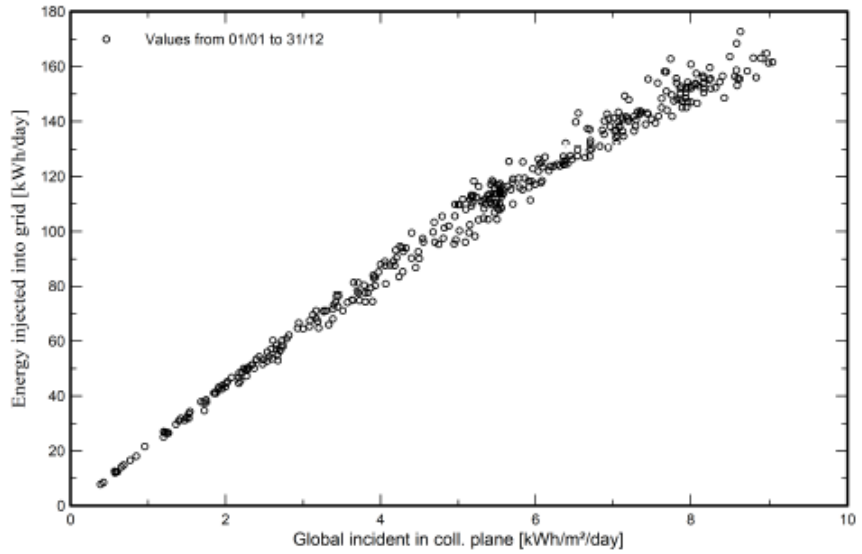
Loss diagram



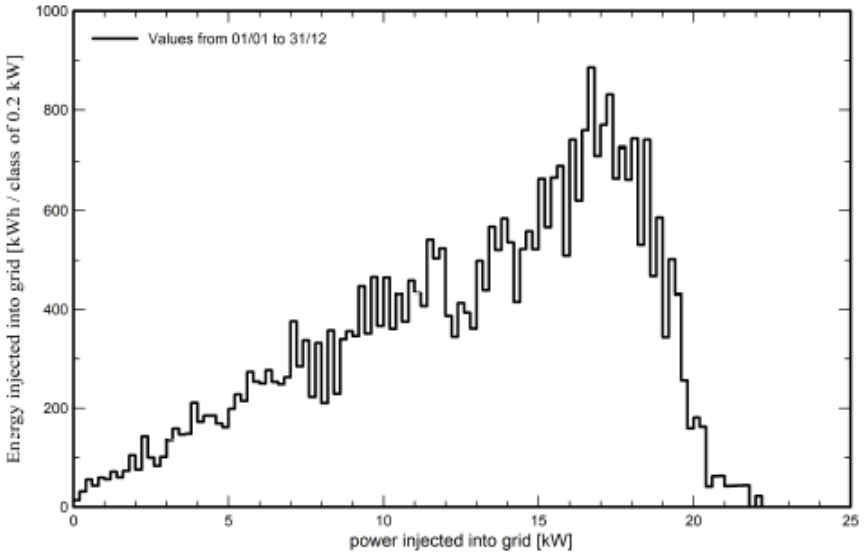
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 4. Diş Hekimliği Fakültesi için GES Raporu Birinci Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 09:19
with v7.2.21

Project: Dis H K1

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System — **Sheds on ground**

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	36 units
Sizes	
Sheds spacing	6.00 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	33.4 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	13.2 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	CS6K - 265P 1500V
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	144 units
Nominal (STC)	38.2 kWp
Modules	12 Strings x 12 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	34.2 kWp
U mpp	328 V
I mpp	104 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	Sunny Central 60 LV
Unit Nom. Power	60.0 kWac
Number of inverters	1 unit
Total power	60.0 kWac
Operating voltage	300-600 V
Pnom ratio (DC:AC)	0.64

Total PV power

Nominal (STC)	38 kWp
Total	144 modules
Module area	236 m²
Cell area	210 m²

Total inverter power

Total power	60 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	0.64

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 53 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

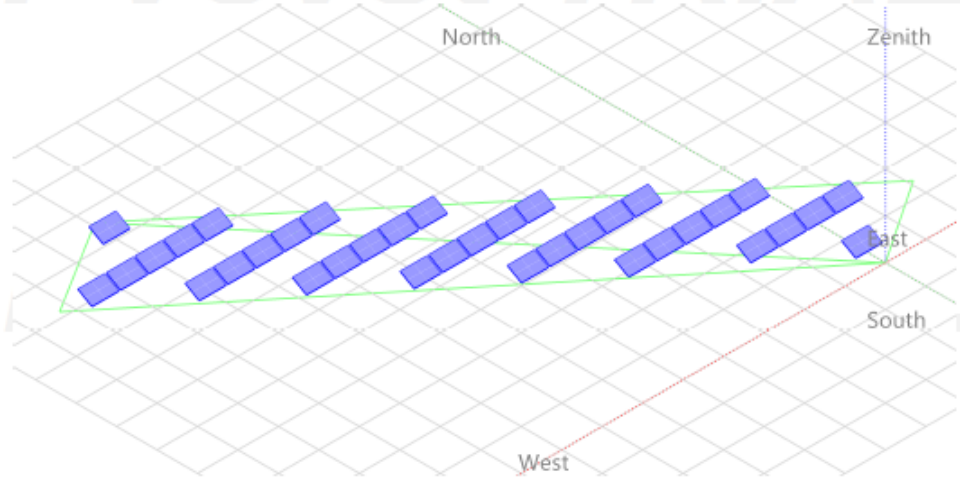
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

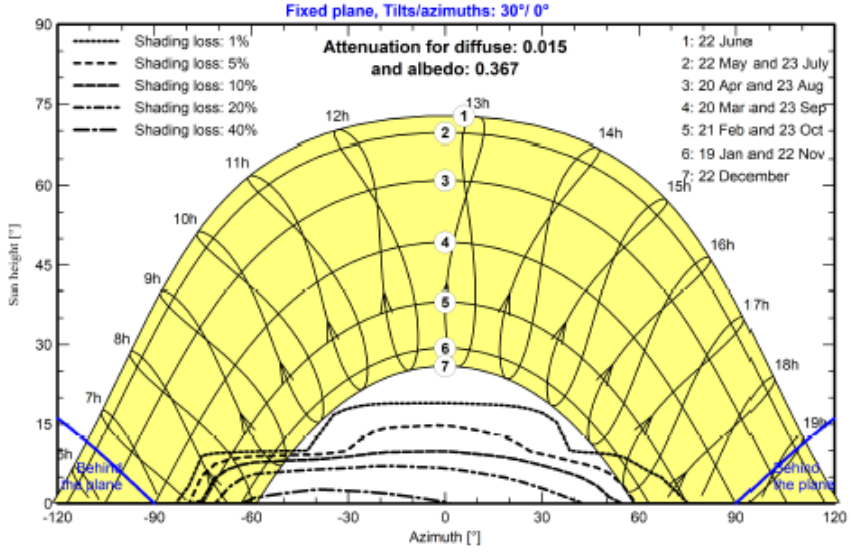
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



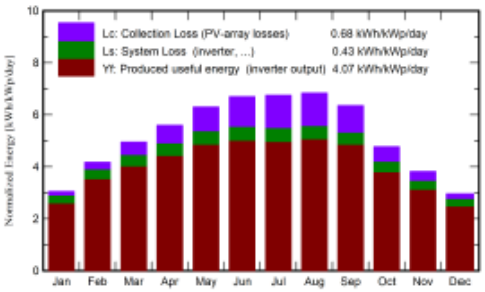
PVsyst TRIAL

Main results

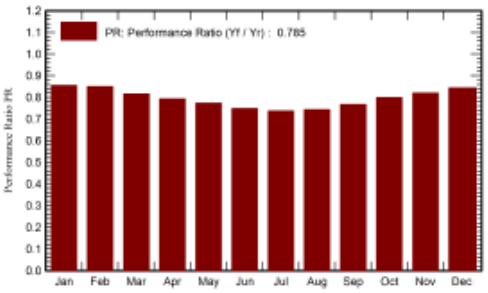
System Production

Produced Energy	56.72 MWh/year	Specific production	1486 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	78.49 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.59	-0.82	94.5	92.5	3.444	3.084	0.855
February	80.5	34.32	1.32	116.6	114.0	4.188	3.780	0.850
March	122.7	46.90	5.84	153.4	149.8	5.287	4.775	0.816
April	155.4	65.93	10.74	167.8	163.0	5.635	5.077	0.793
May	195.6	72.76	15.72	195.0	189.3	6.369	5.756	0.774
June	212.9	59.92	19.92	201.0	195.2	6.359	5.744	0.749
July	216.9	68.32	24.06	209.2	203.3	6.508	5.884	0.737
August	199.6	65.87	24.17	211.8	206.0	6.605	6.006	0.743
September	157.7	45.00	18.71	190.5	186.0	6.107	5.574	0.767
October	106.3	39.47	12.47	147.8	144.6	4.980	4.507	0.799
November	69.1	21.89	5.91	114.6	112.2	3.978	3.586	0.820
December	53.5	24.44	0.83	91.5	89.3	3.299	2.946	0.844
Year	1628.2	570.40	11.63	1893.7	1845.3	62.760	56.721	0.785

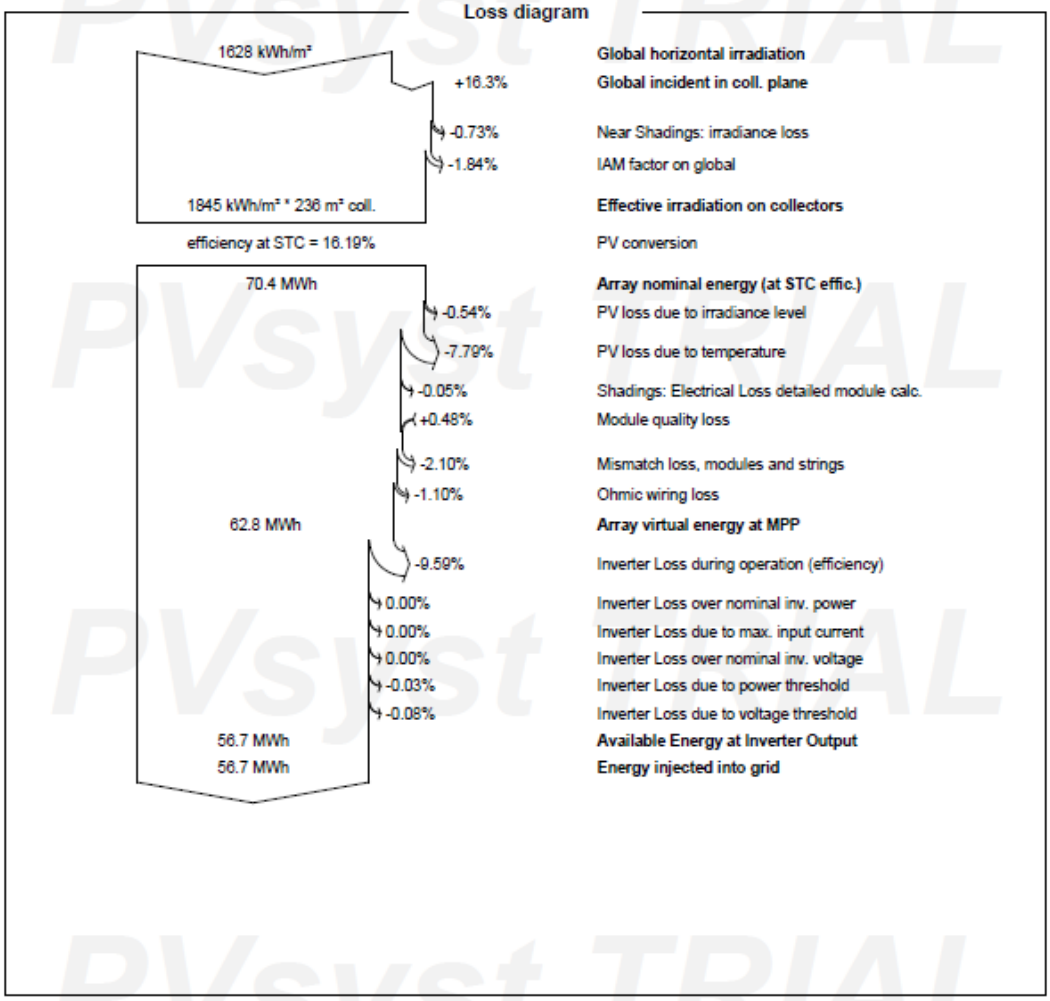
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 09:19
with v7.2.21

PVsyst TRIAL

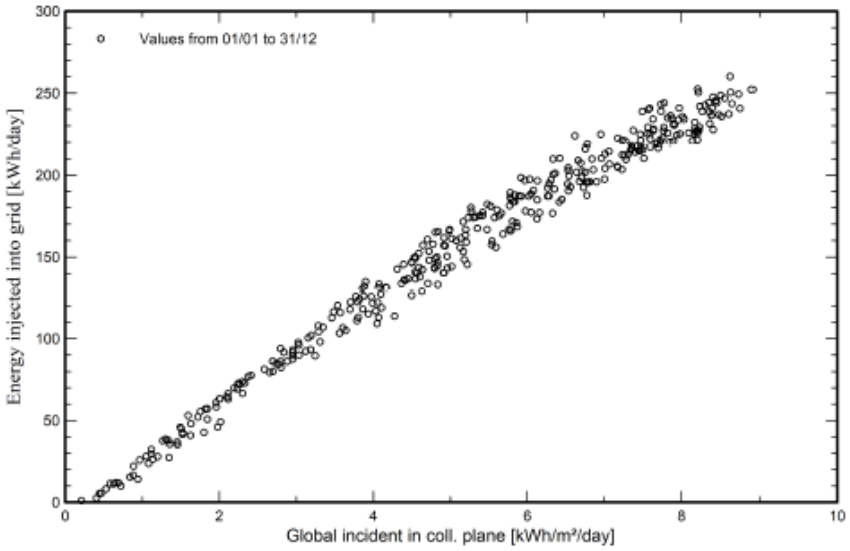
Loss diagram



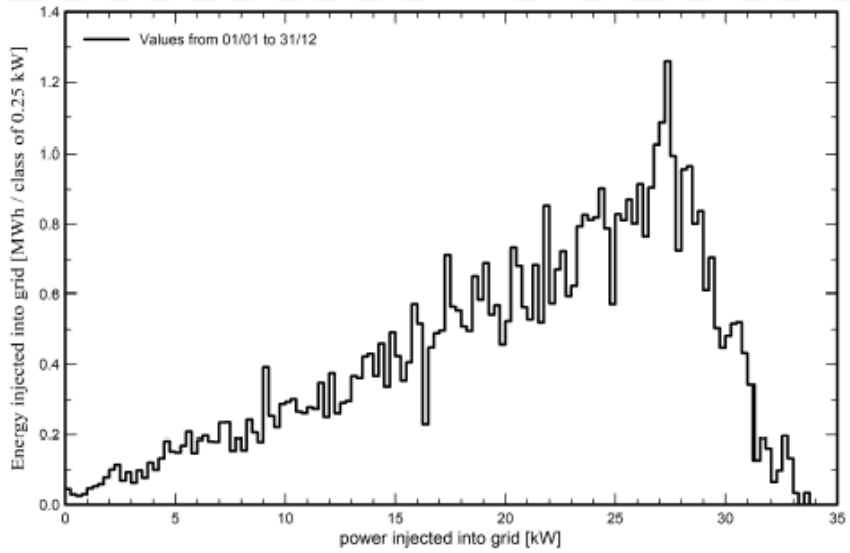
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 5. Diş Hekimliği Fakültesi için GES Raporu İkinci Kısım

Project: New Project

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 10:40
with v7.2.21

General parameters

Grid-Connected System — **Sheds on ground**

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	28 units
Sizes	
Sheds spacing	6.30 m
Collector width	0.99 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	15.7 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	5.2 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model	CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	56 units
Nominal (STC)	14.84 kWp
Modules	4 Strings x 14 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	13.31 kWp
U mpp	383 V
I mpp	35 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model	Sunny Boy SB 11000TLUS-12 - 240V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	11.0 kWac
Number of inverters	2 units
Total power	22.0 kWac
Operating voltage	345-480 V
Pnom ratio (DC:AC)	0.67

Total PV power

Nominal (STC)	15 kWp
Total	56 modules
Module area	91.7 m²
Cell area	81.8 m²

Total inverter power

Total power	22 kWac
Number of inverters	2 units
Pnom ratio	0.67

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance	
Uc (const)	20.0 W/m²K
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.	185 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction	-0.5 %

Module mismatch losses

Loss Fraction	2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction	0.1 %

IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

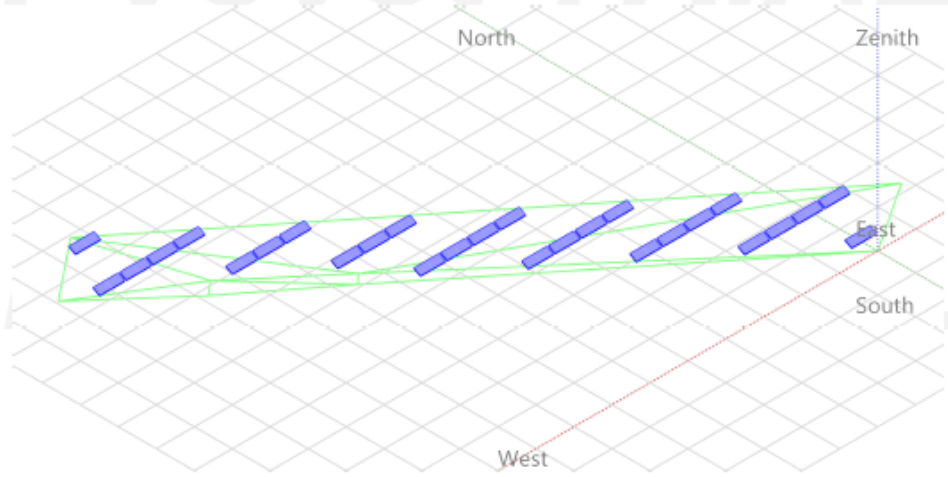
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

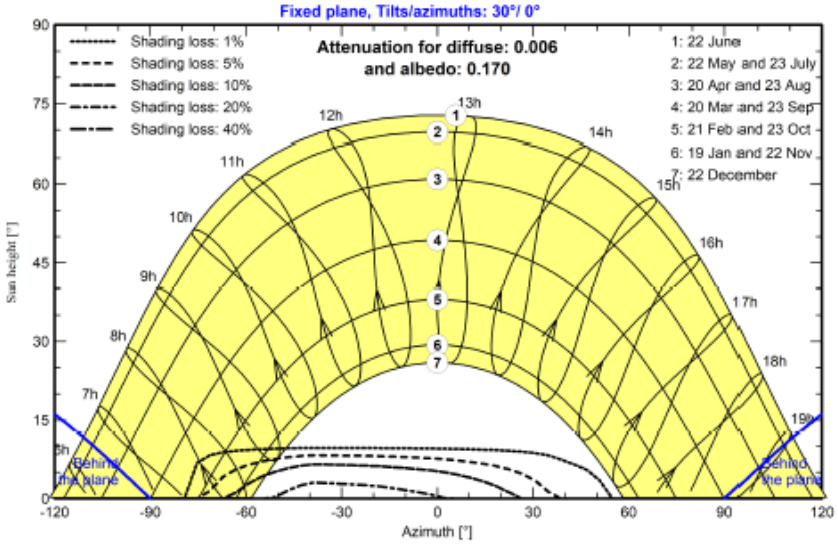
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



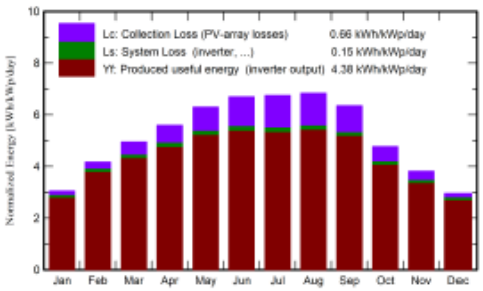
PVsyst TRIAL

Main results

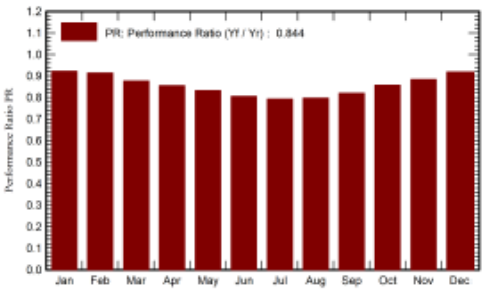
System Production

Produced Energy	23.73 MWh/year	Specific production	1599 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	84.44 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.59	-0.82	94.5	92.8	1.344	1.294	0.922
February	80.5	34.32	1.32	116.6	114.4	1.635	1.582	0.914
March	122.7	46.90	5.84	153.4	150.4	2.064	1.997	0.877
April	155.4	65.93	10.74	167.8	163.8	2.201	2.129	0.855
May	195.6	72.76	15.72	195.0	190.2	2.488	2.408	0.832
June	212.9	59.92	19.92	201.0	196.1	2.485	2.405	0.806
July	216.9	68.32	24.06	209.2	204.2	2.544	2.463	0.793
August	199.6	65.87	24.17	211.8	206.8	2.581	2.503	0.797
September	157.7	45.00	18.71	190.5	186.7	2.384	2.317	0.820
October	106.3	39.47	12.47	147.8	145.2	1.943	1.881	0.857
November	69.1	21.89	5.91	114.6	112.7	1.556	1.505	0.884
December	53.5	24.44	0.83	91.5	89.8	1.297	1.248	0.919
Year	1628.2	570.40	11.63	1893.7	1853.0	24.522	23.730	0.844

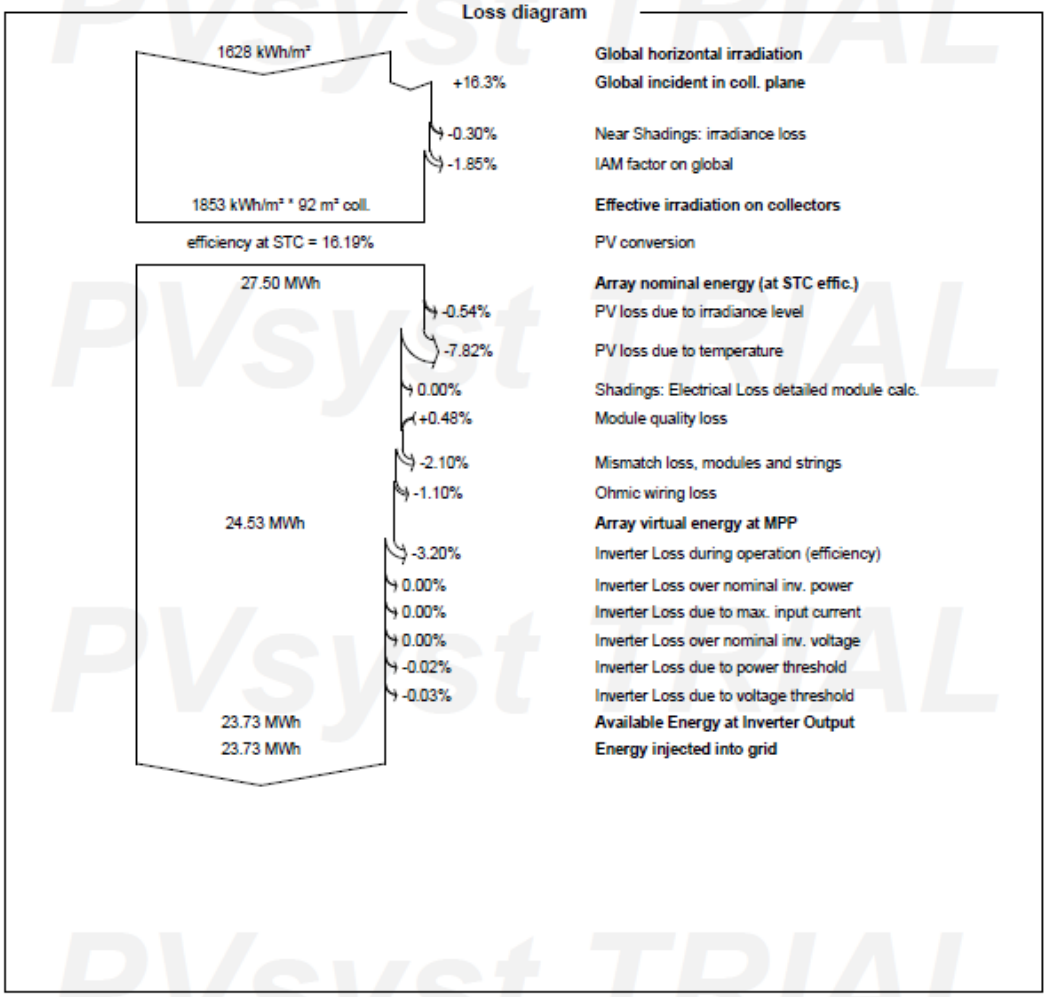
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 10:40
with v7.2.21

PVsyst TRIAL

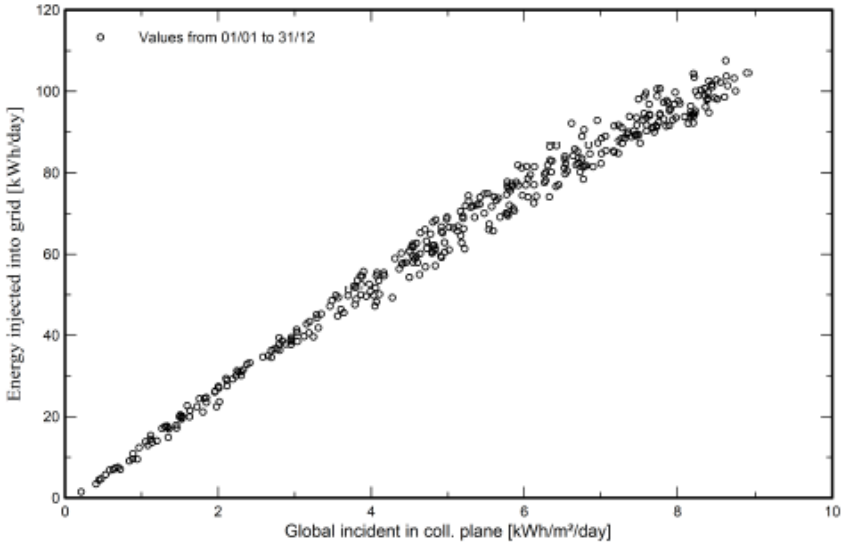
Loss diagram



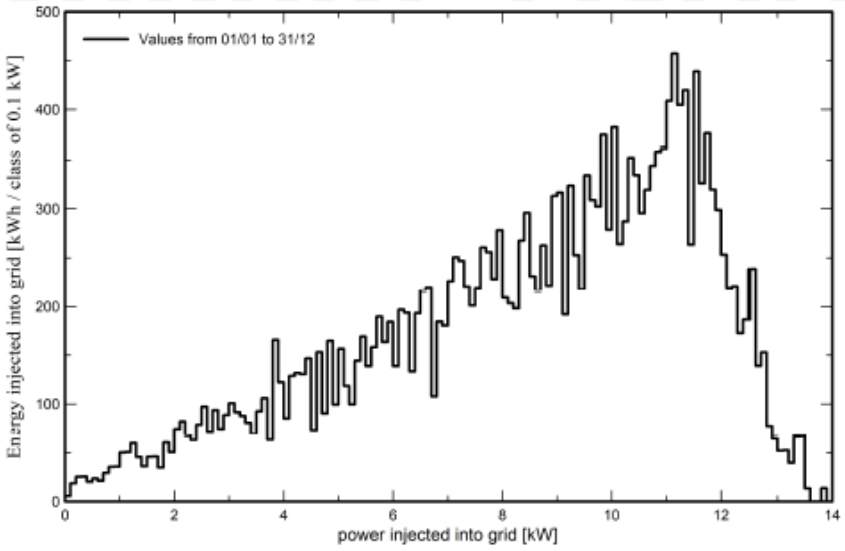
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 6. Diş Hekimliği Fakültesi için GES Raporu Üçüncü Kısım



PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 11:12
with v7.2.21

Project: DisH k3

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration

Nb. of sheds	35 units

Sizes

Sheds spacing	6.00 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	33.3 %

Shading limit angle

Limit profile angle	13.2 °

Models used

Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model	CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	140 units
Nominal (STC)	37.1 kWp
Modules	10 Strings x 14 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	33.3 kWp
U mpp	383 V
I mpp	87 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model	Sunny Central 60 LV
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	60.0 kWac
Number of inverters	1 unit
Total power	60.0 kWac
Operating voltage	300-600 V
Pnom ratio (DC:AC)	0.62

Total PV power

Nominal (STC)	37 kWp
Total	140 modules
Module area	229 m²
Cell area	204 m²

Total inverter power

Total power	60 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	0.62

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance

Uc (const)	20.0 W/m²K
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.	74 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction	-0.5 %

Module mismatch losses

Loss Fraction	2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction	0.1 %

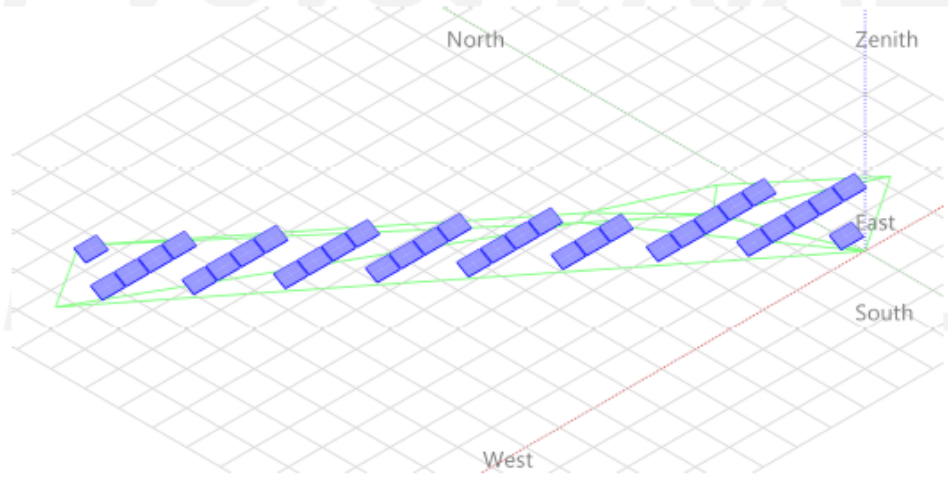
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

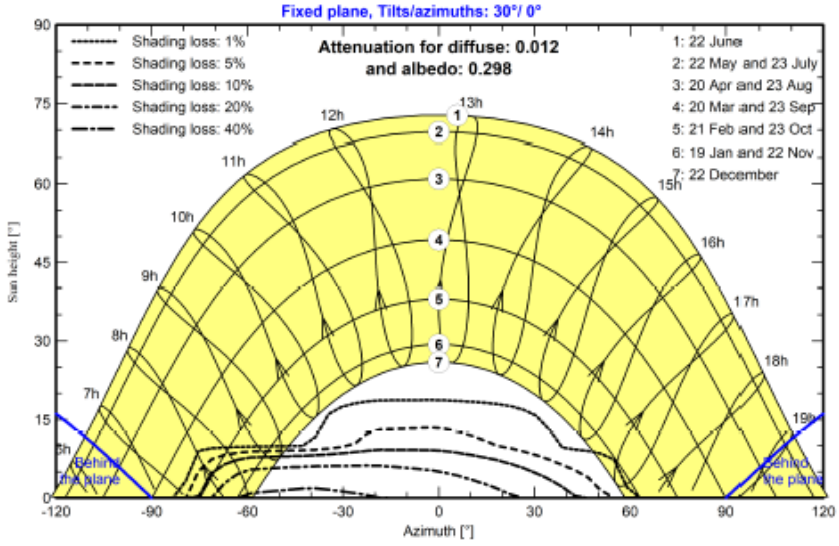
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30° / 0°



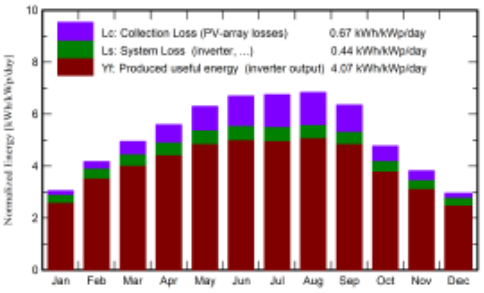
PVsyst TRIAL

Main results

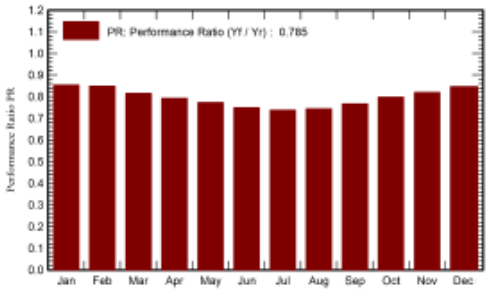
System Production

Produced Energy	55.16 MWh/year	Specific production	1487 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	78.52 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



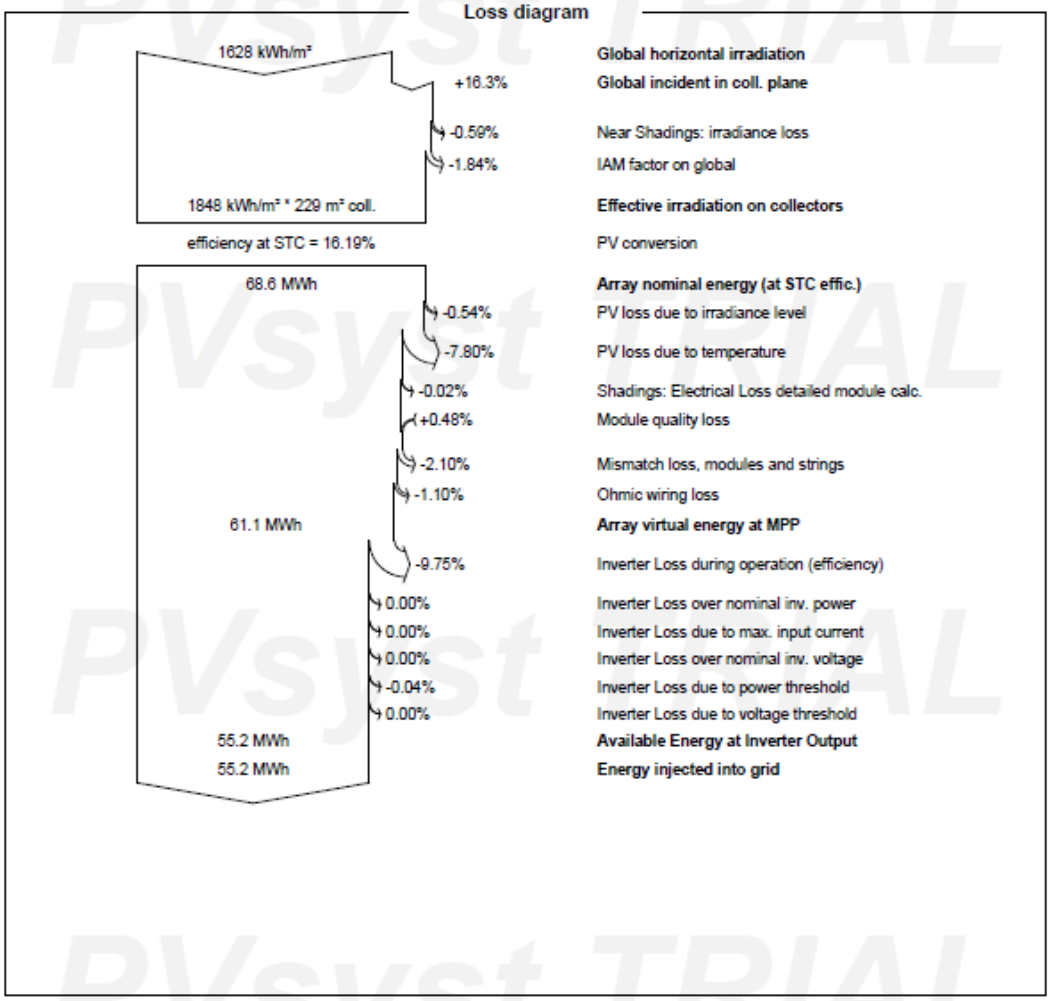
Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.59	-0.82	94.5	92.6	3.351	2.995	0.854
February	80.5	34.30	1.32	116.6	114.1	4.077	3.672	0.849
March	122.7	46.90	5.84	153.4	150.0	5.146	4.640	0.815
April	155.4	65.93	10.74	167.8	163.3	5.487	4.934	0.793
May	195.6	72.76	15.72	195.0	189.6	6.202	5.594	0.773
June	212.9	59.92	19.92	201.0	195.5	6.197	5.588	0.749
July	216.9	68.32	24.06	209.2	203.6	6.350	5.732	0.738
August	199.6	65.87	24.17	211.8	206.3	6.444	5.851	0.745
September	157.7	45.00	18.71	190.5	186.2	5.949	5.421	0.767
October	106.3	39.47	12.47	147.8	144.8	4.847	4.378	0.798
November	69.1	21.89	5.91	114.6	112.4	3.874	3.486	0.819
December	53.5	24.44	0.83	91.5	89.5	3.223	2.873	0.846
Year	1628.2	570.39	11.63	1893.7	1847.8	61.147	55.164	0.785

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Loss diagram

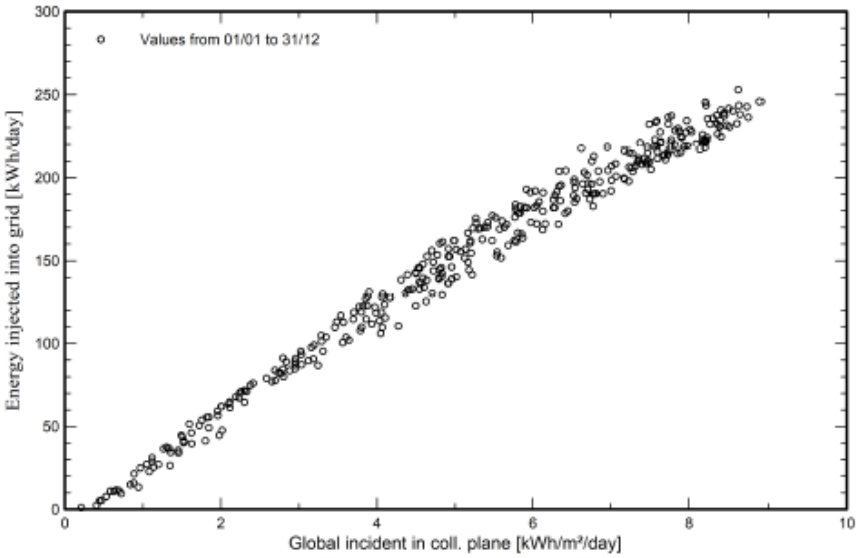


PVsyst TRIAL

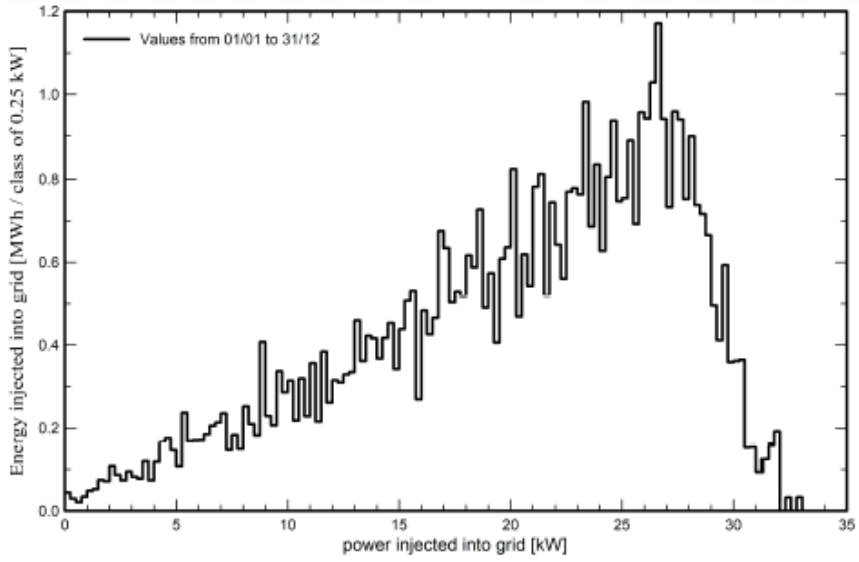
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 7. Edebiyat Fakültesi için GES Raporu Birinci Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 17:01
with v7.2.21

Project: Edebiyatk1

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation

Orientation		Sheds configuration		Models used	
Fixed plane		Nb. of sheds	45 units	Transposition	Perez
Tilt/Azimuth	30 / 0 °	**Sizes**		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Sheds spacing	6.00 m	Circumsolar	separate
		Collector width	2.00 m		
		Ground Cov. Ratio (GCR)	33.3 %		
		Shading limit angle			
		Limit profile angle	13.2 °		

Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	Detailed electrical calculation acc. to module layout	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	CS6K - 265P 1500V	Model (Original PVsyst database)	Sunny Central 60
Unit Nom. Power	265 Wp	Unit Nom. Power	60.0 kWac
Number of PV modules	180 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	47.7 kWp	Total power	60.0 kWac
Modules	10 Strings x 18 In series	Operating voltage	450-800 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	0.80
Pmpp	42.8 kWp		
U mpp	492 V		
I mpp	87 A		

Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	48 kWp	Total power	60 kWac
Total	180 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	295 m²	Pnom ratio	0.80
Cell area	263 m²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	95 mΩ	Loss Fraction	-0.5 %
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC		
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s				

Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %

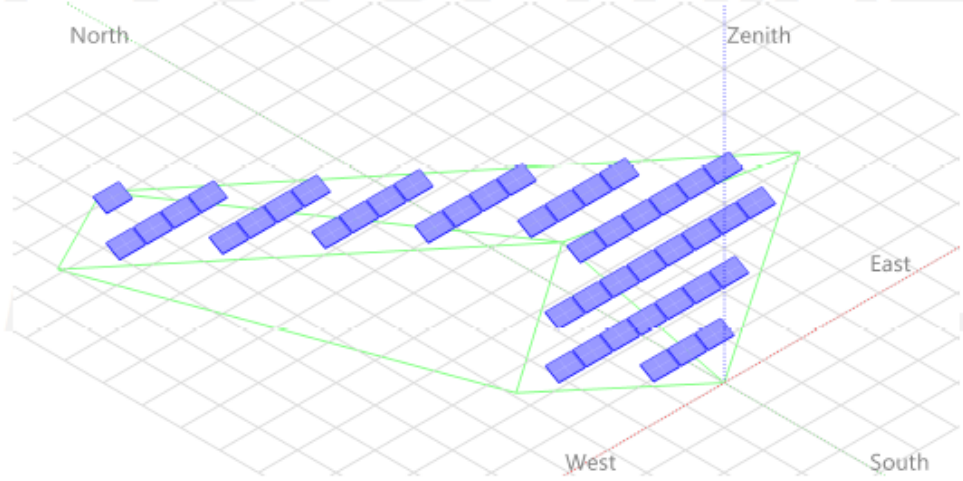
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

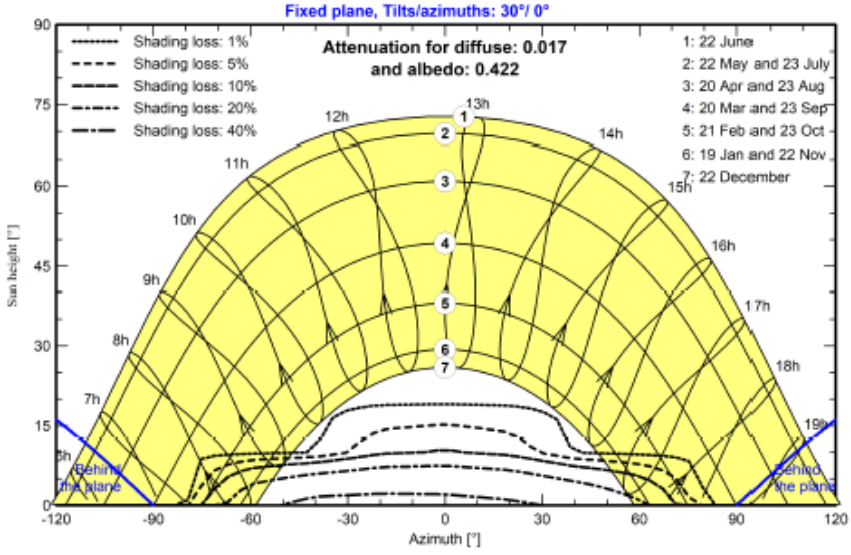
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°

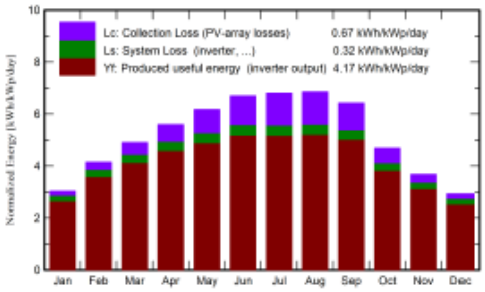


Main results

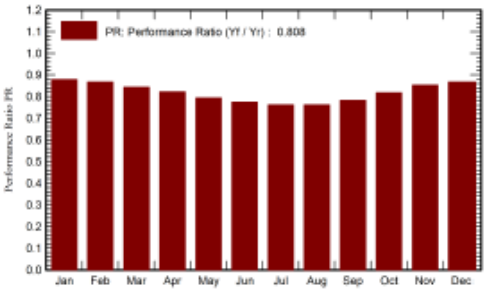
System Production

Produced Energy	72.56 MWh/year	Specific production	1521 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	80.77 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.35	-0.33	93.8	91.8	4.258	3.934	0.879
February	80.6	33.50	1.64	116.0	113.3	5.175	4.801	0.867
March	122.7	55.14	5.99	151.9	148.0	6.589	6.115	0.844
April	155.5	67.64	10.56	167.8	162.8	7.087	6.573	0.821
May	195.6	75.88	15.37	191.3	185.3	7.809	7.241	0.794
June	212.7	64.64	19.41	200.9	194.8	8.003	7.423	0.775
July	217.1	76.24	23.41	210.6	204.4	8.244	7.655	0.762
August	200.1	60.76	23.52	212.4	206.5	8.297	7.717	0.762
September	157.7	43.72	18.35	192.5	187.9	7.726	7.196	0.784
October	106.4	42.05	12.35	145.2	141.7	6.102	5.664	0.818
November	69.1	30.64	5.93	110.2	107.5	4.836	4.485	0.853
December	53.6	25.16	1.28	90.9	88.5	4.073	3.760	0.867
Year	1629.2	600.72	11.52	1883.5	1832.4	78.199	72.565	0.808

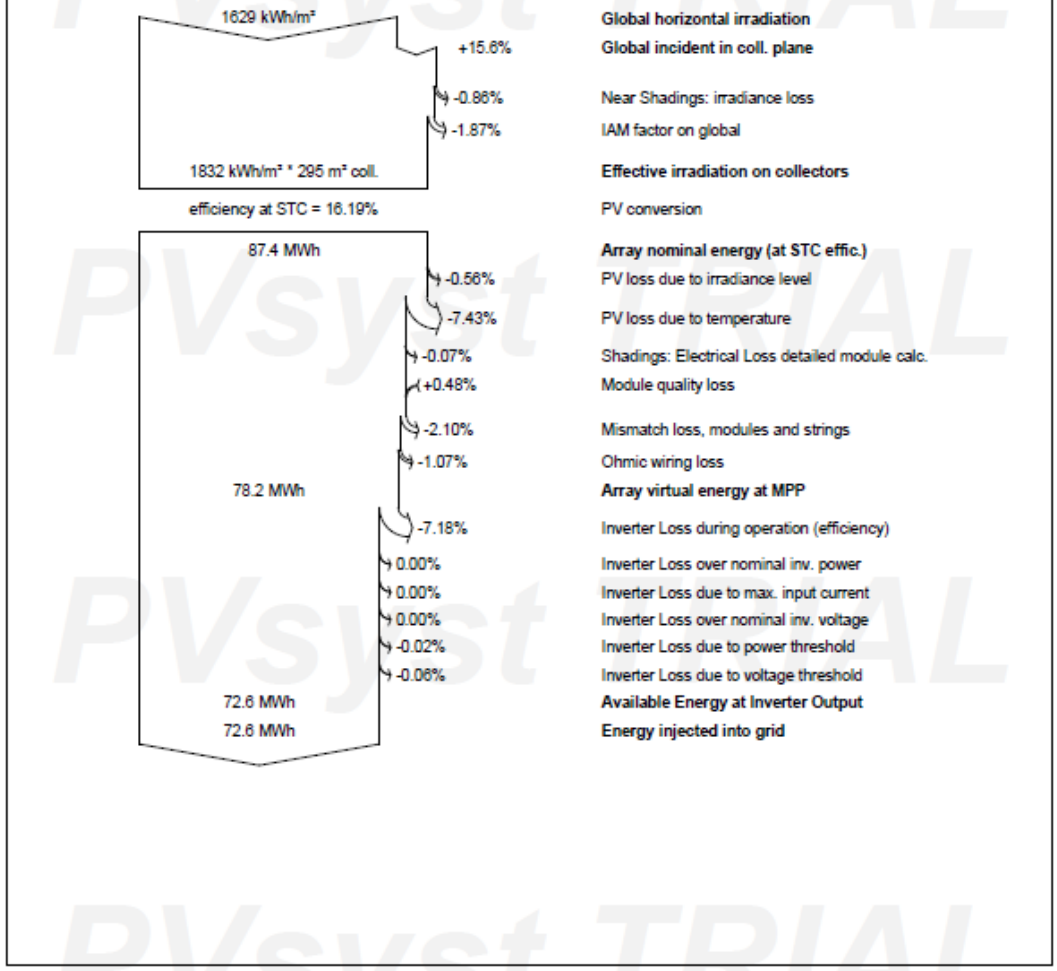
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst TRIAL

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 17:01
with v7.2.21

Loss diagram

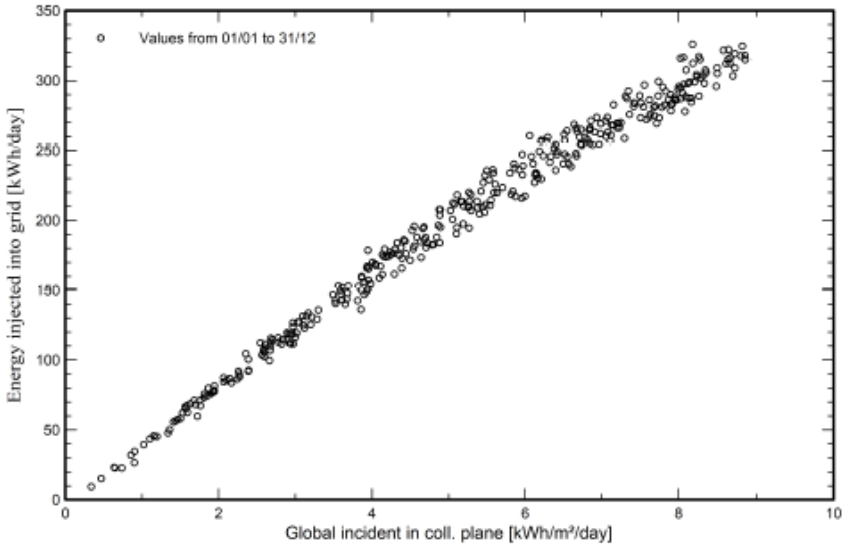


PVsyst TRIAL

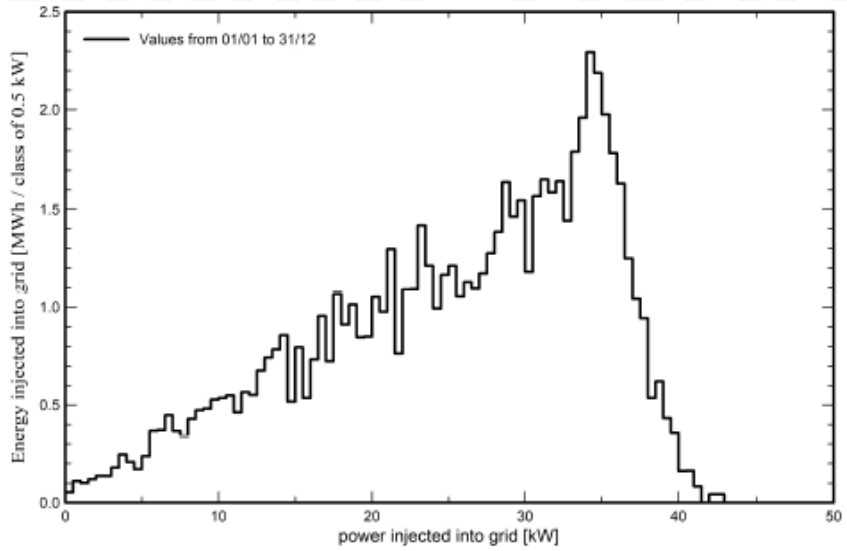
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 8. Edebiyat Fakültesi için GES Raporu İkinci Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 17:13
with v7.2.21

Project: Edebiyat2

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	23 units
Sizes	
Sheds spacing	6.00 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	33.3 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	13.2 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model	CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	92 units
Nominal (STC)	24.38 kWp
Modules	4 Strings x 23 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	21.87 kWp
U mpp	629 V
I mpp	35 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model	Sunny Tripower 25000TL-JP-30
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	25.0 kWac
Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Total power	25.0 kWac
Operating voltage	390-800 V
Pnom ratio (DC:AC)	0.98

Total PV power

Nominal (STC)	24 kWp
Total	92 modules
Module area	151 m²
Cell area	134 m²

Total inverter power

Total power	25 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	0.98

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance

Uc (const)	20.0 W/m²K
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.	304 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

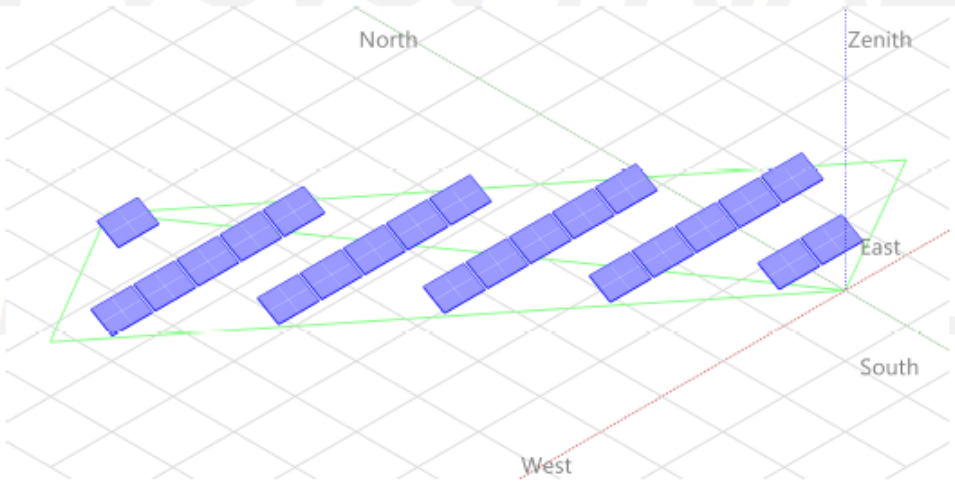
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

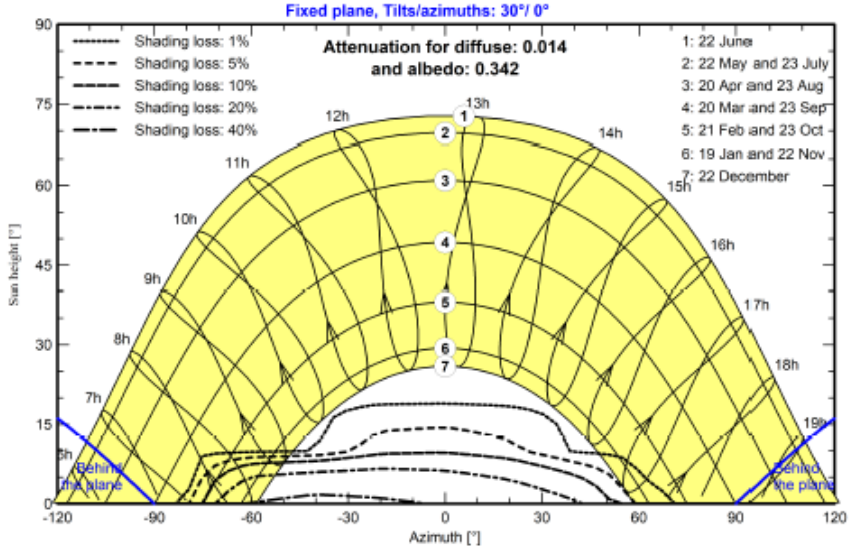
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



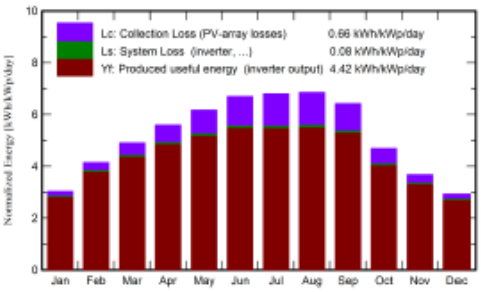
PVsyst TRIAL

Main results

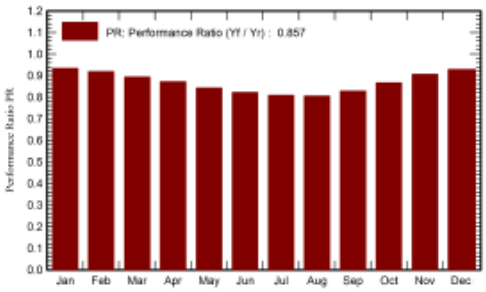
System Production

Produced Energy	39.34 MWh/year	Specific production	1613 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	85.66 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

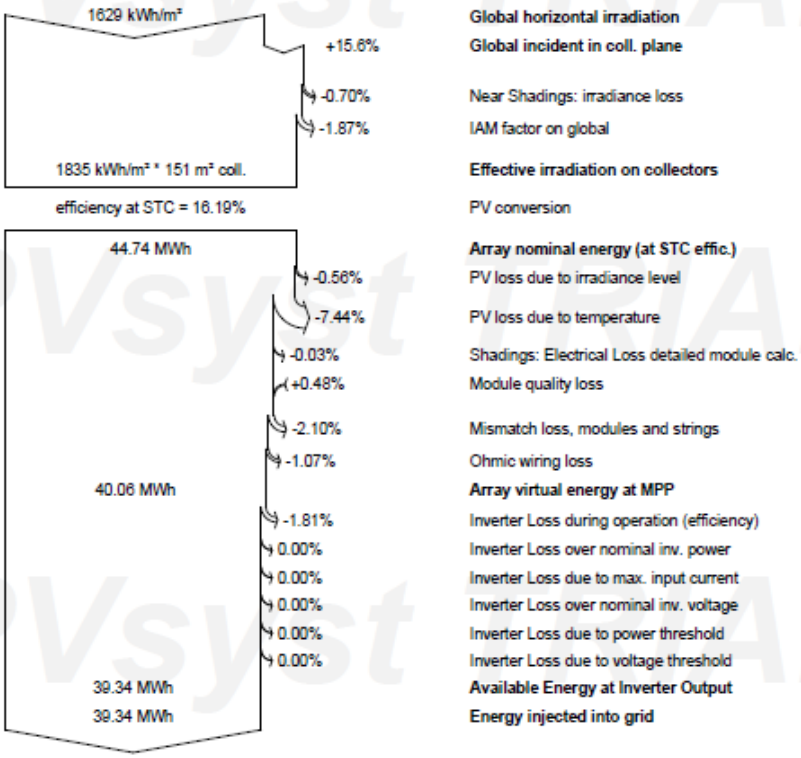
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.35	-0.32	93.8	91.9	2.179	2.136	0.934
February	80.6	33.50	1.64	116.0	113.4	2.648	2.600	0.919
March	122.7	55.14	5.99	151.9	148.2	3.373	3.311	0.894
April	155.5	67.64	10.56	167.8	163.1	3.628	3.564	0.871
May	195.6	75.88	15.37	191.3	185.6	3.999	3.927	0.842
June	212.7	64.64	19.41	200.9	195.1	4.098	4.022	0.821
July	217.1	76.24	23.41	210.6	204.8	4.229	4.153	0.809
August	200.1	60.76	23.52	212.4	206.8	4.253	4.175	0.806
September	157.7	43.72	18.35	192.5	188.2	3.956	3.886	0.828
October	106.4	42.05	12.35	145.2	141.9	3.123	3.068	0.867
November	69.1	30.64	5.93	110.2	107.6	2.478	2.435	0.906
December	53.6	25.16	1.28	90.9	88.7	2.096	2.057	0.928
Year	1629.2	600.73	11.52	1883.5	1835.2	40.061	39.336	0.857

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst TRIAL

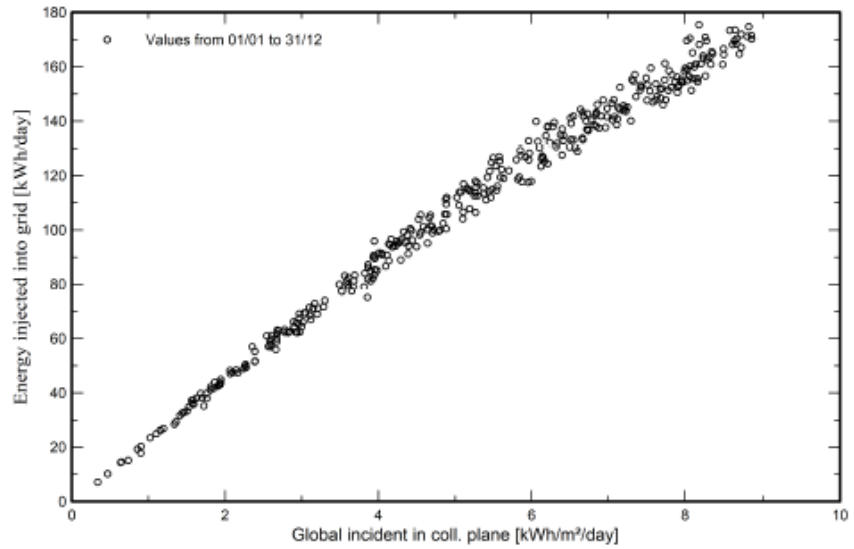
Loss diagram



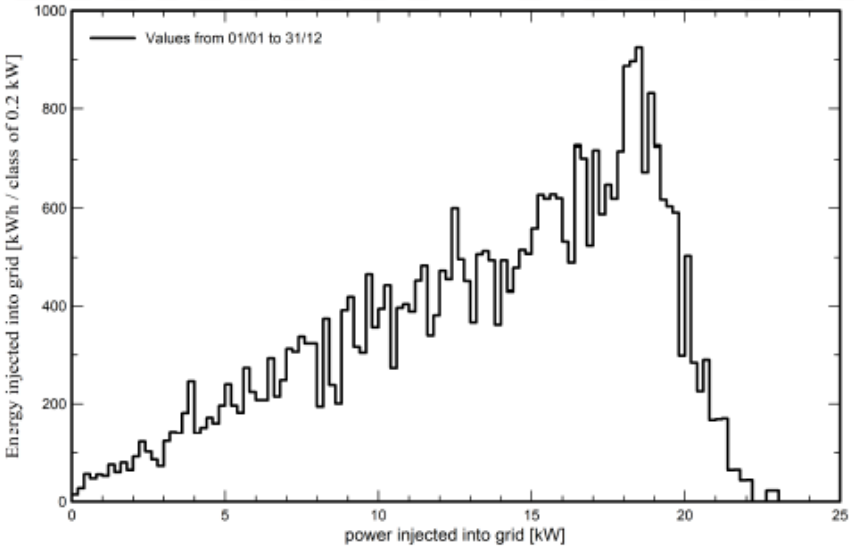
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 9. Edebiyat Fakültesi için GES Raporu Üçüncü Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 17:34
with v7.2.21

Project: Edebiyat3

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System — **Sheds on ground**

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	7 units
Sizes	
Sheds spacing	6.00 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	33.3 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	13.2 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model	CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	28 units
Nominal (STC)	7.42 kWp
Modules	2 Strings x 14 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	6.66 kWp
U mpp	383 V
I mpp	17 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model	Sunny Boy 10000TLUS-12 - 240V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	10.00 kWac
Number of inverters	1 unit
Total power	10.0 kWac
Operating voltage	345-480 V
Pnom ratio (DC:AC)	0.74

Total PV power

Nominal (STC)	7 kWp
Total	28 modules
Module area	45.8 m²
Cell area	40.9 m²

Total inverter power

Total power	10 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	0.74

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 370 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

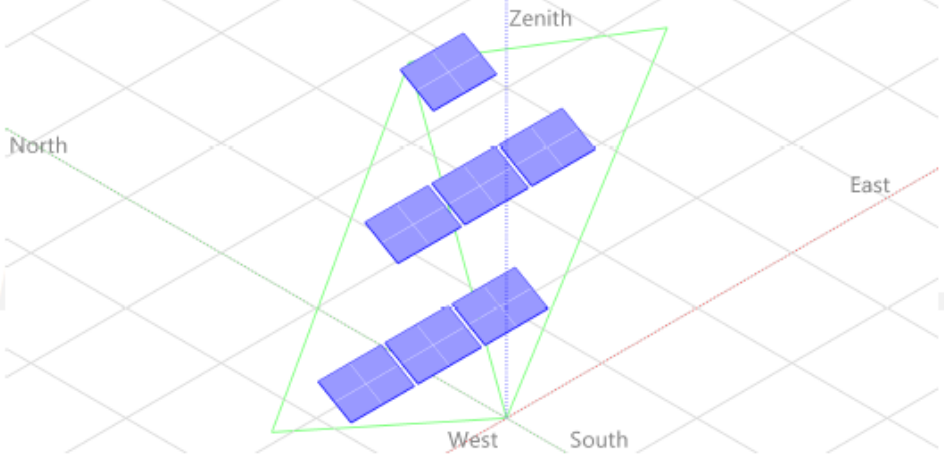
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

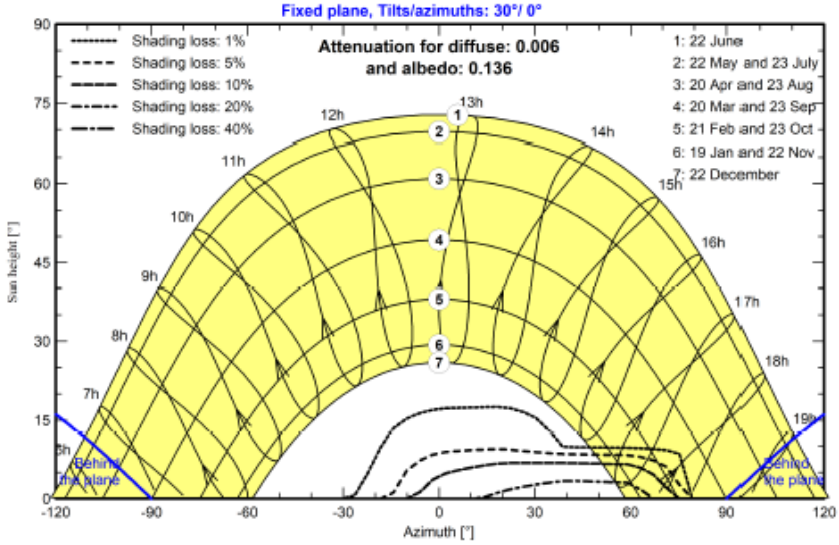
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 17:34
with v7.2.21

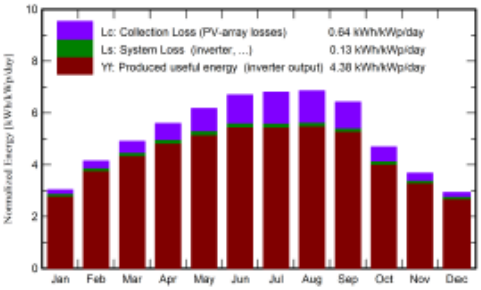
PVsyst TRIAL

Main results

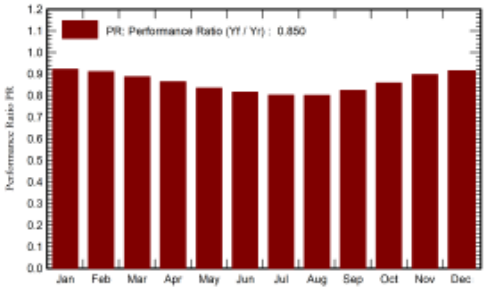
System Production

Produced Energy	11.88 MWh/year	Specific production	1600 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	84.97 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

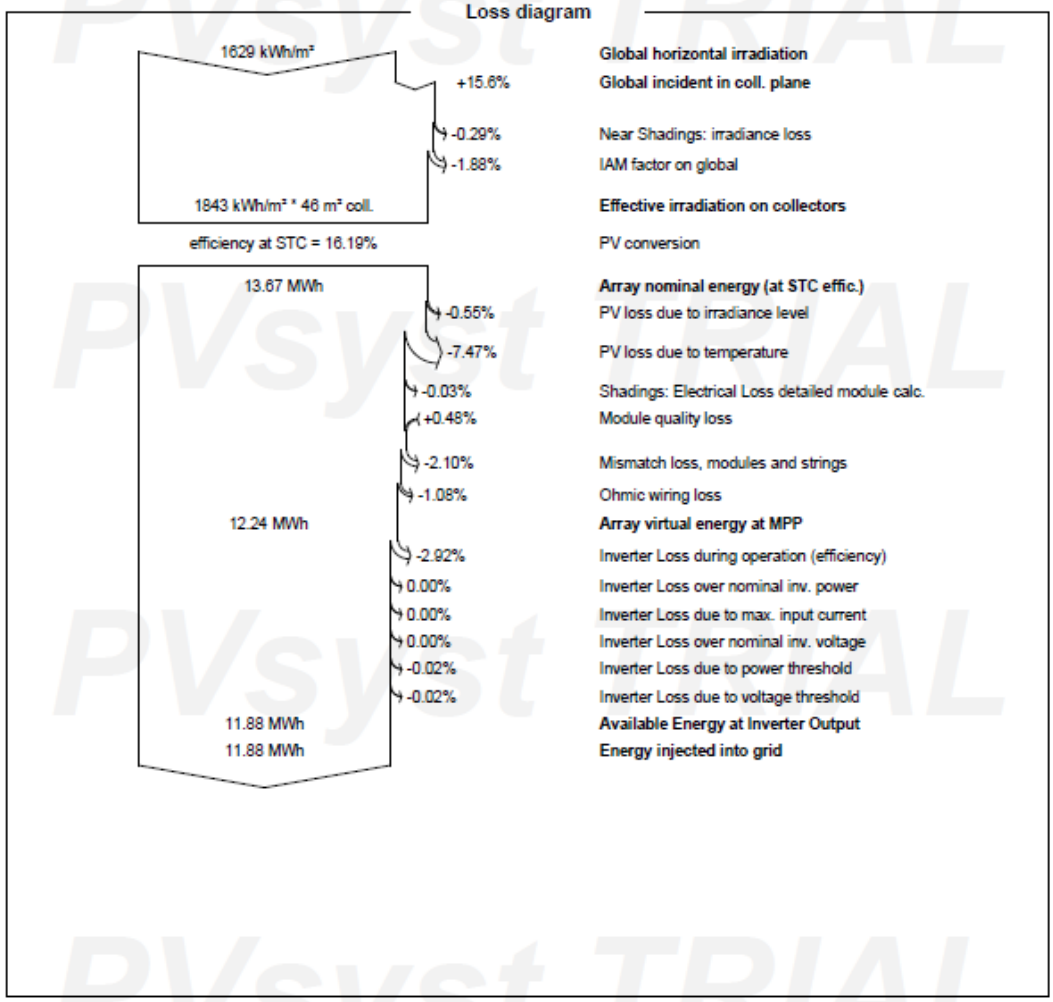
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.35	-0.33	93.8	92.2	0.665	0.642	0.922
February	80.6	33.50	1.64	116.0	113.8	0.809	0.784	0.911
March	122.7	55.14	5.99	151.9	148.8	1.030	1.000	0.887
April	155.5	67.64	10.56	167.8	163.8	1.109	1.076	0.864
May	195.6	75.88	15.37	191.3	186.5	1.222	1.186	0.835
June	212.7	64.64	19.41	200.9	196.0	1.252	1.216	0.816
July	217.1	76.24	23.41	210.6	205.7	1.291	1.254	0.802
August	200.1	60.76	23.52	212.4	207.6	1.298	1.263	0.801
September	157.7	43.72	18.35	192.5	188.8	1.207	1.177	0.824
October	106.4	42.05	12.35	145.2	142.5	0.954	0.925	0.859
November	69.1	30.64	5.93	110.2	108.1	0.758	0.734	0.897
December	53.6	25.16	1.28	90.9	89.0	0.640	0.617	0.915
Year	1629.2	600.72	11.52	1883.5	1842.7	12.236	11.875	0.850

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst TRIAL

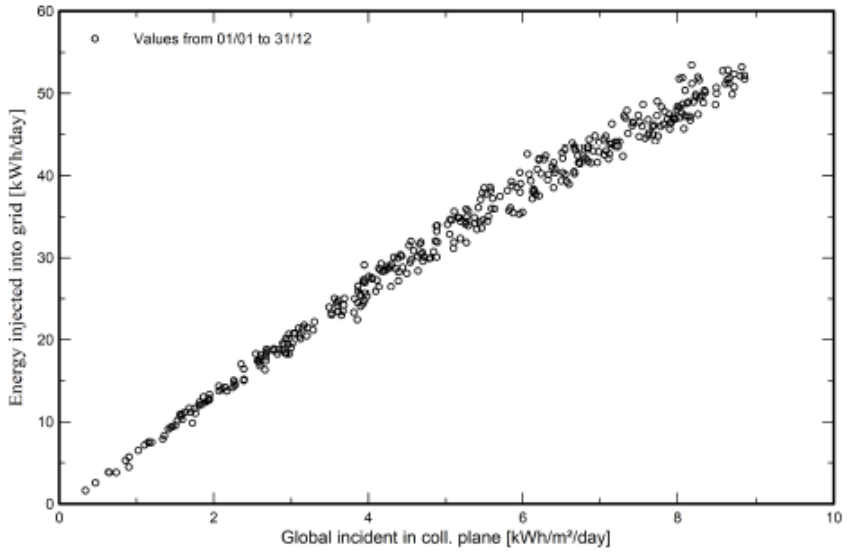
Loss diagram



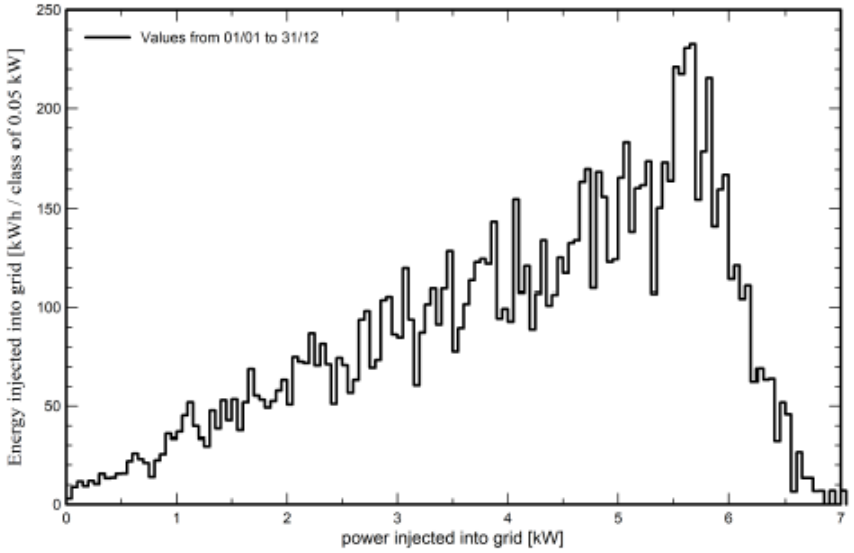
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 10. EK 10. İktisat Fakültesi için GES Raporu Birinci Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 18:07
with v7.2.21

Project: iktisad1

Variant: New simulation variant

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation
Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 30 / 0 °

Sheds configuration
Nb. of sheds 42 units
Sizes
Sheds spacing 6.00 m
Collector width 0.99 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 16.5 %
Shading limit angle
Limit profile angle 5.5 °

Models used
Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module
Manufacturer Generic
Model CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 265 Wp
Number of PV modules 84 units
Nominal (STC) 22.26 kWp
Modules 4 Strings x 21 In series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 19.97 kWp
U mpp 574 V
I mpp 35 A

Inverter
Manufacturer Generic
Model Sunny Tripower 25000TL-30
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 25.0 kWac
Number of inverters 2 * MPPT 50% 1 unit
Total power 25.0 kWac
Operating voltage 390-800 V
Pnom ratio (DC:AC) 0.89

Total PV power
Nominal (STC) 22 kWp
Total 84 modules
Module area 137 m²
Cell area 123 m²

Total inverter power
Total power 25 kWac
Number of inverters 1 unit
Pnom ratio 0.89

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 277 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

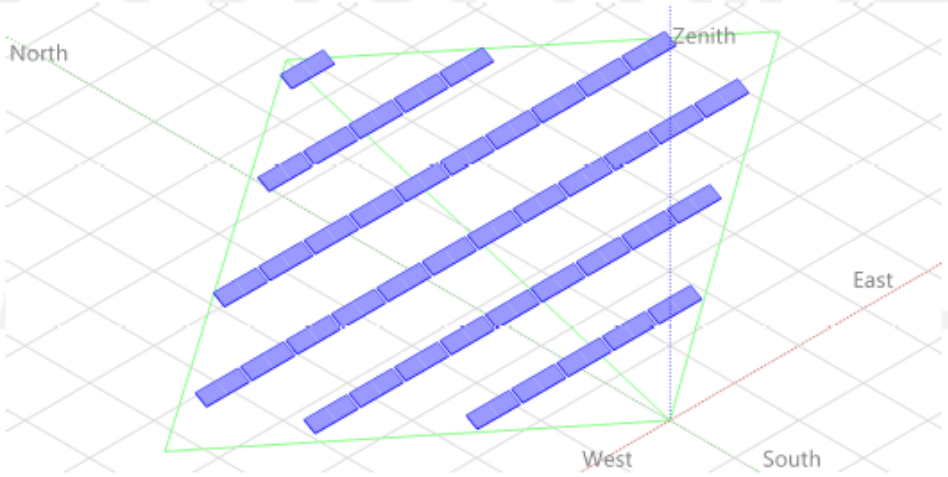
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

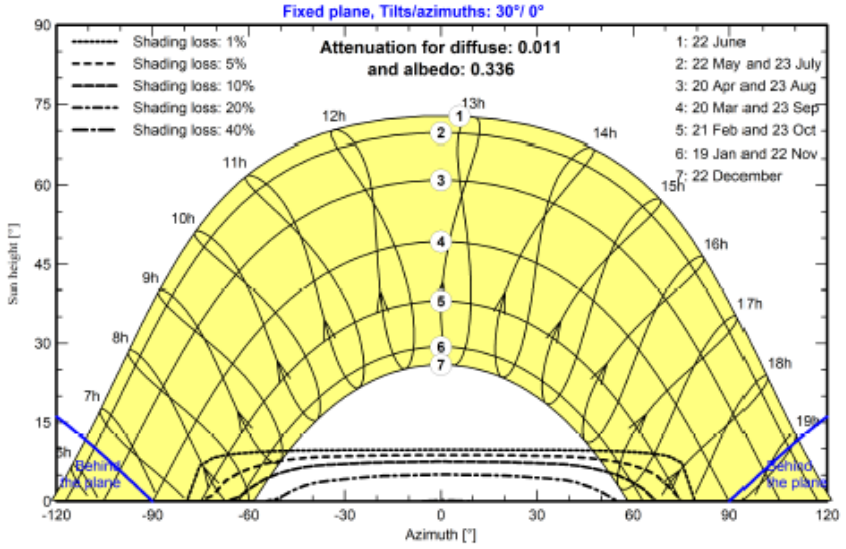
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 18:07
with v7.2.21

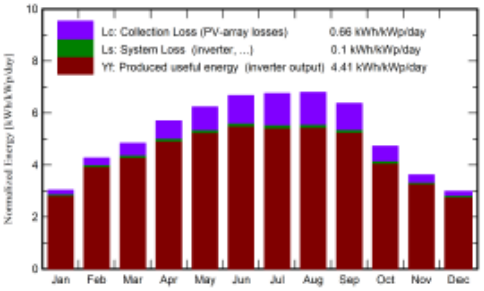
PVsyst TRIAL

Main results

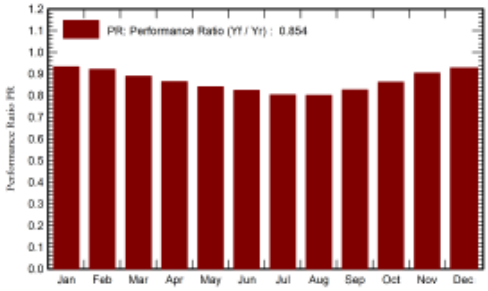
System Production

Produced Energy	35.84 MWh/year	Specific production	1610 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	85.41 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.33	-0.36	93.8	92.0	1.991	1.948	0.932
February	80.6	31.84	1.71	119.4	116.9	2.500	2.449	0.921
March	122.7	54.58	5.96	149.7	146.1	3.027	2.963	0.889
April	155.5	65.78	10.53	170.8	166.3	3.357	3.286	0.864
May	195.5	72.28	15.47	193.2	187.7	3.696	3.617	0.841
June	213.1	75.81	19.44	200.1	194.2	3.751	3.668	0.824
July	217.2	69.91	23.49	209.4	203.6	3.832	3.745	0.803
August	200.0	62.77	23.60	210.4	204.8	3.839	3.752	0.801
September	157.7	49.22	18.37	190.8	186.4	3.586	3.509	0.826
October	106.4	38.33	12.33	146.4	143.3	2.869	2.808	0.862
November	69.1	28.23	6.00	108.7	106.4	2.232	2.187	0.904
December	53.6	22.47	1.25	92.6	90.7	1.954	1.912	0.928
Year	1629.4	596.54	11.54	1885.3	1838.5	36.634	35.844	0.854

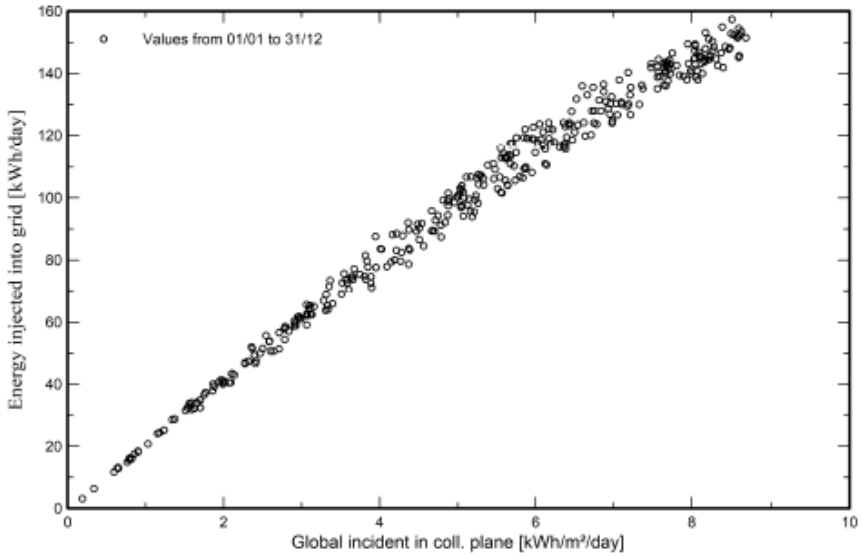
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

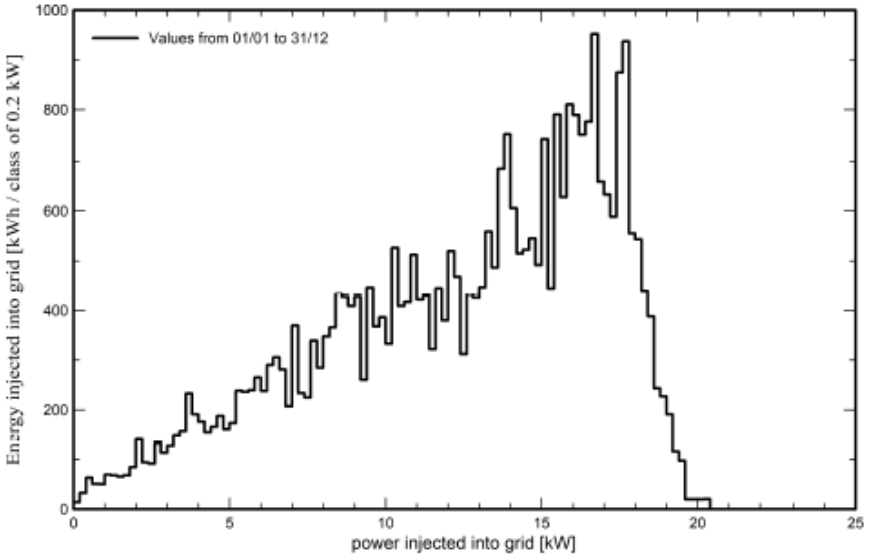
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 11. İktisat Fakültesi için GES Raporu İkinci Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 18:36
with v7.2.21

Project: iktisad2

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	57 units
Sizes	
Sheds spacing	6.30 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	31.8 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	12.4 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	CS6K - 265P 1500V
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	228 units
Nominal (STC)	60.4 kWp
Modules	12 Strings x 19 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	54.2 kWp
U mpp	520 V
I mpp	104 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	Sunny Central 90
Unit Nom. Power	90 kWac
Number of inverters	1 unit
Total power	90.0 kWac
Operating voltage	450-820 V
Pnom ratio (DC:AC)	0.67

Total PV power

Nominal (STC)	60 kWp
Total	228 modules
Module area	373 m²
Cell area	333 m²

Total inverter power

Total power	90 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	0.67

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance

Uc (const)	20.0 W/m²K
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.	84 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

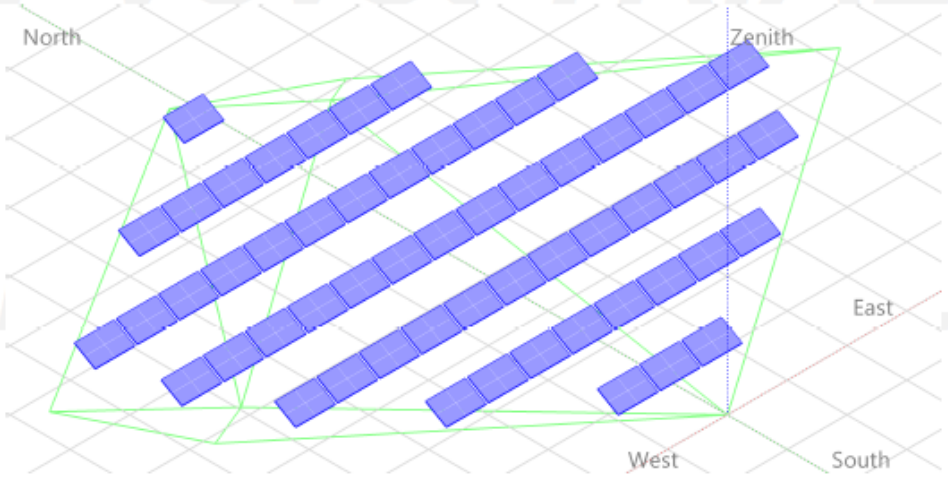
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

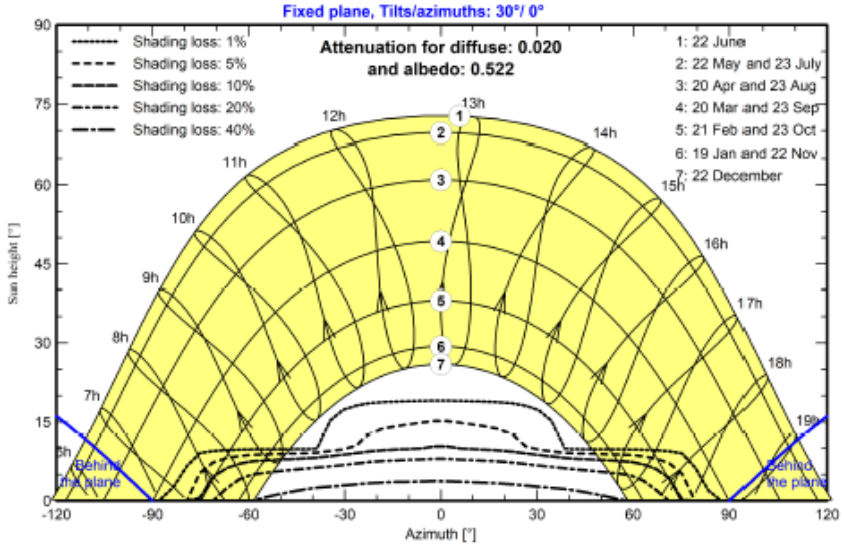
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 18:36
with v7.2.21

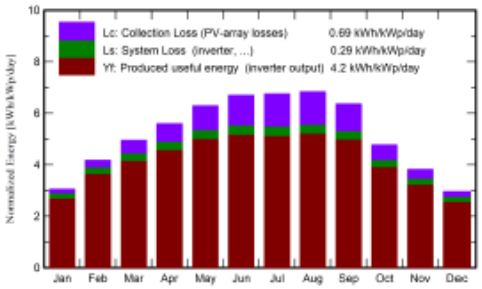
PVsyst TRIAL

Main results

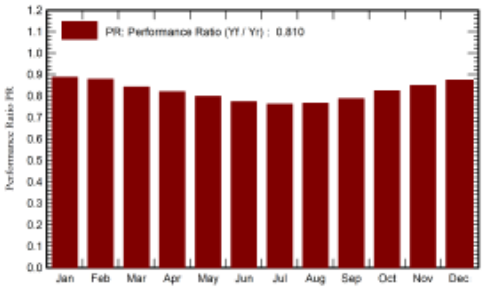
System Production

Produced Energy	92.72 MWh/year	Specific production	1535 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	81.03 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.57	-0.92	94.5	92.4	5.45	5.067	0.887
February	80.6	34.24	1.32	116.7	113.8	6.63	6.192	0.878
March	122.7	46.87	5.84	153.4	149.4	8.35	7.801	0.842
April	155.4	66.07	10.64	167.8	162.6	8.90	8.311	0.820
May	195.6	72.75	15.72	194.9	188.7	10.05	9.395	0.798
June	212.9	59.95	19.82	201.0	194.6	10.06	9.394	0.774
July	216.9	68.34	24.06	209.3	202.7	10.30	9.628	0.761
August	199.6	65.89	24.17	211.6	205.3	10.45	9.792	0.766
September	157.7	44.99	18.71	190.6	185.6	9.66	9.067	0.788
October	106.3	39.46	12.47	147.9	144.3	7.87	7.359	0.824
November	69.1	21.90	5.91	114.6	112.1	6.30	5.879	0.849
December	53.5	24.44	0.83	91.5	89.1	5.20	4.833	0.874
Year	1628.3	570.47	11.61	1893.9	1840.5	99.21	92.717	0.810

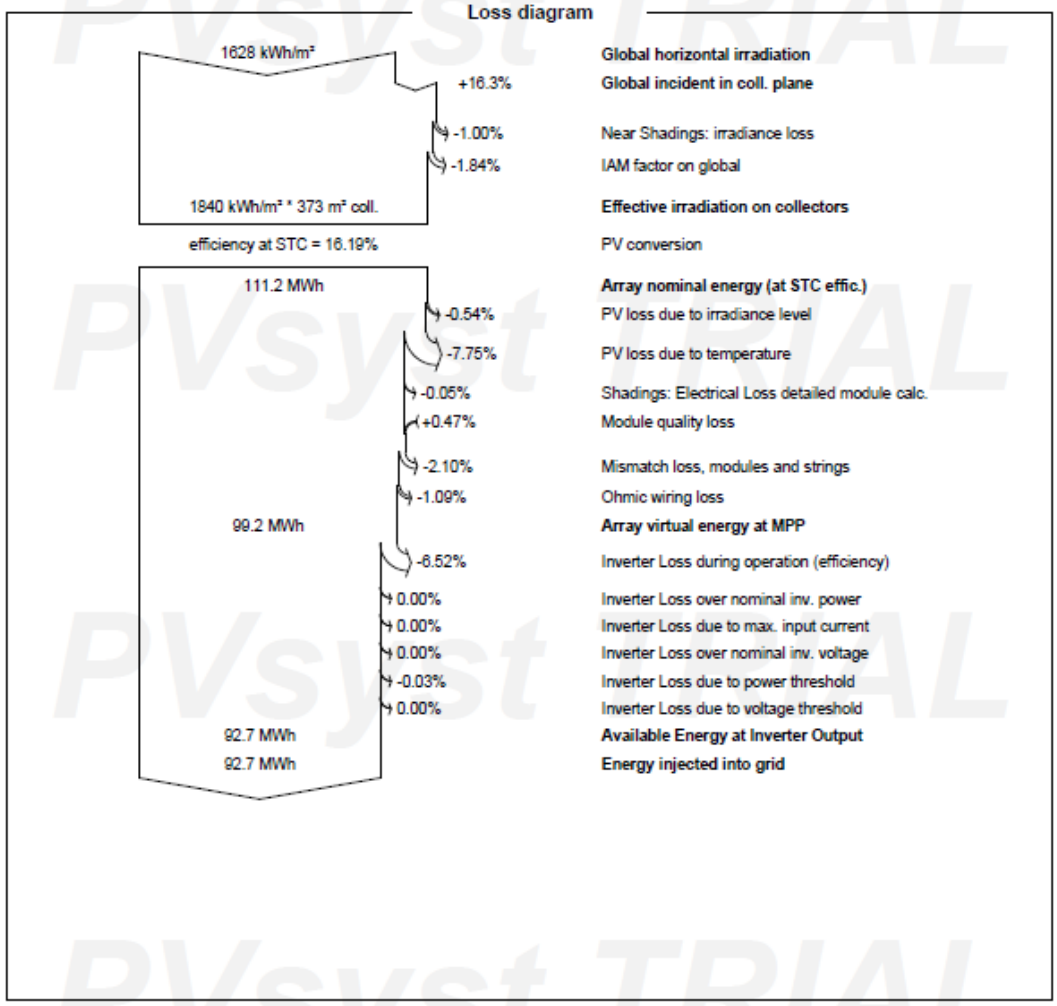
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 18:36
with v7.2.21

PVsyst TRIAL

Loss diagram



EK 12. İktisat Fakültesi için GES Raporu Üçüncü Kısım



PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 19:51
with v7.2.21

Project: iktisad3

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System — **Sheds on ground**

PV Field Orientation

Orientation		Sheds configuration		Models used	
Fixed plane		Nb. of sheds	26 units	Transposition	Perez
Tilt/Azimuth	30 / 0 °	**Sizes**		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Sheds spacing	6.20 m	Circumsolar	separate
		Collector width	3.02 m		
		Ground Cov. Ratio (GCR)	48.6 %		
		Shading limit angle			
		Limit profile angle	22.8 °		

Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	Detailed electrical calculation acc. to module layout	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	CS6K - 265P 1500V	Model (Original PVsyst database)	Sunny Central 60 LV
Unit Nom. Power	265 Wp	Unit Nom. Power	60.0 kWac
Number of PV modules	156 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	41.3 kWp	Total power	60.0 kWac
Modules	13 Strings x 12 In series	Operating voltage	300-600 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	0.69
Pmpp	37.1 kWp		
U mpp	328 V		
I mpp	113 A		

Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	41 kWp	Total power	60 kWac
Total	156 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	255 m²	Pnom ratio	0.69
Cell area	228 m²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	49 mΩ	Loss Fraction	-0.5 %
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC		
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s				

Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %

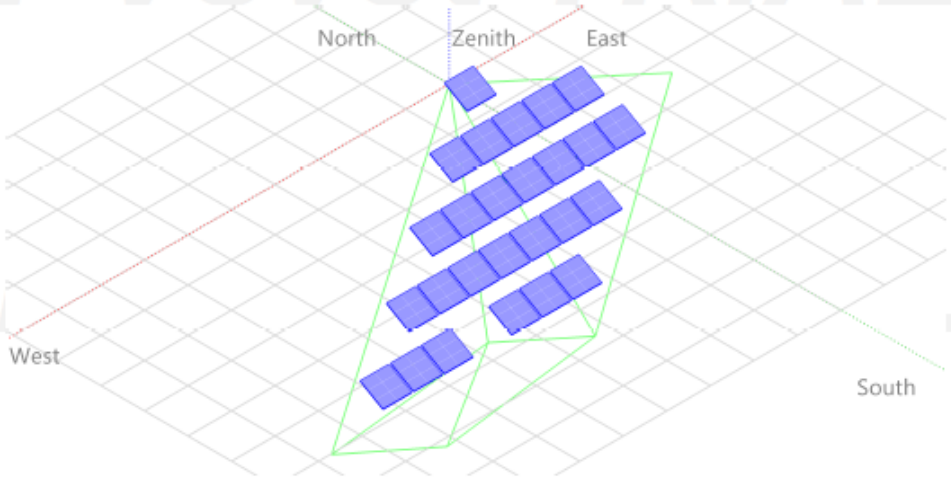
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

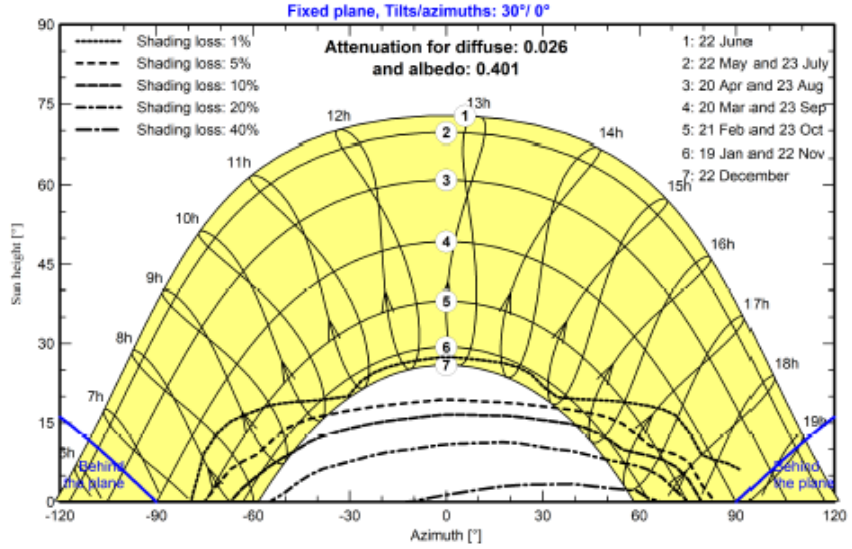
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



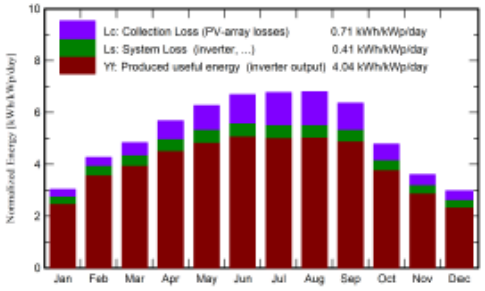
PVsyst TRIAL

Main results

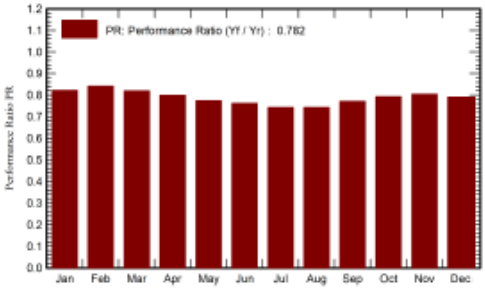
System Production

Produced Energy	61.03 MWh/year	Specific production	1476 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	78.22 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

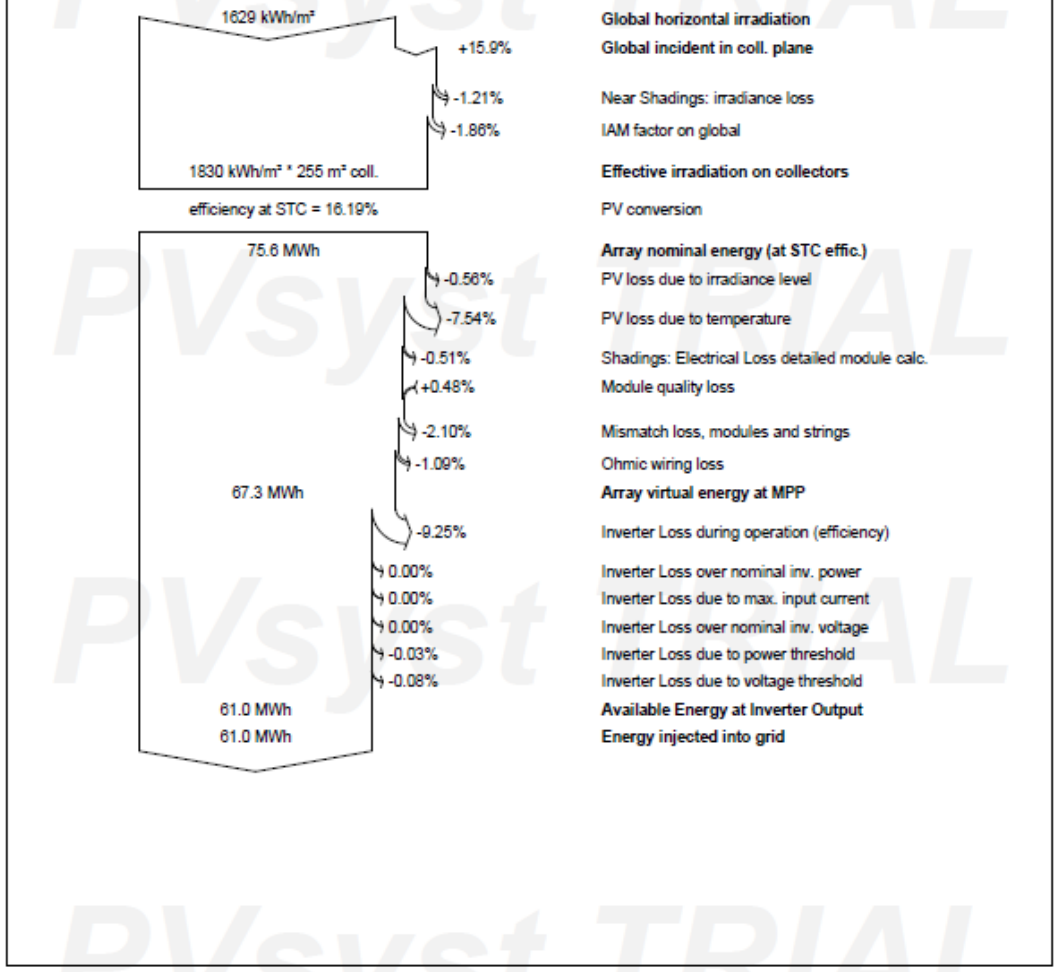
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.33	-0.36	93.8	90.7	3.562	3.190	0.822
February	80.6	31.84	1.71	119.4	116.2	4.581	4.156	0.842
March	122.6	54.36	5.96	149.6	145.4	5.593	5.071	0.820
April	155.5	69.33	10.53	170.2	164.8	6.197	5.623	0.799
May	195.6	72.55	15.47	194.2	188.0	6.852	6.218	0.775
June	213.0	74.23	19.44	200.6	194.0	6.950	6.318	0.762
July	216.8	72.73	23.50	209.8	203.3	7.087	6.442	0.743
August	200.0	62.33	23.61	210.7	204.4	7.091	6.472	0.743
September	157.4	49.06	18.37	190.7	185.7	6.634	6.083	0.772
October	106.4	35.86	12.33	148.1	144.4	5.353	4.854	0.793
November	69.1	28.66	6.00	108.0	104.6	3.986	3.591	0.804
December	53.6	22.72	1.24	92.1	88.1	3.381	3.008	0.790
Year	1628.6	599.00	11.54	1887.2	1829.6	67.268	61.027	0.782

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst TRIAL

Loss diagram



EK 13. İktisat Fakültesi için GES Raporu Dördüncü Kısım

Project: iktisad4

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 20:23
with v7.2.21

General parameters

Grid-Connected System — **Sheds on ground**

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	40 units
Sizes	
Sheds spacing	6.00 m
Collector width	0.99 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	16.5 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	5.5 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	CS6K - 265P 1500V
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	80 units
Nominal (STC)	21.20 kWp
Modules	4 Strings x 20 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	19.02 kWp
U mpp	547 V
I mpp	35 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model (Original PVsyst database)	Sunny Tripower 20000TL-30
Unit Nom. Power	20.0 kWac
Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Total power	20.0 kWac
Operating voltage	320-800 V
Pnom ratio (DC:AC)	1.06

Total PV power

Nominal (STC)	21 kWp
Total	80 modules
Module area	131 m²
Cell area	117 m²

Total inverter power

Total power	20 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	1.06

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 264 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

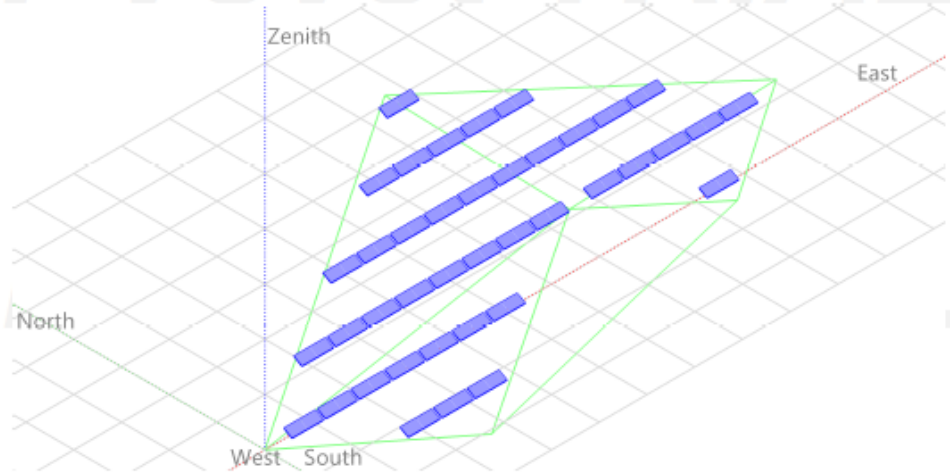
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

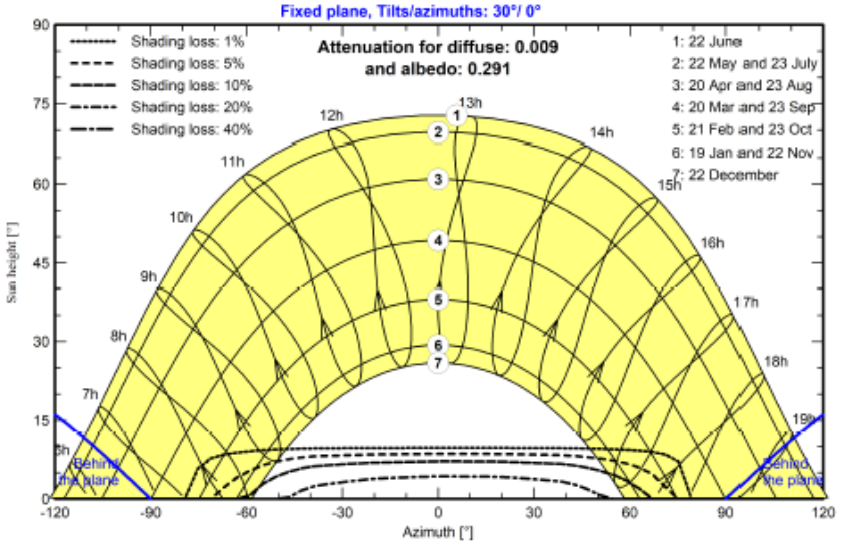
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



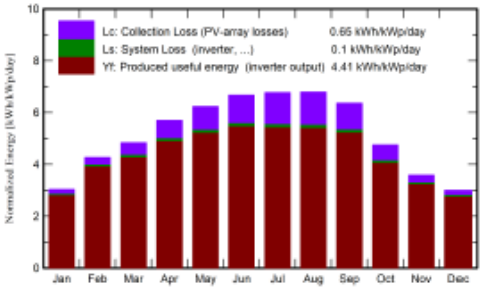
PVsyst TRIAL

Main results

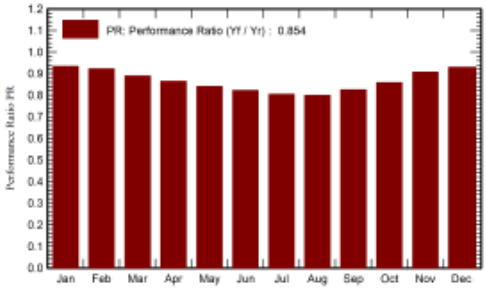
System Production

Produced Energy	34.13 MWh/year	Specific production	1610 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	85.37 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

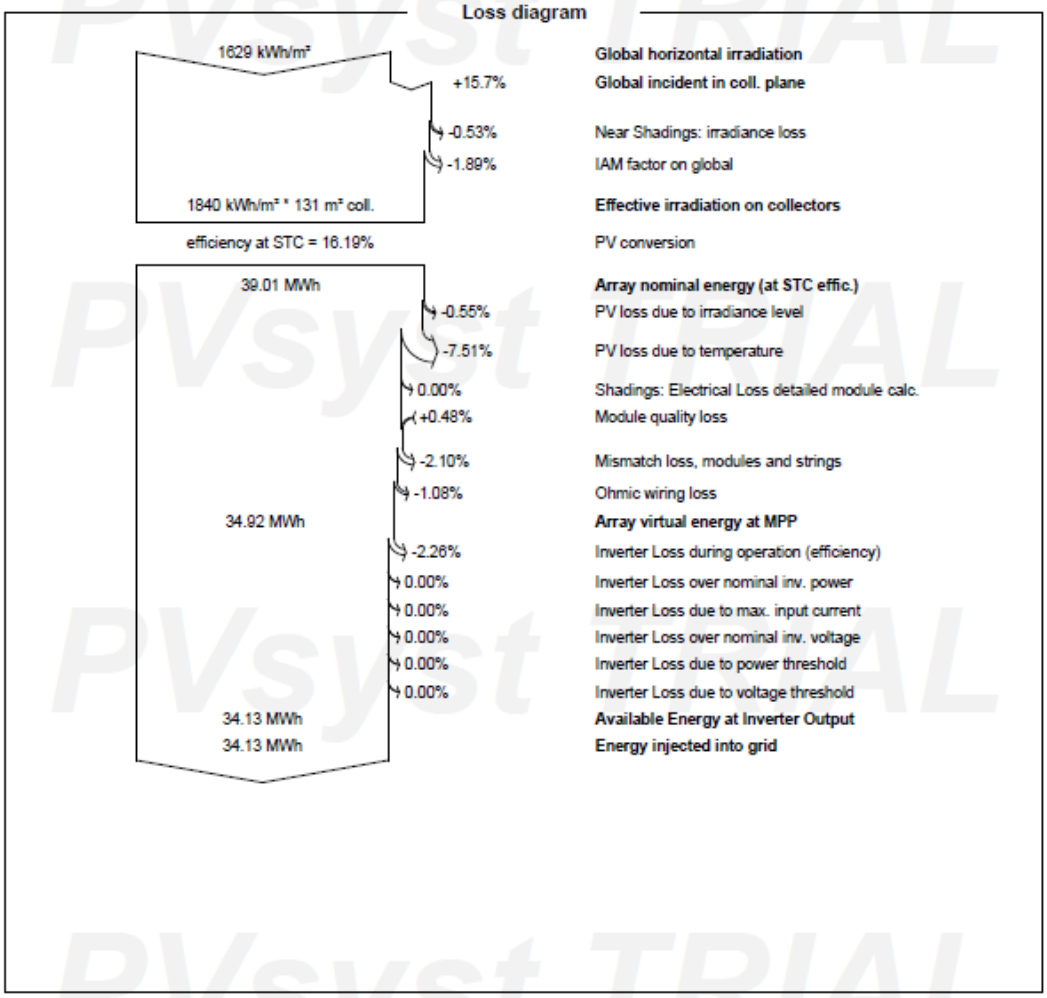
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.34	-0.43	93.8	92.0	1.898	1.857	0.933
February	80.6	31.83	1.54	119.5	117.0	2.384	2.335	0.922
March	122.7	54.55	5.89	149.7	146.3	2.886	2.823	0.890
April	155.5	65.79	10.48	170.8	166.4	3.200	3.128	0.864
May	195.5	72.34	15.46	193.2	187.8	3.522	3.441	0.840
June	213.1	75.81	19.50	200.1	194.4	3.572	3.488	0.822
July	217.2	75.39	23.66	209.8	204.3	3.666	3.578	0.804
August	200.0	61.98	23.77	210.4	205.0	3.653	3.565	0.799
September	157.7	49.80	18.41	190.7	186.4	3.415	3.336	0.825
October	106.4	36.84	12.29	147.2	144.2	2.742	2.680	0.859
November	69.1	29.56	5.93	107.7	105.5	2.113	2.071	0.907
December	53.6	22.40	1.18	92.7	90.9	1.866	1.826	0.930
Year	1629.4	601.63	11.53	1885.6	1840.2	34.918	34.127	0.854

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst TRIAL

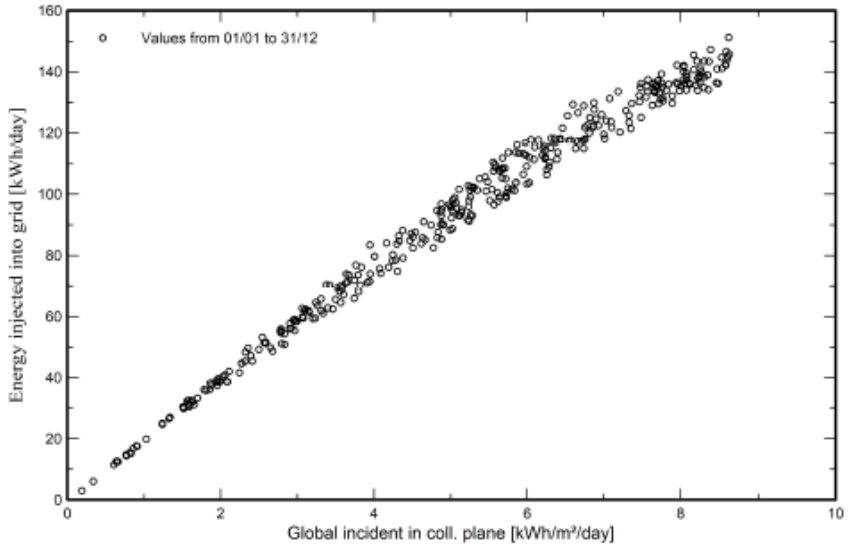
Loss diagram



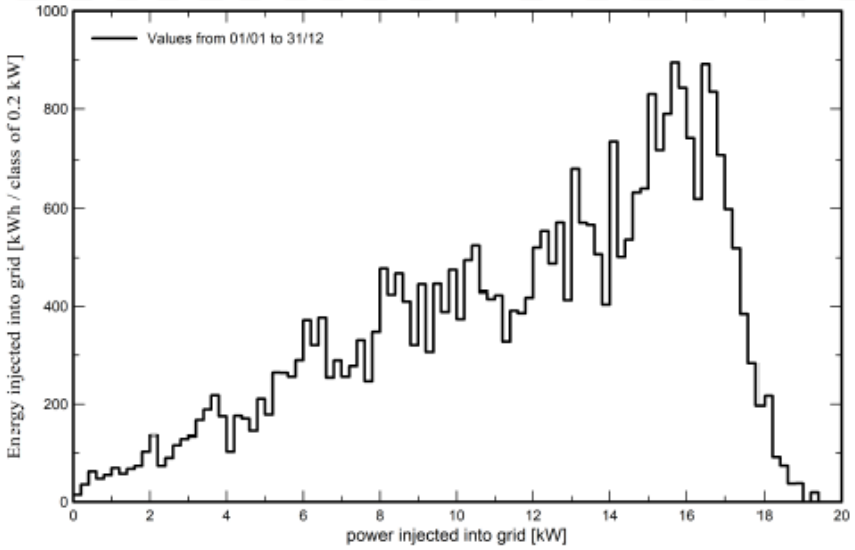
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



EK 14. İktisat Fakültesi için GES Raporu Dördüncü Kısım

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 20:40
with v7.2.21

Project: iktisad5

Variant: New simulation variant

PVsyst TRIAL

General parameters

Grid-Connected System

Sheds on ground

PV Field Orientation

Orientation	
Fixed plane	
Tilt/Azimuth	30 / 0 °

Sheds configuration	
Nb. of sheds	9 units
Sizes	
Sheds spacing	6.00 m
Collector width	2.00 m
Ground Cov. Ratio (GCR)	33.3 %
Shading limit angle	
Limit profile angle	13.2 °

Models used	
Transposition	Perez
Diffuse	Perez, Meteonorm
Circumsolar	separate

Horizon
Free Horizon

Near Shadings
Detailed electrical calculation
acc. to module layout

User's needs
Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Generic
Model	CS6K - 265P 1500V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	265 Wp
Number of PV modules	36 units
Nominal (STC)	9.54 kWp
Modules	3 Strings x 12 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	8.56 kWp
U mpp	328 V
I mpp	26 A

Inverter

Manufacturer	Generic
Model	Sunny Boy 8000 U-277
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	8.00 kWac
Number of inverters	1 unit
Total power	8.0 kWac
Operating voltage	300-480 V
Pnom ratio (DC:AC)	1.19

Total PV power

Nominal (STC)	10 kWp
Total	36 modules
Module area	58.9 m²
Cell area	52.6 m²

Total inverter power

Total power	8 kWac
Number of inverters	1 unit
Pnom ratio	1.19

Array losses

Thermal Loss factor
Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses
Global array res. 211 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss
Loss Fraction -0.5 %

Module mismatch losses
Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss
Loss Fraction 0.1 %

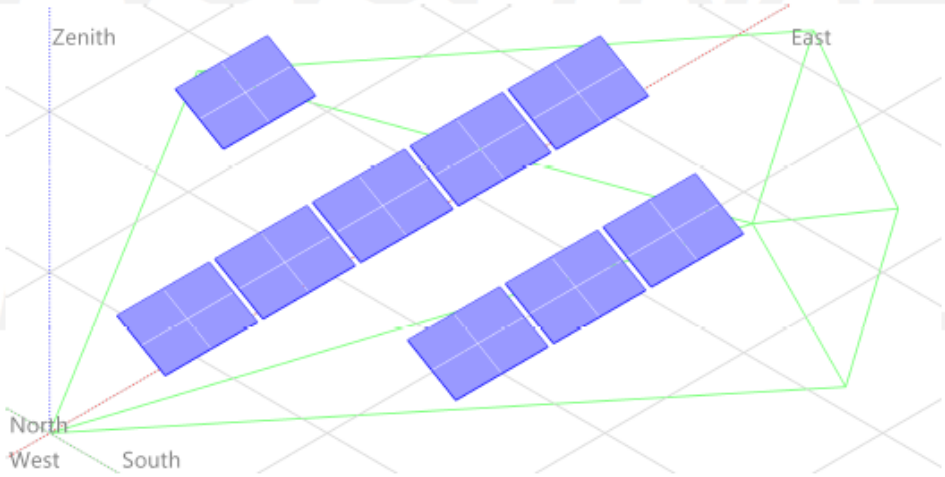
IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

PVsyst TRIAL

Near shadings parameter

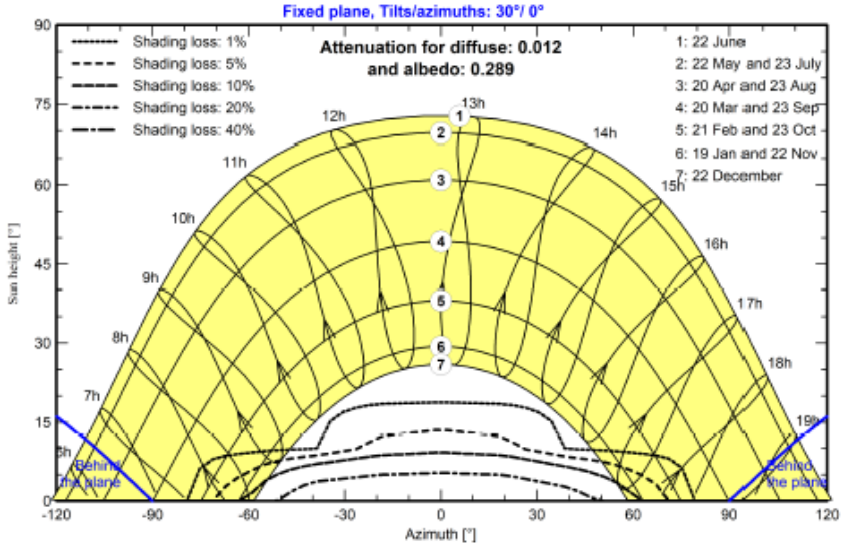
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 30°/ 0°



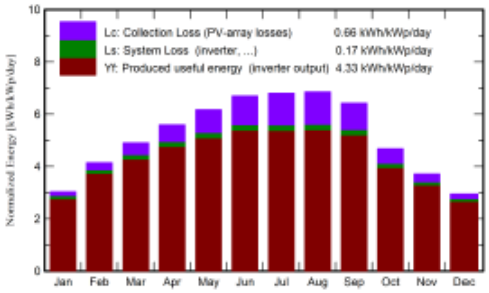
PVsyst TRIAL

Main results

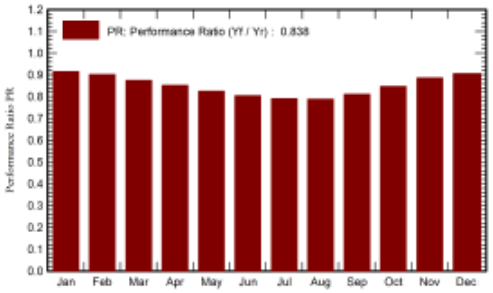
System Production

Produced Energy	15.07 MWh/year	Specific production	1580 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	83.83 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	58.0	25.32	-0.32	93.9	92.0	0.854	0.820	0.915
February	80.6	33.50	1.64	116.0	113.5	1.037	0.998	0.901
March	122.7	55.15	5.99	151.9	148.3	1.318	1.267	0.874
April	155.5	67.64	10.56	167.8	163.2	1.419	1.364	0.853
May	195.6	75.88	15.37	191.3	185.8	1.566	1.505	0.825
June	212.7	64.56	19.41	200.9	195.3	1.604	1.541	0.804
July	217.1	76.25	23.41	210.6	205.0	1.653	1.589	0.791
August	200.1	60.75	23.52	212.4	207.0	1.663	1.599	0.789
September	157.7	43.53	18.25	192.5	188.3	1.549	1.490	0.811
October	106.2	41.89	12.35	145.0	141.9	1.219	1.172	0.847
November	69.1	29.35	5.93	111.2	108.8	0.978	0.941	0.887
December	53.5	24.85	1.28	91.2	89.1	0.820	0.788	0.905
Year	1629.0	598.68	11.51	1884.7	1838.3	15.678	15.073	0.838

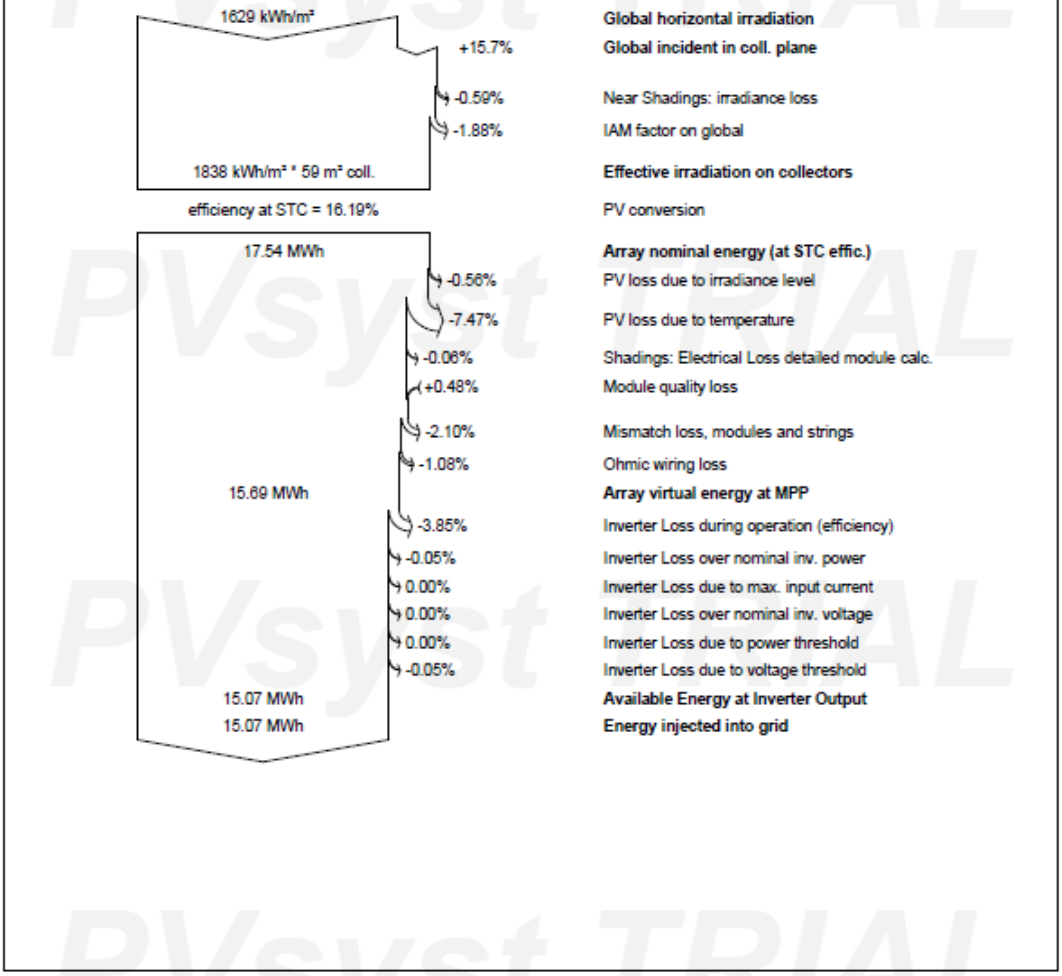
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst V7.2.21
VC0, Simulation date:
02/11/22 20:40
with v7.2.21

PVsyst TRIAL

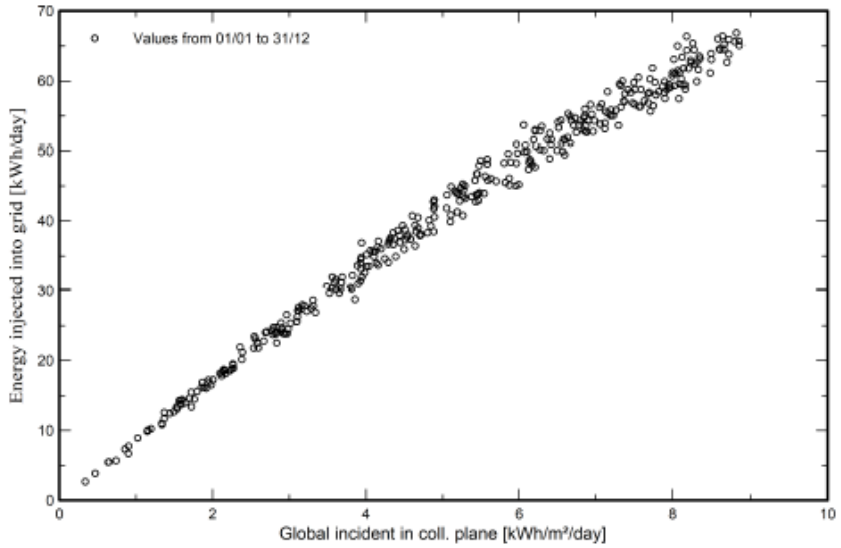
Loss diagram



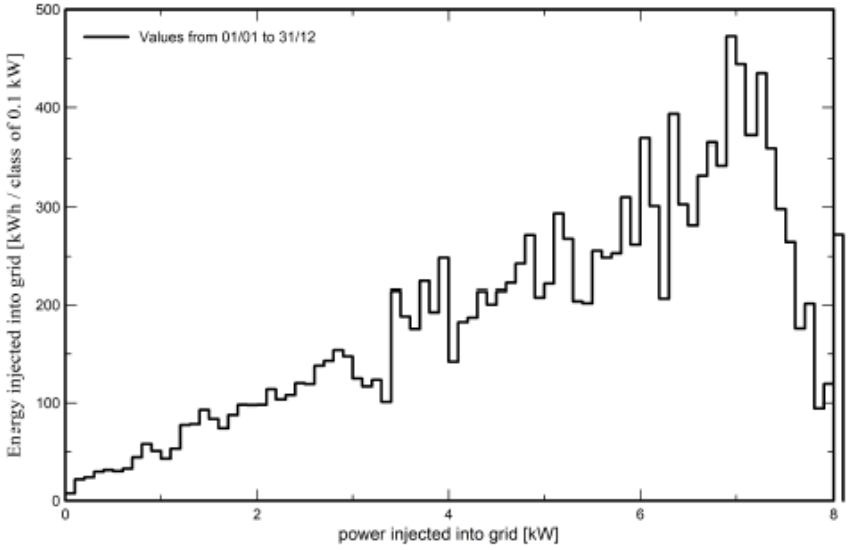
PVsyst TRIAL

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Said NASSER AHMED

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı	2019-2022

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görev
-	-	-

Akademik Aktiviteler

1. Said NASSER AHMED, Muhammed Bora AKIN, "Design and Simulation of On-Grid Photovoltaic System on a Rooftop of a Building at Çankırı Karatekin University", 9th International Congress On Engineering, Architecture and Design, 14-16 May 2022 (Tam metin-Sözlü sunum).

2. Said NASSER AHMED, Muhammed Bora AKIN, "Investigation of a Grid-Connected System Design on a Rooftop in ÇAKU", 1st International Karatekin Science and Technology Conference, IKSTC1st, 1-3 September 2022. (Tam metin-Sözlü sunum).