

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAKKÂRİ İLİ ÖRNEĞİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ BELİRLENMESİ VE
EKONOMİK FİZİBİLİTESİ

YAZAR

Semih TOPSAKAL

ORCID NUMARASI

0000-0001-7762-8005

DANIŞMAN

DOÇ. DR. ZARİFE SİBEL ŞAHİN

SİNOP – 2021

TEZ KABUL

Semih TOPSAKAL tarafından hazırlanan “HAKKÂRİ İLİ ÖRNEĞİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ BELİRLENMESİ VE EKONOMİK FİZİBİLİTESİ” başlıklı bu çalışma, 22.02.2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan Doç. Dr. Meryem SEFERİNOĞLU
Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Üye Doç. Dr. Yelda Bingöl ALPASLAN
Giresun Üniversitesi / Fen-Edebiyat Fakültesi

Üye Doç. Dr. Zarife Sibel ŞAHİN
Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Semih TOPSAKAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
TEŞEKKÜR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Enerji Kaynakları.....	4
2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	7
2.1.1.1. Güneş Enerjisi.....	7
2.1.1.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	10
2.1.1.3. Fotovoltaik Sistemler.....	13
2.1.1.4. Simülasyon Programı Çeşitleri.....	26
2.1.1.5. FV Panellerin Bağlanması.....	27
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	30
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
4.1. Hakkari İline İlişkin Güneş Verileri.....	33
4.2. Yapıya İlişkin Veriler.....	36
4.3. Yapı Tüketim Verileri.....	37
4.4. Güneş Paneli Eğim Açısının Hesaplanması.....	38
4.5. Güneş Panelleri Arasındaki Mesafenin Hesaplanması.....	40
4.6. Sistem Geriliminin Hesaplanması.....	43
4.7. Sistem Bileşenlerine İlişkin Hesaplamalar.....	43
4.8. PVSOL Programı ve Simülasyonun Uygulanması.....	45

4.9. Maliyet Analizi.....	72
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	74
6. SONUÇ.....	93
7. KAYNAKLAR.....	96
8. EKLER.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	111



SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

\$	:Dolar
2D	:2 boyutlu
3B	:3 boyutlu
3D	:3 boyutlu
A	:Amper
AC	:Alternatif akım
Ah	:Ampersaat
C°	:Santigrat derece
C	:Karbon
C#	:C sharp
Ca	:Kalsiyum
cm	:Santimetre
CO ₂	:Karbondioksit
cos	:Cosinüs
Cr	:Krom
DC	:Doğru akım
DOD	:Deşarj derinliği
EMO	:Elektrik Mühendisleri Odası
Fe	:Demir
FV	:Fotovoltaik
GES	:Güneş Enerjisi Santrali
GWh	:Gigawatt saat
HES	:Hidroelektrik Santrali
kg	:Kilogram
km	:Kilometre
kW	:Kilowatt
kWh	:Kilowatt saat
kWp	:Kilowattpeak
LNG	:Sıvılaştırılmış doğalgaz
LPG	:Sıvılaştırılmış petrol gazı
m	:metre
m ²	:metrekare
Mg	:Magnezyum
MPP	:Maksimum güç noktası
MPPT	:Maksimum güç noktası izleyici
MW	:Megawatt
Ne	:Neon
Ni	:Nike
O	:Oksijen
ORT	:Ortalama
PWM	:Sinyal Genişlik Modülasyonu
S	:Kükürt
SCADA	:Supervisory Control and Data Acquisition
Si	:Silisyum
sin	:Sinüs
tan	:Tanjant
TEİAŞ	:Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TL	:Türk Lirası

TRY	:Türk Lirası
V	:Volt
W	:Watt
Wh	:Watt saat
Wp	:Waatpeak
β	:Beta
θ	:Teta



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Ülkelerin eneri tüketimleri (GWh/yıl).....	2
Şekil 1.2. Ülkelerin eneri üretimleri (GWh).....	2
Şekil 1.3. Türkiye kurulu gücü.....	3
Şekil 1.4. Yıllara göre kurulu gücün değişimi.....	3
Şekil 2.1. Enerji kaynakları.....	5
Şekil 2.2. Dünya bazında enerji kaynakları kullanımı.....	6
Şekil 2.3. 2020 Eylül ayı baz alınarak Türkiye'deki elektrik üretimi.....	6
Şekil 2.4. 2007-2017 yıllarına göre birincil kaynakların ülkemizdeki değişimi.....	7
Şekil 2.5. Yeryüzüne ulaşan yıllık ortalama güneş radyasyonu.....	8
Şekil 2.6. Dünyaya gelen güneş ışınları ve yansıması.....	8
Şekil 2.7. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası	10
Şekil 2.8. Türkiye ortalama güneşlenme süreleri.....	11
Şekil 2.9. Yıllara göre Türkiye'deki kurulu güneş gücünün değişimi.....	12
Şekil 2.10. FV dizi oluşumu.....	13
Şekil 2.11. FV ışık-elektrik dönüşümü.....	14
Şekil 2.12. FV hücre tipleri.....	14
Şekil 2.13. Monokristal hücre.....	15
Şekil 2.14. Polikristal hücre.....	15
Şekil 2.15. İnce film hücre.....	16
Şekil 2.16. Fotovoltaik modüllerin basitçe çalışma sistemleri.....	16
Şekil 2.17. On-grid sistem yapısı.....	18
Şekil 2.18. Off-grid sistem yapısı.....	19

Şekil 2.19. Off-grid bileşen yapısı.....	19
Şekil 2.20. Panel çeşitlerinin enerji üretimleri.....	20
Şekil 2.21. Akü çeşitleri kıyaslaması.....	22
Şekil 2.22. Evirici yapısı.....	24
Şekil 2.23. Seri panel bağlantısı.....	27
Şekil 2.24. Paralel panel bağlantısı.....	28
Şekil 2.25. Karma panel bağlantısı.....	28
Şekil 2.26. Akü bağlantısı.....	28
Şekil 2.27. Akü bağlantısı.....	29
Şekil 2.28. Azimuth.....	29
Şekil 2.29. Azimuth.....	30
Şekil 4.1. Güneş radyasyon değerleri.....	35
Şekil 4.2. Güneş radyasyon değerleri.....	35
Şekil 4.3. Yapının ölçütleri (m).....	36
Şekil 4.4. Yapının ölçütleri (sağ çatı).....	36
Şekil 4.4. Yapının ölçütleri (sol çatı).....	37
Şekil 4.5. Panel montaj açısının optimize edilmesi.....	38
Şekil 4.6. Panel eğim açısının bir fonksiyonu olarak aylık panel performansı.....	39
Şekil 4.7. Ölçüm ve hesaplamalar sonucu ortaya çıkan binanın çatı eğim açısı.....	39
Şekil 4.8. Paneller arasındaki mesafenin tespiti.....	40
Şekil 4.9. Modüllerin üzerine engellerden dolayı gölge düşmesi.....	40
Şekil 4.10. Yapının bulunduğu konum için güneş yolu grafiği.....	41

Şekil 4.11. Yapının bulunduğu konum için güneş yolu grafiğinden PVGIS kaynak alınarak yükseklik açısı ve azimuth düzeltme açısının tespiti.....	42
Şekil 4.12. Günlük talebe göre sistem gerilimi.....	43
Şekil 4.13. G1 profili.....	45
Şekil 4.14. PVSOL giriş ekranı.....	46
Şekil 4.15. Veritabanları.....	47
Şekil 4.16. Program ayarları.....	47
Şekil 4.17. Simülasyon ayarları.....	48
Şekil 4.18. Sistem Tipi, İklim ve Şebeke.....	48
Şekil 4.19. PVSOL-Meteonorm veritabanı.....	49
Şekil 4.20. Tüketim verilerinin girilmesi (verilerin giriş aşaması).....	49
Şekil 4.21. Tüketim verilerinin girilmesi (veriler girildikten sonra)	50
Şekil 4.22. 3D Tasarım.....	51
Şekil 4.23. Çatı 1	51
Şekil 4.24. Çatı 2.....	52
Şekil 4.25. Genel görünüm.....	52
Şekil 4.26. Çatıda bırakılacak olan kenar boşlukları.....	53
Şekil 4.27. Panel montajının hesaplanması.....	53
Şekil 4.28. Montaj sisteminin düzenlenmesi.....	54
Şekil 4.29. Panel montajına ilişkin açısai ve uzunluk değeri.....	55
Şekil 4.30. Panel elektriksel verileri.....	55
Şekil 4.31. Panel akım ve gerilim karakteristikleri (standart test koşullarında).....	55
Şekil 4.32. Panel akım ve gerilim karakteristikleri (düşük ışıktaki).....	56

Şekil 4.33. Panele ilişkin diğer parametreler.....	56
Şekil 4.34. Panel ölçütleri.....	56
Şekil 4.35. Panel verim grafikleri.....	57
Şekil 4.36. Montaj sisteminin genel görüntüsü.....	57
Şekil 4.37. Çatıyı paneller ile kaplama.....	58
Şekil 4.38. 1. çatı panel montajı.....	58
Şekil 4.39. 2. çatı panel montajı.....	59
Şekil 4.40. 17 kW’lık evirici MPP 1 bağlantısı.....	60
Şekil 4.41. 17 kW’lık evirici MPP 2 bağlantısı.....	60
Şekil 4.42. 15 kW’lık evirici MPP 1 bağlantısı.....	60
Şekil 4.43. 15 kW’lık evirici MPP 2 bağlantısı.....	61
Şekil 4.44. 17 kW evirici konfigürasyonu	61
Şekil 4.45. 17 kW evirici elektriksel veriler.....	61
Şekil 4.46. 17 kW evirici elektriksel veriler ve MPP verileri.....	62
Şekil 4.47. 17 kW evirici verim değerleri.....	62
Şekil 4.48. 1. çatı panellerin evirici bağlantısı.....	62
Şekil 4.49. 15 kW evirici konfigürasyonu	63
Şekil 4.50. 15 kW evirici elektriksel veriler.....	63
Şekil 4.51. 15 kW evirici elektriksel veriler ve MPP verileri.....	64
Şekil 4.52. 15 kW evirici verim değerleri.....	64
Şekil 4.53. 2. çatı panellerin evirici bağlantısı.....	65
Şekil 4.54. Gölgeleme animasyonu saat 09.00 için.....	65
Şekil 4.55. Gölgeleme animasyonu saat 15.00 için.....	66

Şekil 4.56. 3D tasarım menüsü genel görüntüsü.....	66
Şekil 4.57. 1. çatı için alt menü görünümü.....	67
Şekil 4.58. 2. çatı için alt menü görünümü.....	67
Şekil 4.59. Panellerin bozulma grafiği.....	68
Şekil 4.60. 17 kW’lık evirici konfigürasyon durumu.....	69
Şekil 4.61. 15 kW’lık evirici konfigürasyon durumu.....	69
Şekil 4.62. Akü konfigürasyonu.....	70
Şekil 4.63. Akü şarj stratejisi.....	70
Şekil 4.64. Akü verileri.....	70
Şekil 4.65. Batarya evirici elektriksel verileri.....	71
Şekil 4.66. Batarya evirici verimi ve şebekeden bağımsız kullanım verileri.....	71
Şekil 5.1. PVSOL proje özeti.....	74
Şekil 5.2. FV sistemi yapı tüketimine ilişkin devre diyagramı.....	75
Şekil 5.3. Panellerin yerleşim planı (1. çatı).....	75
Şekil 5.4. Panellerin yerleşim planı (2. çatı).....	76
Şekil 5.5. Programda sistem çıktıları.....	76
Şekil 5.6. Tüketimli üretim tahmini.....	77
Şekil 5.7. Enerji akış diyagramı.....	77
Şekil 5.8. İki çatıya ait genel sonuçlar.....	78
Şekil 5.9. Eviriciler için üretim tahmini.....	78
Şekil 5.10. Eviriciler için performans oranı.....	79
Şekil 5.11. 1. çatı için ısıma eğrisi.....	79
Şekil 5.12. 2. çatı için ısıma eğrisi.....	80

Şekil 5.13. Üretilebilecek toplam enerji.....	80
Şekil 5.14. Her iki çatı için sıcaklık.....	81
Şekil 5.15. FV sisteminin üretebileceği enerji ve kullanılabilir enerji miktarı.....	81
Şekil 5.16. Tüketim değerlerine ilişkin grafik.....	82
Şekil 5.17. Batarya eviricileri tarafından sağlanan enerji.....	82
Şekil 5.18. FV sistemi enerji dengesi.....	83
Şekil 5.19. Çatılar için ısıma değerleri.....	83
Şekil 5.20. 17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	84
Şekil 5.21. 17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	84
Şekil 5.22. 15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	84
Şekil 5.23. 15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	85
Şekil 5.24. Eviricilere ilişkin enerji giriş verileri.....	85
Şekil 5.25. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için devre diyagramı.....	86
Şekil 5.26. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için sistem çıktıları.....	86
Şekil 5.27. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için enerji akış diyagramı.....	86
Şekil 5.28. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için çatılara ilişkin sonuçlar.....	87
Şekil 5.29. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için üretim tahmini.....	87
Şekil 5.30. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için eviricilere ilişkin üretim tahmini.....	88
Şekil 5.31. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için eviricilere ait performans oranı.....	88
Şekil 5.32. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için çatılara ait ısıma.....	89
Şekil 5.33. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için üretilebilecek topl.enerji.....	89
Şekil 5.34. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için çatılara ait sıcaklık.....	90

Şekil 5.35. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için FV sistemi enerji dengesi...	90
Şekil 5.36. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için ısıma değerleri.....	91
Şekil 5.37. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	91
Şekil 5.38. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	91
Şekil 5.39. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	92
Şekil 5.40. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler.....	92
Şekil 5.41. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için eviricilere ilişkin enerji giriş verileri.....	92

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	12
Çizelge 2.2. Güneş potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	12
Çizelge 2.3. FV sistem tasarımı yapılırken kullanılan bazı programlar.....	26
Çizelge 4.1. Günlük güneşlenme süreleri (saat).....	34
Çizelge 4.2. Günlük toplam global güneş radyasyonu (kWh/m ²).....	34
Çizelge 4.3. Günlük güneşlenme süreleri aylık ortalamaları.....	34
Çizelge 4.4. Tüketim verileri ve maliyetleri.....	37
Çizelge 4.5. Kurlar.....	72
Çizelge 4.6. Maliyet tablosu.....	73

ÖZET

HAKKÂRİ İLİ ÖRNEĞİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ BELİRLENMESİ VE EKONOMİK FİZİBİLİTESİ

Heraklitos'un da dediği gibi, "Güneş her gün yenidir", yenilenebilirdir. Güneş enerjisi potansiyeli, kolay ulaşılabilir, temiz ve sürekli bir kaynaktır. Günümüzde yoğun bir teknolojik ilerlemeye maruz kalan fotovoltaik sistemler de bunun bir neticesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Birçok yenilenebilir enerji kaynağı arasında bu denli kendini göstermeyi başaran güneş sistemleri, bu tez çalışmasının yapıldığı bölge olan Doğu Anadolu bölgesinin bir ili olan Hakkâri ilindeki, yüksek güneş enerjisi potansiyeli de göz önünde bulundurulduğunda, göz ardı edilemeyecek bir kaynaktır.

Bu çalışmada, Hakkâri ilinde bulunan bazı yapılara ait elektrik ihtiyacının tespit edilmesi ve bu gereksinimin fotovoltaik sistemlerden karşılanmasının amaçlanması durumunda sistemin üretebileceği elektrik enerjisi miktarının tespiti ve sistem gereksinimlerinin analizinin simülasyon programları kullanılarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. İlin yüksek güneş radyasyonu değerlerine sahip olması ve yaz aylarında ülke geneline bakıldığında saat bazında yüksek güneşlenme sürelerine sahip olması bu çabada etkili olmuştur. Çalışma kapsamında, simülasyonu yapılacak olan yapıya ilişkin sistem, temelde şebekeden bağımsız bir sistem olarak ve aynı zamanda karşılaştırabilmek amacıyla aynı yapının şebekeye bağlı olduğu durumda göz önünde bulundurularak, sistemin kurulumu için gerekli olan hesaplamalar ve tasarımlar yapılacak olup, ayrıca ekonomik olarak uygulanabilirliği belirlenecektir. Bu hesaplamaların yanı sıra tasarım ve simülasyon işlemleri, güneş sistemlerinin kapsamlı bir şekilde incelenmesine olanak sağlayan ve geniş bir skalada veritabanı ve analiz imkanlarına sahip olan PVSOL programında, yapının ve sistemin 3D tasarımı da ele alınarak gerçekleştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Güneş Sistemleri, Güneş Panelleri, PVSOL, Ekonomik Fizibilite, Fotovoltaik Sistemler, Simülasyon, Hakkâri

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL AND ECONOMIC FEASIBILITY FOR HAKKÂRÎ PROVINCE SAMPLE

As Heraclitus said, "The sun is new each day." and renewable. Solar energy potential is an easily accessible, clean and continuous resource. Photovoltaic systems, which are subject to an intense technological progress these days, have emerged as a result of this. Solar systems that have managed to stand out so much among many renewable energy sources, are a resource that cannot be ignored, considering the high potential of solar energy in Hakkari, a province of the Eastern Anatolia region where the study will be conducted.

In this study, it is aimed to determine the electricity demand of some buildings in Hakkari province and to meet this requirement from photovoltaic systems, to determine the amount of electrical energy that the system can produce and to analyze the system requirements using simulation programs. The fact that the province has high solar radiation values and that it has high sunshine duration as an hourly basis in the summer months in the country has been effective in this effort. Within the scope of the study, the system related to the structure to be simulated is basically a off-grid system and at the same time, considering the same structure is on-grid system in order to compare, the necessary calculations and designs for the installation of the system will be made, also its economical applicability will be determined. Besides to these calculations, the design and simulation processes will be carried out by considering the 3D design of the structure and the system in the PVSOL program, which allows a comprehensive examination of solar systems and has a wide range of database and analysis facilities.

KeyWords: Renewable Energy, Solar Systems, Solar Panels, PVSOL, Economic Feasibility, Photovoltaic Systems, Simulation, Hakkari

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Zarife Sibel ŞAHİN'e, sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.



Semih TOPSAKAL

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşamımızın en önemli parçası olan enerji, evlerden işyerlerine, küçük sanayiden ağır sanayiye, kamu kurumlarından özel kuruluşlara kadar bütün alanlarda, tüm cihaz ve aygıtların çalışabilmesi için gerekli olan yegane şeydir. Teknik tanımıyla enerji, maddelerin iş yapabilme yeteneğine denir. Doğada birçok farklı şekilde yeralan enerji, yaygın olan birkaç türden oluşur. Bunlardan bazıları şu şekilde açıklanabilir; mekanik enerji, hem potansiyel hem kinetik enerjiyi bir arada barındıran sistemlerin geneline denebilir; elektrik enerjisi, maddelerde bulunan serbest elektronların elektriksel potansiyel fark altında oluşturdukları hareket sayesinde oluşan enerji türü; nükleer, atom çekirdeklerinin tepkimesi sonucu elde edilen enerji türü; kimyasal, farklı yapıdaki maddelerin kimyasal reaksiyona girmeleriyle oluşan enerji türü; manyetik, maddelerdeki elektronların hareketi dolayısıyla ortaya çıkan manyetik kuvvetin kaynak olduğu enerji türüdür.

Dünya genelinde kullanılan neredeyse tüm cihazların çalışması için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu enerji, alternatif ya da doğru akım elektrik enerjisi şeklinde bulunabilir. Bir kaynağa bağlı kalmadan bağımsız olarak kullandığımız bütün cihazlar ise elektrik enerjisinin depolanabildiği doğru akım prensiplerine göre çalışır. Fakat temelde üretilen enerji istisnai bazı durumlar(güneş panelleri) haricinde çoğunlukla alternatif olarak üretilip doğru akıma dönüştürülerek tüketilir. Üretililecek olan elektrik enerjisi, genelde dünyada ve ülkemizde şu kaynaklardan: akarsu, kömür, atık ısı, baraj, biyokütle, doğalgaz, fuel oil, güneş, jeotermal, linyit, lng, motorin, rüzgar vb. üretilmektedir. Artık günümüzde çok yüksek miktarlarda enerji tüketiminin olması, büyük çoğunluğunun fosil yakıtlardan elde edilerek tüketildiği elektrik enerjisi için, bu kaynakların gerek çevreye verdikleri zararlardan gerekse kaynakların sınırlı olması ve zaman içerisinde tükenebilecek olması durumundan dolayı alternatif, temiz, sürekli ve yenilenebilir kaynak arayışına toplumları itmiş ve bu kaynakları zaman içerisinde kullanmaya mecbur bırakmıştır. Şekil 1.1’de, 2018 ve 2019 tahminlerine göre toplamda 219 ülke arasından ilk 25 ülke bazında elektrik tüketimleri görülmektedir.

 China	7,225,500
 United States	3,989,566
 India	1,547,000
 Russia	965,156
 Japan	902,842
 Brazil	597,234
 Canada	549,263
 Korea, South	527,035
 Germany	524,268
 France	449,422
 Saudi Arabia	322,372
 United Kingdom	300,520
 Italy	297,150
 Mexico	267,910
 Taiwan	237,557
 Spain	241,563
 Australia	241,020
 Indonesia	263,139
 Iran	254,724
 Vietnam	216,994
 South Africa	210,304
 Turkey	251,376
 Thailand	185,852
 Egypt	150,579
 Ukraine	128,806

Şekil 1.1. Ülkelerin enerji tüketimleri (GWh/yıl)(Wikipedia, 2021)

Görüldüğü üzere, birinci sırayı yıllardır bırakmayan Çin'in peşinden ABD ve Hindistan gelmekte, bu ülkeler nüfusları yoğun olan ülkelerdir ve kişi başı düşen tüketimleri de yüksektir. Ülkemiz Türkiye bu listede kendine 251.376 GWh/yıl ile 22. sıradan yer bulmaktadır. Şekil 1.2'ye bakıldığında ise, 2018 ve 2019 tahminlerine göre toplamda 219 ülke arasından ilk 25 ülke bazında elektrik üretimleri görülmektedir.

 China	7,503,400
 United States	4,401,300
 India	1,558,700
 Russia	1,118,100
 Japan	1,036,300
 Canada	954,400
 South Korea	794,300
 Brazil	688,000
 Germany	648,700
 France	574,200
 Saudi Arabia	383,800
 UK	333,900
 Mexico	332,100
 Iran	310,800
 Turkey	302,500
 Italy	290,600
 Spain	275,000
 Taiwan	273,600
 Indonesia	267,300
 Australia	261,400
 South Africa	256,000
 Vietnam	212,900
 Egypt	200,000
 Thailand	177,600
 Poland	170,100

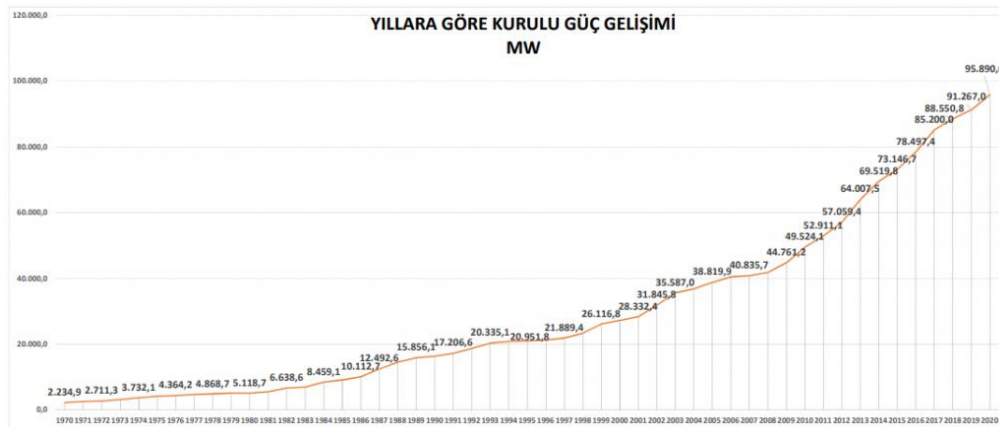
Şekil 1.2. Ülkelerin enerji üretimleri (GWh)(Wikipedia, 2021)

Üretim sıralamasına bakıldığında ise, yine birinci sırayı yıllardır bırakmayan Çin'in peşinden ABD ve Hindistan gelmekte, tüketimleri yüksek olan bu ülkelerin üretimleri de ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkemiz Türkiye bu listede kendine 302.500 GWh ile 15. sıradan yer bulmaktadır. İki liste karşılaştırıldığında, Türkiye için üretim ile tüketim arasında yaklaşık olarak 7 sıra fark bulunmaktadır ki, bu ülkemiz açısından sevindirici bir kriterdir. Buna bağlı olarak ülkemizde, TEİAŞ verilerine göre Aralık 2020 dönemi baz alındığında, kurulu güç değeri, 95.890,6 MW seviyesindedir. Şekil 1.3'de Türkiye kurulu gücü ve Şekil 1.4'de bu gücün yıllara göre değişimi gösterilmektedir. Adet olarak en fazla santral sayısına sahip olan ilk 4 birincil kaynak ise şöyledir:

- 7.518 adet Güneş Enerjisi Santralleri (6.667,4 MW),
- 710 adet Hidroelektrik Enerji Santralleri (30.983,9 MW),
- 343 adet Doğal Gaz Kombine Çevrim Santralleri (25.672,9 MW)
- 332 adet Rüzgâr Enerjisi Santralleri (8.832,4 MW)

BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	577	8.058,9
ASFALTIT KÖMÜR	1	405,0
ATIK ISI	83	369,1
BARAJLI	133	22.925,0
BİYOKÜTLE	275	1.115,6
DOĞAL GAZ	343	25.672,9
FUEL OİL	11	305,9
GÜNEŞ	7.518	6.667,4
İTHAL KÖMÜR	15	8.986,9
JEOTERMAL	60	1.5618,2
LİNYİT	47	10.119,9
LNG	1	2,0
MOTORİN	1	1,0
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	332	8.832,4
TAŞKÖMÜR	4	810,8
TOPLAM	9.402	95.890,6

Şekil 1.3. Türkiye kurulu gücü (TEİAŞ, 2020)



Şekil 1.4. Yıllara göre kurulu gücün değişimi (TEİAŞ, 2020)

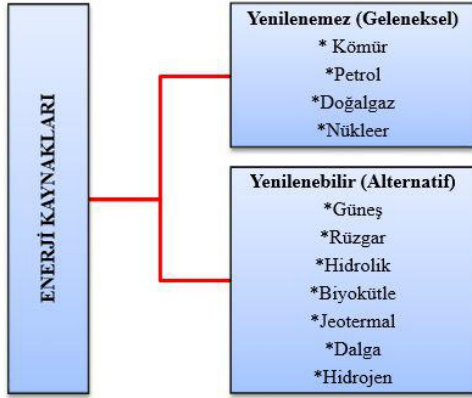
Ülkemizdeki adet bazında santral kaynağına bakıldığında, yenilenebilir olan güneş enerjisini görmek ülkemiz açısından sevindirici ve önemli bir durumdur. Buna bağlı olarak, yapılan bu çalışmada, son yıllarda popüler olan güneş sistemlerine ilişkin bir araştırma gerçekleştirilmiş olup, bu kaynakla alakalı bazı teorik ve teknik hesaplama, simülasyon ve inceleme gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışma, Doğu Anadolu bölgesinde bulunan Hakkâri ilindeki bir yapıda gerçekleştirilmiştir. Bölgenin güneş radyasyonunun ve genel güneşlenme süresinin yüksek oluşu, bölgede bu alanda yapılan çalışma sayısındaki kıtlık ve yapılacak olan bu çalışmanın bölge bazında ileride yapılabilecek olan diğer çalışmalara referans kaynağı olabileceği göz önünde bulundurularak, gerekli hesaplamalar, araştırmalar ve incelemelerle birlikte, PVSOL simülasyon programı kullanılarak bölgedeki seçilmiş olan yapının elektriksel ihtiyaç ve tüketimi kullanılarak, güneş paneli sistemlerinin uygulanabilirliği ve ekonomik fizibilitesi gerçekleştirilmiştir. Böylece, uygulamaya geçmeden önce kurulabilecek olan sistemin, performans oranı, verimi, kurulum maliyeti gibi birçok faktör ele alınıp uygulamalarda referans olarak kullanılabileceği ortaya konmuş olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Enerji Kaynakları

İlk olarak enerji kaynaklarına değinmeden, enerji kavramını ele almamız gerekir. Enerji, temelde bir sistemin iş yapma olabilesi, kapasitesi olarak tanımlanabilir. Dünyada bulunan enerji kaynakları temelde ikiye ayrılmaktadır; yenilenebilir ve yenilenemez. Basit bir tanımlamayla, yenilenemez kaynaklar doğada bulunup değişime uğramadan varlıklarını sürdürürken tükenebilen, yenilenebilir kaynaklar ise yenilenemez kaynakların aksine zamanla tükenmeyen, sürekliliği olan kaynaklardır. Şekil 2.1’de enerji kaynaklarının dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Enerji kaynakları (Kutluca, 2020)

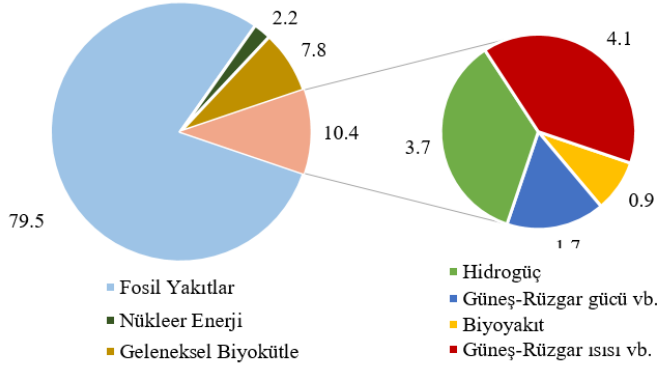
Ayrıca bu kaynaklar, birincil ve ikincil olarak sınıflandırılabilen olup, bu sınıflandırmada geniş bir yelpaze içerisinde yapılabilmektedir.

Birincil kaynaklar (Sugözü, 2005):

- ❖ Petrol
- ❖ Taş kömürü
- ❖ Linyit kömürü
- ❖ Elektrik
- ❖ Kok-Briket
- ❖ Havagazı
- ❖ Doğalgaz
- ❖ Odun
- ❖ Tezek
- ❖ LPG(Liquified Petroleum Gas)

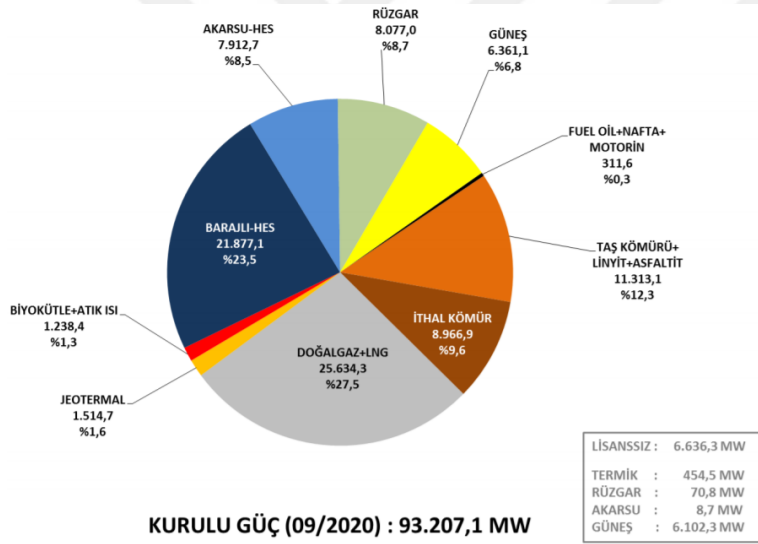
İkincil kaynaklar (Sugözü, 2005):

- ❖ Hidrolik enerji
- ❖ Nükleer enerji
- ❖ Jeotermal enerji
- ❖ Güneş enerjisi
- ❖ Rüzgar enerjisi
- ❖ Biogaz
- ❖ Gelgit enerjisi



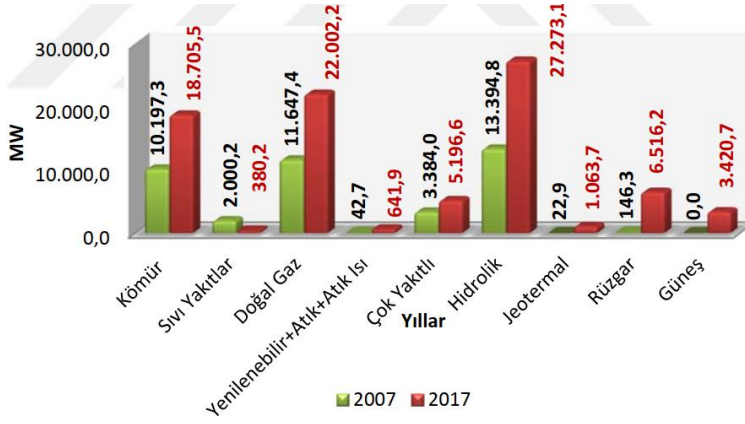
Şekil 2.2. Dünya bazında enerji kaynakları kullanımı (Aslan, 2019)

Şekil 2.2'deki gibi, dünyada 2016 yılına ait bu dağılımda tüketimin %79.5'inin fosil yakıtlardan, %18.2'si yenilenebilir kaynaklardan, %2.2'si ise nükleer kaynaklardan elde edilmiştir (Aslan, 2019).



Şekil 2.3. 2020 Eylül ayı baz alınarak Türkiye'deki elektrik üretimi (EMO, 2021)

Şekil 2.3'de de görüldüğü üzere, ülkemizde elektrik üretimine ilişkin dallanmalar geniş bir skaladadır. Büyük çoğunluğu, kömür, HES(Hidroelektrik santrali), linyit, doğalgaz gibi unsurlar oluşturmakta ve güneş sistemleri yeterli seviyede kendine yer bulamamaktadır.



Şekil 2.4.2007-2017 yıllarına göre birincil kaynakların ülkemizdeki değişimi (Gezer, 2019)

Şekil 2.4’de görüldüğü üzere, 2007-2017 yılları arasına bakıldığında, ülkemizdeki enerji ihtiyacının ne denli yükselişte olduğu ve bununla beraber, sıfır düzeyinde olan güneş sistemlerinin yavaş yavaş kendine yer bulmaya başladığı görülmektedir.

2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

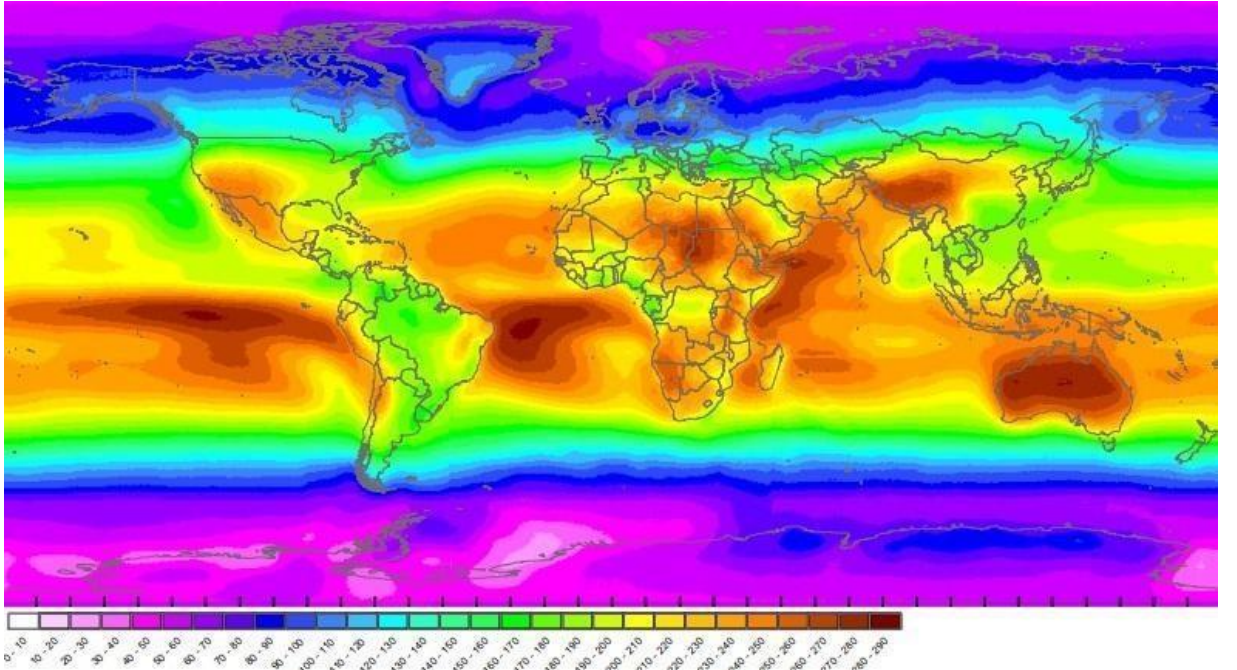
Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekliliğiyle doğal süreçlerdeki var olan enerji oluşumundan elde edilen enerjilerdir. Temelde, bu kaynaklar, enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi olarak tanımlanır (Grozdev, 2010). Çevreye diğer kaynaklara göre çok az seviyede zarar veren bu kaynaklar, birçok alanda farklı uygulamalara sahiptir. Çevre kirliliğini minimum düzeyde tutan bu kaynaklar, aynı zamanda farklı birçok alanda yeni iş alanları ve fırsatları oluşturmaktadır. Günümüzde, ülkeler çevresel faktörleri göz ardı ederek, yenilenebilir olan bu kaynakları, kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ön plana çıkararak bağımlı olunan kaynaklardan vazgeçerek, temiz enerji üretim payını tüm dünyada arttırmaya çalışmaktadırlar.

2.1.1.1. Güneş Enerjisi

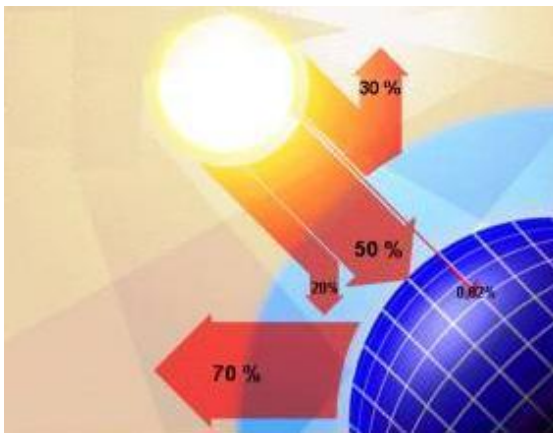
Güneş, dünyamız için doğal enerjinin büyük bir kısmını karşılayan en temel kaynaklardan biridir. Kütlesi sıcak gazlardan oluşur ve ısı-ışık olmak üzere radyasyon yayar. Dünya'nın çapının yaklaşık 109 katına (1,5 milyon km), hacminin ise yaklaşık 1,3 milyon katına ve kütlesinin 333 bin katına sahiptir. Yüzey kütlesinin %74'ünü ve hacminin %92'sini

hidrojen oluşturur, kütleinin %24-25'ünü ve hacminin %7'sini ise helyum ile Fe, Ni, O, Si, S, Mg, C, Ne, Ca ve Cr gibi diğer elementler oluşturur (Wikipedia, 2021).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde oluşan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi füzyonu sonucu açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, fakat yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferdeki kırılmalardan dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir (Aksangör, 2019). Şekil 2.5 ve 2.6 dünyaya gelen güneş ışınları ve radyasyonu ile alakalıdır.



Şekil 2.5. Yeryüzüne ulaşan yıllık ortalama güneş radyasyonu (Ceylan, 2017)



Şekil 2.6. Dünyaya gelen güneş ışınları ve yansıma oranları (Ceylan, 2017)

Atmosfer tarafından %30'u yansıtılan güneş ışınlarının, %20'si atmosfer ve bulutlarda soğurken, yalnızca %50'si dünyaya ulaşmaktadır.

Güneş enerjisi sistemleri, yöntem, malzeme ve teknolojik bakından çok çeşitlilik göstermekle birlikte ısı ve fotovoltaiik teknolojiler olmak üzere iki temel gruba ayrılabilir. Isıl sistemlerinde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilceğı gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Fotovoltaiik sistemlerde ise fotovoltaiik modüller olarak adlandırılan yarı iletken malzemeler güneş ışınlarını doğrudan elektrige çevirirler (Aksangör, 2019).Tükenmez, ücretsiz ve çevre dostu olmasından dolayı bu enerji türü son yıllarda büyük rağbet görmüştür.

Güneş enerjisinin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Çağan, 2018):

- ❖ Güneş enerjisi temiz, süreklilik gösteren bir enerji türüdür.
- ❖ Güneş enerjisi, temiz bir enerji türüdür. Çevreye zararlı bir salınım yapmaz.
- ❖ Güneş, dünyadaki bütün konumlarda faydalanabilecek bir enerji türüdür, böylece ülkelerden bağımsızdır. Bununla birlikte ülkelerin dışa bağımlılığı bitecektir.
- ❖ Güneş enerjisinin hiçbir ulaştırma maliyeti yoktur.
- ❖ Güneş enerjisinin verim farklılıklarını oluşturan şey bölgelerin konumlarıdır, güneş radyasyonunun çok olduğu yerlerde verim yüksek, az olduğu yerlerde ise verim düşüktür, yani her yerde güneş enerjisinden faydalanılabilmektedir.
- ❖ Güneş enerjisi şebekeden bağımsız olduğu süreçte, oluşabilecek birçok olumsuzluğun etkisinde kalmaz. Örneğin, elektrigin iletimine ilişkin problemler gibi.

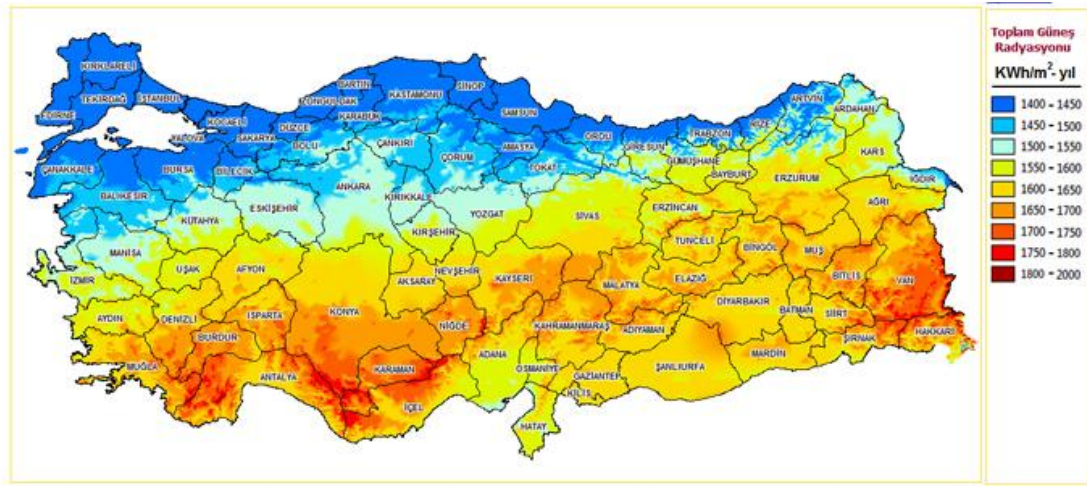
Güneş enerjisinin dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir (Çağan, 2018):

- ❖ Güneş enerjisi yoğunluğu düşüktür ve yoğunluk sürekliliğı yoktur. Güneşin ışınlarının dik ulaşmadığı zamanlarda, verim düşmekte, ihtiyaçlar zaman zaman karşılanamamaktadır. Bu yüzden şebeke bağımsız sistemlerde, depolama sistemleri gerekmektedir.
- ❖ Güneş enerjisi sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri hala çok yüksektir.
- ❖ Güneşten gelen enerji miktarı isteğe bağılı değildir ve kontrol edilemez, birçok hava durumundan etkilenebilir ve bu elde edilecek olan enerji miktarını düşürür.
- ❖ Enerji arzı ve talebi arasında zaman oluşabilir. Güneş enerjisinin sağladığı enerjinin fazla olduğu durumlarda ya daha sonra kullanılmak üzere depolanması gerekir ya da şebekeye satılması gerekir, diğer durumda üretilen enerji kaybolacaktır. Enerji

depolanması, birçok farklı mühendislik, hesaplama ve bunlara bağlı bazı sorunlar oluşturur.

2.1.1.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye, 36°-42° Kuzey paralelleri ile 26°-45° Doğu meridyenleri arasında ekvatorun kuzeyinde, başlangıç meridyeninin doğusunda ve orta kuşakta kalan bir ülkedir. Şekil 2.7’de Türkiye’nin tüm bölgelerdeki güneş radyasyon değeri yani güneş potansiyeli görülmektedir. Bu potansiyel, Türkiye’nin konumu itibariyle çevre ülkelere ve Avrupa’ya göre çok yüksektir.



Şekil 2.7. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası

Harita incelendiğinde, potansiyelin en yüksek olduğu bölgeler, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgeleridir. Çalışmanın yapılacağı il olan Hakkâri’de, bu bölge sınırları içinde yer alarak yüksek potansiyele sahiptir. Şekil 2.8’de ise Türkiye’deki ortalama güneşlenme süreleri görülmektedir.



Şekil 2.8.Türkiye’deki ortalama güneşlenme süreleri

Harita incelendiğinde, günlük güneşlenme süresinin yüksek olduğu bölgelerin, Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu olduğu görülmektedir. Kuzeye doğru çıkıldıkça azalan güneşlenme süresi, fotovoltaik sistemler için önemli bir unsurdur. Modüllerden üretilen enerji, gün bazında doğrudan bu süreyle ilişkili olduğundan, güneşlenme sürelerinin yüksek olduğu iller, potansiyel açısından tercih sebebi olmaktadır. Ayrıca Çizelge 2.1 ve 2.2 de bu tezi desteklemektedir.

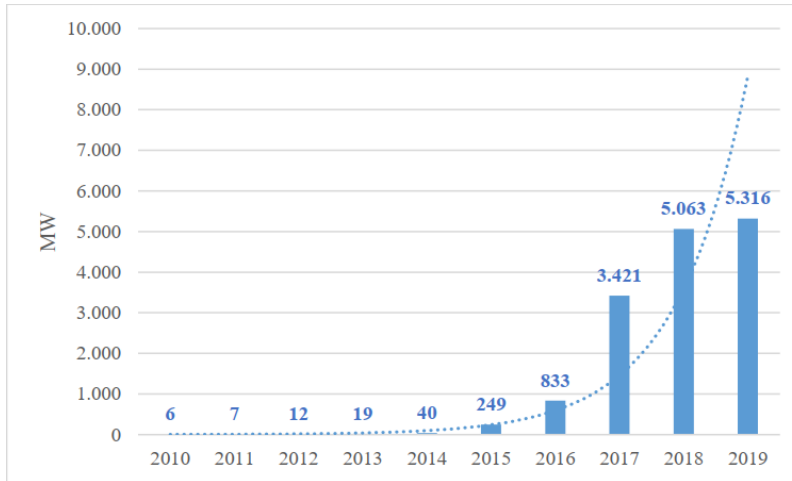
Türkiye'nin coğrafi konumuyla sahip olduğu avantaj birçok ülkeye göre fazladır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık 170 milyon MW enerji geldiği düşünüldüğünde, ülkemizin yıllık enerji üretiminin ise 100 milyon MW olmasıyla ilişkili olarak, güneşin saniyede sağladığı enerji miktarı tüm dünya bazında, yaklaşık olarak 1.7 katıdır. Yaklaşık olarak 2640 saat güneşlenme süresi ve ortalama 1311 kWh/m²-yıl güneş radyasyonuna sahip olan ülkemizde, gerekli destekler ve uygulamalar ortaya konulduğu varsayıldığında, 1100 kWh/m² gibi bir değerde enerji üretimi olabileceği düşünülebilir. Çizelge 2.1 ve 2.2’de güneş potansiyeli ile alakalı veriler bulunmaktadır.

Çizelge 2.1. Aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (Çağan, 2018)

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi (kWh/m ² -ay)	Güneşlenme süresi (saat/ay)
Ocak	51,75	103,0
Şubat	63,27	115,0
Mart	96,65	165,0
Nisan	122,23	197,0
Mayıs	153,86	273,0
Haziran	168,75	325,0
Temmuz	175,38	365,0
Ağustos	158,40	343,0
Eylül	123,28	280,0
Ekim	89,90	214,0
Kasım	60,82	157,0
Aralık	46,87	103,0
Toplam	1311	2640
Ortalama	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Çizelge 2.2. Güneş potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (Çağan, 2018)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
G.Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971



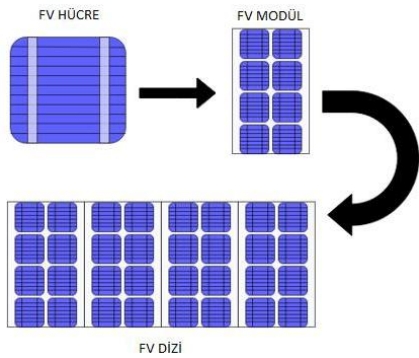
Şekil 2.9. Yıllara göre Türkiye’deki kurulu güneş gücünün değişimi (Kınalı, 2019)

Şekil 2.9’da Türkiye’deki kurulu gücün yıllara göre değişimi görülmektedir. Yıllara göre Türkiye’deki kurulu güneş gücünün değişimi incelendiğinde, 2014 yılından itibaren bir ivmelenme olduğu gözükmemektedir. Bunun sebebi ise, ülkemizde on-grid GES(Güneş enerji

santrali)’lerde kurulu güç verileri kayıt altına alınmaktadır. 2017 yılı ise, ülkemizdeki yatırımlarındaki en büyük artışın olduğu yıl olmuştur.

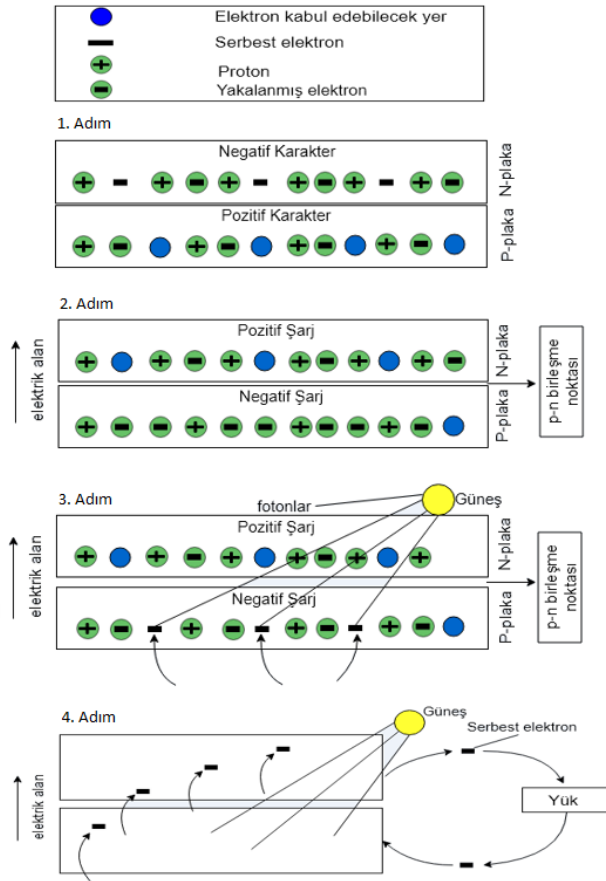
2.1.1.3.Fotovoltaik Sistemler

Fotoelektrik etkiyi ilk olarak fizikçi Edmund Bequerel, 1839 yılında bazı materyallerin ışığın altında azda olsa elektrik akımı ürettiğini keşfetmiştir. İlk fotovoltaik modül ise Bell laboratuvarlarında yapılmıştır. Bazı maddeler ışık fotonlarını emerek elektronları serbest bırakan bir özelliğe sahiptir ve bu elektronlar yakalandığında elektrik akımı oluşmaktadır, yani ışığın atom seviyelerinde doğrudan doğruya elektriğe dönüşümüne fotovoltaik denmektedir. Güneş pilleri diğer birçok elektronik sektöründe kullanılan silikon gibi yarı-iletken malzemelerden üretilmektedir. Işık enerjisi güneş piline çarptığında iletkenler pozitif ve negatif tarafa bağlı olduğunda bir elektrik devresi oluşacak ve akım meydana gelecektir (Özyiğit, 2019). Şekil 2.10’da fotovoltaik dizi oluşumu gösterilmektedir.



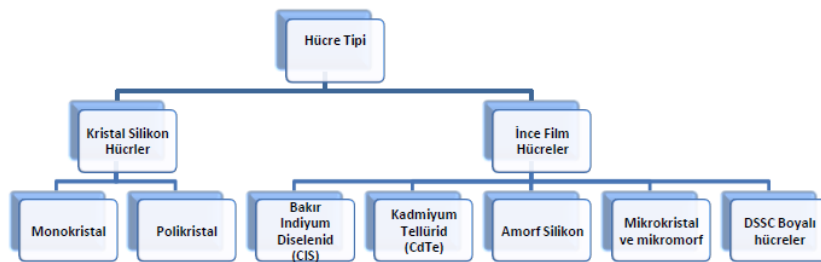
Şekil 2.10. FV dizi oluşumu (Özyiğit, 2019)

Fotovoltaik kelimesi ışık anlamına gelen “photo” ve gerilim üreten anlamına gelen “voltaic” sözcüklerinden meydana gelir. Işıktan elektrik üretimi anlamına gelen fotovoltaik etki, yarı iletken malzemeler olan fotovoltaik piller ile güneşten gelen ışınının direkt olarak elektriğe dönüştürülmesine dayanmaktadır (Aksangör, 2019).



Şekil 2.11. FV ışık-elektrik dönüşümü (Özyiğit, 2019)

Şekil 2.11’de fotovoltaiik ışık-elektrik dönüşümü görülmektedir. Fotovoltaiik hücreler kristal silikon hücreler ve ince film hücreler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Kristal silikon hücreler pazarın neredeyse %90’ını karşılamaktadır (Girgin, 2011).

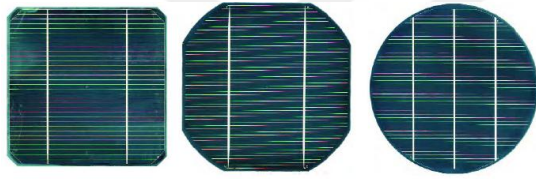


Şekil 2.12. FV hücre tipleri (Girgin, 2011)

Kristal silikon yapıli hücrelerin en önemli ham maddesi silisyumdur. Silisyumun en önemli özelliği, atomunun optik, elektriksel ve yapısal özelliklerinin uzun süre değişmemesidir. Zaten saf kristal üretimi oldukça zor ve pahalıdır. Silisyum yeryüzünde en çok bulunan

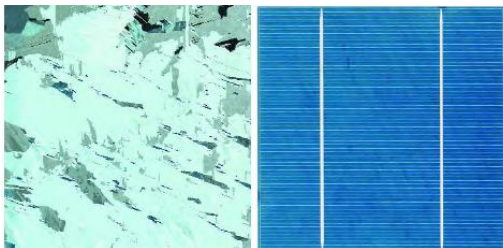
elementlerden biri olmasına rağmen işlenmesi gerekmektedir. Elektronik uygulamalar için gerekli saflığa erişebilmesi için metalürjik silikonun saflığı artırılmaktadır. Yüksek kalite ve saflıktaki silikon, güneş hücrelerinin üretiminde kullanılmaktadır (Girgin, 2011). Kristal silikon yapıları hücreler temelde monokristal ve polikristal olmak üzere ikiye ayrılırlar. Şekil 2.12’de fotovoltaiik hücre tiplerine ilişkin şema gözükmeğektir.

Monokristal silikon hücreler, üretim tekniğı açısından, en eski ve pahalı olmasına karşın en yüksek verimlilik değeerlerine ulaşan türdür. Piyasada %20 verimlilik seviyelerine ulaşabilen paneller bulunmakta ve yüksek verimlilikten dolayı daha çok tercih edilmektedir. Monokristal hücrelerin yapıları homojendir ve renkleri karakteristik olarak koyu maviden siyaha doğru değışir. Monokristal hücreler farklı boyutlara sahip olabilirler. Ayrıca şekilleri de dairesel, kare ve yarı köşeli olabilir (Girgin, 2011). Şekil 2.13’de monokristal hücre gözükmeğektir.



Şekil 2.13.Monokristal hücre (Girgin, 2011)

Polikristal hücrelerin, monokristallere göre daha ucuz olmasının ve verimliliğinin daha az olmasının nedeni silikonun yapıma biçimidir. Erimiş silikon tek bir kristale dönüştürölmek yerine bir kalıbın içine dökölür. Kristal yapının bir çekirdek kristali kullanılarak sıvı silisyumun soğumasına izin verilerek kolaylıkla sentezlenebilir. Döküm işleminin sırasında, silikon parçalar eritilir ve daha sonra bir külçe oluşturulmak üzere grafit kalıpta oluşturulur. Polikristal hücrelerin düşük maliyet oranları bulunmaktadır. Fakat monokristal hücrelere göre verimlilikleri düşüktür. Ayrıca kırılğandır ve montajı zordur (Dağı, 2018). Şekil 2.14’de polikristal hücre gözükmeğektir.



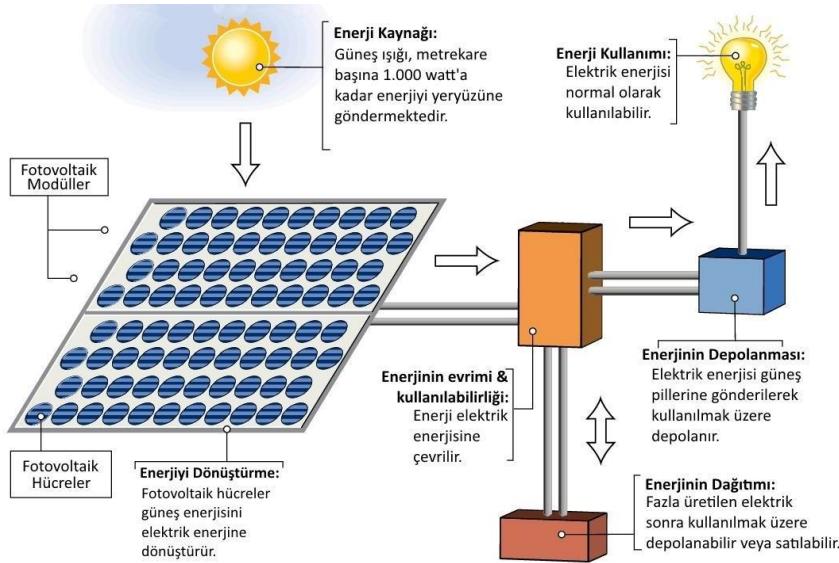
Şekil 2.14.Polikristal hücre (Girgin, 2018)

İnce film hücreler, fotovoltaik alanda en az kullanılan türdür. Güneşten gelen ışınımı soğurma oranı fazladır fakat verimlilikleri çok düşüktür. İnce film güneş hücreleri bağlantı gerektirmeyecek şekilde düz olarak tasarlanmıştır. İnce film fotovoltaik hücrelerin maliyetleri düşüktür. Verimlilikleri ise %7 ile % 11 arasında değişmektedir. Verimlerinin düşük olması sebebiyle, istenilen miktarda enerji üretebilmeleri için diğer hücrelere göre daha fazla alana yerleştirilmeleri gerekmektedir (Aksangör, 2019). Şekil 2.15’de ince film hücre yapısı görülmektedir. İnce film fotovoltaik hücre yapımında kullanılan malzemelerden bazıları (Aksangör, 2019):

- ❖ Amorf silikon
- ❖ Kadmiyum tellür
- ❖ Bakır indiyum selenid
- ❖ Bakır indiyum galyum diselenid



Şekil 2.15. İnce film hücre



Şekil 2.16. Fotovoltaik modüllerin basitçe çalışma sistemleri (Keskin, 2019)

Fotovoltaik modüllerde üretilen doğru akım elektrik enerjisi, eviriciler yardımıyla alternatif akıma çevrilir. Şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olarak ikiye ayrılan bu sistemlerde, temel fark şebekeden bağımsız sistemlerde üretilen enerjinin depolanmasına dayanır. Batarya sistemler, aküler, şarj kontrol cihazları, akü eviricileri gibi faktörler, şebekeden bağımsız sistemleri oluşturan diğer faktörlerdir. Şebeke bağımlı sistemlerde ise, en önemli faktör, sistemin şebekeye bağlı olmasıyla üretilen fazla enerjinin şebekeye satılabilmesi ve gerektiğinde yani sistemin modüllerden beslenemediği durumlarda, şebekeden elektrik enerjisi tüketerek döngüsünü devam ettirmesine dayanır. Ayrıca, şebekeye bağlı bazı sistemlerde de batarya sistemleri ve jeneratör kullanılabilir bu da alternatif bir sistem yaklaşımıdır. Şekil 2.16’da fotovoltaik modüllerin çalışma prensipleri görülmektedir.

On-Grid (Şebekeye Bağlı) Sistemler

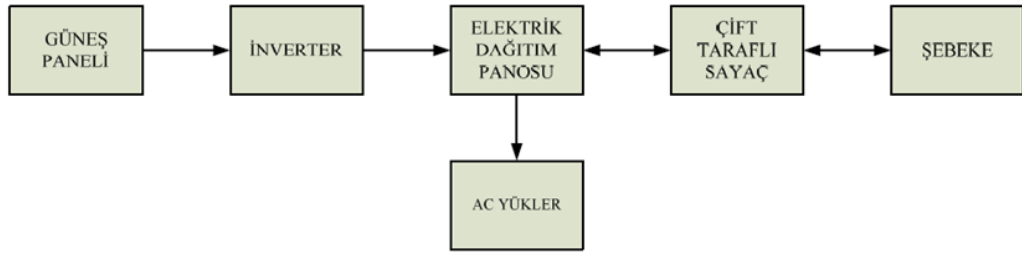
Şebekeye bağlı güneş sistemlerinin temeldeki farkı, şebekeden bağımsız sistemlerde bulunan akü grubunun olmamasıdır. Yani güneş panellerinin ürettiği fazla enerji depolanmaz ve şebekeye verilir. Yeterli enerji üretilmediği zaman ise şebekeden enerji alınır. Üretilen ve kullanılmayan fazla enerjinin şebekeye aktarılması için uygun eviricinin olması gerekir (Alkan, 2014). Şekil 2.17’de on-grid sistem yapısı görülmektedir.

Şebekeye bağlı üretim yapan sistemlerde, depolama ünitesine gerek duyulmaz. Şebekeye bağlı sistemlerde ihtiyaç halinde eğer depolama birimi kullanılmışsa, depolama biriminde depolanan enerjiyi evirici vasıtasıyla alternatif akıma dönüştürerek şebekeye enerji aktarabilir veya hava koşullarından kaynaklanan nedenler gibi enerji üretiminin yetersiz olduğu durumlarda gerek duyulursa şebeke üzerinden bu enerjiyi evirici vasıtasıyla doğru akıma dönüştürerek depolayabilir. Çift yönlü sayaç kullanılarak tüketim talebinin olduğu yerlerde farklı ekipman ve cihazlar enerjilendirilebilir (Ceylan, 2017). Şebeke bağlantılı sistemler, yüksek güçte santral boyutunda kurulabileceği gibi evsel ihtiyaç için daha küçük güçlü kurulumlarda gerçekleştirilebilir.

Bu sistemlerin bazı avantajları (TEKNİKSOLAR, 2021):

- ❖ Sistemde akü gibi depolama birimleri kullanılmayacağı için depolama için ayrıca ek bir maliyet olmaz.

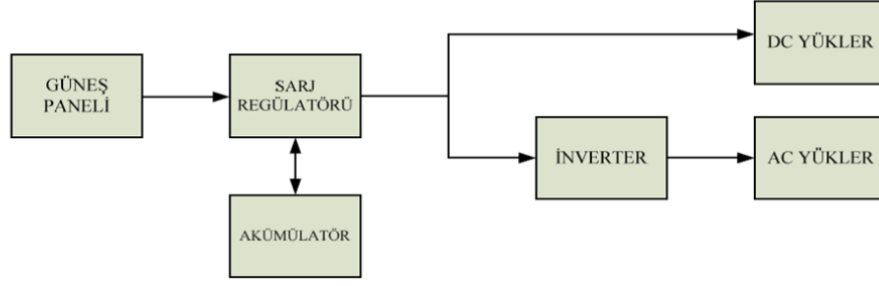
- ❖ Sisteme yakın yerlerde tüketim olacağı ve depolama olmadığı için enerji çevriminin daha az olmasından dolayı kayıp minimum miktarda olacaktır.
- ❖ Üretilen enerji şebekeye bağlı olduğu için aynı zamanda üretilen enerji yetmediğinde şebeke devreye girecek ve enerji eksiksiz olarak yükü besleyecektir.
- ❖ Sistem tasarımı yapılırken, yükün tamamını karşılanması gibi bir zorunluluk olmadığı için istenilen miktara ya da alana göre tasarım yapılabilme esnekliğine sahiptir.
- ❖ Alan yeterli olduğu takdirde sistem kurulu gücü artırılabilir.



Şekil 2.17. On-grid sistem yapısı (Alkan, 2014)

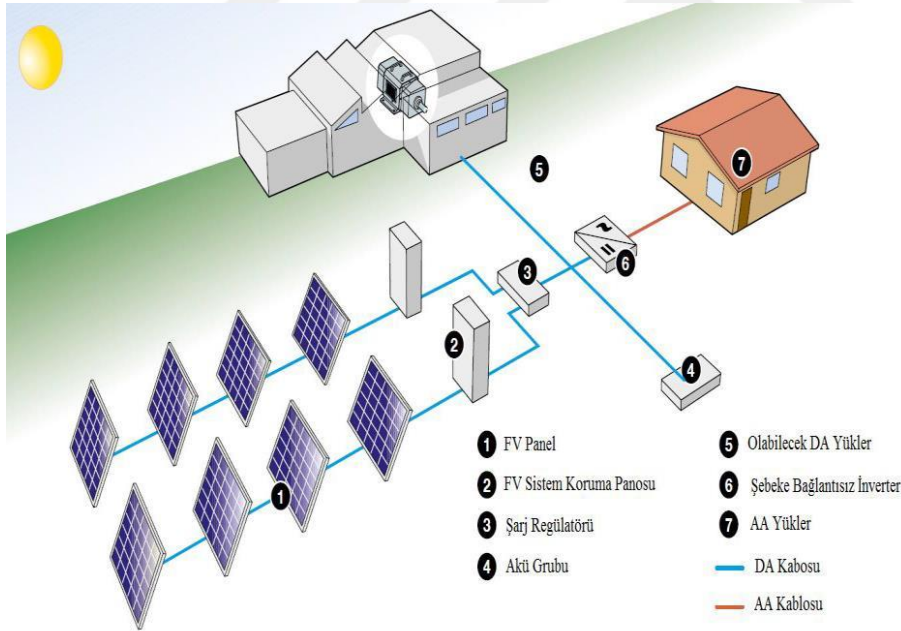
Off-Grid Sistemler (Şebekeden Bağımsız)

Şebekeden bağımsız sistemler genellikle şebekeye erişimin zor olduğu, yerleşim yerlerinden uzak ve şebeke bağlantısının mümkün olmadığı bölgelerde farklı birçok enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılırlar. Genelde müstakil ev ihtiyacı gibi küçük kurulu güç gerektiren durumlarda kullanılırlar. Genel olarak güneş paneli, şarj kontrol cihazı, batarya sistemi, batarya eviricisi ve şebeke eviricisinden oluşmaktadır. Bu sistemlerde güneş panellerinden elde edilen enerji güneş panellerinin enerji üretmediği zamanlarda kullanılmak üzere batarya sistemlerinde depolanır ve güneş panellerinde üretilen elektrik enerjisi akülerde evirici ya da şarj kontrol cihazı sayesinde depolanır. Şarj kontrol cihazı genelde yeni tip eviricilerin bünyesinde bulunduğundan ekstradan temin edilme ihtiyacı duymazlar ve yükün ihtiyacı olan elektrik enerjisini kontrollü bir şekilde yüke aktarırlar. Bunun kullanım amacı, akülerin aşırı şarj ve deşarj olmadan verimli ve etkin bir şekilde çalışması ve doldurulmasıdır. Şarj kontrol cihazı, akünün doluluk durumuna göre akımı kesmektedir. Verimli bir sistem için güneş paneli gücü ile batarya kapasitesinin uygun olarak seçilmesi gerekmektedir (Alkan, 2014). Şekil 2.18’de off-grid sistem yapısı görülmektedir.



Şekil 2.18.Off-grid sistem yapısı (Alkan, 2014)

Off-grid sistemlerde, on-grid sistemlerde gerektiği gibi tam sinüs eviriciye gerek yoktur, şebeke bağlantısı bulunmayan bu sistemlerde, modifiye sinüs evirici kullanmak idealdir. Off-grid sistemlerde, eğer eviricinin bünyesinde şarj kontrol cihazı bulunmuyorsa, eviricinin önüne şarj kontrol cihazı kullanılmalıdır. Artık günümüzde, 5 kW ve üzeri eviricilerin birçoğunda şarj kontrol cihazı bulunmaktadır. Şekil 2.19’da off-grid sistem bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 2.19.Off-grid bileşen yapısı (Ceylan, 2017)

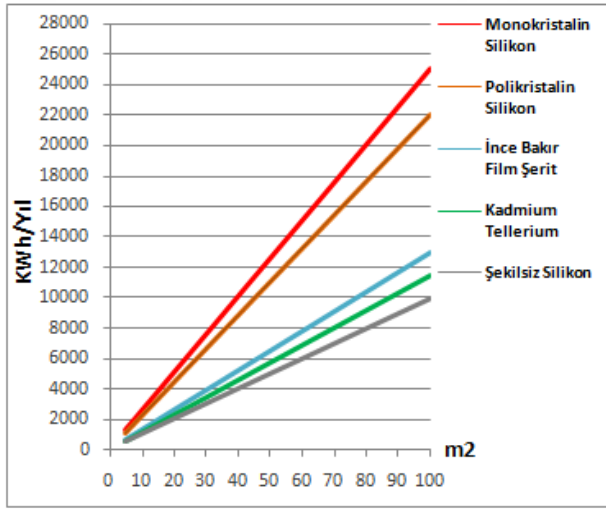
Bu sistemlerin bazı avantajları (TEKNİKSOLAR, 2021):

- ❖ Şebekenin olmaması halinde ekonomik çözümdür.
- ❖ Şebeke bağlantısının tesis maliyetine kıyasla daha uygun ve gerçekleştirilebilirdir.
- ❖ Yakıt maliyeti yoktur.
- ❖ Kurulumda nitelikli fakat az sayıda personel yeterlidir.

- ❖ Kurulum süresi kısadır.
- ❖ Sistemler enerji ihtiyacına göre arttırılabilir.
- ❖ Sistemler aşama aşama kurulabilir, bu sayede esnek kurulum maliyetleri vardır.

Ayrıca, Hakkâri gibi doğu bölgesinde bulunan illerde, off-grid sistemlerde, optimizasyonlar kış aylarına göre yapılmalıdır. Çünkü kış aylarında güneşlenme süresinde yazaya göre çok büyük farklılıklar olmaktadır.

• Fotovoltaik Paneller



Şekil 2.20. Panel çeşitlerinin enerji üretimleri (Gezer, 2019)

Şekil 2.20’de görüldüğü üzere, farklı yapılarıdaki panel çeşitlerinden m^2 başına düşen en yüksek gücü monokristal paneller oluşturmaktadır. Bu sebepten dolayı bu çalışmada da monokristal panel tercih edilmiş, hesaplamalar ve tasarımlar ona göre yapılmıştır.

Güneş panelleri; güneşten gelen ışınmı, bünyesindeki birçok fotovoltaik hücre sayesinde doğru akıma (DC) dönüştürürler. Fotovoltaik hücreler, tek başlarına yeterli miktarda enerji üretmedikleri için paralel ya da seri bağlanmalarıyla fotovoltaik panelleri oluştururlar. Fotovoltaik panellerin enerji üretim sistemlerinde bir araya getirilmeleriyle oluşan sistemlere ise fotovoltaik panel dizileri denir (Aksangör, 2019).

Panellerin en önemli özelliklerinden olan kısa devre akımı, iki terminal birbirine doğrudan bağlandığında ve gerilim sıfır iken akım en yüksek değerindedir. Bu durum kısa devre akımı olarak adlandırılmaktadır. Bu akım ışık kaynaklı taşıyıcı üretim ve toplanmasından kaynaklı olmaktadır (Özyiğit, 2019). Açık devre gerilimi ise, hücre bir yüke bağlı olmadığında akım akmaz ve FV(fotovoltaik) hücresindeki voltaj en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. Bu duruma açık devre gerilimi denmektedir. Yük bağlanırsa akım akar ve voltaj azalmaktadır (Özyiğit, 2019).

Panellere ilişkin uygulamalar yapılırken aşağıdaki bazı hususlara dikkat edilmelidir:

- ❖ FV paneller sisteme bağlanırken, evirici giriş gerilimi aralığında olmalıdır.
- ❖ Paneller arasında çatı ile en az 10 cm boşluk olmalıdır.
- ❖ Kuzey Yarım Küre için panel yönü genelde güney olarak tayin edilmeli ve enlem boylama göre açısız hesaplama yapılması gerekir.
- ❖ Eğer sabit konstrüksiyon kullanılacak ise, yön mümkün olduğunca güneye çevrilmelidir.
- ❖ Sistem gerilimi 50 V'u aşarsa topraklama yapılmalıdır.

Panel seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar ise şunlardır:

- ❖ Günlük enerji tüketimi
- ❖ En düşük güneşlenme süresi
- ❖ Batarya çıkış voltajı
- ❖ Evirici gücü ve çıkış gerilimi

• Akü Sistemleri

Genelde şebekeden bağımsız sistemler için kullanılan akü sistemleri, sistemdeki enerjinin depolanması için önemli bir unsurdur. Güneş panellerinden elde edilen enerji gün boyu bu akü sistemlerinde saklanır. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı ya da gece saatlerinde kullanılmak üzere akülerde saklanan bu enerji, güneş ışığının panellere vurmasıyla beraber tekrar akülerde depolanmaya başlar.

Hesaplanan sistem gerilimine göre akü yapılandırması yapılması gerekir. Şarj kontrol cihazlarının bünyesinde bulunduğu evirici yapılarında da dâhil olmak üzere, eviricilerin, şarj kontrol cihazlarının, panellerin ve akü sisteminin gerilim değerlerinin aynı düzeyde

olması gerekir. Aküler, sisteme dâhil oldukları FV sistemlerde paralel ya da seri bağlantı şeklinde yapılabilirler. Seri bağlantı yapılan sistemlerde amaç piyasada genel olarak 12 V seviyesinde bulunan akülerin, sistem gerilimi veya evirici gerilimine ayak uydurabilmesi için gerilim değerinin yükseltilmesi gerektiğinden seri bağlantı yapılmaktadır. Paralel bağlantıda ise, hesaplanan ve gerekli olan otonom süre için akü kapasitesini elde etmek gerektiğinden, paralel bağlantı yapılarak akü kapasiteleri artırılır. Tercihen aküler seçilirken, aynı marka, aynı gerilim ve aynı kapasitede olmaları teoride önemlidir çünkü yük dağılımındaki dengesizlik oluşumu akü ömürlerine olumsuz etki yapar. Akülerin çalışma sıcaklıkları da bir o kadar önemlidir, en iyi çalışma fonksiyonlarını +10-+30 C° arasında gösteren aküler, belirli bir sıcaklıkta ve kapalı ortamda tutulmaları gerekir.

Akü seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır, bunlardan başlıcaları şunlardır (Aksangör, 2019):

- ❖ Maliyet ve performans oranının yüksek olması.
- ❖ Bakım gereksiniminin düşük olması.
- ❖ Kullanım ömrünün makul olması.
- ❖ Düşük özdeşarj ve verim yüksekliği.
- ❖ Düşük şarj akımlarıyla da güç doldurulabilme.
- ❖ Dış darbelere karşı direnç.
- ❖ İnsan sağlığına ve çevreye zarar verecek özellikte olmama.

Akü	Maliyet	Ömür	DOD
Kurşun Asit			
Lityum			
Saltwater			

Şekil 2.21. Akü çeşitleri kıyaslaması

Genele bakıldığında piyasa koşullarında, Şekil 2.21'deki gibi üç farklı çeşidi olan aküler, kurşun asit, lityum ve saltwater (tuzlu su) akülerdir. Kurşun asitli aküler, on yıllardır şebekeden bağımsız enerji sistemlerinde kullanılan test edilmiş bir teknolojidir. Diğer pil türlerine göre nispeten kısa ömre ve daha düşük DOD(Depth of discharge)'ye sahip olsalar da, ev enerji depolama sektöründe şu anda piyasada bulunan en ucuz seçeneklerden biridir.

Şebekeden çıkmak isteyen ve çok fazla enerji deposu kurması gereken ev sahipleri için kurşun asit iyi bir seçenek olabilir. Yeni ev enerji depolama teknolojilerinin çoğu, bir tür lityum iyon kimyasal bileşimi kullanır. Lityum iyon piller, kurşun asit pillerden daha hafif ve daha kompakttır. Ayrıca kurşun asitli akülere kıyasla daha yüksek DOD ve daha uzun ömre sahiptirler. Bununla birlikte, lityum iyon piller, kurşun asitli benzerlerinden daha pahalıdır. Ev enerji depolama endüstrisinde yeni gelenlerden biri tuzlu su bataryasıdır. Diğer ev enerji depolama seçeneklerinden farklı olarak, tuzlu su pilleri ağır metaller içermez, bunun yerine tuzlu su elektrolitlerine dayanır. Kurşun asit ve lityum iyon piller dâhil olmak üzere ağır metaller kullanan pillerin özel işlemlerle atılması gerekirken, tuzlu su pilleri kolayca geri dönüştürülebilir.

- **Eviriciler**

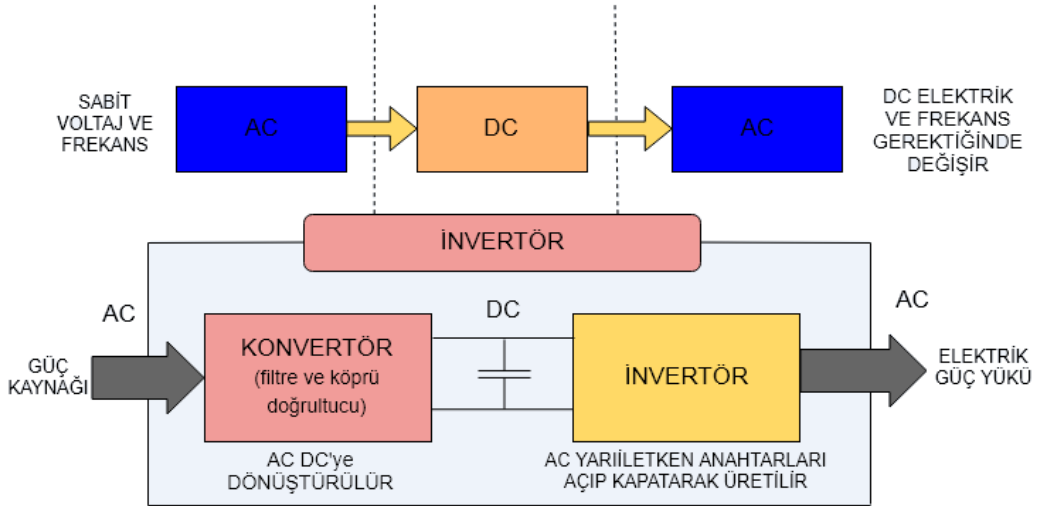
Elektriksel bir güç dönüştürme elemanı olan evirici, günümüzde bilgisayarlarda kullanılan küçük güç kaynaklarından, elektrik dağıtım sistemlerine güç veren büyük sistemlere kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Evirici istenilen gerilim, güç veya frekans değerlerinde AC(alternatif akım) akım elde edilmesini sağlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmek için güneş panellerinde, rüzgâr türbinlerinde; araba, tekne ya da kamp alanı gibi mobil ortamlarda çalıştırılabilmesi için televizyonlarda, aydınlatma lambalarında evirici kullanılmaktadır.

Sistemde oluşan gerilimle akü arasında, doğru bir voltaj elde edilmesi için kullanılırlar. Uygulamaların yapılacağı sistemdeki tüm cihazlar çalıştırıldığı zaman sistemin beslenebilmesi için maksimum güce yakın evirici seçilmesi gerekir. Eviriciler ayrıca aşağıdaki özellikleri sağlarlar (Özyiğit, 2019):

- ❖ FV modüllerden ya da aküden gelen DC gücü AC'ye çevirmek
- ❖ AC devir sıklığını ayarlamak
- ❖ Voltaj dalgalanmalarını azaltmak
- ❖ AC dalga şeklinin uygunlaştırmak

Genel olarak akü grubu veya güneş panellerinden alınan doğru akım (DC), kullanıma uygun olacak şekilde 220 V veya 380 V alternatif akıma (AC) çevrilir. Güneş enerji sistemi, şebekeye bağlı (on-grid) veya şebekeden bağımsız (off-grid) da olsa mutlaka bir adet evirici gerekir. On-grid sistemlerde, güneş panelinde üretilen gerilimin 220 V olarak

şebekeye beslenmesi gerekir. On-grid eviriciler tam sinüs formundadır. Off-grid sistemlerde ise modifiye sinüs eviriciler yeterli olabilmektedir. Modifiye sinüs eviriciler kare dalga çıkış verir, tam sinüs eviriciler gibi saf sinüs çıkış dalgası vermezler. Modifiye sinüs evirici hassas cihazların zamanla bozulmalarına sebep olabilirler. Fiyatları tam sinüs eviricilere göre daha uygundur. Tam sinüs eviriciler, tam dalga çıkışı verir. Evlerimizde kullandığımız şebeke elektriği tam sinüstür. Kullandığımız bazı hassas cihazlar da tam sinüs evirici ile kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Tam sinüs eviricinin en önemli avantajı, şebeke elektriği ile bire bir aynı akımı ürettiyor olması nedeniyle her cihazda rahatlıkla kullanılabilmesi ve cihazlara zarar vermemesidir. Solar kullanıma en uygun olan ise, şarj regülatör devresi kendi içinde bulunan akıllı eviricilerdir. Akıllı eviricilerin avantajları, uygulama kolaylığı, yedek parça bulunabilirliği ve bakım kolaylığı, şebeke veya jeneratör destekli şarj ve tüketim seçeneklerinin mevcut olması şeklinde sıralanabilir (SBSOLAR, 2021). Şekil 2.22’de evirici yapısı görülmektedir.



Şekil 2.22. Evirici yapısı (Özyiğit, 2019)

Günümüzde verim değerleri %98’i bulan eviriciler seçilirken, genelde anlık talep edilecek olan maksimum gücün 1.5 katı olacak şekilde seçilirler ve şebekeye bağlı sistemlerde şebekenin ihtiyacını tam olarak karşılayabilmek için modifiye sinüs evirici yerine tam sinüs evirici kullanılmalıdır.

- **Şarj Kontrol Cihazı**

Şebekeden bağımsız olan sistemlerde, hem akülerden panellere doğru ters akım olmasını engellemek hem de akünün şarj ve deşarj akım döngüsü kontrolünü sağlamak amacıyla kullanılan, eviriciden önce sisteme dâhil edilen ve akıllı tip eviricilerin bünyesinde bulunmaları dolayısıyla, akülü sistemlerde olması gereken bir cihazdır. Devresine bulunan transistör yardımıyla anahtarlama görevi gören, izinsiz akım geçişlerini engeller. Temelde DC-DC düzenleyici olarak görev yaparlar. Yani güneş panellerinde sabit olarak üretilmeyen gerilim ve akımı sabitleyerek akülerin daha verimli şarj olmasını sağlar. Aküler tam olarak şarj edildiği zaman, panellerden gelen akımı keserek akülerin aşırı şarj olmasını engeller. Akülerin aşırı deşarjını önler, verimli şarj sağlar. Şarj kontrol cihazının seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar şunlardır:

- ❖ Panellerin toplam akım ve gerilim değerleri
- ❖ Batarya sisteminin toplam gerilim değeri

PWM(Pulse-width modulation) ve MPPT(Max. power point tracking) olmak üzere iki çeşidi bulunur. PWM veya darbe genişlik modülasyonlu solar şarj kontrol cihazları, güneş enerjisi dizisinden bataryaya doğrudan bir bağlantıya sahiptir ve batarya şarjını modüle etmek veya kontrol etmek için basit bir hızlı anahtar kullanır. Anahtar (transistor), pil emilim şarj voltajına ulaşınca kadar açıktır. Ardından, akımı azaltmak ve sabit bir akü voltajı sağlamak için anahtar hızla (saniyede yüzlerce kez) açılıp kapanmaya başlar. MPPT veya ‘maksimum güç noktası izleme’ denetleyicileri, PWM denetleyicilerinden çok daha gelişmiştir ve güneş panelinin maksimum güç çıkışı için optimum voltajda çalışmasını sağlar. Bu akıllı teknolojiyi kullanarak, MPPT solar şarj kontrolörleri, akü voltajına ve bağlı olan güneş paneli tipine bağlı olarak %30'a kadar daha verimli olabilir. PWM kontrol cihazı, şarj edilen aküye kısa dolum darbeleri gönderir. Kontrol cihazı darbelerin uzunluğunu ve gönderim aralığını akünün şarj durumuna göre belirler. Eğer akü boşalmış ise cihazın aküye gönderdiği akım darbeleri uzun ve sürekli. Fakat akü şarj olduğu zaman ise bu darbeler kısa ve birkaç saniye aralıklarla gönderilir. Şebekeden bağımsız küçük sistemlerde PWM kullanılabilirken, büyük sistemlerde mutlaka MPPT kullanılmalıdır. MPPT kontrol cihazı, aşırı gerilimi akıma dönüştürebilir. Şarj için gereken süre kısalmır. Bu da sistemin her daim etkin olarak çalışmasını sağlayarak sistemin verimliliğini artırır.

2.1.1.4.Simülasyon Programı Çeşitleri

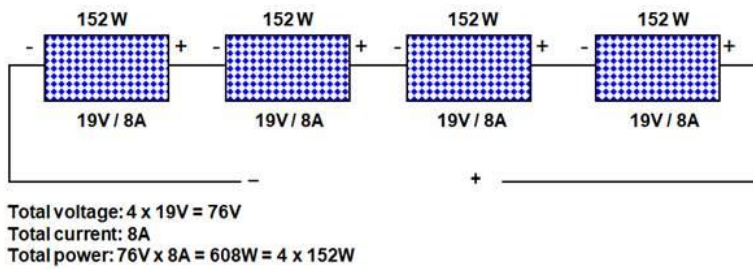
Fotovoltaik sistemlerin, hayata geçmesi aşamasından önce, sistemlerin uygulanabilirliği, verimleri, karşılaşılabilecek durumlar, gerek teknik gerek ekonomik fizibiliteleri gibi birçok kriterin önceden hesaplanarak, verisel analiz şekline dönüşmesi, uygulamanın hayata geçmesi açısından bir rehber olup, oldukça önemlidir. Bu yüzden bu işlemleri gerçekleştirebilmek amacıyla çeşitli simülasyon programları geliştirilmiştir. Bu programlardan en yaygın olanları, PvSyst ve PVSOL programıdır. Adeta bu alanda referans haline gelen bu programlar, günümüzde bu analizleri gerçekleştirmek için büyük fayda sağlamaktadır. Bu çalışmada, 3D tasarımı ön planda tutarak buna ilişkin en uygun olarak PVSOL programı seçilmiş ve analizler bu program üzerinde gerçekleştirilmiştir. PVSOL programına ilişkin uygulamalar ve programla ilgili genel bilgiler 4. bölümde ele detaylıca alınmıştır. Çizelge 2.3’de de genel olarak piyasadaki programlar yer almaktadır.

Çizelge 2.3. FV sistem tasarımı yapılırken kullanılan bazı programlar (Keskin, 2012)

Yazılım İsmi	Üretici/ Geliştiren Enstitü	Maliyet	Web Adresleri
RETScreen	Natural Resources KANADA	Ücretsiz	www.retscreen.net
TRNSYS	Wisconsin Üniversitesi ABD	Eğitim amaçlı \$2100	http://sel.me.wisc.edu/trnsys/
HOMER	NREL, ABD	Ücretsiz	www.nrel.gov/homer
INSEL	Insel Company, ALMANYA	Tam sürüm 1700 Avro ; Öğrenciler için 85 Avro	http://www.insel.eu
PV F-Chart	University of Wisconsin, Madison, ABD	\$400 Eğitim amaçlı \$600	http://www.fchart.com/
NREL Solar Advisor Model (SAM)	NREL, ABD	Ücretsiz	https://www.nrel.gov/analysis/sam/background.html
PVsyst	University of Geneva, Switzerland	Tek makine için bir lisans 900 CHF	http://www.pvsyst.com/5.2/index.php
SolarDesignTool	Verdiseno, Inc, Santa Cruz, ABD	Ücretsiz versiyonu mevcuttur Profesyonel versiyonu aylık ücretlidir.	http://www.solardesigntool.com/
SolarPro	Laplace System Co., Japonya	Eğitim amaçlı \$1,900	http://www.lapsys.co.jp/english/
PV DesignPro-G	Maui Solar Energy Software Corporation, ABD	Solar Design Studio CDROM \$249	http://www.maui-solar-software.com/
PV*SOL Expert	Dr. Valentin Energie Software, Almanya	Eğitim amaçlı 2456 Avro	http://www.valentin.de/en/products/photovoltaics/12/pvsol-expert

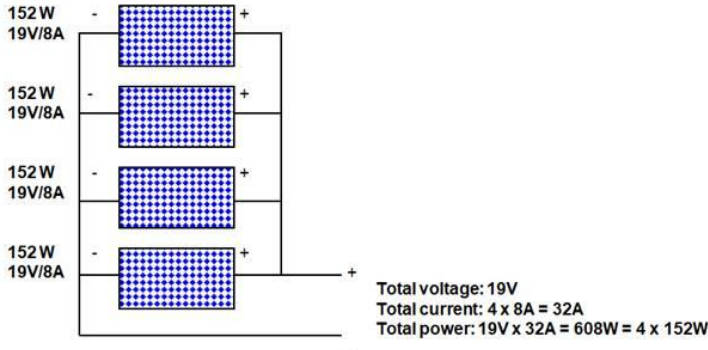
2.1.1.5. FV Panellerin Bağlanması

Piyasada birçok farklı markaya ait panel bulunmaktadır. Sistemler kurulurken farklı türde panellerin karıştırılması önerilen bir şey değildir, fakat önemli olan panellerin elektriksel değerleridir. Farklı panellerin tercih edilmemesinin nedenlerinden birisi de, farklı performans seviyelerinde olmalarıdır. Güneş panellerini ne şekilde bağlanacağı ise; güneş paneli sisteminin türü, üretilmek istenen güneş enerjisi ve şarj kontrol cihazı, akü, evirici gibi sistemin diğer bileşenlerine bağlıdır. Paneller ya seri ya da paralel olmak üzere iki farklı şekilde bağlanabilirler. Gerilimin artırılması istendiğinde, paneller seri, akımın artırılması istendiğinde ise paralel bağlanması gerekir. Fakat hem yüksek akım hem yüksek gerilim isteniyorsa, karışık bağlama da yapılabilir. Burada önemli olan faktör en yüksek güç değerine ulaşmaktır. Fakat bu bağlantı şekillerini uygulayabilmek için bazı kriterler gerekir. Bu bağlantı şekillerinin uygulandığı durumlarda; sistem gerilimi 12-24-48 olarak değişken olmakla birlikte, eviricinin yapısı ve elektriksel değerlerine göre gerilim değeri 800 VDC değerine kadar ulaşabilir. Seri bağlanan güneş panellerinde, dizinin toplam akımı tek bir paneldeki akım ile eşittir, gerilim ise orantılı şekildedir. Güneş enerjisi dizisinin performansı, en zayıf panel performansı kadar güçlüdür. Şekil 2.23, 2.24, 2.25, 2.26, 2.27'deki şekillerde bu bölümde anlatılan bağlantı şekillerine ilişkin çizimler bulunmaktadır.

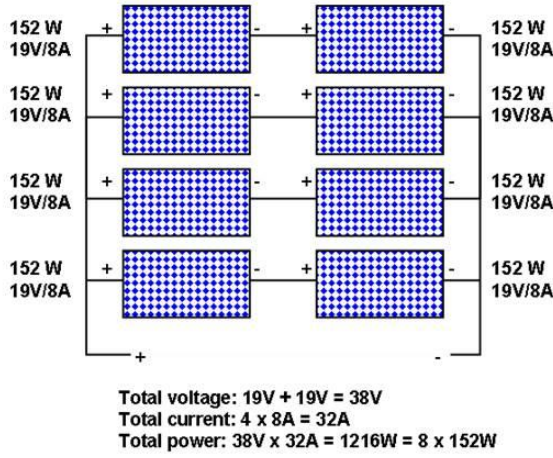


Şekil 2.23.Seri panel bağlantısı

Diğer bir temel bağlantı şekli olan paralel bağlantıda seri bağlantının tam tersi bir işlem söz konusudur. Dizinin toplam gerilimi korunurken, akım değeri artar. Böylece güç doğal olarak artmış olur. Paralel bağlantı yapıldığında, çıkış gerilimi tek bir panelin gerilimi ile aynı, akım ise panellerin toplamıyla orantılıdır.

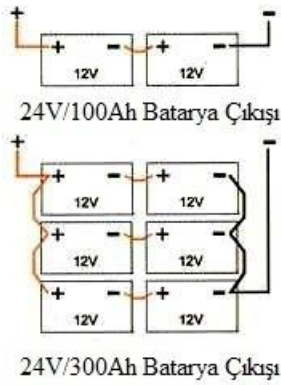


Şekil 2.24.Paralel panel bağlantısı

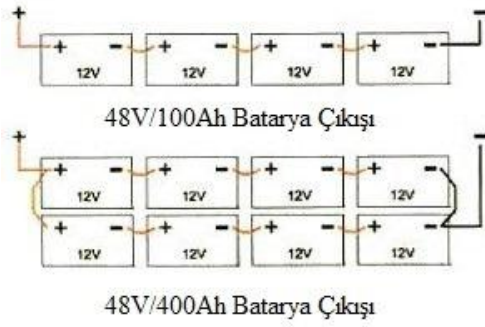


Şekil 2.25.Karma panel bağlantısı

Paneller için geçerli olan bağlantı değerlendirmeleri aynı şekilde akü sistemleri içinde geçerlidir. Fakat akülerin bağlantısı yapılırken, fiziksel olarak birbirleri arasında mesafe bulundurulması gerekir.



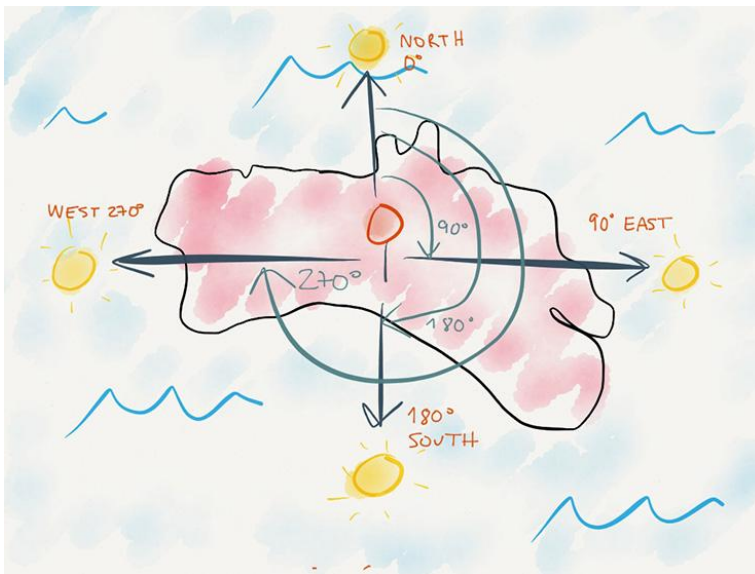
Şekil 2.26.Akü bağlantısı



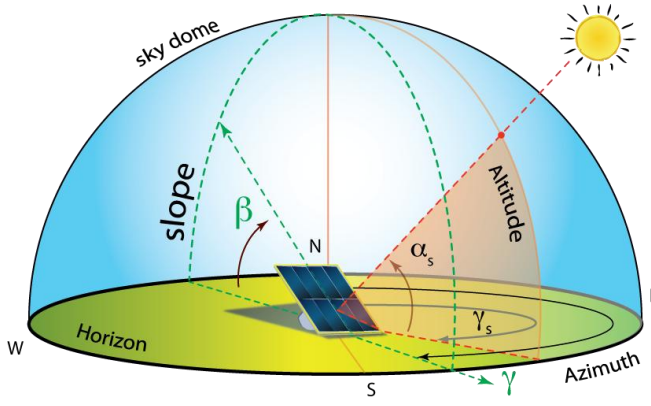
Şekil 2.27. Akü bağlantısı

- **Azimuth**

İlk olarak azimuth ile ilgili bilgilendirmelere değinmeden önce eğim ve geliş açısını tanımlamak gerekir. Eğim, kolektör düzlemi (veya açıklık) ile yatay arasındaki açıya, geliş açısı ise, düzlemin normali olarak adlandırılan kolektör düzlemine dik vektör ile güneşin merkezi ışınının kolektör yüzeyine izdüşümü arasındaki açıya denir. Azimuth, Arapça “yön” anlamına gelmektedir. Bir nesnenin, güney referansından olan açısal uzaklığının bir ölçüsü olan azimut açısı, güney konumunda 0° , batı konumunda ise 90° 'ye karşılık gelir. Panellerin konumlandırılması yapılırken azimut açısı tanımlanmasının yapılması gerekir. Ayı zamanda güneşin azimut açısının, pusulanın kuzey göstergesi ile güneşin saat yönünde buna yaptığı açıya denir. Şekil 2.28 ve 2.29'da azimuth tanımına ilişkin çizimler bulunmaktadır.



Şekil 2.28. Azimuth (Photopills, 2021)



Şekil 2.29. Azimuth (e-education, 2021)

3. LİTERATÜR TARAMASI

Fotovoltaik sistemlerdeki uygulamalar birçok farklı katagoride olabilmektedir. Bu kapsamda geliştirilen ve araştırılan çalışmalar içinde, genel anlamda güneş enerjisi ve güneş sistemleri, ekonomik fizibilite çalışmaları ve maliyet analizleri, fotovoltaik sistemlere ait simülasyon programlarına ilişkin çalışmalar, güneş enerjisi santrallerinin teknolojik ve ekonomik analiz çalışmaları, FV sistemlerin programlar yardımı ile performans analizleri, güneş enerjisi uygulamalarının çeşitli bölgelerdeki örnekleri gibi birçok çalışma incelenmiştir. Yenilenebilir kaynaklar arasında en yüksek potansiyele ve kaynağa sahip olan güneş sistemlerine ilişkin çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

Grozdev (2010), yaptığı çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yüksek potansiyele sahip olması neticesinde, güneş kaynaklı üretim sistemleri ve bu sistemlerin çevresel etkileri, olumlu-olumsuz etkileri ve olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasına yönelik olan bazı çalışmalarla beraber genel anlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve bunlara ilişkin bazı önerilerde bulunmuştur Buna bağlı olarak, güneş kaynaklı bir sistemin hesaplamasını gerçekleştirmiş bu hesaplaması çekirdek bir aileye sahip bir evin elektrik ihtiyacını karşılayabilmesini göz önünde bulundurarak ortaya koymuştur.

Ceylan (2017) yaptığı çalışmada, fotovoltaik sistemlerle alakalı olan simülasyon programlarında, PVSOL, Helioscope, Polysun ve PVGIS gibi farklı örnekleri kullanarak, Isparta bölgesi sınırlarında belirlenen koordinatlarda iklim verilerinin, sistemin talep ettiği yükün ve bu sistemle alakalı olan temel sistem bileşenlerinin benzetimi yapılarak ihtiyacın

şekillenmesi amacıyla belirtilen ilde bulunan 1 MW kurulu gücü olan Güneş Enerjisi Santrali (GES)'nin genel karakteristiğinin görselleştirilmesi ve buna ilişkin simülasyon sonuçlarının doğruluğunun incelenmesi amaçlanarak çalışmasını gerçekleştirmiştir. Yaptığı araştırma neticesinde, gerçek değerlere en yakın değeri genel ortalamayı göz önünde bulundurarak Helioscope programıyla elde etmiştir.

Gündüz (2019) yaptığı çalışmada, Türkiye'deki enerji üretim yöntemleri ve bunlara ilişkin olan üretim paylarına değinmiş, bu üretim yöntemleri arasından güneş enerjisinin ülkemizdeki yeri, payı ve potansiyelini ele alarak güneş enerjisi santralinin kurulumundaki prosesleri anlatarak teknolojik ve ekonomik analizi gerçekleştirmiştir. Bu çalışmasını yaparken, PvSyst programını kullanarak, çalışmayı gerçekleştirdiği bölge olan Kütahya bölgesinde üretimde olan bir güneş enerjisi santralinin gerçek değerleriyle karşılaştırmış ve sonucunda %10.58 gibi bir fark rakamına ulaşmıştır. Analizini 25 yıllık süreç için gerçekleştiren Gündüz, güneş enerjisine ilişkin teorik hesaplamaların gerçeğe yakın olabileceğini bu çalışmasında ortaya koymuştur.

Aksangör (2019) yaptığı çalışmada, Ankara bölgesinde, fotovoltaik bir sistemin simülasyon programı vasıtasıyla performans analizini gerçekleştirmiş ve değerlendirmelerini yapmak için PvSyst programını kullanmıştır. Bölgeye ait olan meteorolojik verileri programa entegre olan Meteonorm 7.2 veritabanından alarak üretmiştir. Çalışmasında baz aldığı paneli ve invertörü yerli bir üreticiden seçerek 604.8 kWh'lik bir kurulu güce sahip olan bir sistemi ele alarak, bu sistemin performans oranını yaptığı çalışma neticesinde %84.1 olarak bulmuştur.

Özgören (2019) yaptığı çalışmada, Konya ili bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar ve güneş enerjisinden üretilebilecek olan enerjinin analizini yapmıştır. Örnek bir yapı seçerek bu çalışmayı gerçekleştirirken, tüketim ihtiyaçlarını belirlemiş, bölgede daha önceden yapılmış olan çalışmalardan elde ettiği verileri de karşılaştırmak amacıyla analiz etmiştir. Yaptığı çalışmada, elde edeceği enerjinin %97.4'ünü FV panellerden sağlayarak, güneş panellerinin etkisini büyük ölçüde ortaya koymuştur.

Kutluca (2020) yaptığı çalışmada, Kırklareli bölgesi için 960 Wp kurulu güce sahip olan bir şebekeden bağımsız güneş enerjisi santralini ele alarak, performans ve verimliliği

etkileyen faktörleri incelemiş, bu kapsamda gerekli hesaplamaları gerçekleştirmiştir. Bu çalışmasını, PvSyst ve PVSOL programlarında gerçekleştirerek, off-grid bir güneş enerjisi santrali için, program çıktılarının SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) verileriyle olan benzerliğini ortaya koymuş ve bu gibi sistemlerin analizlerinin önceden teorik ve sanal olarak gerçekleştirilmesine ilişkin olan önemi göstermiştir.

Özyiğit (2019) yaptığı çalışmada, Sivas ili örneği için, belirli konumlarda yaptığı çalışmada panellerin farklılıklarını ortaya koyarak, monokristal ve polikristal panellerden oluşan farklı iki güneş santralinin analizini gerçekleştirmiş ve bunların ekonomik fizibilite çalışmasını yapmıştır. Yaklaşık olarak 10'ar MW olarak belirlediği kurulu güç için, analizlerini PvSyst programında gerçekleştirmiş ve monokristal yapıdaki panellerin polikristal yapıdakilere göre daha verimli fakat maliyetlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Gezgin (2019) yaptığı çalışmada, Aydın ili bölgesi için, fotovoltaiik sistemlerle oluşturulan enerji santrallerinin verimleri, kurulum yöntemlerini gerçek verilerle karşılaştırarak, üretim farklılıklarını ortaya koymuştur. Bu kapsamda, 1 MW gücündeki bir santralde, proje ve saha uygulaması aşamasına kadarki periyotta, panel seçimleri, coğrafi konumun önemi gibi faktörleri simülasyon programlarında değerlendirmiş, gerekli hesaplamalarla beraber analizini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmayla beraber, temelde maliyet ve mühendislik gibi faktörleri ön plana çıkartarak güneş enerjisi santrallerinin değerlendirmesini sunmuş ve ülkemizdeki güneş potansiyeline vurgu yapmıştır.

Küçük (2019) yaptığı çalışmada, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu öncesine ilişkin malzeme ve maliyet analizini gerçekleştirmiştir. Yaptığı analizi C# üzerinde gerçekleştirirken, malzemelerle ilgili olan parametreleri programa yerleştirerek, kullanıcı tanımlı hale getirmiştir. Ayrıca güneşlenme açı değerlerini hesaplayarak, bu işlemi her il için kullanıcıya sunmuştur. Yaptığı analizi off-grid bir sistem için gerçekleştiren Küçük, sistemlerin fiziksel halde uygulamaya konmadan önce değerlendirme olanaklarıyla, ön projelendirme ve maliyet analizlerinin gerekli yazılımlar ya da programlar ile yapılmasının önemine değinmiştir.

Kınalı (2019) yaptığı çalışmada, ülkemizdeki güneş enerjisi potansiyelinin Avrupa'ya nazaran daha yüksek avantajlı olmasını göz önünde bulundurarak, güneş enerjisi

simülasyon programlarının gerçek verilerle olan doğruluk analizini karşılaştırmalı olarak gerçekleştirmiştir. Bu kapsamda, fizibilite ve maliyet analizlerinde kullanılan PvSyst, PVSOL ve PVGIS programlarını, Konya ve Karaman illerinde 250 kW ile 1 MW arasında değişken kurulu güce sahip, arazi tipli güneş santrallerinin analizini yapmak ve değerli kıyaslayarak değerlendirilmesi amacıyla kullanmıştır. Simülasyonlardaki en doğru tahminleri ise performans oranları üzerinde sadece %2.7'lik bir hata payıyla görmüştür. Böylece simülasyon programlarının başarılı sonuçlar ortaya koyarak denk tahminler yaptığının önemine değinmiştir.

Çağan (2018) yaptığı çalışmada, fotovoltaik sistemlerde kurulum ve maliyet analizinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla, Diyarbakır ili bölgesindeki bir yapıda 25.73 kWp gücündeki şebekeye bağlı bir sistemin incelenmesi için, RetScreen, Sunny Design, Autocad ve PVSOL yazılımlarını kullanarak analizlerini gerçekleştirmiştir. Yaptığı çalışma sonucunda, PVSOL programının kullanılmasını tavsiye ederek, geniş bir analiz kapasitesine sahip olduğunu vurgulamıştır. Yaptığı bu çalışmada, seragazi emisyon değerlerine de vurgu yaparak, sistemin amorti süresini farklı programlardan aldığı verilere göre ortaya koymuştur.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1.Hakkari İline İlişkin Güneş Verileri

Günlük güneşlenme süresi(saat) ve günlük toplam global güneş radyasyonu (kWh/m²) verileri Hakkari Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden temin edilen verilere göre düzenlenmiştir ve Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. Buna ilişkin veriler 2020 yılına aittir.

Çizelge 4.1.Günlük güneşlenme süreleri (saat)

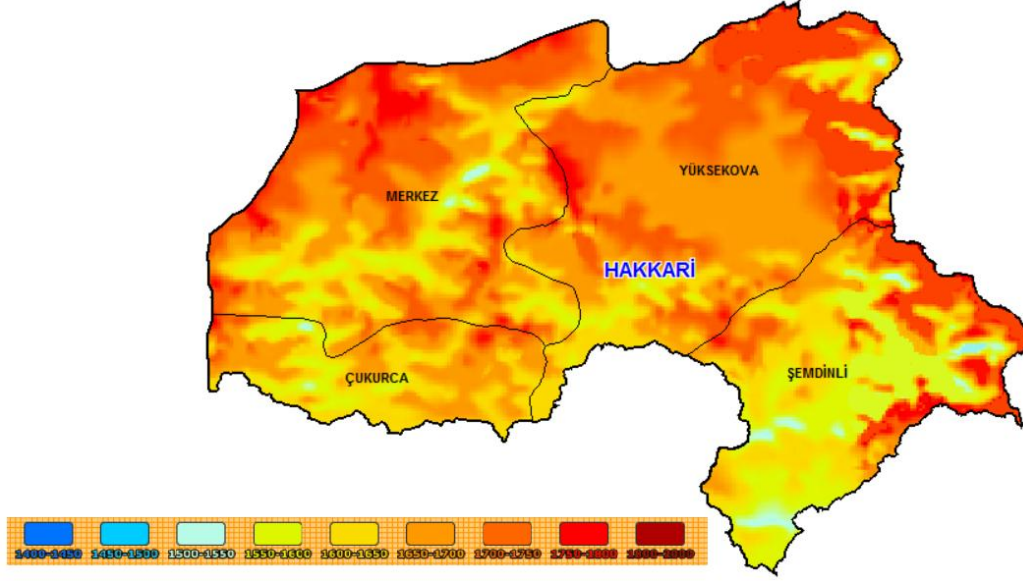
Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6.4	0.0	1.9	8.1	10.0	13.0	8.1	10.8	11.3	8.5	7.0	4.8
2	1.0	5.0	0.3	0.0	7.4	12.2	6.5	12.1	9.2	8.0	8.4	7.2
3	0.0	8.0	6.1	3.1	5.7	9.4	9.9	11.4	7.3	5.1	0.2	7.2
4	0.0	8.4	10.0	3.8	5.3	6.6	12.9	12.4	11.1	10.0	2.8	7.2
5	0.0	0.0	10.1	10.9	7.9	13.0	12.4	11.2	11.0	9.7	2.7	7.1
6	2.7	0.0	10.1	10.9	0.0	12.3	8.7	10.7	11.0	9.8	0.1	6.5
7	3.7	6.6	9.3	9.0	1.2	12.4	13.0	8.7	9.9	8.6	0.0	6.6
8	0.0	0.0	0.1	10.2	8.1	13.0	10.7	11.5	10.2	6.6	0.0	5.4
9	0.7	0.0	8.9	10.0	6.3	13.0	11.8	12.2	10.9	7.7	5.7	6.5
10	0.0	5.0	10.2	1.9	5.7	12.8	9.9	12.2	10.8	9.9	5.7	3.1
11	1.3	0.2	10.1	2.3	3.9	8.6	7.3	12.2	10.6	10.0	5.0	5.0
12	7.2	8.8	9.7	3.2	8.0	8.1	7.6	12.2	9.4	10.1	3.9	6.5
13	6.5	5.0	10.2	8.1	12.6	13.0	7.7	12.1	5.7	9.9	4.0	6.7
14	0.5	0.0	0.5	10.4	12.5	13.0	6.0	11.8	9.2	9.9	8.1	2.5
15	7.3	9.0	0.0	11.5	12.6	11.2	8.6	10.3	9.0	9.8	7.5	0.0
16	7.4	5.1	3.6	11.5	12.6	5.1	12.2	10.3	10.1	9.7	7.5	0.0
17	7.4	0.8	0.8	2.0	12.4	12.5	10.8	11.1	10.2	9.7	0.0	0.0
18	0.9	0.0	0.1	11.7	12.5	13.0	12.2	11.6	10.6	9.6	1.6	1.2
19	0.0	6.5	0.0	11.6	12.1	12.3	11.5	11.9	10.5	9.6	7.8	7.0
20	0.5	0.0	4.5	6.6	12.1	11.5	12.8	11.9	10.6	9.5	7.3	7.0
21	0.6	2.3	1.0	8.9	12.7	9.2	12.7	11.9	10.5	9.2	7.4	7.0
22	2.9	8.6	8.0	4.6	11.7	6.5	12.7	11.8	9.6	9.4	1.6	7.0
23	7.8	0.8	7.4	5.4	9.6	12.4	11.9	9.0	10.2	9.2	6.8	0.1
24	6.0	0.0	10.6	3.3	7.0	12.9	11.8	5.3	10.4	9.1	7.6	0.0
25	0.0	4.3	7.8	3.0	0.0	13.0	9.9	9.5	10.4	9.1	7.6	4.2
26	7.9	6.7	6.2	2.0	6.7	13.0	12.5	11.5	10.4	7.5	4.2	6.9
27	7.9	9.7	1.1	2.9	12.8	13.0	12.6	11.6	9.4	8.8	0.0	7.0
28	8.0	9.7	0.7	10.9	12.8	12.5	10.8	11.5	10.4	9.1	7.4	7.0
29	7.9	8.3	0.1	9.8	10.2	12.4	7.5	11.4	10.3	8.9	4.4	7.0
30	0.1		4.7	11.8	12.4	10.4	9.6	11.4	10.3	8.4	0.7	2.3
31	4.3		4.4		13.0		12.5	11.4		7.1		7.1

Çizelge 4.2. Günlük toplam global güneş radyasyonu (kWh/m²)

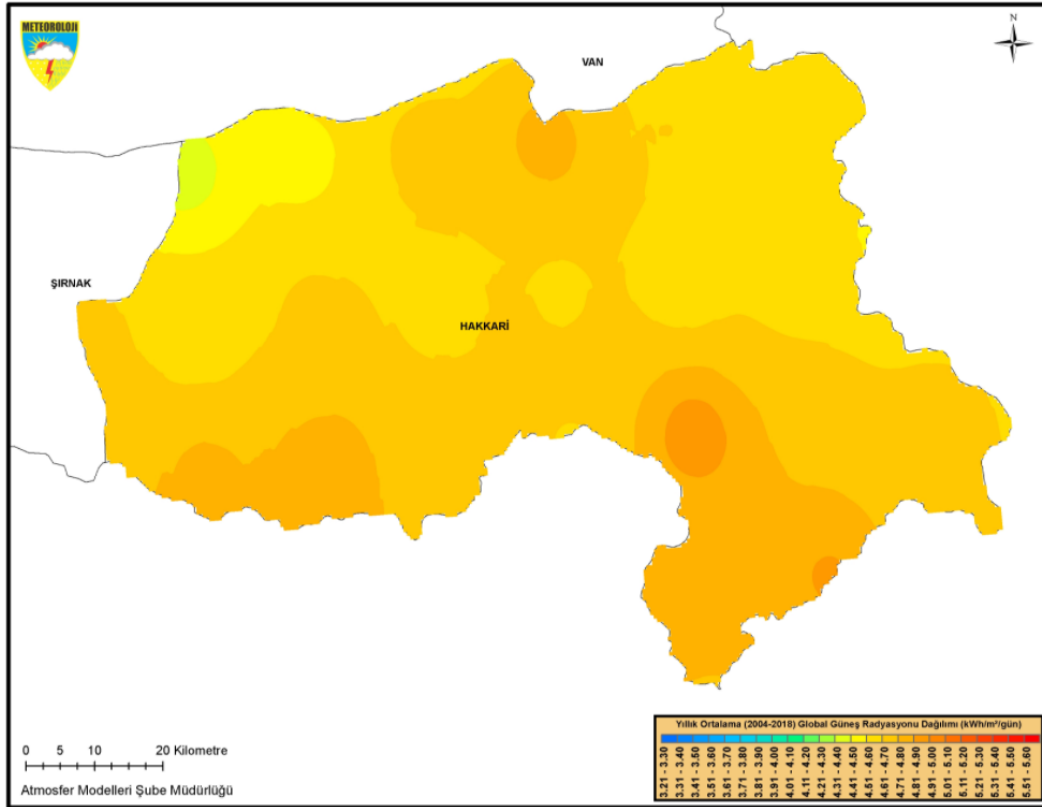
Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.7	3.5	0.8	0.7	5.9	8.5	4.9	8.0	5.9	4.6	4.0	3.0
2	0.4	4.1	4.8	3.3	5.3	7.0	7.8	7.5	5.0	3.1	0.9	3.2
3	0.6	4.6	6.0	4.3	5.3	4.7	6.2	7.9	6.6	5.6	2.1	3.1
4	0.4	1.8	5.9	4.2	6.2	9.0	8.8	7.8	6.9	5.5	2.0	3.0
5	0.3	1.4	5.8	7.3	1.1	8.7	6.8	7.6	7.0	5.2	0.9	2.5
6	0.5	4.3	5.2	1.7	1.9	8.7	8.6	6.4	6.2	4.8	0.7	2.8
7	0.3	0.8	1.7	6.7	6.7	9.0	8.1	7.9	5.0	4.4	0.6	2.7
8	0.3	1.0	5.7	7.8	6.3	9.0	7.7	8.2	6.9	4.7	4.0	3.1
9	0.2	3.4	6.1	2.2	4.7	8.7	6.8	8.1	6.5	5.6	2.9	1.9
10	0.3	2.9	5.9	2.9	4.9	7.2	5.9	7.8	6.3	5.7	2.7	2.3
11	2.3	5.1	5.3	3.9	6.7	6.1	5.9	8.0	5.8	5.5	2.8	2.8
12	2.7	3.3	5.9	6.6	7.0	8.8	6.1	7.8	4.2	5.4	2.6	2.8
13	0.5	0.5	2.1	7.5	8.6	8.7	5.0	7.3	5.5	5.3	3.8	1.6
14	3.4	3.0	1.0	8.2	8.8	8.3	6.3	6.3	5.0	5.2	3.4	0.4
15	3.2	3.8	3.4	8.2	8.9	4.2	7.9	6.3	6.0	5.0	3.5	0.7
16	3.4	0.8	2.1	3.0	8.3	8.4	8.1	6.8	5.9	4.9	0.9	0.8
17	0.5	0.6	0.8	8.0	8.5	8.7	8.3	7.2	6.2	4.9	1.9	1.5
18	0.1	3.5	0.1	8.0	8.1	8.6	7.6	7.4	6.1	4.8	3.6	2.9
19	1.6	0.4	5.3	5.6	8.4	8.2	8.4	7.5	6.2	4.8	3.4	3.0
20	1.5	3.2	3.6	7.1	8.8	7.7	8.1	7.3	5.9	4.7	2.6	3.0
21	2.8	3.5	4.9	4.2	7.9	5.0	8.1	7.5	5.4	4.8	1.3	3.0
22	3.6	2.5	6.0	5.2	7.2	8.8	8.4	6.4	5.7	4.8	3.3	0.8
23	3.3	1.7	7.1	3.4	5.7	9.3	8.0	5.1	5.7	4.8	3.4	0.9
24	0.2	3.8	5.7	4.0	1.2	9.1	6.8	6.8	5.8	4.8	3.4	2.5
25	0.7	4.9	4.6	3.1	7.2	9.1	8.0	7.6	5.3	3.5	2.1	3.0
26	0.8	5.6	3.2	4.0	9.0	8.3	8.3	7.8	5.2	4.2	0.5	2.9
27	1.6	5.6	2.1	8.5	8.6	8.2	7.3	7.5	5.8	4.2	3.4	2.9
28	3.5	4.4	1.7	7.3	7.6	8.6	5.3	7.3	5.8	4.3	2.3	2.9
29	1.2	2.7	4.9	8.3	8.5	6.7	6.9	6.5	5.8	4.0	1.5	2.0
30	3.0		3.8	7.7	9.1	6.2	8.3	7.3	5.1	3.8	2.6	2.9
31	0.7		6.6		9.1		7.2	7.1		3.6		2.9

Çizelge 4.3. Günlük güneşlenme süreleri aylık ortalamaları

Ocak	Şubat	Mart	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Ekim	Kasım	Aralık
3.44	4.09	5.11	6.98	8.96	11.37	10.48	11.12	9.31	8.95	4.43	4.93



Şekil 4.1. Güneş radyasyon değerleri (Enerjiatlası, 2021)

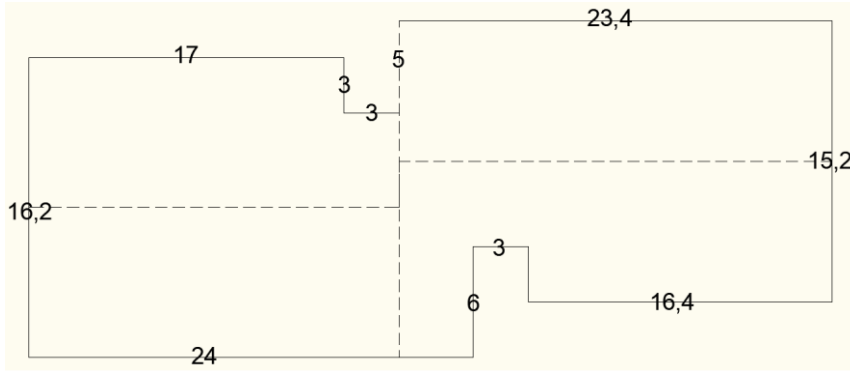


Şekil 4.2. Güneş radyasyon değerleri (MGM, 2021)

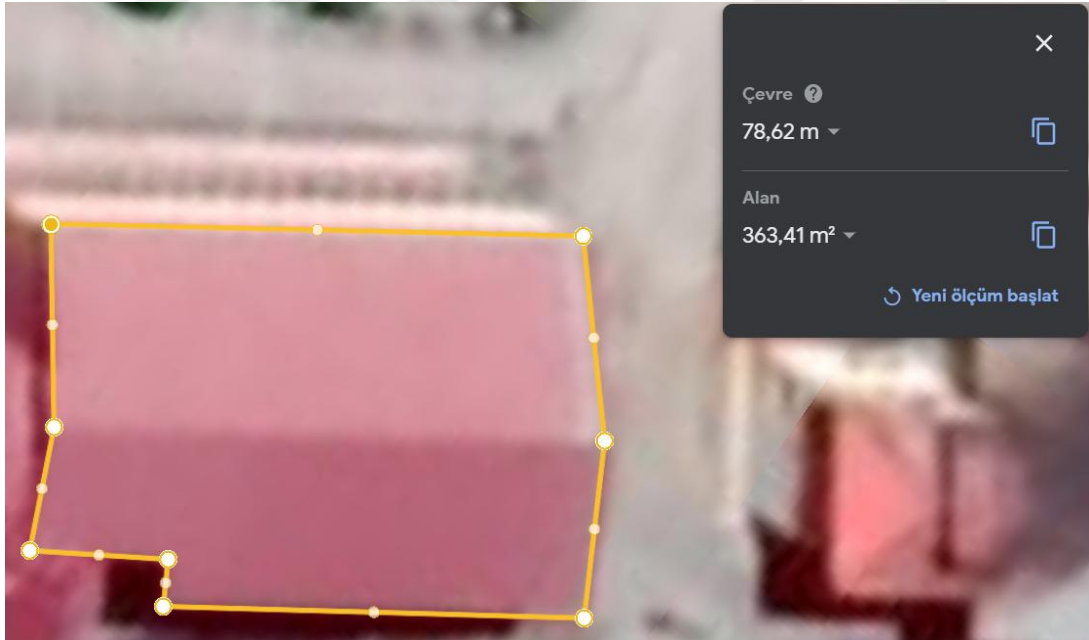
Şekil 4.1 ve 4.2’de Hakkari ili için güneş radyasyonu değerleri gösterilmiştir. Günlük güneşlenme süreleri aylık ortalamalarına göre, tasarlanacak ve simüle edilecek olan sistem için hesaplamalar, sistemin temelde şebekeden bağımsız olması sebebiyle en düşük güneşlenme süresi ortalaması baz alınıp yaklaşık bir değere göre hesaplama yapılmıştır.

4.2.Yapıya İlişkin Veriler

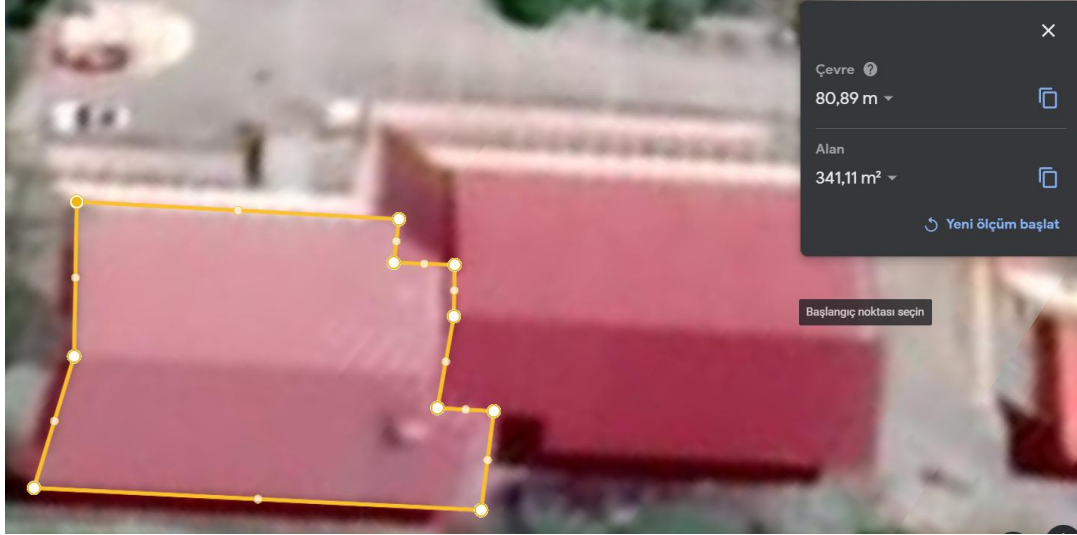
Simülasyonun gerçekleştirileceği yapı olan ve Hakkari ilinde bulunan TOBB Mesleki Eğitim Merkezi için, güneş panelleri yerleştirmek amacıyla, binanın ölçütleri lazermetre ile ölçülmüştür. Daha sonra ölçütler AutoCad programında çizilmiştir. Ayrıca Google Maps üzerinden de ölçüm aracıyla ölçüm yapılmıştır. Şekil 4.3 ve 4.4’de bu ölçümlere ilişkin çizimler bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Yapının ölçütleri(m)



Şekil 4.4.Yapının ölçütleri(sağ çatı)



Şekil 4.4. Yapının ölçütleri(sol çatı)

4.3. Yapı Tüketim Verileri

Çalışmamızda incelediğimiz TOBB Mesleki Eğitim Merkezi'ne ait, 2019 yılı tüketim verileri ve bu verilerin karşılığında ödenmiş olan elektrik faturaları bu kısımda Çizelge 4.4'de belirtilmiştir.

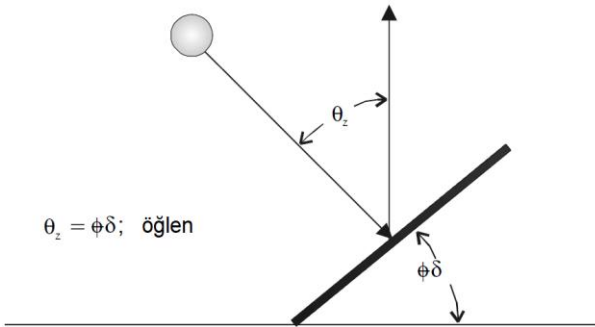
Çizelge 4.4. Tüketim verileri ve maliyetleri

	<u>Aktif Tüketim (kWh)</u>	<u>Tutar (TL)</u>
01.2019	2437.2	1742
02.2019	2807.84	2007,1
03.2019	2276.04	1626,9
04.2019	2258.52	1614,4
05.2019	1661.84	1187,9
06.2019	1145.36	893,7
07.2019	1008.88	936,6
08.2019	1170.72	1125,2
09.2019	1503.08	1235,6
10.2019	2171.36	2050,8
11.2019	2482.84	2345
12.2019	3187	3064,9
<u>TOPLAM</u>	<u>24410.68</u>	<u>19830,1</u>
<u>ORT</u>	<u>2034.22</u>	<u>1652,5</u>
<u>ORT GÜNLÜK</u>	<u>67.8 (Saatlik aktif 7.53)</u>	

4.4.Güneş Paneli Eğim Açısının Hesaplanması

Fotovoltaik sistemlerde, güneş panellerinin konstrüksiyon ile sabit eğik olduğu sistemlerde, güneş panellerinin yatayda güneş ışınlarına karşı yaptığı açı, panellerden maksimum verimin alınabilmesi için çok önemlidir. Güneş ışınlarının en dik geldiği zamanlarda, panellerin zeminle yaptığı açı hesaplanmalı ve paneller o şekilde monte edilmelidir, bu sayede panellerin katalog değerlerine maksimum düzeyde erişilmiş olur. Eğer bu tezde baz alınan binanın çatısı gibi, çatıya yerleştirilecek olan güneş panellerinde uygun açı, çatının eğimiyle denk değilse konstrüksiyon sistemleri kullanılmalıdır.

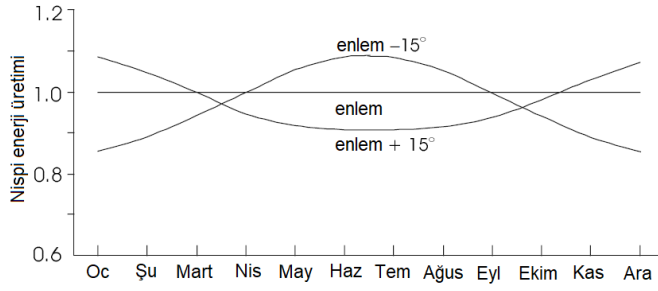
Dolayısıyla, θ , panellerin yerleştirileceği konumun enlemi olarak baz alınırsa, en iyi ortalama yaz performansı için, paneller yaklaşık olarak $\theta-15$, en iyi ortalama kış performansı için, paneller yaklaşık olarak $\theta+15$, optimum ilkbahar ya da sonbahar performansı veya optimum yıllık performans için, paneller $0.9 \times \theta$ açısıyla yerleştirilmelidir. Yani, örneğin, yıllık enerji üretimini en üst düzeye çıkarmak için, optimum eğim açısı konumun enleminin yaklaşık %90'ı kadardır ve optimum azimut kuzey yarım küre için gerçek güney ve güney yarımküre için gerçek kuzeydir (Messenger ve Ventre, 2003).



Şekil 4.5.Panel montaj açısının optimize edilmesi (Messenger ve Ventre, 2003)

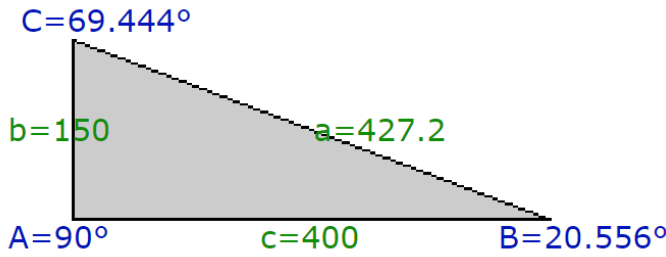
Şekil 4.5’de panel montaj açısı ile ilgili çizim bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, bu tez çalışmasında referans alınan yapının enlem ve boylam bilgileri 37.56440205480628° , 43.72361511356323° şeklinde olduğundan, maksimum verim için gerekli olan panel yerleştirme açısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Şekil 4.6’da ise eğime bağlı performans gösterilmiştir.

$$37,56440205480628 \times 0.9 = 33,8^\circ$$



Şekil 4.6.Panel eğim açısının bir fonksiyonu olarak aylık panel performansı (Messenger ve Ventre, 2003)

Bu bağlamda, çalışmanın gerçekleştireceği binanın çatı eğimi ve açısı uygun araç ve gereçler kullanılarak manuel olarak ölçülmüş ve aşağıdaki sonuç elde edilmiştir.



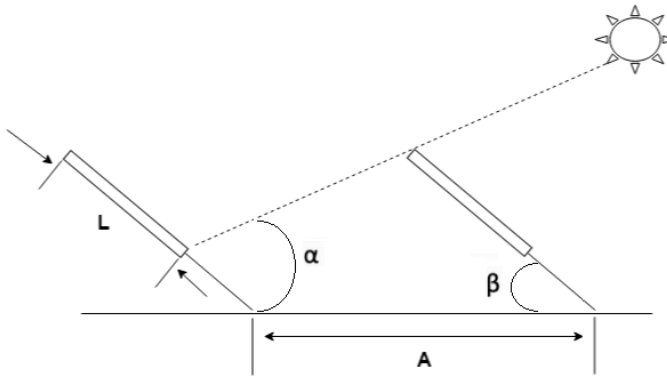
Şekil 4.7.Ölçüm ve hesaplamalar sonucu ortaya çıkan binanın çatı eğim açısı

Şekil 4.7’de gösterilen “c” değeri, çatının eğiminin hesaplanabilmesi için uzunluk ölçümünün yapıldığı referans noktadan çatının uç noktasına olan uzaklık, “b” değeri, referans noktadan çatının tavanına olan olan uzaklık, “A” değeri ise b-c noktaları arasındaki açıdır. Ölçülen bu üç değere göre gerekli trigonometrik hesaplamalar yapıldığında Şekil 4.7’deki sonuçlar elde edilmiştir. “B” açısı yani 20.556° çatının eğim açısını temsil etmektedir. a, b ve c değerleri cm cinsindendir.

Böylece sistemde kullanılması gereken konstrüksiyonun açısı şu hesaplamayla bulunur: $33,8 - 20,556 = 13,244^\circ$. Yani yaklaşık olarak 13.2° ’lik açıyla konstrüksiyonlar yerleştirilmelidir.

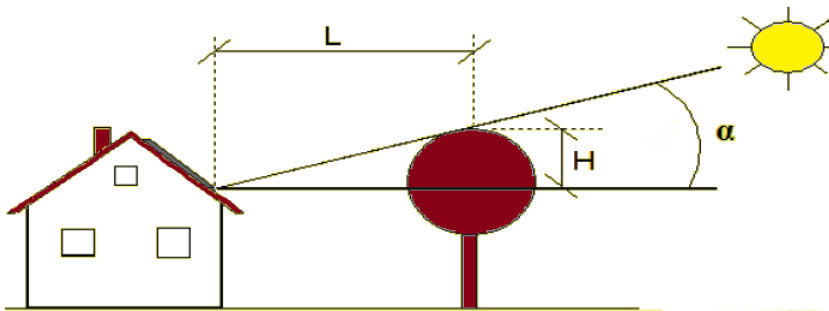
4.5.Güneş Panelleri Arasındaki Mesafenin Hesaplanması

Şekil 4.8’de çatıda konumlandırılacak olan panellerin yatayda yaptıkları açıya göre, uzunlukları baz alınarak aralarındaki mesafenin hesaplanmasına ilişkin bir görüntü bulunmaktadır. Bu şekilde panellerin birbirleri üzerindeki gölgelenme etkisini göstermek amaçlanmıştır. Günün belli saatlerinden sonra eğer panellerin üzerine düşen başka gölge faktörü yoksa, şekildeki faktörün en aza inmesi maksimum verim için önemlidir.



Şekil 4.8.Paneller arasındaki mesafenin tespiti (MEGEP, 2013)

Şekil 4.9’de ise panellerin gölgelenme faktörünü etkileyecek dış engellerden dolayı oluşabilecek duruma ilişkin bir görsel bulunmaktadır. Bu durum, tezin gerçekleştirileceği yapı için söz konusu olmayacaktır, çünkü referans alınan yapının yüksekliğinden dolayı gölgelenme faktörünü etkileyecek bir engel çevresinde bulunmamaktadır.



Şekil 4.9.Modüllerin üzerine engellerden dolayı gölge düşmesi (MEGEP, 2013)

Panellerin arasında olması gereken optimal mesafe şu şekilde hesaplanmıştır:

$$H = \sin \beta x L;$$

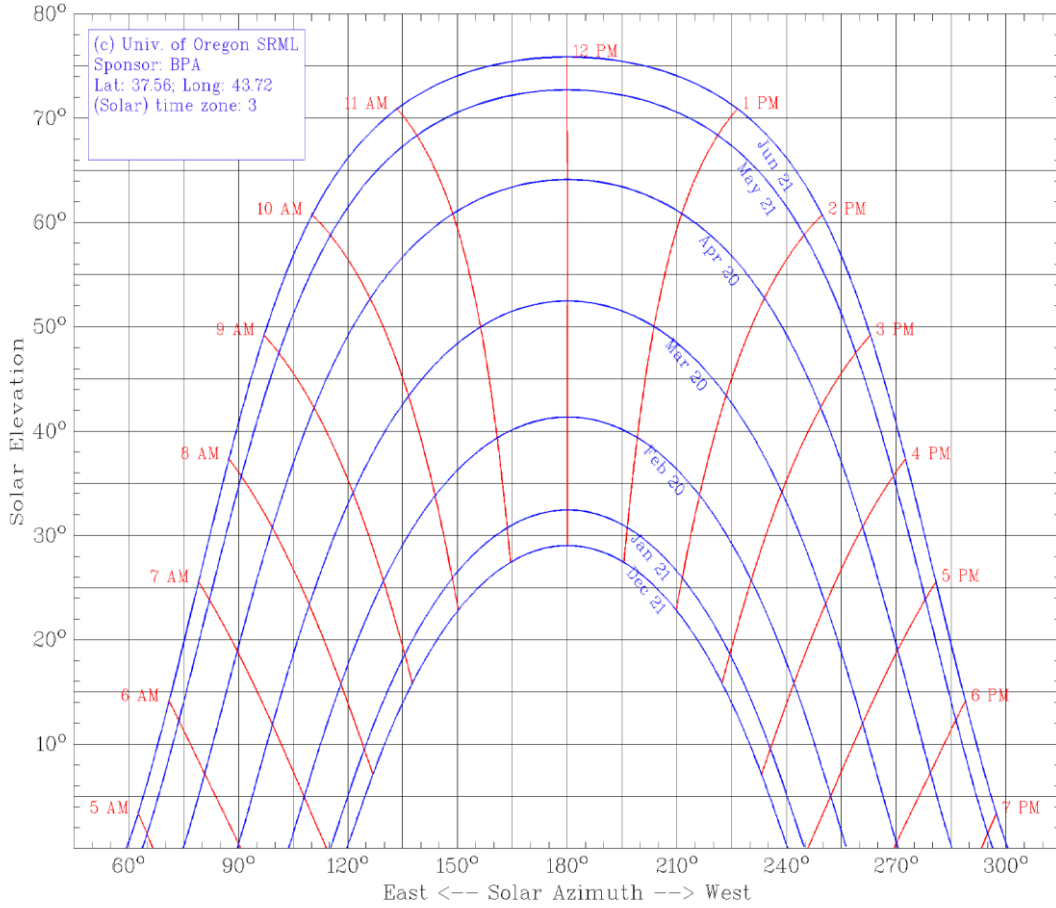
Denklem 4.1

H=panelin yatay yüksekliği, L=panel uzunluğu, β =panelin yatayda yaptığı açı

$$A = [H \frac{\cos(\text{azimut } h \text{ düzeltme açısı})}{\tan(\text{yükseklik açısı})} + (\cos \beta x L)];$$

Denklem 4.2

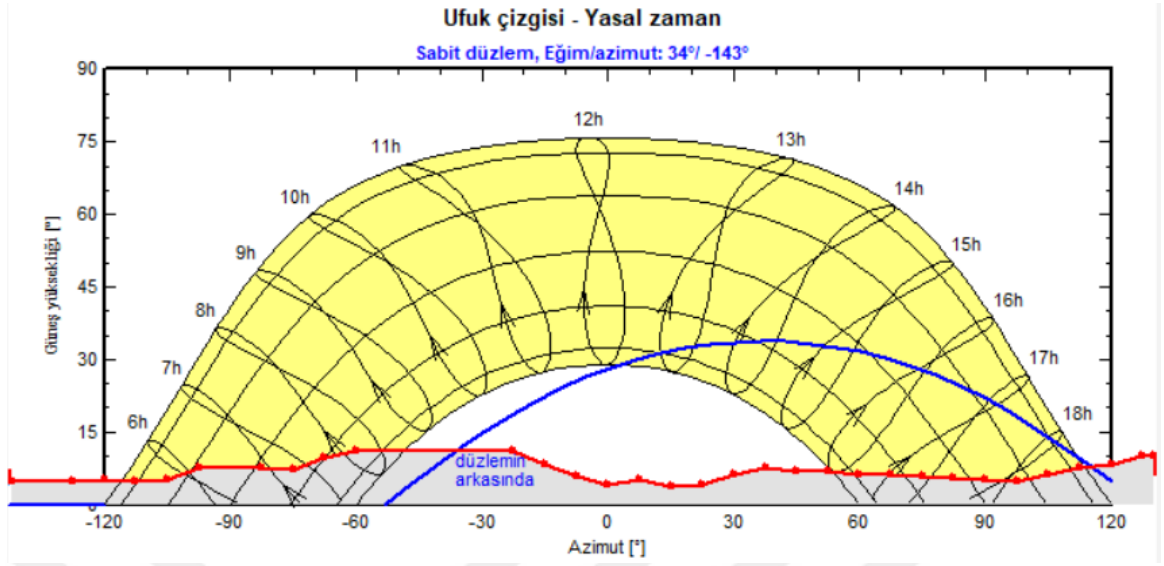
A=Uçtan uca iki panel arası mesafe



Şekil 4.10.Yapının bulunduğu konum için güneş yolu grafiği

Şekil 4.10'daki grafik, Hakkâri ilinde bulunan TOBB Mesleki Eğitim Merkezi için güneş yolu grafiğidir. Oregon Üniversitesi'nin "Sun path chart program" yani güneş yolu grafiği programıyla hazırlanmıştır (<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>).

Bu grafiği okurken, güneş ışınlarının en dik geldiği güne göre referans alınarak, oluşacak olan gölge boyunu maksimize şekilde göz önünde bulundurup o şekilde hesaplama yapmak önemlidir. Bu yüzden 21 Haziran gündönümünde en dik, 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerinde 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri arasındaki bir değerde, 21 Aralık'ta ise yapının bulunduğu konum neticesinde, Kuzey Yarım Küre'de en yüksek gölge boyuna ulaşılır. Bu nedenle güneş yolu grafiği baz alınarak yapılacak olan hesaplamada, 21 Aralık tarihi ön plandadır.



Şekil 4.11.Yapının bulunduğu konum için güneş yolu grafiğinden PVGIS kaynak alınarak yükseklik açısı ve azimuth düzeltme açısının tespiti

Şekil 4.11’de PVGIS kaynak alınarak yükseklik açısı ve azimuth düzeltme açısının tespiti yapılmıştır. Grafiğin altında kalan alanda, kırmızı şeritle kesişmekte olan yaklaşık 08.30 ve 16.00 saatlerine göre, verimli hesaplama yapılabilmesi için 09.00 ve 15.00 saatleri seçilmiştir. Buna bağlı olarak, Şekil 4.10’dan yaklaşık olarak yükseklik açısı 16° ve azimuth düzeltme açısı 42° olarak alınmıştır. Böylece hesaplama şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

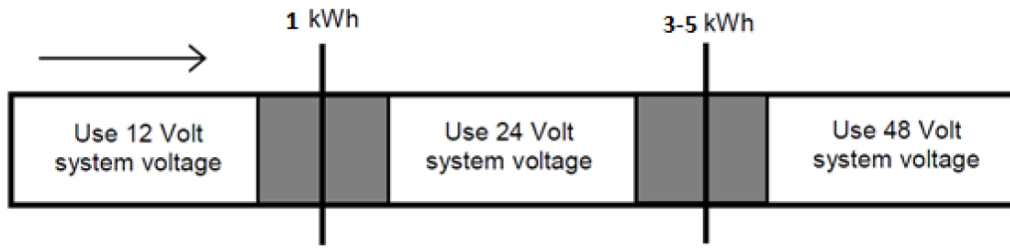
$$H = \sin 13,2 \times 1,984 = 0,4530; L=\text{panel uzunluğu}=1,984 \text{ m}$$

$$A = \left[0,4530 \frac{\cos(42)}{\tan(16)} + (\cos 13,2 \times 1,984) \right] = 3,1055$$

Bu hesaplamalardan sonra A değerinden, panel uzunluğu olan L değerini çıkarttığımızda, 3,105-1,984=1,121 değerini elde ederiz. Bu sonuca göre simülasyonda gerekli veriler girilirken, paneller arası boşluk yaklaşık olarak 1,125 m olarak baz alınacaktır.

4.6.Sistem Geriliminin Hesaplanması

Güneş paneli sistemlerinde, şebekeden bağımsız sistemlerde yüksek enerji ihtiyacı durumunda, sistem gerilimi olarak, FV sisteminin ihtiyaç duyduğu gerilim yüksek olur. Sistem gerilimi, genelde sistemin gereksinimlerine göre seçilir. Sistem gereksinimi de yüke göre tespit edilir ve bu yük bir gündeki saatlik ihtiyaca göre hesaplanır. Sistem gerilimi hesaplanırken, sisteme dâhil olan güneş panelleri, eviriciler ve akü sistemleri etkilidir. DC olarak belirlenecek olan gerilim değeri, toplam günlük AC yüküne bağlı olarak değişir (Dulaimi, 2017).



Şekil 4.12.Günlük talebe göre sistem gerilimi (Dulaimi, 2017)

Şekil 4.12'ye göre, sistem gerilimi 48 V olarak seçilmiş ve batarya konfigürasyonları ve bağlantıları bu değere göre hesaplanmıştır.

4.7. Sistem Bileşenlerine İlişkin Hesaplamalar

Uygulama ve simülasyonun yapılacağı yapıya ilişkin hesaplama yapmak için; sistemin genel gerilimi ve batarya sistemi gerilimi 48 V, günlük güneşlenme süresi 3,5 saat, yapı bir eğitim kurumu olduğundan çalışma günleri ayda ortalama 22 iş günü olarak seçilmiştir. Buna göre;

$$\text{Sistem kapasitesi}(kWp) = \frac{\text{Aylık enerji tüketimi}(kWh)}{\text{Güneşlenme süresi}(saat) \times \text{Gün sayısı}} \quad (\text{Dulaimi, 2017}) \quad \text{Denklem 4.3}$$

Aylık enerji tüketim verisini elde ederken, Hakkâri bölgesi için, yapının tüketim verileri göz önünde bulundurularak, Ekim-Kasım-Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları ortalamaları hesaplanmış ve ayrıca PVSOL programında, tüketim kısmına toplam yıllık tüketim değeri girildikten sonra, programda dağılımın en uygun olabileceği profil olarak tanımlanmış olan

G1 profiline göre maksimum değerde olan Ocak ayı için 2532,8 kWh gözükmekte ve altı ayın ortalaması için;

$(2437,2+2807,84+2276,04+3187+2482,84+2171,36)/6=2560,38$ kWh değeri elde edilmiştir.

Buna göre;

$$Sistem\ kapasitesi(kWp) = \frac{2532,8kWh}{3.5 \times 22} = 32893\ Wh\ bulunur.$$

$$Modül\ sayısı = \frac{Sistem\ kapasitesi\ (Wh)}{Modül\ gücü(W)} (Dulaimi, 2017) = \frac{32893}{395} = 83.2\ olur. \quad Denklemler\ 4.4$$

Buna göre yaklaşık olarak 84 adet panel kullanılması gerekmektedir. Panel (modül) gücü olarak 395 W'lık paneller hesaplama dâhil edilmiştir, referans alınan panellere ilişkin detaylı inceleme ayrıca simülasyon aşamasında gerçekleştirilmiştir. Batarya sistemi için gerekli hesaplamalar ise, yine G1 profili (Şekil 4.13) baz alınarak altı ayın ortalaması alınmıştır ve batarya sistemi için gereken toplam güç değeri hesaplanmıştır, burada 22 olan iş gününe bölünen değerler G1 profili için bu altı farklı aylık tüketim değerlerini göstermektedir;

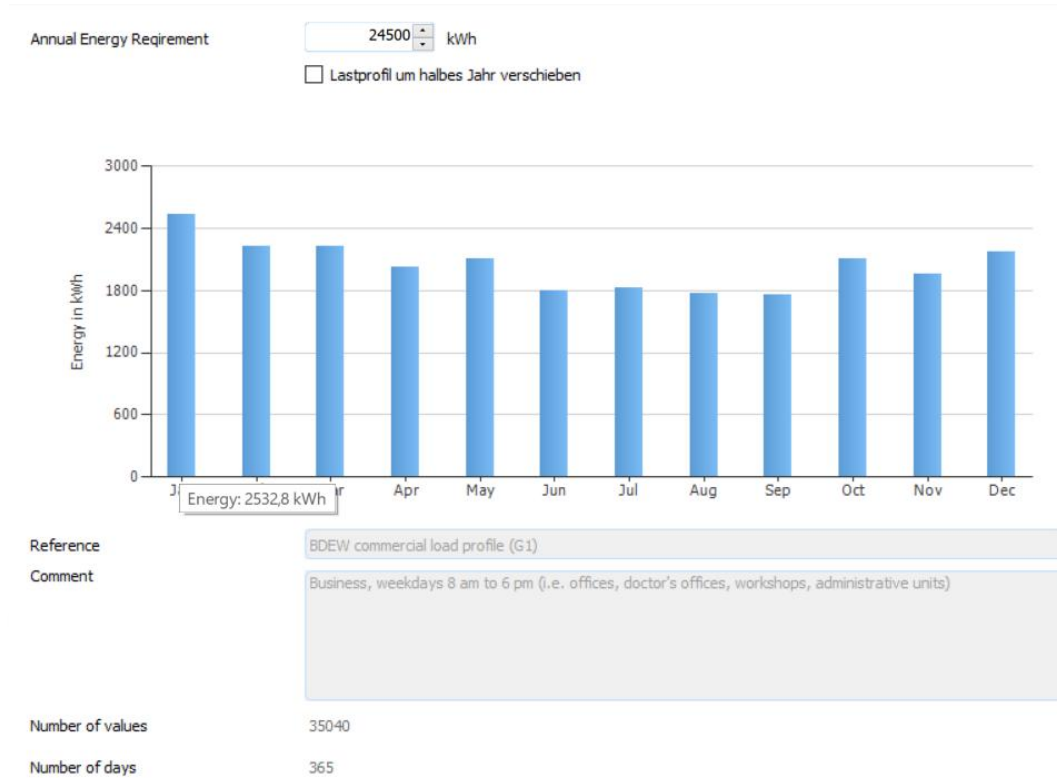
$$\left(\frac{2532,8}{22} + \frac{2221,4}{22} + \frac{2227,3}{22} + \frac{2108,4}{22} + \frac{1953,6}{22} + \frac{2167,9}{22} \right) \div 6 = 102,14\ kW$$

$$Batarya\ kap. (Ah) = \frac{Toplam\ güç}{Inv.verimi \times Akü\ volt \times DOD(\%)} \times Gün\ say. (Dulaimi, 2017) \quad Denklemler\ 4.5$$

$$Batarya\ kapasitesi(Ah) = \frac{102,14kW}{0,96 \times 12 \times 0,6} \times 2 = 29554\ Ah$$

$$Batarya\ kapasitesi(kWh) = 29554 \times 12 = 354,6\ kWh$$

G1 profili, PVSOL programı içerisinde, tüketim verilerinin sisteme girilme aşamasında, uygun tüketim dağılımını oluşturabilmek için tanımlı olan profillerden bir tanesidir. Profil dağılımı, program içerisinde de belirtildiği gibi hafta içi günleri mesai saatlerini kapsayacak şekilde ayarlanmış ve profil özellikleri buna göre oluşturulmuştur. Çalışmada da bu profile olan uygunluk, uygun görülmüş ve seçilmiştir.

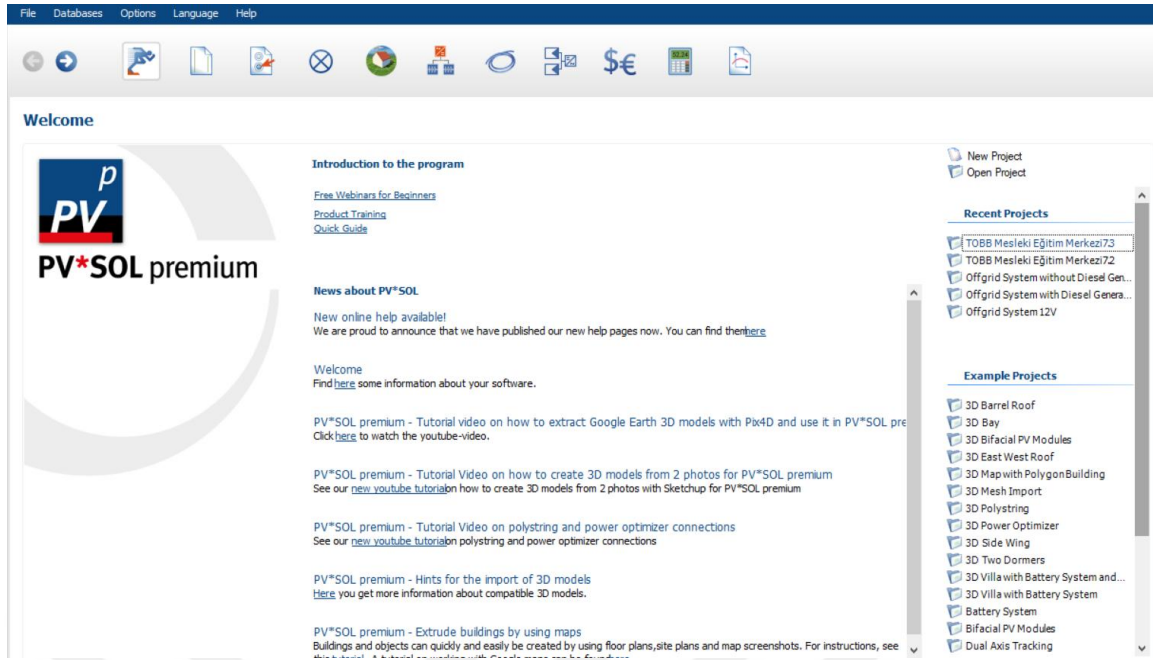


Şekil 4.13.G1 profili

4.8.PVSOL Programı ve Simülasyonun Uygulanması

PVSOL programı, Windows platformunda çalışan, Almanya menşeli, cihazlar, pil sistemleri ve elektrikli araçlarla birlikte fotovoltaik sistemlerin hesaplanması için 3D görselleştirme ve ayrıntılı gölgeleme analizi içeren dinamik bir simülasyon programıdır.

Fotovoltaik tasarım programları için endüstri standardı haline gelen PVSOL ile FV sistemi tasarlanabilir ve simüle edilir. Birkaç modüllü küçük çatı tipi sistemden ticari çatılarda orta ölçekli sistemlere ve büyük güneş enerjisi parklarına kadar tasarım ve simülasyon için çok sayıda aracı bünyesinde barındırır. Kapsamlı ürün veri tabanına sahiptir, 20.000'den fazla FV modülü, 4.700 evirici, 1.400 pil sistemi ve elektrikli araçlar ve performans optimize ediciler gibi diğer birçok ürünü içerir. 3B görselleştirme, PVSOL'un en önemli özelliğidir. İster küçük açılı çatılarda, ister büyük endüstriyel salonlarda veya açık alanlarda olsun, çatıya entegre veya çatıya monte olsun, tüm yaygın sistem türlerini 7,500'e kadar monte edilmiş modül veya 10.000'e kadar çatı-paralel modül ile 3D olarak görselleştirme yapılabilir. Şekil 4.14 ve Şekil 4.66 arasındaki tüm şekiller, çalışmada simülasyonun gerçekleştirilmesindeki tüm aşamaları göstermektedir.



Şekil 4.14.PVSOL giriş ekranı

PVSOL programında, programın üst kısmında bulunan bölümler, seçilecek olan konfigürasyona göre değişmektedir. Giriş kısmından sonra, projenin detay verilerinin girildiği ‘Proje Verileri’ kısmı, daha sonra sistem tipinin, iklim ve şebeke verileriyle alakalı olan Sistem Tipi, İklim ve Şebeke kısmı bulunmaktadır. Tez kapsamında 3D şebekeden bağımsız FV sistemi ve 3D şebekeye bağlı FV sistemi inceleneceğinden, Sistem Tipi, İklim ve Şebeke kısmından sonra yapılan seçime göre bölümler şu şekilde yer almaktadır:

3D şebekeden bağımsız FV sistemi;

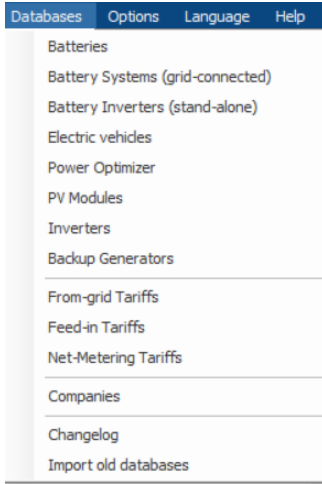
- ◆ Tüketim
- ◆ 3D Tasarım
- ◆ Akü eviricisi ve akü
- ◆ Kablolar
- ◆ Plan ve parça listesi
- ◆ Finansal analiz
- ◆ Sonuçlar
- ◆ Sunum

3D şebekeye bağlı FV sistemi;

- ◆ 3D Tasarım
- ◆ Kablolar

- ◆ Plan ve parça listesi
- ◆ Finansal analiz
- ◆ Sonuçlar
- ◆ Sunum

Ayrıca program detaylı bir veritabanına sahiptir, bu veritabanı: bataryalar, batarya sistemleri, batarya eviricileri, elektrik cihazları, güç iyileştiricileri, FV modülleri, eviriciler, yedek jeneratörler, çeşitli tarifeler ve firmaları kapsar.



Şekil 4.15.Veritabanları

Daha sonra program üzerindeki ayarlamalar ve simülasyon ayarlarına ilişkin düzenlemeler aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Mains voltage between phase and neutral	230	V
Number of Phases	3-phase	
Displacement Power Factor ($\cos \phi$)	+/- 1,00	
Specific CO ₂ saving through the use of PV energy	470	g/kWh

Şekil 4.16.Program ayarları

Ground Reflection (Albedo)

☒ Enter yearly albedo ☐ Enter monthly albedo

20 %

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %

Output losses due to soiling of the PV modules

☒ Enter yearly losses due to soiling ☐ Enter monthly losses due to soiling

0,0 %

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

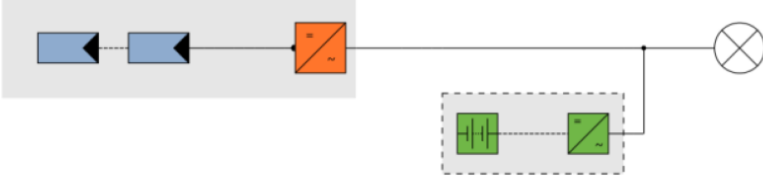
Şekil 4.17.Simülasyon ayarları

Şekil 4.17’de görüldüğü gibi kirlilik faktörü %0 olarak alınmış ve yıllık albedo yani güneş ışığını yansıtma kapasitesi değeri %20 olarak alınmıştır.

System Type, Climate and Grid

Type of System

3D, Stand-alone PV System



Type of Design

☒ Use 3D Design

Climate Data

Country: Turkey Location: TOBB

Latitude	37° 33' 51" (37,56°)	Annual sum of global irradiation	1779 kWh/m ²
Longitude	43° 43' 24" (43,72°)	Annual Average Temperature	9,8 °C
Time zone	UTC+2		
Time Period	1991 - 2010		
Resolution	One-minute		

[Simulation Parameters](#)

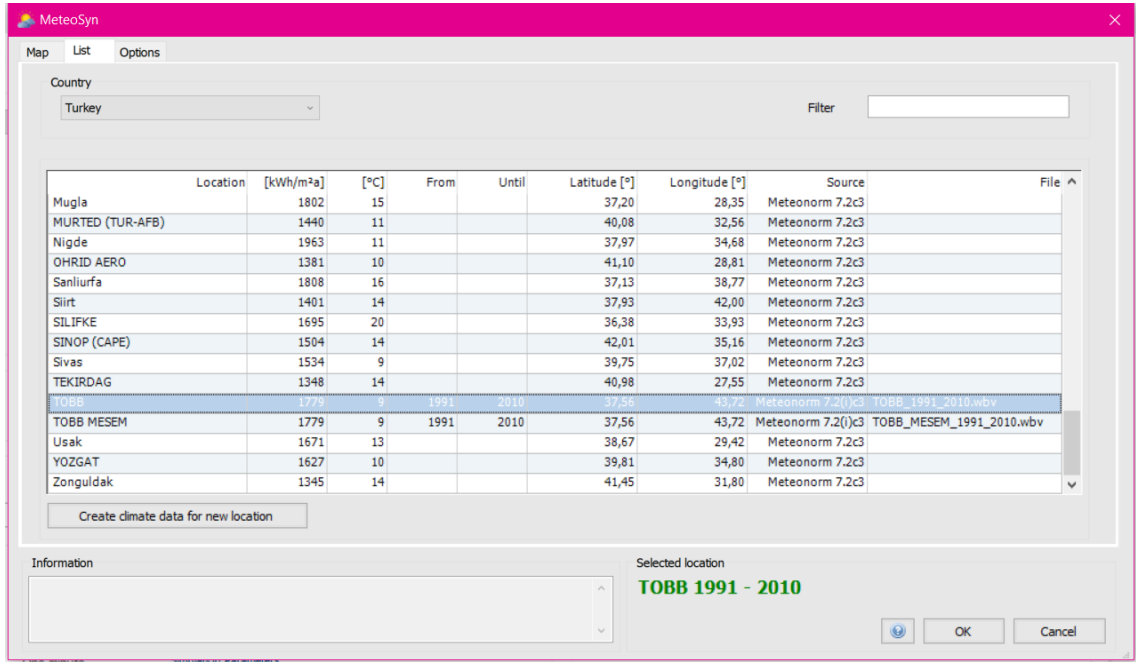
AC Mains

Enter

Voltage (N-L1)	230 V
Number of Phases	3-phase
cos φ	1

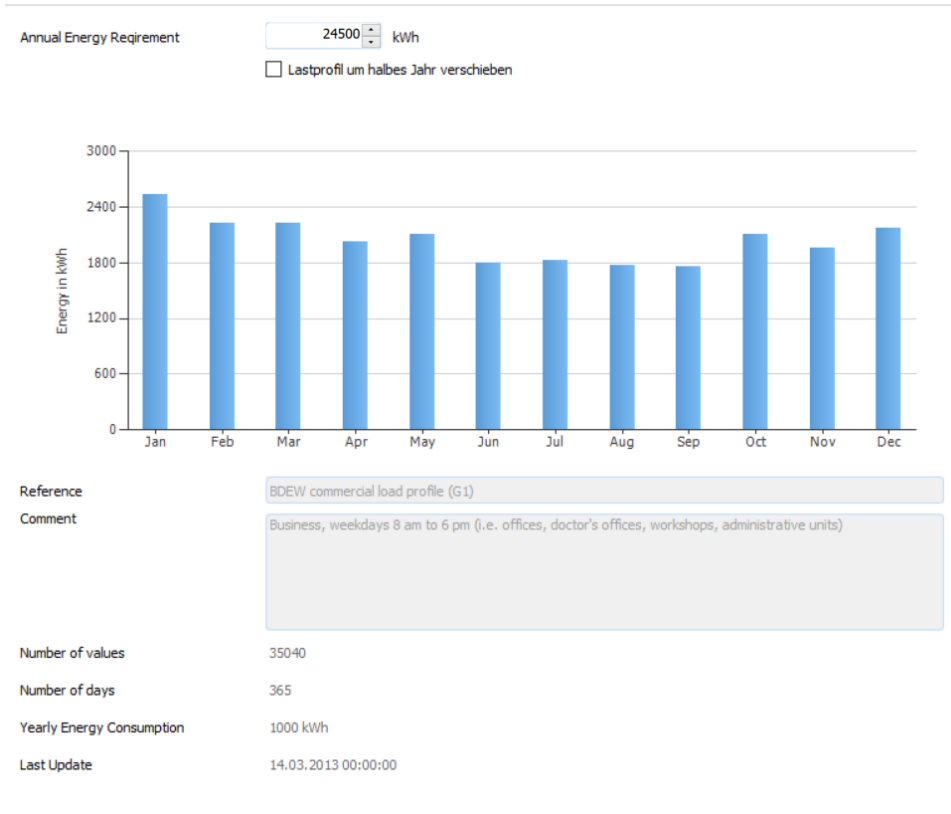
Şekil 4.18.Sistem Tipi, İklim ve Şebeke

Şekil 4.18’de, sistem tipi şebekeden bağımsız olarak seçilmiş, 3D tasarım bölümü aktif edilmiş, iklim verisi olarak yapının bulunduğu konum seçilmiştir. Bu verileri, program, Meteonorm 7.2’den almaktadır. Buna göre, enlem ve boylam değerleri gözükmekte, verileri ilişkin zaman aralığı 1991-2010 arası, global güneş radyasyon değeri 1779 kWh/m² ve ortalama sıcaklık değeri 9.8 C° olarak gözükmektedir.

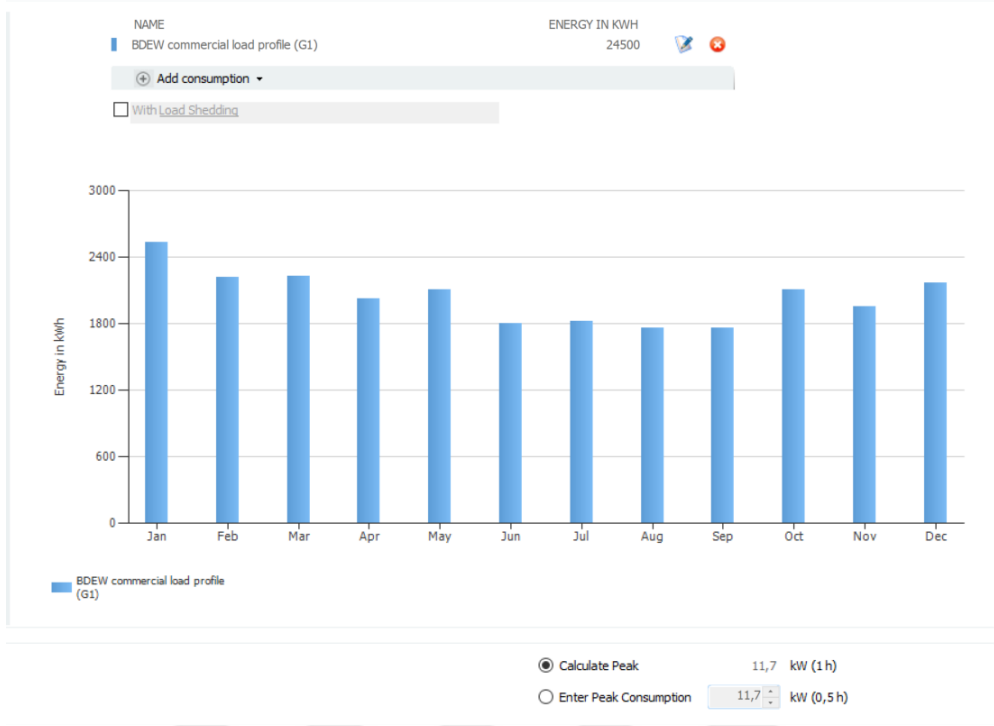


Şekil 4.19.PVSOL-Meteonorm veritabanı

Daha sonra, yapıya ilişkin toplam yıllık tüketim değeri, program bünyesindeki bölümlerden tüketim kısmına girilmiştir.



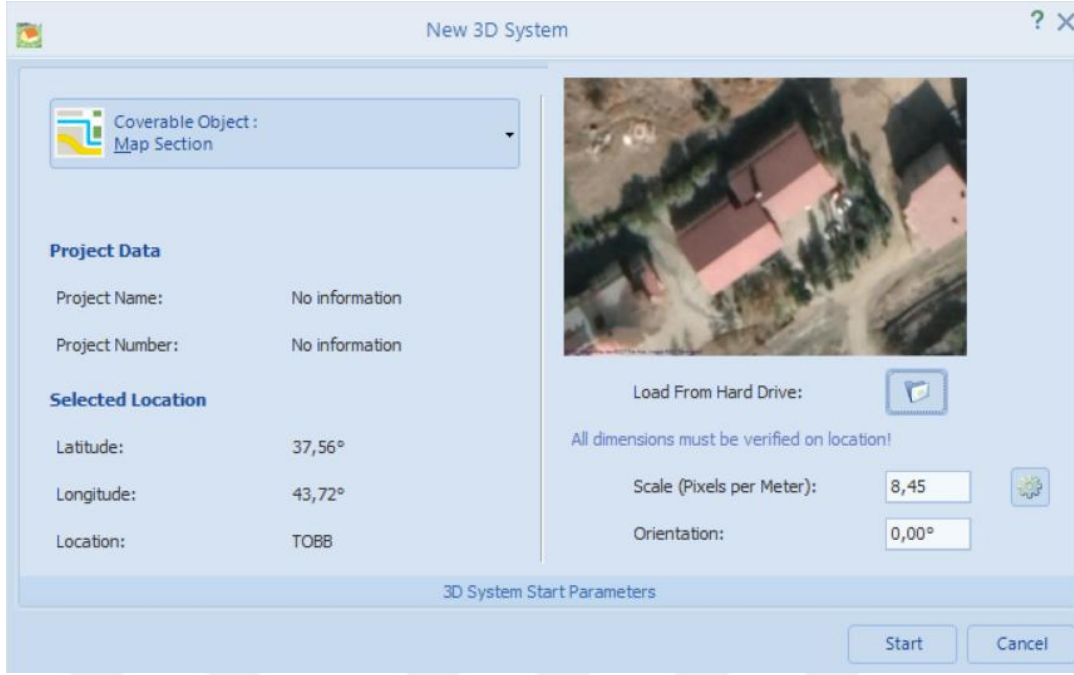
Şekil 4.20.Tüketim verilerinin girilmesi (verilerin giriş aşaması)



Şekil 4.21. Tüketim verilerinin girilmesi (veriler girildikten sonra)

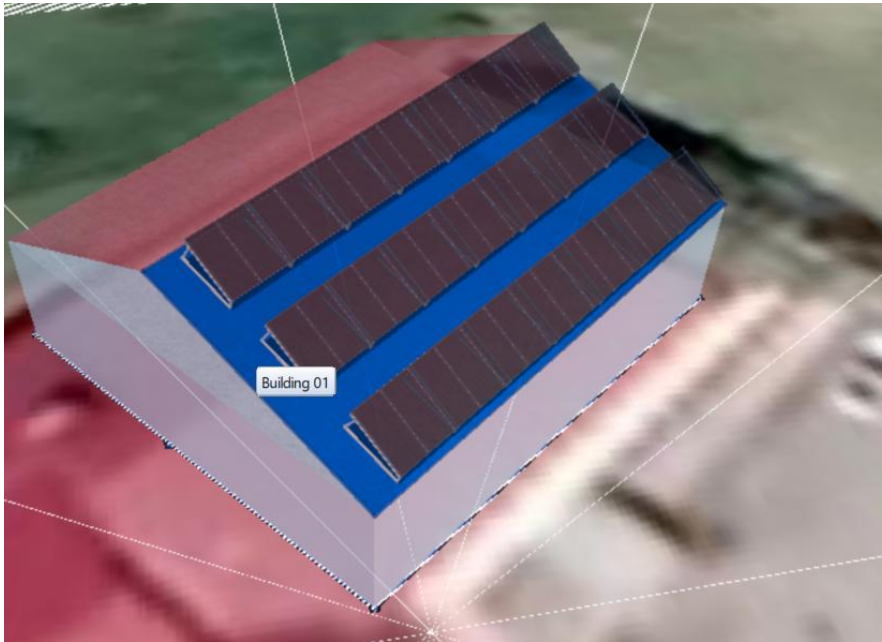
Program otomatik olarak “Peak” değerini tüketim değerlerine göre hesaplamış ve 11,7 kW olarak bulmuştur.

3D Tasarım bölümünde, “Edit” butonun basarak, tasarım bölümü açılmaktadır. Burada gelen menüde, “Map selection” yani harita üzerinden seçim tıklanmıştır. Daha sonra konum harita üzerinden seçilmiş ve yapının Google Maps üzerinden çatı görüntüsü tasarım ekranına aktarılmıştır.

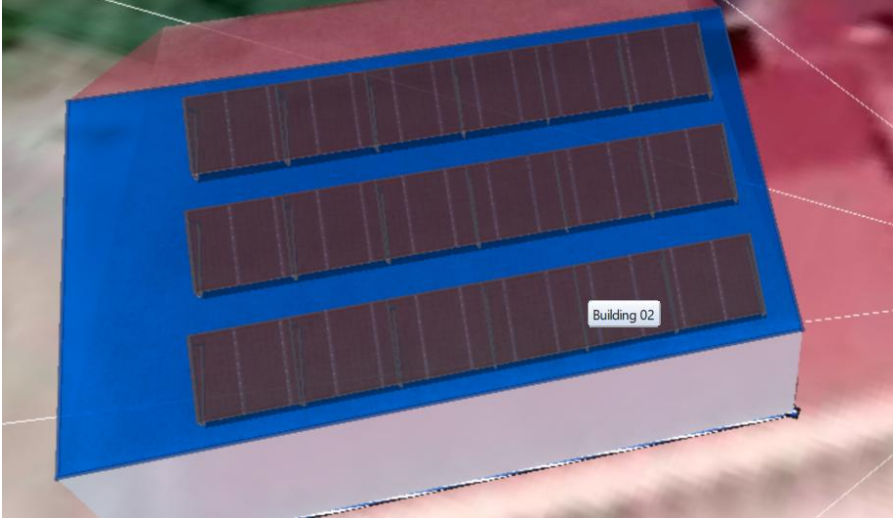


Şekil 4.22.3D Tasarım

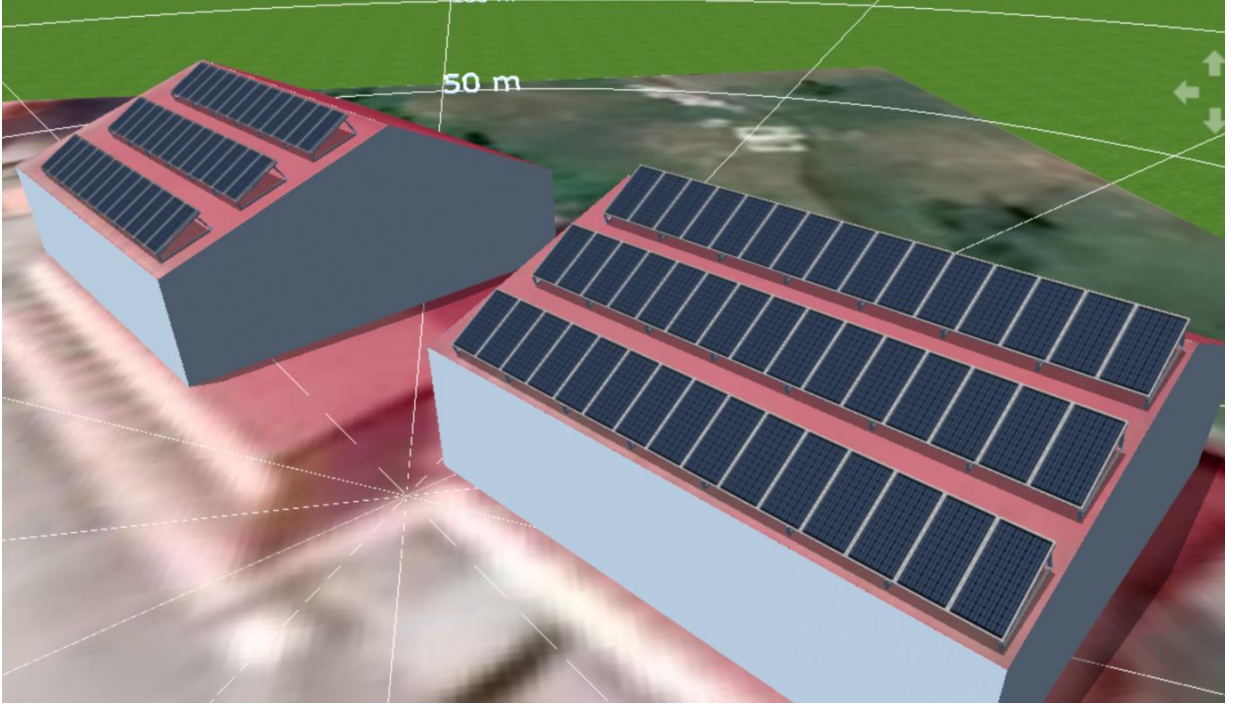
Daha sonra çatı, panellerin yerleştirilebileceği şekilde düzgün köşegenlere sahip olmak şartıyla ve önceden yapılan hesaplamalar doğrultusunda, üç boyutlu şekle getirilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi, 2D olan görünüm 3D olarak bina formuna ulaşmış ve çatı şekli gerekli girdiler sonucunda, gerçekteki eğimini kazanmıştır.



Şekil 4.23.Çatı 1



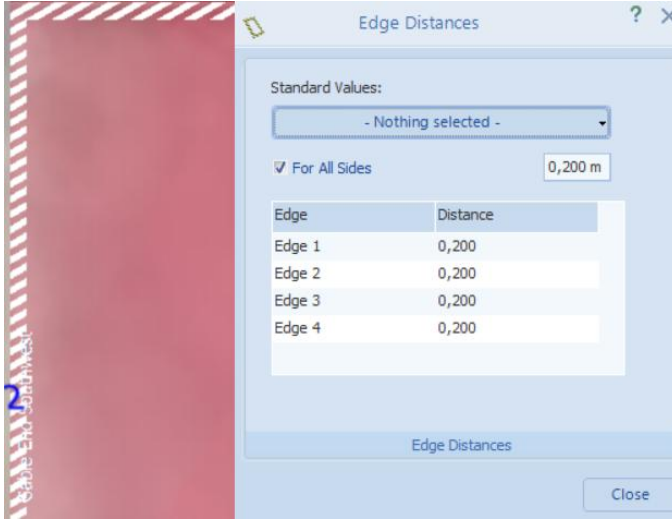
Şekil 4.24.Çatı 2



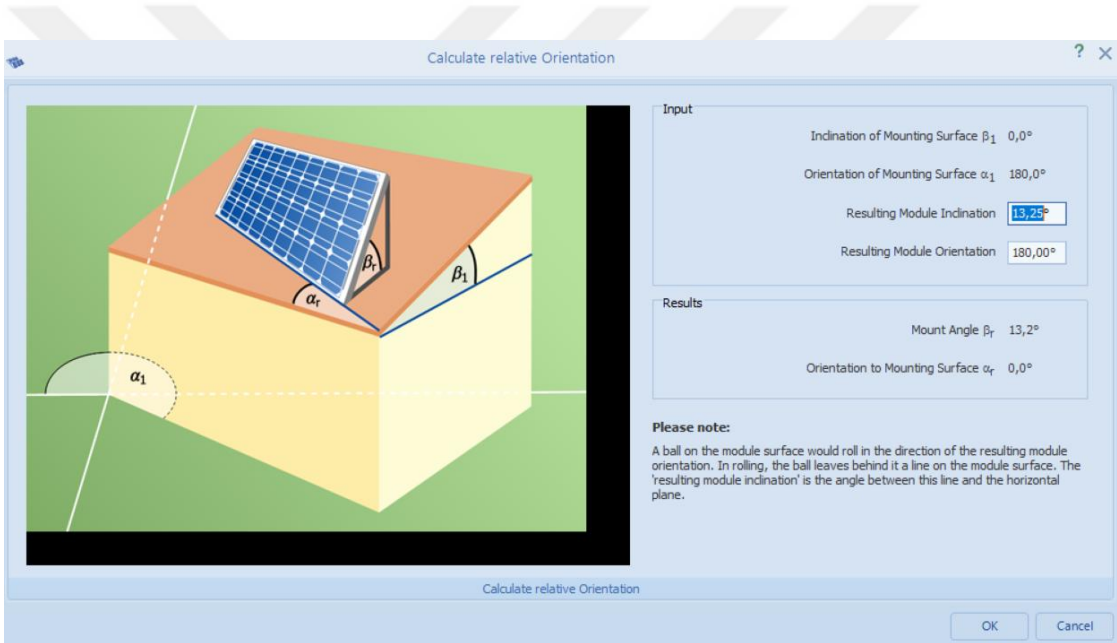
Şekil 4.25.Genel görünüm

Projede, tasarım alanında biçimlendirilen yapı normalde bitişik iki yapıdan oluşmakta ve güneş panellerinin düzgün şekilde yerleştirilmesi için tasarım alanında, yapının iki çatısına paneller ayrı ayrı yerleştirilecek şekilde düzenlenmiştir.

Panellerin düzgün konumlandırılabilmesi ve gölge faktörünü minimize edebilmek için tüm çatının kenarlarından 0.2 m kenar boşluğu bırakılacak şekilde, program üzerinde “Edge Distances” bölümünden gerekli ayarlamalar yapılmıştır.



Şekil 4.26.Çatıda bırakılacak olan kenar boşlukları



Şekil 4.27.Panel montajının hesaplanması

Kenar boşluk ayarlamaları yapıldıktan sonra, 3D tasarım bölümündeki program menülerinden “Module Mounting” kısmına gelinmiştir. Bu bölümde, panel dizileri oluşturup çatı alanına yerleştirebilmek için “Edit Assembly System” bölümünden, panel montaj sistemine ilişkin ayarlamalar yapılmıştır. “Orientation” kısmında, “Calculate relative Orientation” bölümünden, panellerin hangi açıda yerleştirileceğine ilişkin veri önceden hesaplandığı şekilde girilmiştir. Ayrıca bu bölümde, panel gruplarında kullanılacak olan panel seçimi yapılmış ve bu seçim doğrultusunda konfigürasyona eklenmiştir. Dikeyde yerleştirilecek olan modüllerin sayısı 1, yatay ve dikey boşluk değerleri, alt kenar yüksekliği, “Module Mount” kısmında, “Placing” kısmında ise,

panellerin birbirleriyle olan gölgelenmelerini en düşük seviyede tutmak için önceden yapılmış olan hesaplama doğrultusunda, “Mount Support Clearange” bölümüne gerekli hesaplama sonucu oluşan değer girilmiştir.

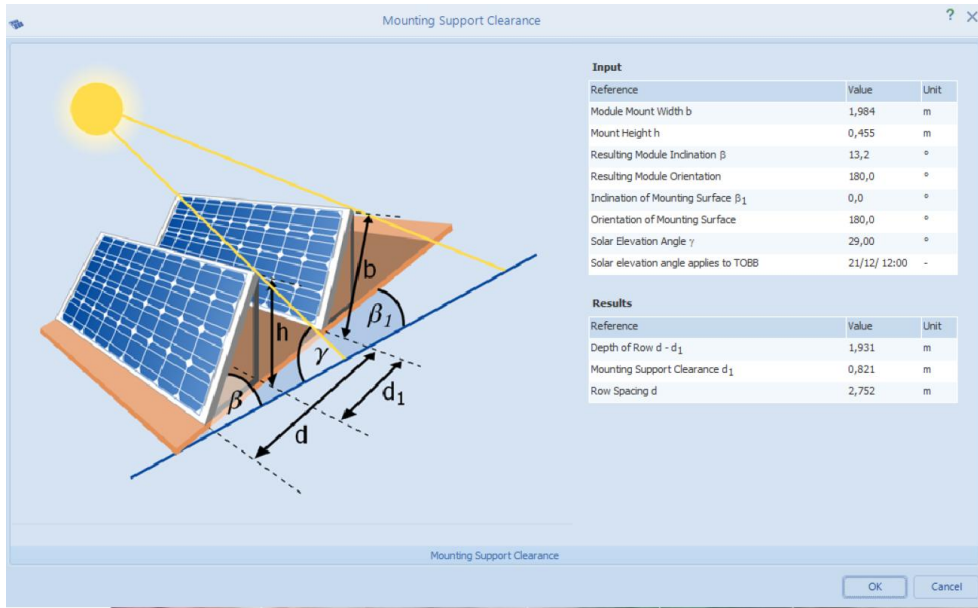
Panel seçimi yapılırken, birçok firmaya ait panel teknik veri sayfaları incelenmiştir. Bu seçim yapılırken;

- ❖ Yerli firmaların tercihi
- ❖ Panel ölçütleri (yatayda maksimum panel sayısını elde edebilmek için gerekli olan en ve panel aralıkları girildiğinde dikey dizi olarak maksimum yani 3 dizi olarak yerleştirilebilmeye uygunluk)
- ❖ Panel verimi
- ❖ Panel gerilim, akım ve güç değerleri göz önünde bulundurulmuştur.

Bu kriterler neticesinde, CW Enerji firmasına ait, “CWT395-72PM-BC 395” isimli 395 W’lık monokristal panel seçilmiştir.



Şekil 4.28.Montaj sisteminin düzenlenmesi



Şekil 4.29.Panel montajına ilişkin açısal ve uzunluk değerleri

Electrical Data

Cell Type: Si monocrystalline

☐ Half-cell module

Cell Count: 72

Number of Bypass Diodes: 3

Loss voltage per bypass diode in V: 1

Integrated power optimizer: no selection

☐ Only Transformer Inverters suitable

☒ Cell strings perpendicular to short side

Şekil 4.30.Panel elektriksel verileri

I/V Characteristics at STC

MPP Voltage in V: 41.07

MPP Current in A: 9.62

Open Circuit Voltage in V: 49.54

Short-Circuit Current in A: 10.24

Increase open circuit voltage before stabilisation in %: 0

Nominal output in W: 395

Fill Factor in %: 77.88

Efficiency in %: 19.78

Şekil 4.31.Panel akım ve gerilim karakteristikleri (standart test koşullarında)

I/V Characteristics at low light

☐ Standard low-light performance

Model PV*SOL Model

Irradiance (low light) in W/m ²	200
MPP Voltage (low light) in V	39.496
MPP Current (low light) in A	1.985
Open Circuit Voltage (low light) in V	46.35
Short-Circuit Current (low light) in A	2.061
Fill Factor (low light) in %	82.07
Relative efficiency (low light) in %	99.22

Şekil 4.32.Panel akım ve gerilim karakteristikleri (düşük ışıpta)

Additional Parameters

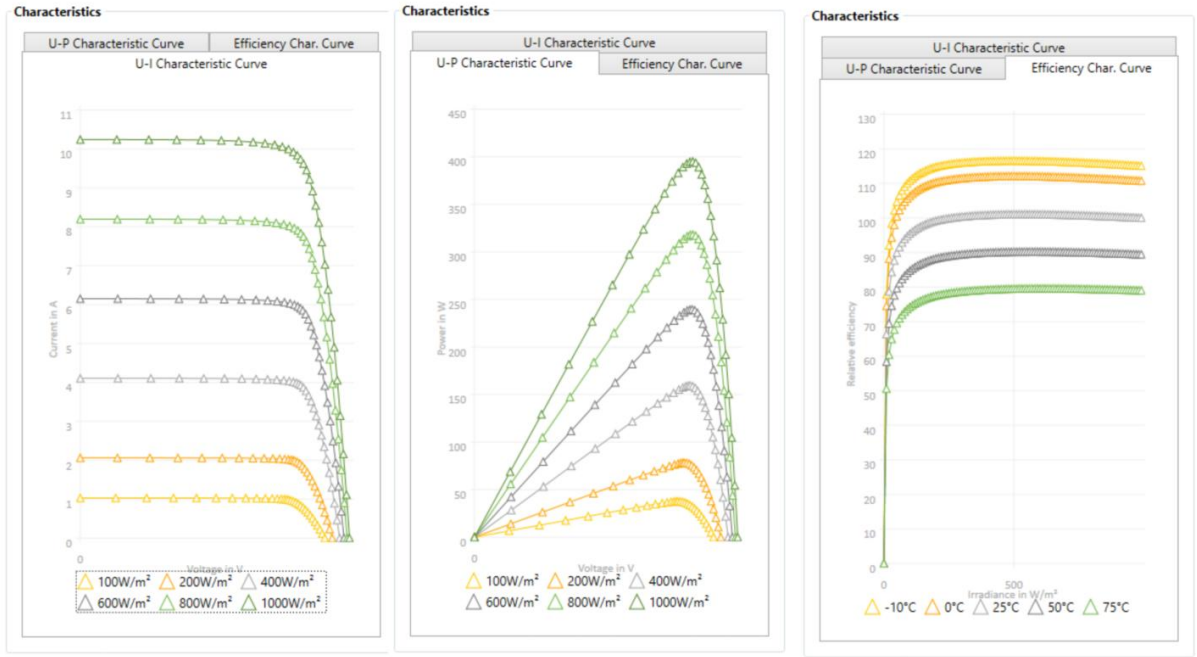
Voltage Coefficient (Voc) in mV/K	☐ mV/K	-133.2
Voltage Coefficient (Voc) in %/K	☒ %/K	-0.269
Electricity Coefficient (Isc) in mA/K	☐ mA/K	4.1
Electricity Coefficient (Isc) in %/K	☒ %/K	0.04
Output Coefficient in %/K		-0.36
Incident Angle Modifier (IAM) in %		99
Maximum System Voltage in V		1000
Bifacial factor in %		0

Şekil 4.33.Panele ilişkin diğer parametreler

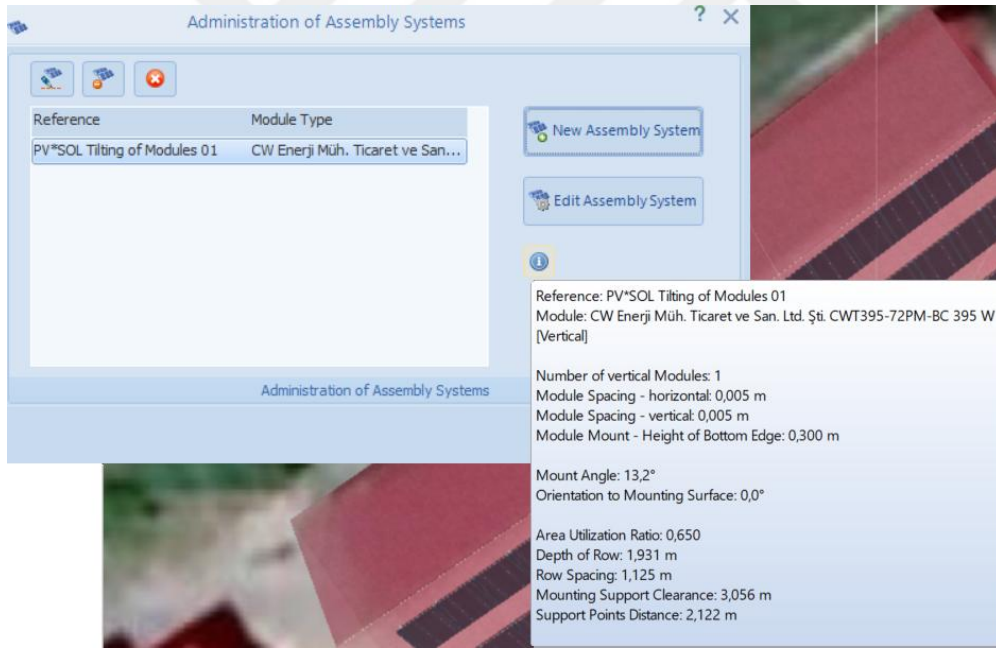
Dimensions

Width in mm	1007
Height in mm	1984
Surface in m ²	2
Depth in mm	40
Frame Width in mm	35
Weight in kg	22

Şekil 4.34.Panel ölçütleri



Şekil 4.35. Panel verim grafikleri



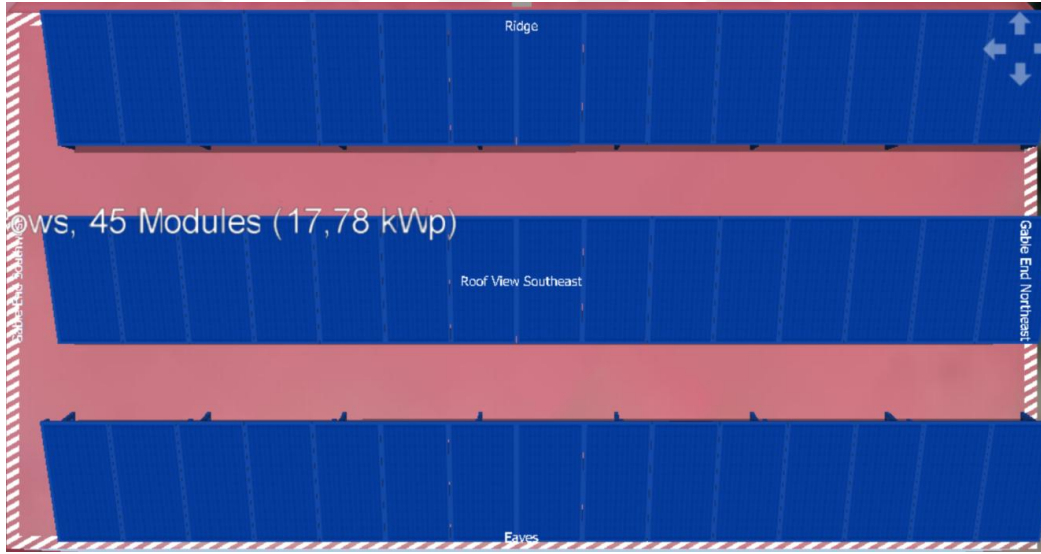
Şekil 4.36. Montaj sisteminin genel görüntüsü

Montaj sistemi tanımlandıktan sonra bu bölümün yönetim kısmında, yapılan ayarlamalara ilişkin bir bilgi kutucuğu ile ayarlamalar görülebilmektedir.

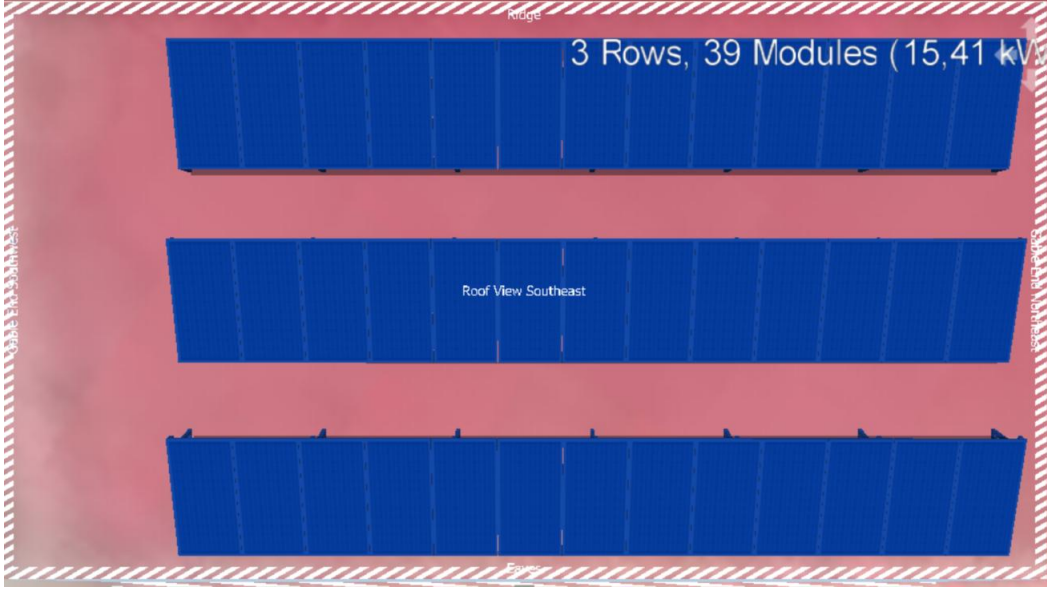


Şekil 4.37. Çatıyı paneller ile kaplama

Montaj sisteminin tanımlanma işlemi bittikten sonra, panellerin çatıya belirlenen uygun aralıklar ile yerleştirilebilmesi için “Fill Area” seçeneği seçilerek istenilen sayıda panel, iki çatıya da düzgün bir biçimde yerleştirilmiştir. Şekil 4.38 ve Şekil 4.39 da görüldüğü gibi, 1. çatıya ilişkin 45 panel toplamda 17.78 kWp gücünde 3 dizi şeklinde, 2. çatıya ilişkin 39 panel toplamda 15.41 kWp gücünde 3 dizi şeklinde yerleştirilmiştir. Bu panel yerleşimi sırasında, panel yerleştirme açıları girilen değer doğrultusunda, program tarafından konstrüksiyon sistemleri ile sağlanmıştır. 3D tasarım ekranında yapıya sağ ve sol profilden bakıldığında panellerin konstrüksiyon sistemi ile nasıl yerleştirildiği görülmektedir.



Şekil 4.38. 1. çatı panel montajı

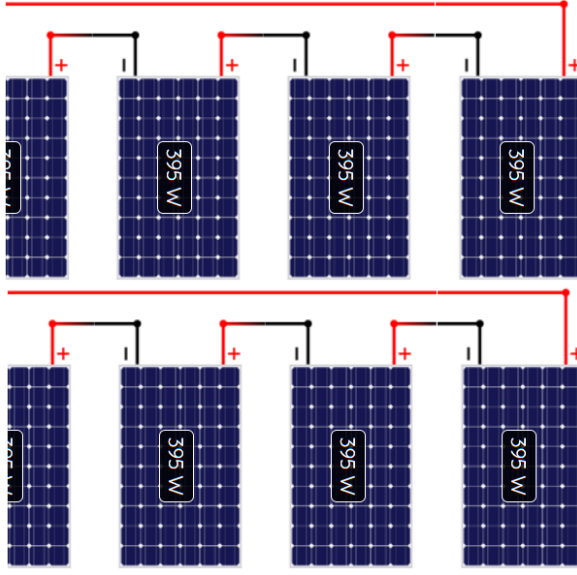


Şekil 4.39. 2. çatı panel montajı

Yerleştirilen panellerin, yapının elektrik sistemine dahil olabilmesi için, gerekli eviricilerin sisteme entegre edilmesi gerekir. Bu yüzden, programda “Module Configuration” bölümünde, panellerle ilişkilendirilecek eviricilerin ayarlamaları yapılmalıdır. Yapılan bu ayarlamalarda, seçilen eviriciler şu kriterlere göre seçilmiştir:

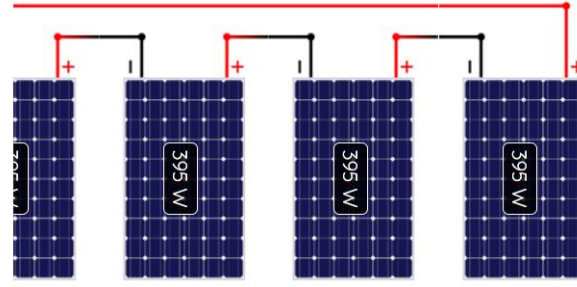
- ❖ Tedarik kolaylığı
- ❖ Verim
- ❖ MPP(Maximum power point) gerilim aralığı
- ❖ Evirici gücü
- ❖ MPPT sayısı

Bu kriterlere göre, 45 panelin bağlı olduğu çatı için, GoodWe Solar firmasının GW17KT-DT modeli olan 17 kW’lık bir evirici, 39 panelin bağlı olduğu çatı için yine GoodWe Solar firmasının GW15KN-DT modeli olan 15 kW’lık bir evirici seçilmiştir. Eviricilere bağlanacak paneller ise aşağıdaki şekillerde de görüldüğü gibi şu şekilde ayarlanmıştır:



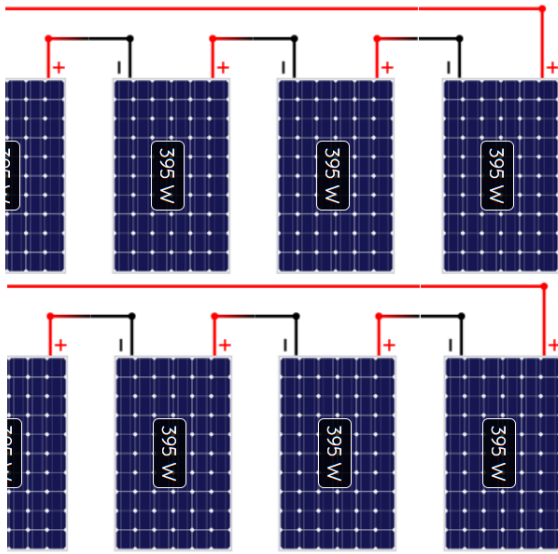
2'li dizi olmak üzere 15'li seri bağlantı

Şekil 4.40.17 kW'lık evirici MPP 1 bağlantısı



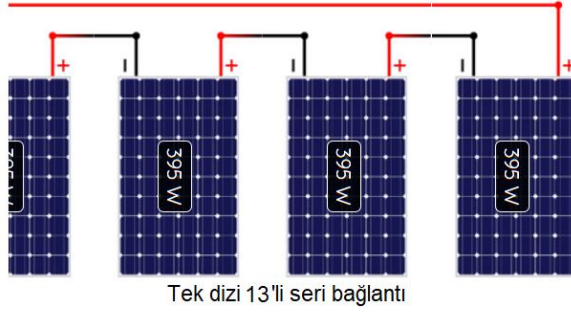
Tek dizi 15'li seri bağlantı

Şekil 4.41.17 kW'lık evirici MPP 2 bağlantısı



2'li dizi olmak üzere 13'li seri bağlantı

Şekil 4.42.15 kW'lık evirici MPP 1 bağlantısı



Şekil 4.43.15 kW'lık evirici MPP 2 bağlantısı

Suggest Configuration
(using [Selection](#)) - Inverters: Suitable: 68 / Selection: 75

Select Configuration

CHECK	VALUES	POWER
✓	CONFIGURATION: Building 01-Roof Area Southeast	
✓	INVERTER 1: ☐ Polystring Configuration 1 x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT ☒ Power Optimizer Tigo Energy, Inc.	17,78 kWp
✓	MPP 1: 2 Strings x 15 Optimizer TS4-A-O 1 Parallel module x 1 Modules in series	
✓	MPP 2: 1 String x 15 Optimizer TS4-A-O 1 Parallel module x 1 Modules in series	
New Inverter		

Module Area: Building 01-Roof Area Southeast 45 x CWT395-72PM-BC = 17,78 kWp 45 PV Modules

Options: [Check System](#) [Configuration Limits](#)
☐ Choose inverters only from [Favorites](#)

Şekil 4.44.17 kW evirici konfigürasyonu

Electrical data - DC

DC nominal output in kW	17
Max. DC Power in kW	25.5
Nom. DC Voltage in V	620
Max. Input Voltage in V	1100
Max. Input Current in A	50
Number of DC Inlets	4

Electrical data - AC

AC Power Rating in kW	17
Max. AC Power in kVA	19
Nom. AC Voltage in V	230
Number of Phases	3

☐ With Transformer

Şekil 4.45.17 kW evirici elektriksel veriler

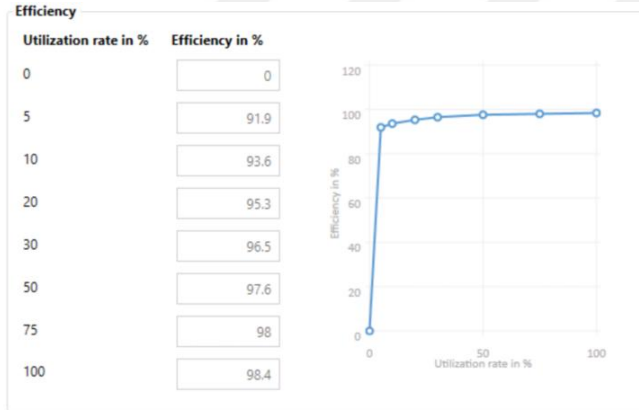
Electrical data - other

Change in Efficiency when Input Voltage deviates from Rated Voltage in %/100V	0.2
Min. Feed-in Power in W	12
Standby Consumption	12
Night Consumption in W	1

MPP Tracker

Output Range < 20% of Power Rating in %	99.76
Output Range > 20% of Power Rating in %	99.9
Parallel Operation	The MPP trackers cannot be interconnected
Count of MPP Trackers	2
☒ All trackers have identical electrical characteristics	
MPP Tracker 1 - 2	
Quantity	2
Max. Input Current per MPP Tracker in A	25
Max. Input Power per MPP Tracker in kW	12.75
Min. MPP Voltage in V	200
Max. MPP Voltage in V	950

Şekil 4.46.17 kW evirici elektriksel veriler ve MPP verileri



Şekil 4.47.17 kW evirici verim değerleri



Şekil 4.48.1. çatı panellerin evirici bağlantısı


Suggest Configuration
(using [Selection](#)) - Inverters: Suitable: 65 / Selection: 75


Select Configuration

CHECK	VALUES	POWER
✓	CONFIGURATION: Building 02-Roof Area Southeast	
	INVERTER 1: ☐ Polystring Configuration	
✓	1 x GoodWe Solar Inverter  GW15KN-DT 15,41 kWp ☒ Power Optimizer Tigo Energy, Inc.	
✓	MPP 1: 2 Strings x 13 Optimizer  TS4-A-O 1 Parallel module x 1 Modules in series	
✓	MPP 2: 1 String x 13 Optimizer  TS4-A-O 1 Parallel module x 1 Modules in series	
	+ New Inverter	

Module Area:

Configured

Building 02-Roof Area Southeast

39 x

 CWT395-72PM-BC

= 15,41 kWp

39 PV Modules

Options: [Check System](#)
[Configuration Limits](#)
☐ Choose inverters only from [Favorites](#)

Şekil 4.49.15 kW evirici konfigürasyonu

Electrical data - DC

DC nominal output in kW	15
Max. DC Power in kW	19.5
Nom. DC Voltage in V	620
Max. Input Voltage in V	1000
Max. Input Current in A	33
Number of DC Inlets	3

Electrical data - AC

AC Power Rating in kW	15
Max. AC Power in kVA	16.5
Nom. AC Voltage in V	230
Number of Phases	3

☐ With Transformer

Şekil 4.50.15 kW evirici elektriksel veriler

Electrical data - other

Change in Efficiency when Input Voltage deviates from Rated Voltage in %/100V	0.2
Min. Feed-in Power in W	0.012
Standby Consumption	10
Night Consumption in W	0

MPP Tracker

Output Range < 20% of Power Rating in %	99.81
Output Range > 20% of Power Rating in %	99.98
Parallel Operation	The MPP trackers cannot be interconnected
Count of MPP Trackers	2
Count of different trackers	2
☐ All trackers have identical electrical characteristics	

	MPP Tracker 1	MPP Tracker 2
Quantity	1	1
Max. Input Current per MPP Tracker in A	22	11
Max. Input Power per MPP Tracker in kW	13	6.5
Min. MPP Voltage in V	200	200
Max. MPP Voltage in V	850	850

Şekil 4.51.15 kW evirici elektriksel veriler ve MPP verileri



Şekil 4.52.15 kW evirici verim değerleri

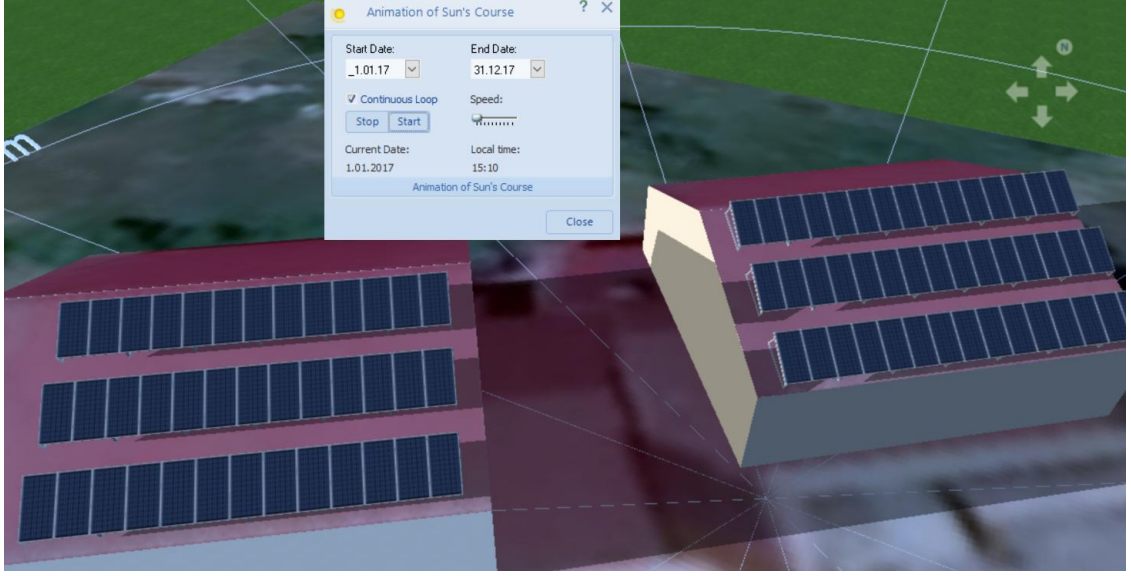


Şekil 4.53.2. çatı panellerin evirici bağlantısı

Panel bağlantıları ve evirici konfigürasyonları oluşturulduktan sonra, akü eviricisi ve akü seçilerek batarya sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Fakat bu işlem öncesince 3D tasarım bölümünde, oluşturulan ve yerleştirilen panel dizileri için gün doğumu ve gün batımına göre 09.00-15.00 aralığındaki gölgelenmeye dikkat etmek üzere, gölgelenme simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonda, güneşlenme süresinin en düşük olduğu ve güneş açılarının en kötü konumda geldiği Ocak ayı baz alınarak, 01.01.2017 tarihine göre günlük gölgelenmeye bakılmıştır. Bunun sonucunda, aşağıdaki şekillerdeki sonuçlara varılmıştır, saat 09.00 ve 15.00 arasında, yapılan hesaplamalar sonucunda yerleştirilen paneller için, birbirlerinin gölgelerinden etkilenmedikleri görülmüştür.



Şekil 4.54.Gölgeleme animasyonu saat 09.00 için

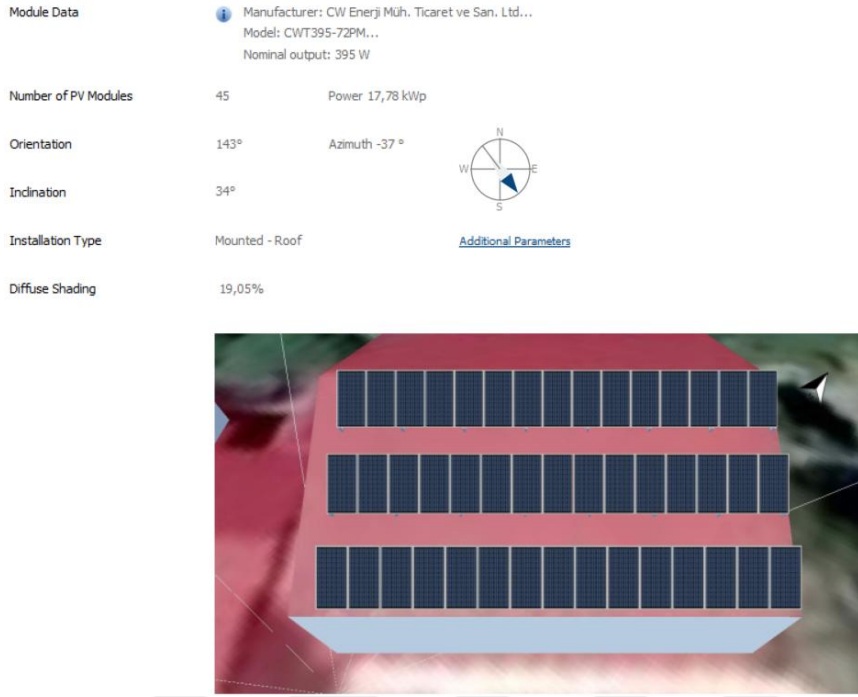


Şekil 4.55.Gölgelenme animasyonu saat 15.00 için

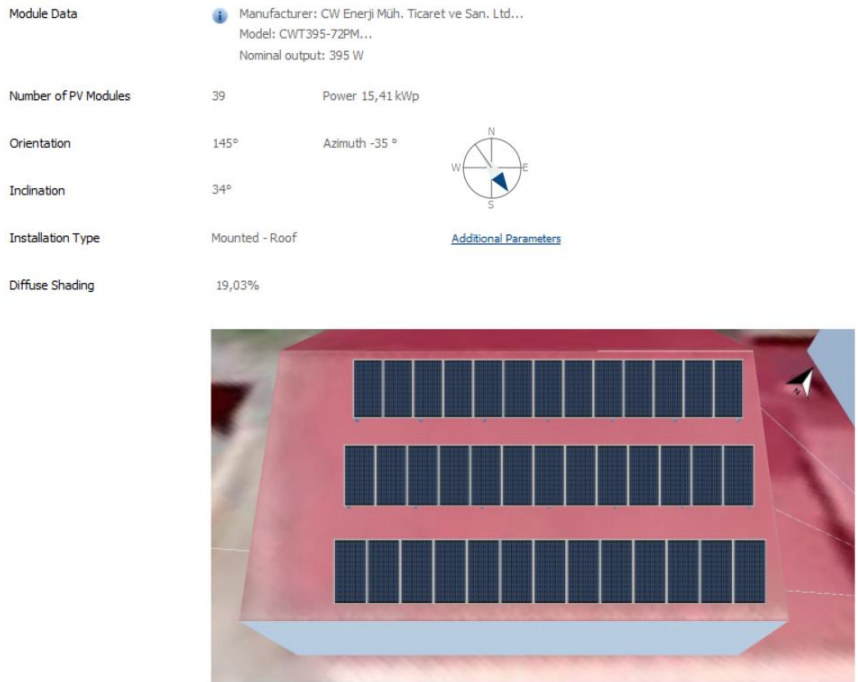


Şekil 4.56.3D tasarım menüsü genel görüntüsü

3D tasarım menüsünde genel bakışta, panellerle kaplı alan, panel sayısı, evirici sayısı ve FV güç çıkışı değeri gösterilmektedir. Bu menü altında, panel ile kaplı olan alanların tek tek analizi yapılabilir. Alt menüde, panel verileri, panel sayıları ve toplam FV gücü, panellerin coğrafi yerleştirilme açıları, panel eğimli yerleştirilme açıları, yerleştirme tipi, dağınık gölgelenme oranı görülmektedir.



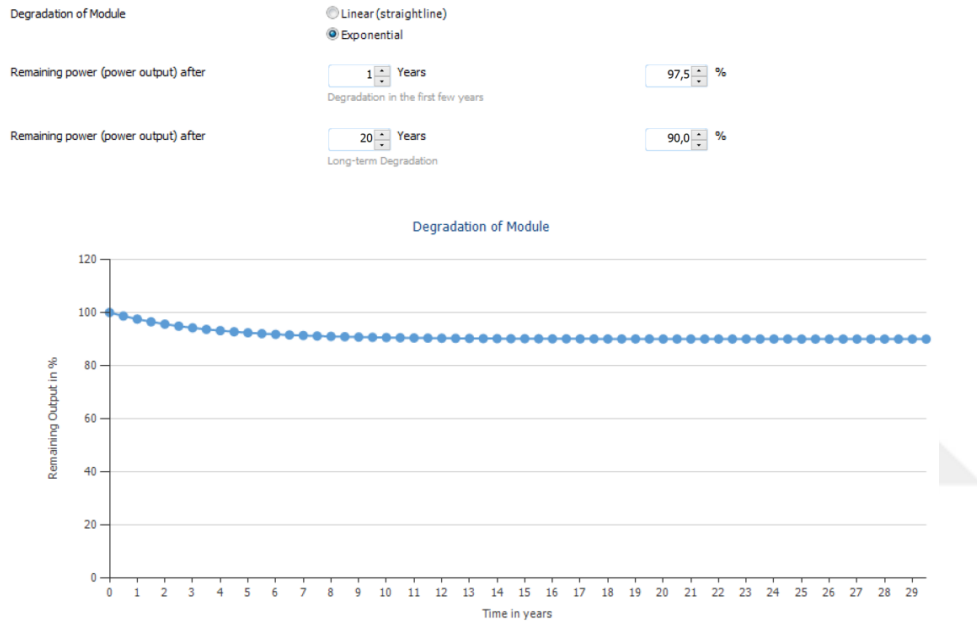
Şekil 4.57.1. çatı için alt menü görünümü



Şekil 4.58.2. çatı için alt menü görünümü

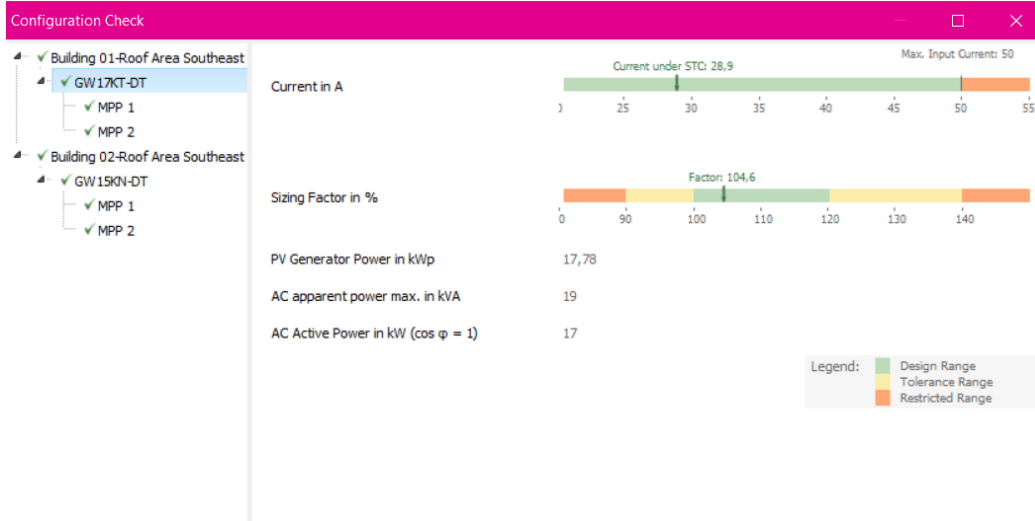
Şekil 4.57 ve 4.58 de görüldüğü üzere, iki çatı içinde paneller güney doğu yönüne bakmaktadır. Güneş panelleri yerleşiminde dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi de, panellerin baktığı yöndür. En verimli hesaplama için Kuzey Yarım Küre’de güneş

panelleri güney yönüne yerleştirilmelidir. Fakat yapının iki çatısı içinde yön güney doğu yönüdür. Tam güney yönlü yerleştirme yapıldığında, konstrüksiyon açısı ile oynama yapılması gerektiğinden hesaplama yapılan panel sayısı çatıya uygun yerleştirilemeyeceği göz önünde bulundurularak, paneller yapının yönüne göre yerleştirilmiştir. Buna bağlı olarak, 1. çatı için yönlendirme açısı 143° , azimuth açısı -37° , 2. çatı için yönlendirme açısı 145° , azimuth açısı -35° dir. İki çatı yüzeyi için de, konstrüksiyonlar ile beraber panel eğimlerinin hesaplamalar ile örtüştüğü yani 34° olarak konumlandığı görülmektedir. Dağınık gölgelenme oranı ise, 1. çatı için %19.05, 2. için %19.03'dür.

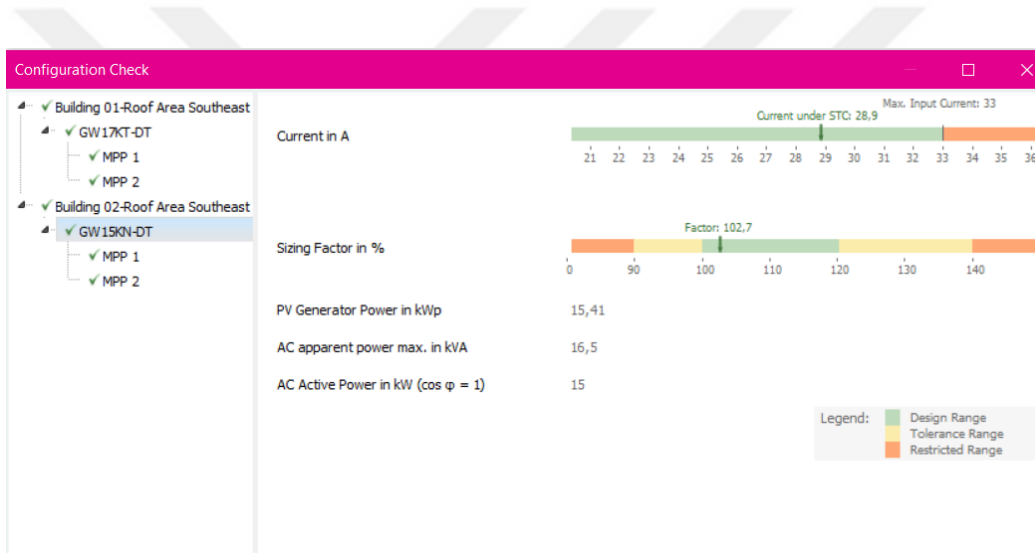


Şekil 4.59.Panellerin bozulma grafiği

Panellere ilişkin, bozulma grafiği eksponansiyel olarak girilmiştir. Buna göre, 1 ila 20. yıllar arasındaki bozulma, panelin üretici sayfasındaki teknik verilere göre, %97.5'den %90 seviyelerine gerileyecek şekilde programa girilmiştir.



Şekil 4.60.17 kW’lık evirici konfigürasyon durumu



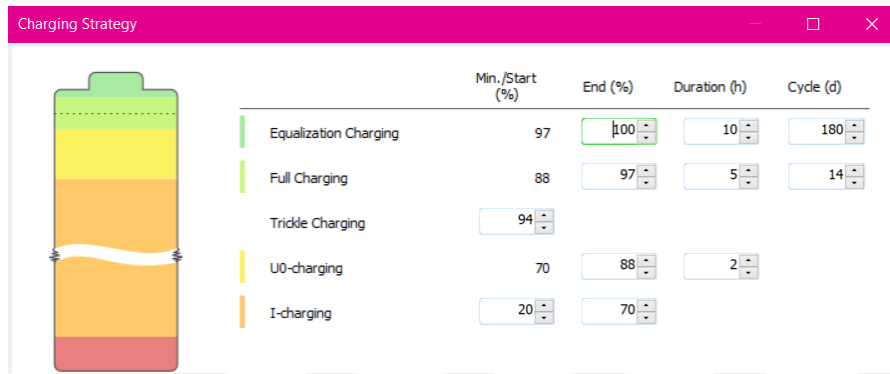
Şekil 4.61.15 kW’lık evirici konfigürasyon durumu

Eviricilere ilişkin konfigürasyon durumuna bakıldığında, evirici akım sınırlarının, maksimum güç sınırlarının ve boyutlandırma faktörünün sınırlarının aşılmadığı, konfigürasyonda herhangi bir hata ya da uyarı mesajı ile karşılaşılmadığı görülmektedir.

Sistemde, akü konfigürasyonu yapılırken, yapının elektiksel ihtiyacına uygun olacak şekilde, 3 fazlı sistem kullanıldığından, 3 adet akü eviricisi kullanılmıştır. Gerekli olan akü gücü ve kapasitesini karşılayabilmek amacıyla, program bünyesindeki 24 V 200 Ah’lik lityum bataryalar seçilmiş ve ayarlamalar buna göre yapılmıştır. Evirici olarak, Schneider firmasının Conext XW + 8548E hibrit eviricisi kullanılmış, ve bu eviricilere, akü sistemi 35 seriden 2 paralel dizi olmak koşuluyla 70 adet 24 V 200 Ah’lik aküler bağlandığında, Şekil 4.62’de de görüldüğü üzere, 352.8 kWh’lik bir kapasite elde edilmiştir.



Şekil 4.62. Akü konfigürasyonu



Şekil 4.63. Akü şarj stratejisi



Şekil 4.64. Akü verileri

Yukarıdaki Şekil 4.64’de görüldüğü üzere, toplam evirici gücü, toplam akü kapasitesi ve otonom gün sayısı gözükmemektedir.

Electrical data - AC

Nom. Voltage in V	230
Max. AC Current in A	60
AC Continuous Power at 25°C in W	6800
AC Power for 30 mins at 25°C in W	8500
AC Power for 60 mins at 25°C in W	2667
Own Consumption without Load in W	28
Own Consumption (Standby) in W	6

Battery Data - DC

Nom. Battery Voltage in V	48
Min. Battery Voltage in V	40
Max. Battery Voltage in V	64
Max. Battery Charging Current in A	140

Şekil 4.65.Batarya evirici elektriksel verileri



Şekil 4.66.Batarya evirici verimi ve şebekeden bağımsız kullanım verileri

Sistemdeki kullanılan hibrit akıllı eviriciler sayesinde, yüksek kurulu güce sahip olan sistemlerde kullanılması gereken MPPT şarj kontrol cihazı sistem hesaplamasına dâhil edilmemiştir. Pratikte, MPPT cihazlarının giriş geriliminin 150V-50 A'i geçmemesi tavsiye edilir. Yapılan sistemde, eğer dâhili bir şarj kontrol cihazı bulunmasaydı, 1.25 güvenlik faktör sayısı ile çarpılarak MPPT cihaz akımı tespiti gerekliydi. Bu tespite göre, sistemde kurulu olan 1. çatıdaki 45 panel için panel gerilim değeri, panel akım değeri göz önünde bulundurularak yapılan hesaplama sonucunda, 4 kW'lık bir MPPT cihazı

kullanıldığı varsayılırsa, yaklaşık 6 adet; 2. çatıdaki 39 panel için panel gerilim değeri, panel akım değeri göz önünde bulundurularak yapılan hesaplama sonucunda, 4 kW’lık bir MPPT cihazı kullanıldığı varsayılırsa, yaklaşık 5 adet cihaz gerekli olurdu, fakat cihazların maksimum giriş gerilimi göz ardı edilmiş olunurdu ve cihazların bağlantısında dengesizlik oluşabilirdi.

4.9. Maliyet Analizi

Simülasyonu gerçekleştirilmiş olan çalışmada, yıllık tüketim 24500 kWh, panel kurulu gücü 33.18 kWp, 84 adet panel, 2 adet evirici, yaklaşık 355 kWh kapasitedeki gücü sağlayabilecek akü sistemi ve bu akü sistemine bağlı 3 adet hibrit evirici bulunmaktadır. Maliyet analizinin gerçekleştirilmesi için ayrıca, kablolama, konstrüksiyon, işçilik+nakliye ve elektriksel ekipmanların(koruma ekipmanları, topraklama vs.) da göz önünde bulundurulması gerekir. Buna göre hesaplama şu şekilde yapılmıştır:

04.01.2021 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası kur verileri baz alındığında aşağıdaki çizelgeye göre,

Çizelge 4.5. Kurlar

ABD Doları/TRY		Euro/TRY	
Döviz Alış	Döviz Satış	Döviz Alış	Döviz Satış
7.3602	7.3734	9.0382	9.0545

yapılan pazar araştırmaları neticesinde Çizelge 4.6’daki verilere ulaşılmıştır.

Simülasyonda kullanılan 35 seriden 2 paralel dizi olmak koşuluyla 70 adet 24 V 200 Ah’lık lityum aküler yerine 35 seriden 4 paralel dizi olmak koşuluyla 140 adet 12 V 200 Ah’lık jel aküler tercih edilmiştir. Bunun sebebi akü maliyetinde olan yüksek meblayı düşürebilmek ve jel akülerin piyasada temininin daha kolay olmasıdır.

Çizelge 4.6. Maliyet tablosu

Monokristal PV paneller	84x175\$=14700\$
Aküler	140x272\$=38080\$
17 kW evirici	2350\$
15 kW evirici	2250\$
Akü eviricileri	3x3050\$=9150\$
Kablolama	2200\$
İşçilik+nakliye	2000\$
Konstrüksiyon	2100\$
Elektriksel ekipmanlar(koruma ekipmanları, topraklama vs.)	500\$

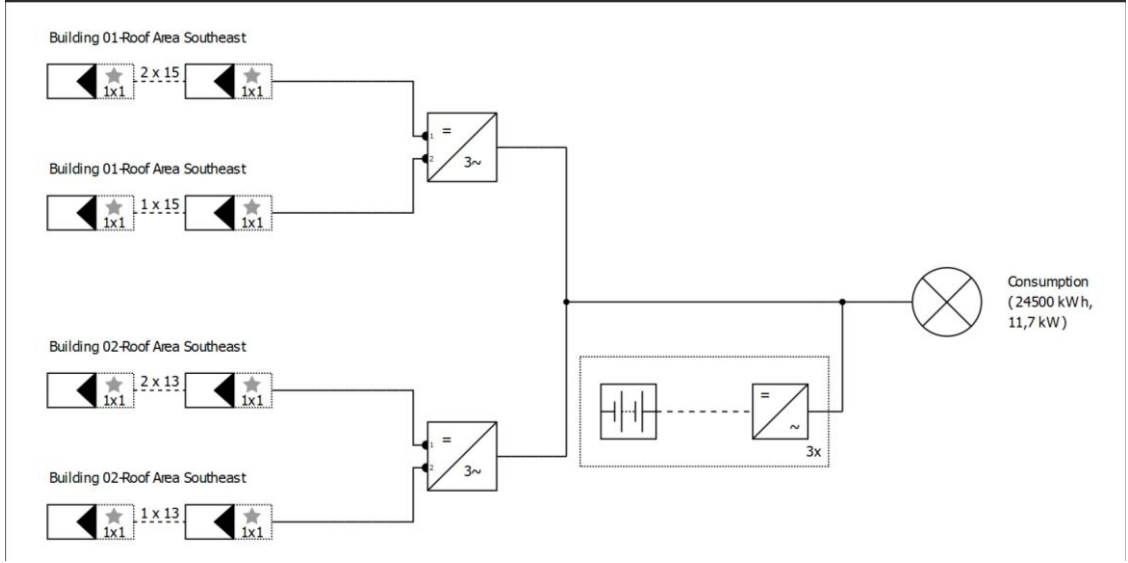
Yapılan bu araştırmalar sonucunda, şebekeden bağımsız bir sistem kurulmak istendiğinde toplam kurulum maliyeti yaklaşık olarak 73330\$ yani 541 bin TL olmaktadır, fakat aynı zamanda aynı sistemin çalışmada da uygulanan şebeke bağımlı sistem olarak değerlendirildiğinde, maliyet bazında aküler ve akü eviricileri maliyete dâhil olmayacağından, maliyet yaklaşık olarak 26100\$ yani 193 bin TL olmaktadır. Üst bölümde verilen yapının yıllık elektrik enerjisi tüketim bedeli yaklaşık olarak yıllık 20 bin TL civarındadır. Buna göre, şebekeden bağımsız bir sistem oluşumu göz önünde bulundurulduğunda, amorti süresi yaklaşık olarak 27 yıl, şebeke bağımlı bir sistem olarak göz önünde bulundurulduğunda ise yaklaşık olarak 9.7 yıl olarak gözükmektedir. Bunun yanı sıra, şebeke bağımlı sistemlerde, yükün fazlasını şebekeye satma durumu söz konusu olduğunda ise ek getiri durumu söz konusu olabilmektedir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

	
Project Data	
Project Name	TOBB Mesleki Eğitim Merkezi
Project Number	
Project Designer	
Start of Operation	1.11.2020
System Type, Climate and Grid	
Type of System	3D, Stand-alone PV System
Climate Data	TOBB, TUR
Resolution of the data	1 min
AC Mains	230 V, 3-phase, $\cos \varphi = 1$
Consumption	
Total Consumption	24500 kWh
Load Peak	11,7 kW
Resolution of the data	15 min
3D Design	
Module Area	Building 01-Roof Area Southeast
Module Data	CWT39S-72PM-BC
Manufacturer	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Number of PV Modules	45
PV Generator Output	17,78 kWp
Inclination	34°
Orientation	143°
Installation Type	Mounted - Roof
Module Area	Building 02-Roof Area Southeast
Module Data	CWT39S-72PM-BC
Manufacturer	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Number of PV Modules	39
PV Generator Output	15,41 kWp
Inclination	34°
Orientation	145°
Installation Type	Mounted - Roof
Configuration	
Module Area	Building 01-Roof Area Southeast
Inverter 1	GW17KT-DT
Quantity	1
Manufacturer	GoodWe Solar Inverter
Configuration	MPP 1: 2 x 15° [1 x 1] MPP 2: 1 x 15° [1 x 1]
Module Area	Building 02-Roof Area Southeast
Inverter 2	GW15KN-DT
Quantity	1
Manufacturer	GoodWe Solar Inverter
Configuration	MPP 1: 2 x 13° [1 x 1] MPP 2: 1 x 13° [1 x 1]
Battery Inverter and Battery	
Total Power	25,5 kW
Total Battery Power	353 kWh
Cluster 1	
Inverter	3 x Conext XW+ 8548E
Battery	70 x Lithium HE 24V/200 Ah 5.0 kWh
Power	25,5 kW
Battery Energy	353 kWh
Cables	
Total Loss	0 % (0 W)

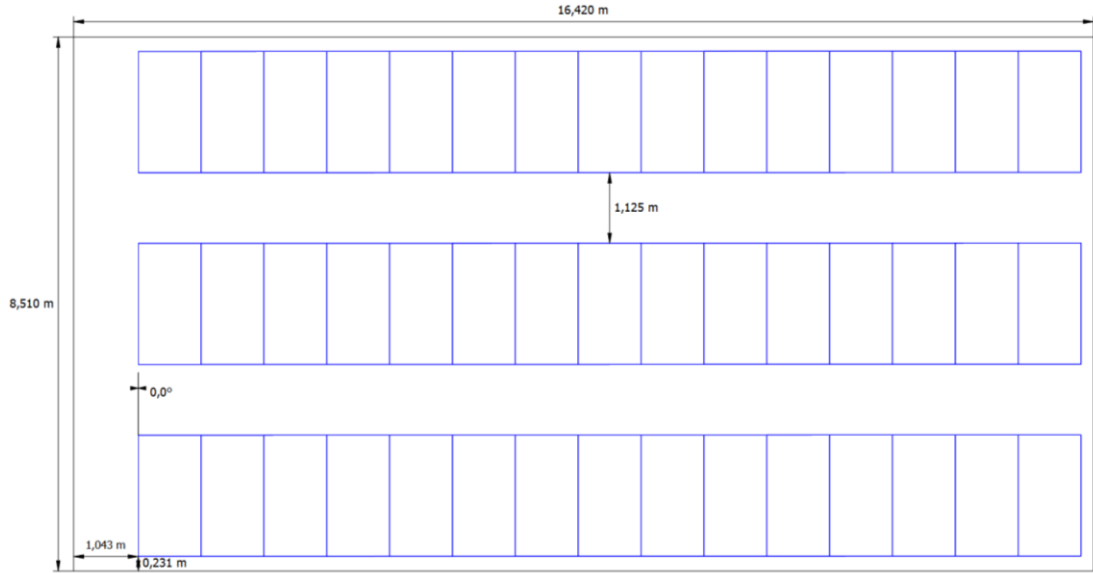
Şekil 5.1.PVSOL proje özeti

Şekil 5.1’de, yapılan bütün işlemler, konfigürasyonlar ve ayarlamalar proje özeti şeklinde görülmektedir. Proje verileri, sistem tipi, tüketim, 3D tasarım, evirici, batarya ve batarya evirici sistemi yer almaktadır. Şekil 5.1 ve Şekil 5.41 arasındaki tüm şekiller, simülasyon sonucunda programın çalışmayla ilişkin olan çıktıları ve sonuçlarını göstermektedir.

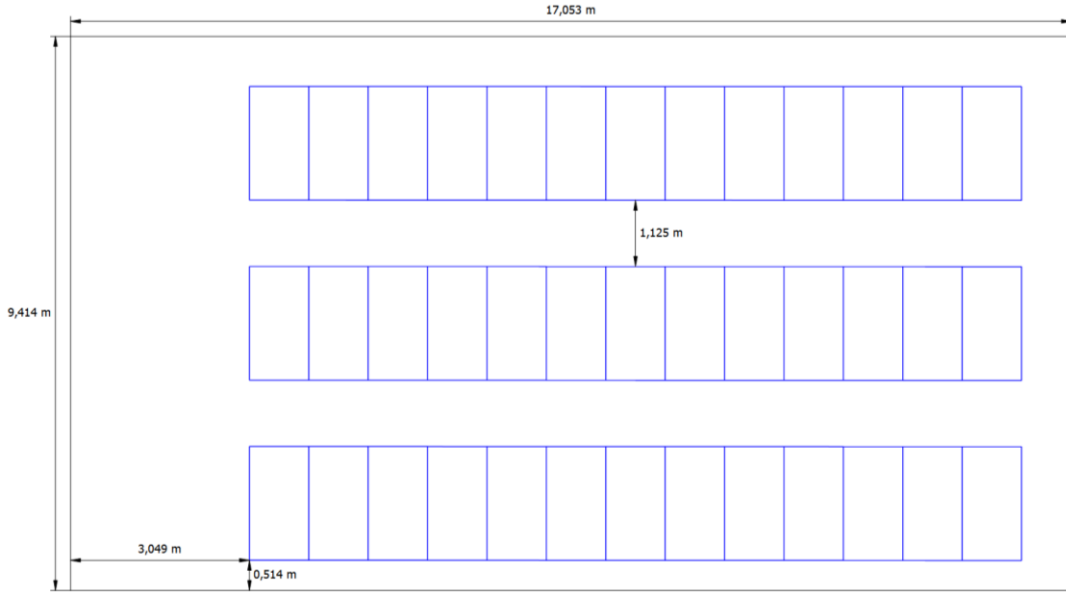


Şekil 5.2.FV sistemi yapı tüketimine ilişkin devre diyagramı

Devre diyagramı, sistemdeki tüm ekipmanların birbiriyle ilişkisini göstermektedir. Bağlı olan paneller, panellere ilişkin eviriciler ve batarya sistemi tanımlanmaktadır. Paneller evirici yardımıyla, yapının elektrik sistemini beslemekte, bu hatta paralel olarak bağlı olan batarya sistemi ise batarya eviricisi sayesinde, olası panellerin yapıyı besleyememesi durumunda yapının elektrik ihtiyacını karşılayacak şekilde bağlanmıştır.



Şekil 5.3.Panellerin yerleşim planı (1. çatı)



Şekil 5.4. Panellerin yerleşim planı (2. çatı)

PV System

PV Generator Output	33,2 kWp
Spec. Annual Yield	1.755,40 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	91,5 %
Yield Reduction due to Shading	0,1 %/Year
Maximum possible PV Energy	58.244 kWh/Year
Usable PV Energy	27.762 kWh/Year
Coverage of Consumption	16.513 kWh/Year
Battery Charge	11.251 kWh/Year

Appliances

Consumption	24.500 kWh/Year
Consumption with Load Shedding	24.500 kWh/Year
Standby Consumption (Inverter)	18 kWh/Year
Cable Losses	0 kWh/Year
Total Consumption	24.518 kWh/Year
covered by PV power	16.513 kWh/Year
covered by battery	8.008 kWh/Year
Solar Fraction	100,0 %

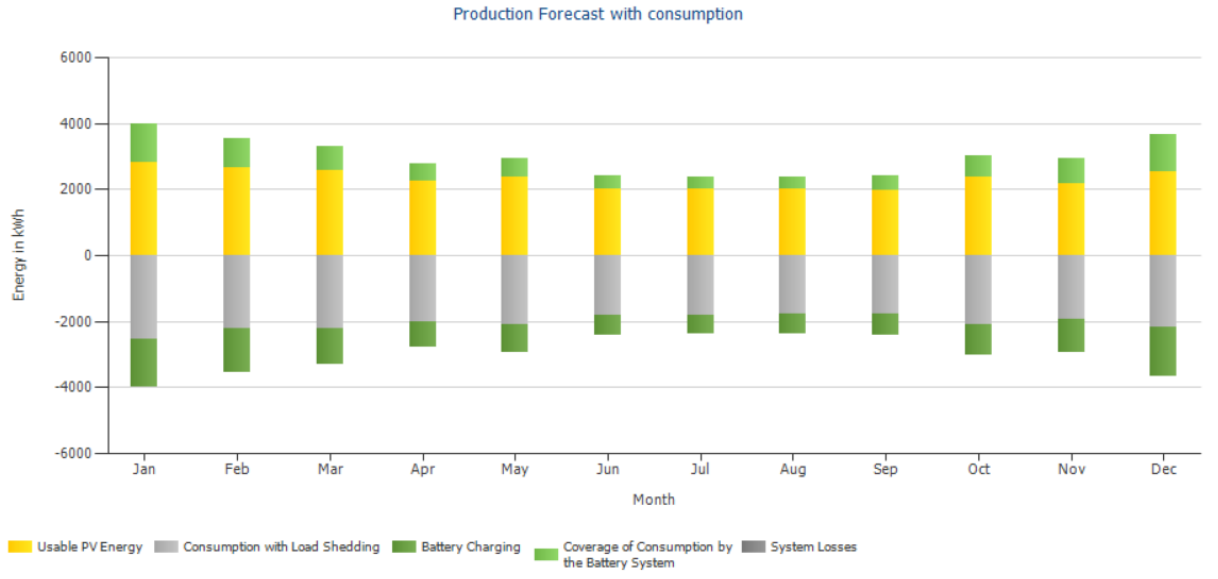
Battery System

Battery Charging	11.251 kWh/Year
Coverage of Consumption by the Battery System	8.008 kWh/Year
Losses due to charging/discharging	3.136 kWh/Year
Losses in Battery	461 kWh/Year
Cycle Load 1	0,9 %
Service Life 1	>20 Years

Total System

System Efficiency	42,1 %
CO ₂ Emissions avoided	11.515 kg / year

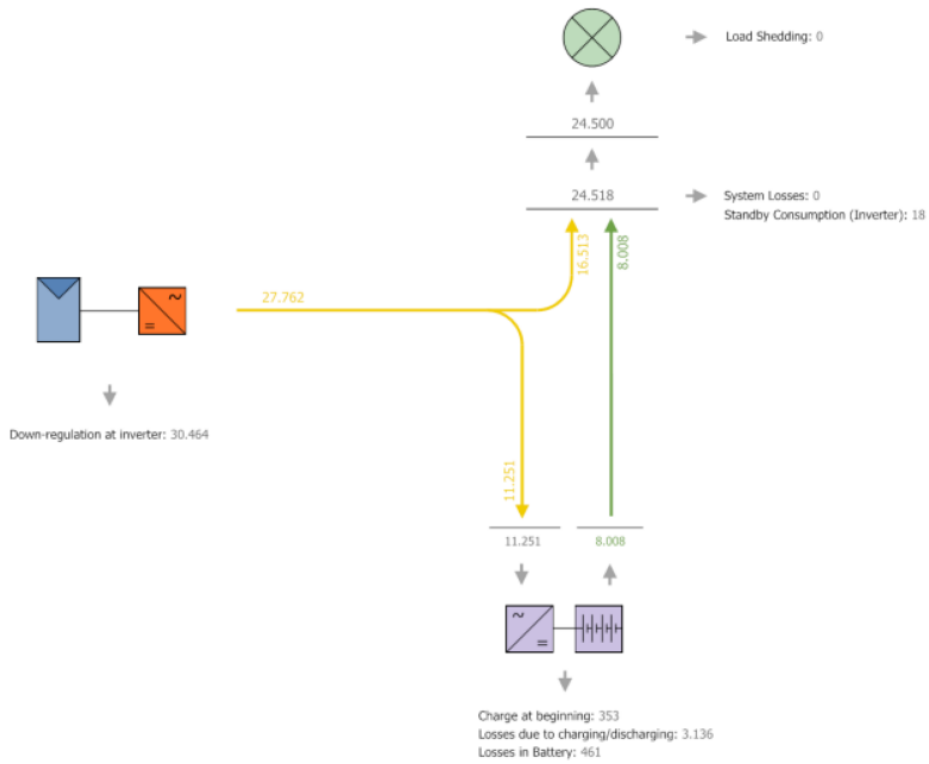
Şekil 5.5. Programda sistem çıktıları



Şekil 5.6. Tüketimli üretim tahmini

Energy Flow Graph

Project: TOBB Mesleki Eğitim Merkezi



Şekil 5.7. Enerji akış diyagramı

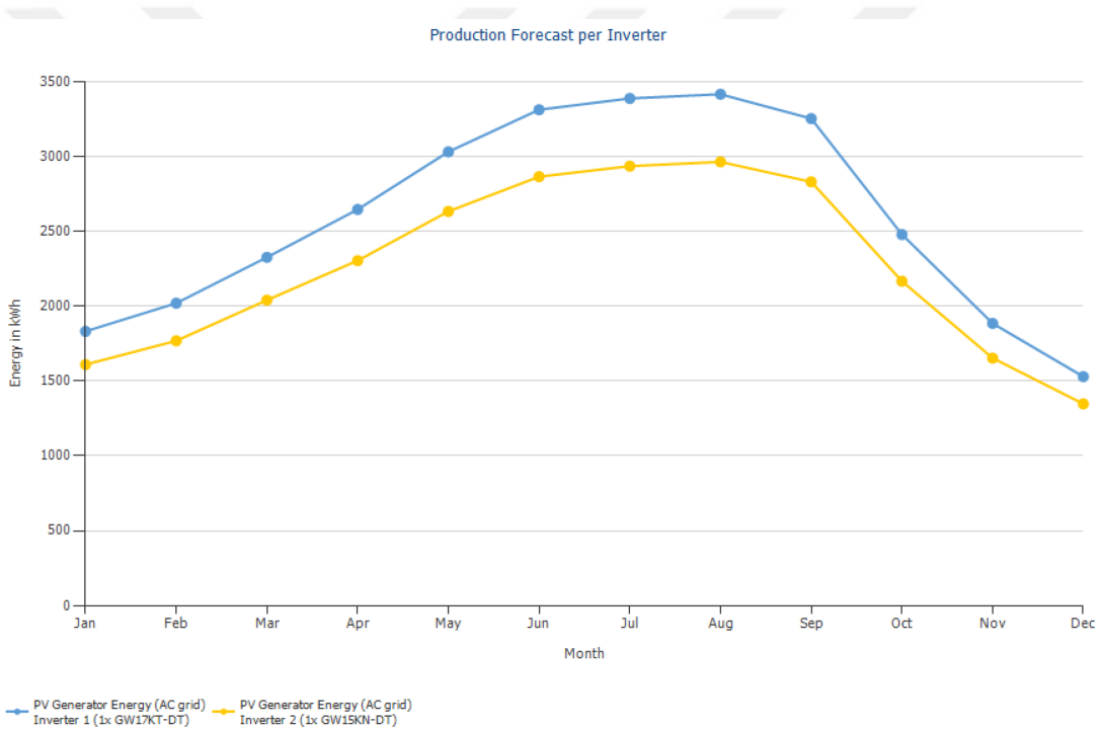
Building 01-Roof Area Southeast

PV Generator Output	17,78 kWp
PV Generator Surface	89,9 m ²
Global Radiation at the Module	1914,2 kWh/m ²
PV Generator Energy (AC grid)	31123,5 kWh/Year
Spec. Annual Yield	1751 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	91,5 %

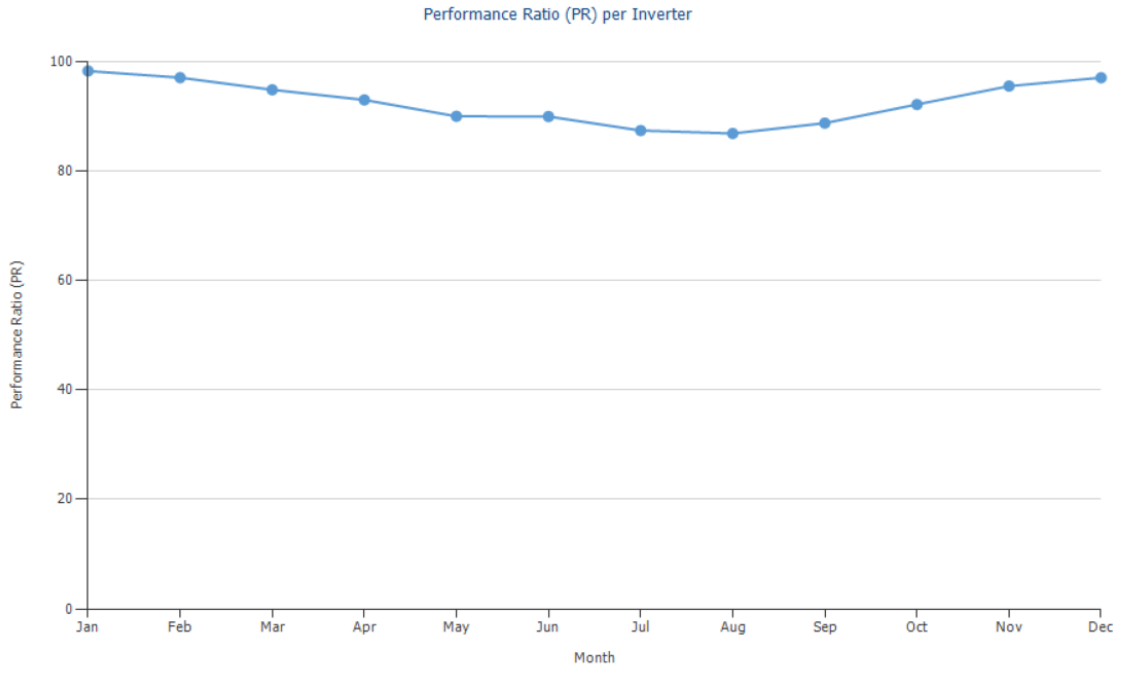
Building 02-Roof Area Southeast

PV Generator Output	15,41 kWp
PV Generator Surface	77,9 m ²
Global Radiation at the Module	1921,2 kWh/m ²
PV Generator Energy (AC grid)	27123,2 kWh/Year
Spec. Annual Yield	1760,7 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	91,6 %

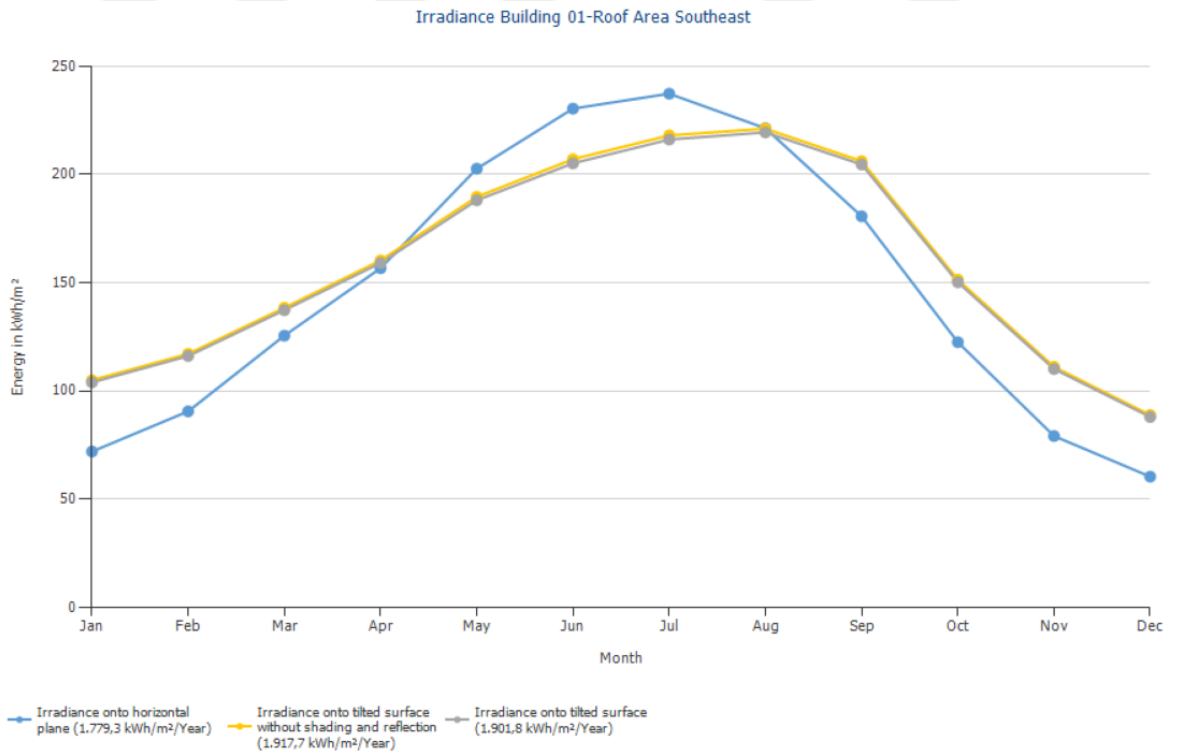
Şekil 5.8.İki çatıya ait genel sonuçlar



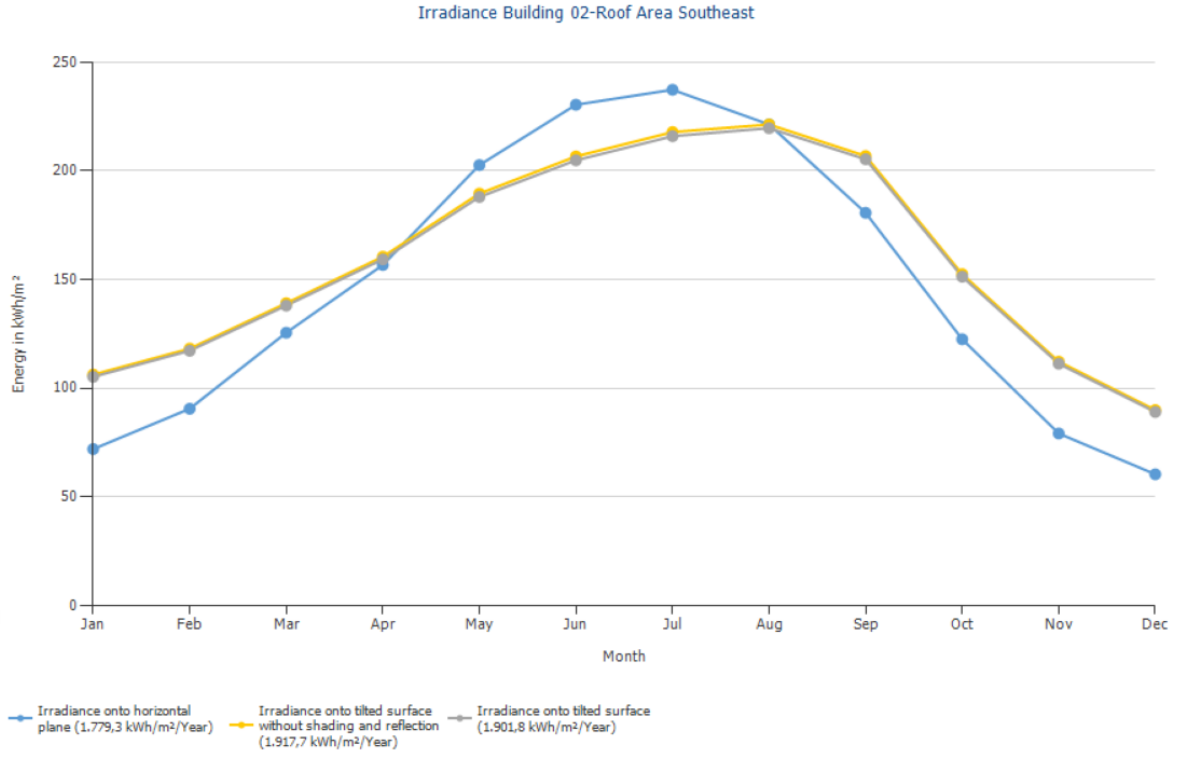
Şekil 5.9.Eviriciler için üretim tahmini



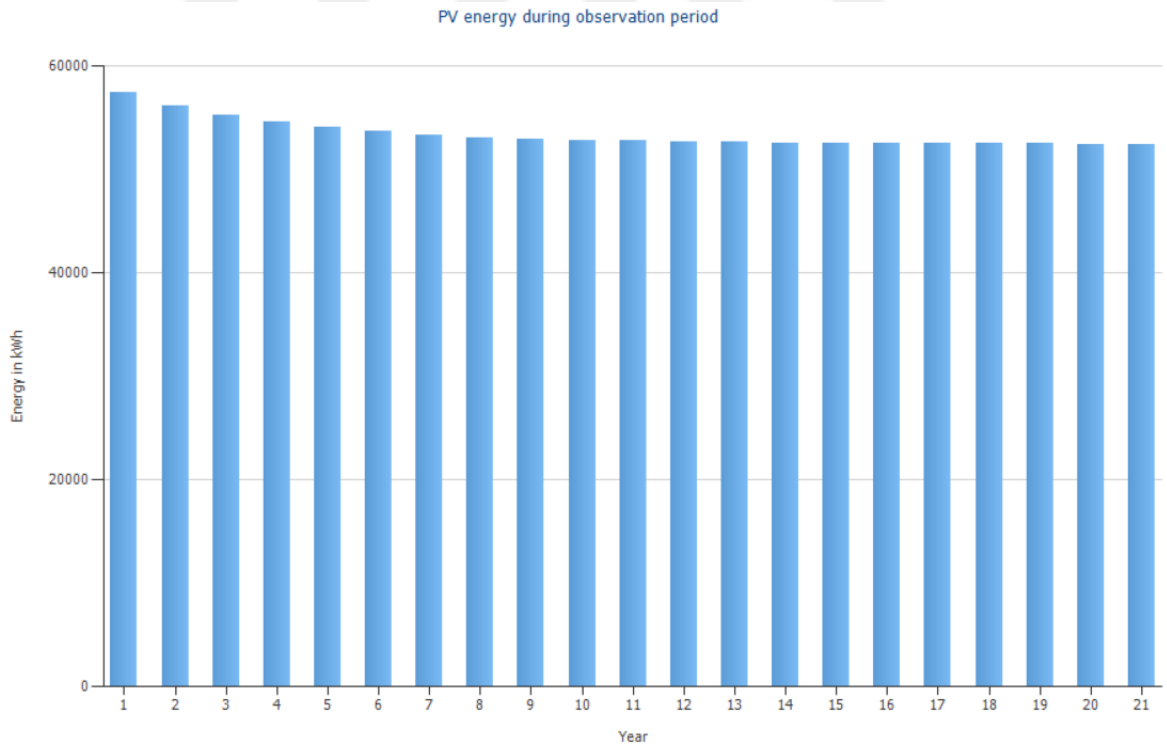
Şekil 5.10.Eviriciler için performans oranı



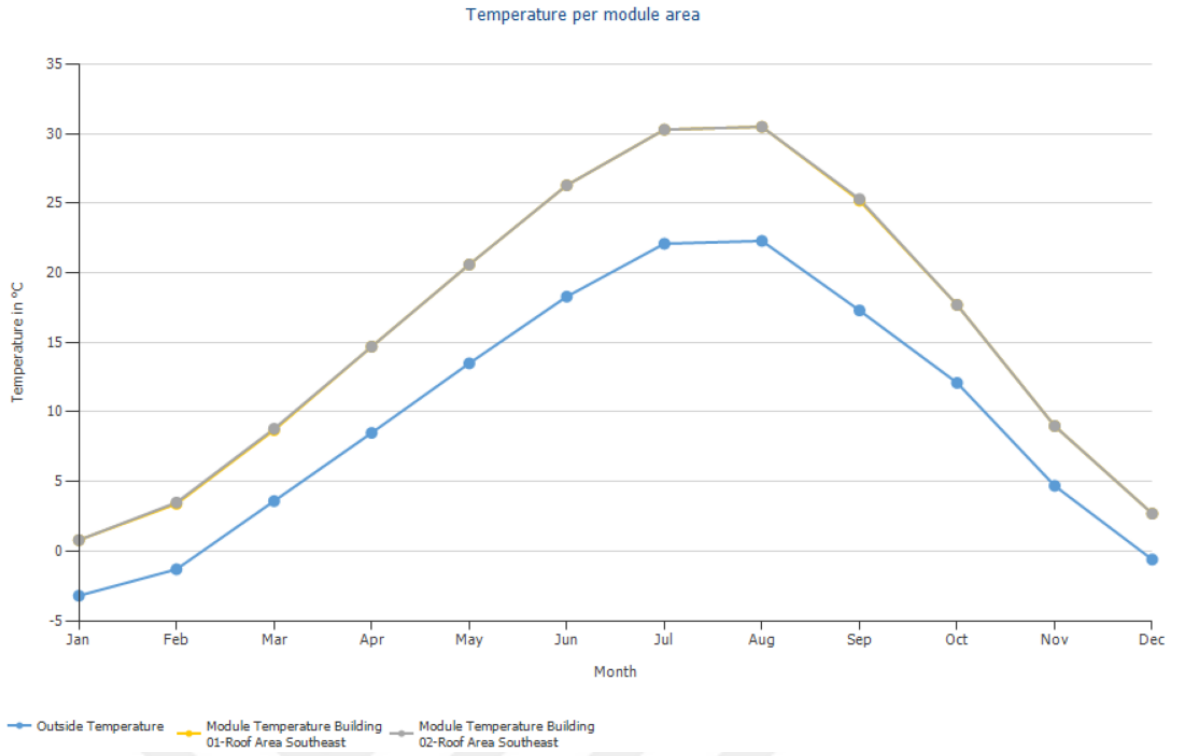
Şekil 5.11.1. çatı için ısıma eğrisi



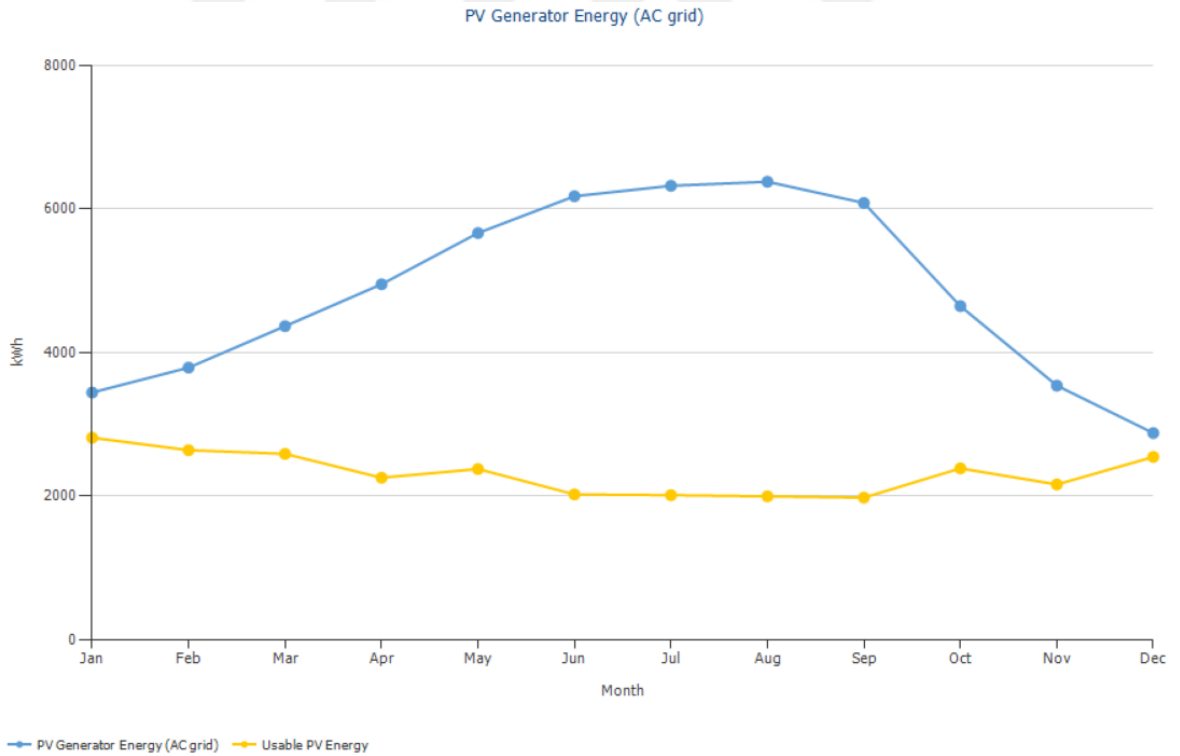
Şekil 5.12.2. çatı için ışıma eğrisi



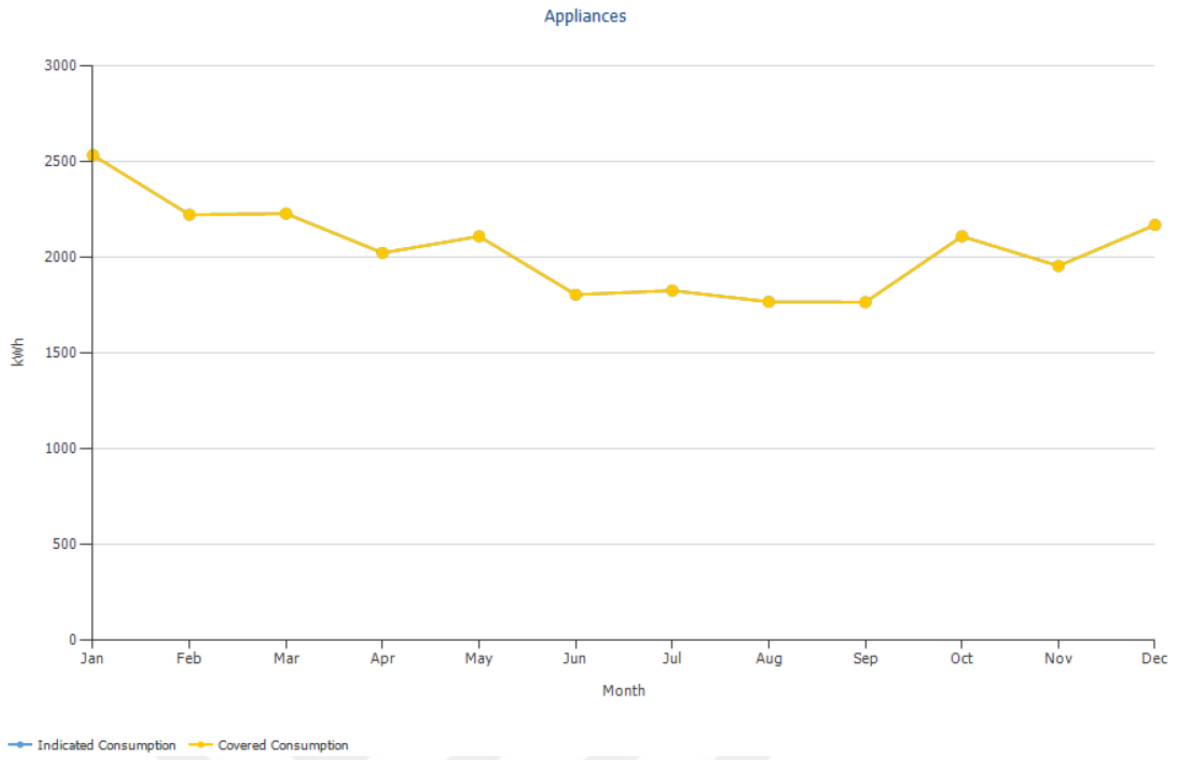
Şekil 5.13.Üretilebilecek toplam enerji



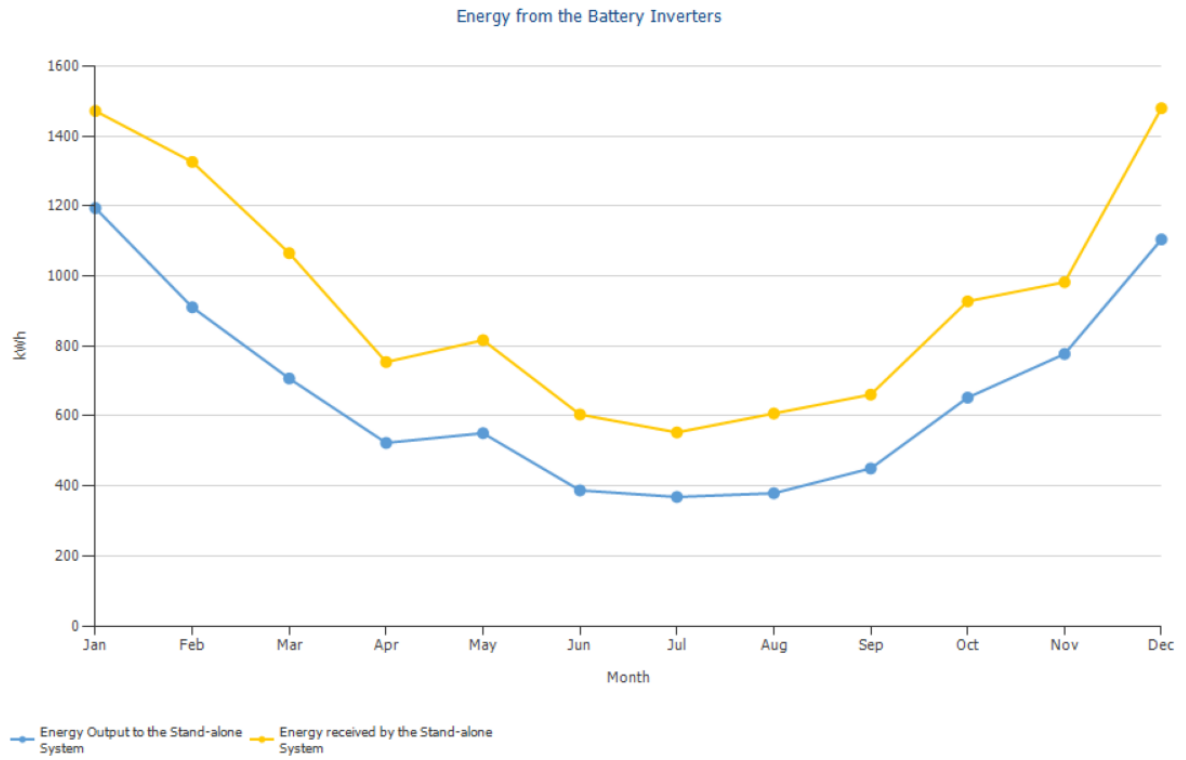
Şekil 5.14. Her iki çatı için sıcaklık



Şekil 5.15. FV sisteminin üretebileceği enerji ve kullanılabilir enerji miktarı



Şekil 5.16.Tüketim değerlerine ilişkin grafik



Şekil 5.17.Batarya eviricileri tarafından sağlanan enerji

Global radiation - horizontal	1.779,27 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-17,79 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	30,11 kWh/m ²	1,71 %
Orientation and inclination of the module surface	125,88 kWh/m ²	7,03 %
Module-independent shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	-15,95 kWh/m ²	-0,83 %
Global Radiation at the Module	1.901,51 kWh/m²	
	1.901,51 kWh/m ²	
	x 167,823 m ²	
	= 319.117,12 kWh	
Global PV Radiation	319.117,12 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-256.009,95 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	63.107,18 kWh	
Module-specific Partial Shading	-39,14 kWh	-0,06 %
Low-light performance	-391,97 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-2.233,87 kWh	-3,56 %
Diodes	-0,12 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-557,78 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	59.884,28 kWh	
Failing to reach the DC start output	-0,10 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	-0,07 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-389,27 kWh	-0,65 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	59.494,85 kWh	
Energy at the Inverter Input	59.494,85 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	0,00 kWh	0,00 %
DC/AC Conversion	-1.248,19 kWh	-2,10 %
Standby Consumption (Inverter)	-20,74 kWh	-0,04 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	58.225,92 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	58.244,19 kWh	

Şekil 5.18.FV sistemi enerji dengesi

Building 01-Roof Area Southeast		
Global radiation - horizontal	1.779,27 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-17,79 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	30,11 kWh/m ²	1,71 %
Orientation and inclination of the module surface	122,61 kWh/m ²	6,84 %
Module-independent shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	-15,93 kWh/m ²	-0,83 %
Global Radiation at the Module	1.898,27 kWh/m²	
Building 02-Roof Area Southeast		
Global radiation - horizontal	1.779,27 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-17,79 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	30,11 kWh/m ²	1,71 %
Orientation and inclination of the module surface	129,65 kWh/m ²	7,24 %
Module-independent shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	-15,98 kWh/m ²	-0,83 %
Global Radiation at the Module	1.905,26 kWh/m²	

Şekil 5.19.Çatılar için ısıma değerleri

Building 01-Roof Area Southeast - MPP 1: 2 x 15° [1 x 1] - Inverter 1 (1x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT)		
Global PV Radiation	113.775,98 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-91.276,15 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	22.499,83 kWh	
Module-specific Partial Shading	-16,26 kWh	-0,07 %
Low-light performance	-139,86 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-795,84 kWh	-3,56 %
Diodes	-0,05 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-198,87 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	21.348,94 kWh	
Failing to reach the DC start output	-0,07 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-155,69 kWh	-0,73 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	21.193,18 kWh	

Şekil 5.20.17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Building 01-Roof Area Southeast - MPP 2: 1 x 15° [1 x 1] - Inverter 1 (1x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT)		
Global PV Radiation	56.887,99 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-45.638,08 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	11.249,91 kWh	
Module-specific Partial Shading	-7,94 kWh	-0,07 %
Low-light performance	-69,94 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-397,91 kWh	-3,56 %
Diodes	-0,02 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-99,44 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	10.674,67 kWh	
Failing to reach the DC start output	-0,03 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-77,84 kWh	-0,73 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	10.596,80 kWh	

Şekil 5.21.17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Building 02-Roof Area Southeast - MPP 1: 2 x 13° [1 x 1] - Inverter 2 (1x GoodWe Solar Inverter GW15KN-DT)		
Global PV Radiation	98.968,77 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-79.397,15 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	19.571,62 kWh	
Module-specific Partial Shading	-9,96 kWh	-0,05 %
Low-light performance	-121,45 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-693,42 kWh	-3,57 %
Diodes	-0,03 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-172,98 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	18.573,78 kWh	
Failing to reach the DC start output	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	-0,05 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-103,82 kWh	-0,56 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	18.469,91 kWh	

Şekil 5.22.15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

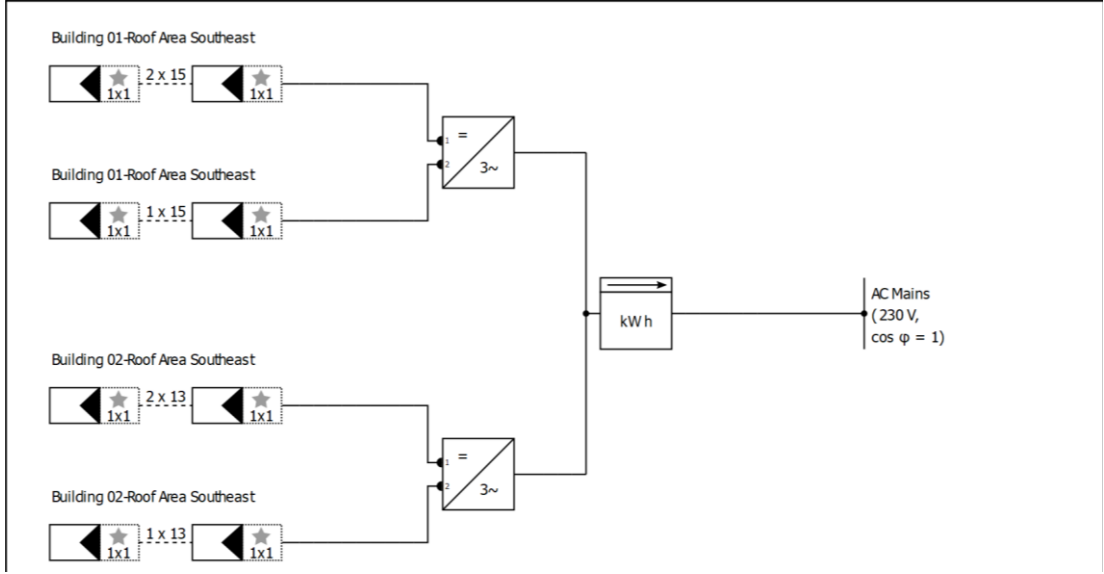
Building 02-Roof Area Southeast - MPP 2: 1 x 13* [1 x 1] - Inverter 2 (1x GoodWe Solar Inverter GW15KN-DT) Global PV Radiation		
	49.484,38 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-39.698,57 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	9.785,81 kWh	
Module-specific Partial Shading	-4,98 kWh	-0,05 %
Low-light performance	-60,72 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-346,71 kWh	-3,57 %
Diodes	-0,01 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-86,49 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	9.286,89 kWh	
Failing to reach the DC start output	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	-0,02 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-51,91 kWh	-0,56 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	9.234,96 kWh	

Şekil 5.23.15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Inverter 1 (1x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT)		
Energy at the Inverter Input	31.789,98 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	0,00 kWh	0,00 %
DC/AC Conversion	-666,47 kWh	-2,10 %
Standby Consumption (Inverter)	-13,05 kWh	-0,04 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	31.110,45 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	31.122,14 kWh	
Inverter 2 (1x GoodWe Solar Inverter GW15KN-DT)		
Energy at the Inverter Input	27.704,87 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	0,00 kWh	0,00 %
DC/AC Conversion	-581,72 kWh	-2,10 %
Standby Consumption (Inverter)	-7,69 kWh	-0,03 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	27.115,47 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	27.122,05 kWh	

Şekil 5.24.Eviricilere ilişkin enerji giriş verileri

Ayrıca çalışmada, çalışmanın asıl konusu olan şebekeden bağımsız bir sistemin yanında şebeke bağımlı bir sistem sonuçları da incelenmiş olup, bu iki sistemin gerek sistemsel gerekse finansal karşılaştırılması da ele alınacaktır.



Şekil 5.25. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için devre diyagramı

Bu devre diyagramında, sistemdeki tüm ekipmanların birbiriyle ilişkisini göstermektedir. Bağlı olan paneller, panellere ilişkin eviriciler tanımlanmaktadır. Paneller evirici yardımıyla, yapının elektrik sistemini beslemekte, yapının elektrik ihtiyacını karşılayacak şekilde bağlanmıştır. Bu sistemde, şebekeden bağımsız sistemlere göre olan fark ise, batarya sisteminin bulunmaması ve eviricilerden sonra sisteme bir sayaç bağlı olmasıdır. Doğrudan yapının elektrik ihtiyacını karşılayan sistemde, elektrik ihtiyacı panellerden karşılanamadığı durumlarda şebekeye bağlı olan yapı, elektriği şebekeden alabilir, panellerden üretilen enerjinin fazla olması durumunda ise şebekeye elektrik sağlayabilir.

PV System

PV Generator Output	33,2 kWp
Spec. Annual Yield	1.755,40 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	91,5 %
Yield Reduction due to Shading	0,1 %/Year
Grid Feed-in	58.247 kWh/Year
Grid Feed-in in the first year (incl. module degradation)	57.339 kWh/Year
Standby Consumption (Inverter)	21 kWh/Year
CO ₂ Emissions avoided	27.375 kg / year

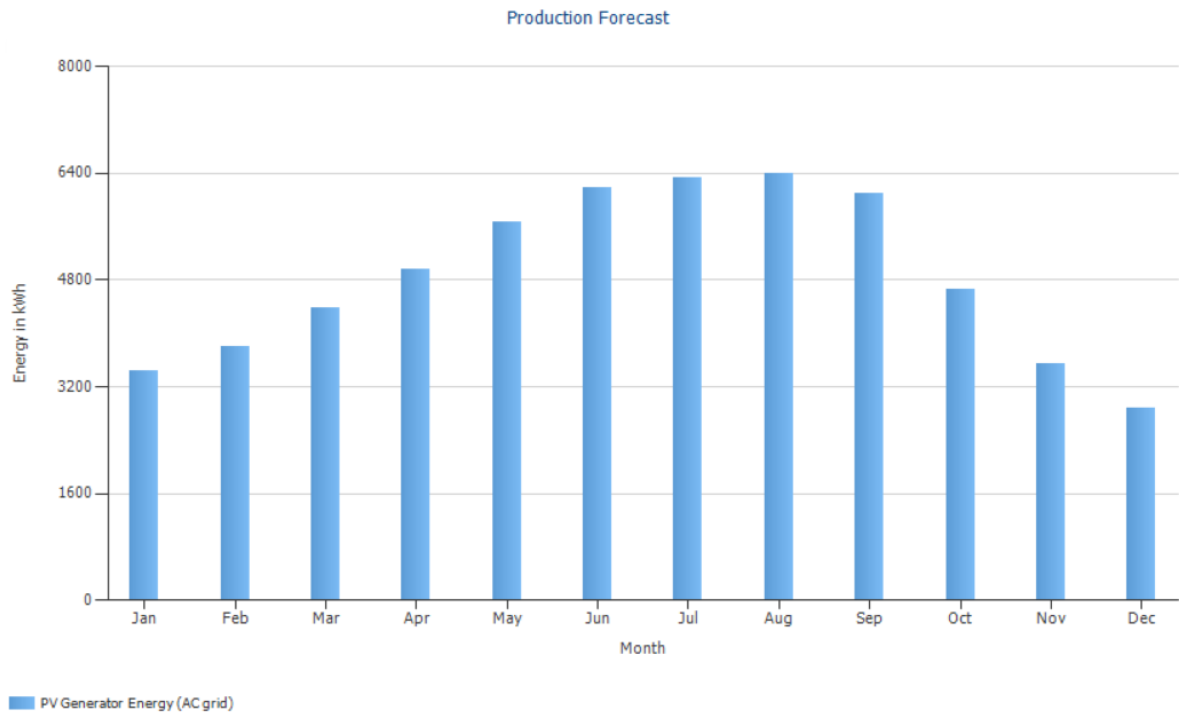
Şekil 5.26. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için sistem çıktıları



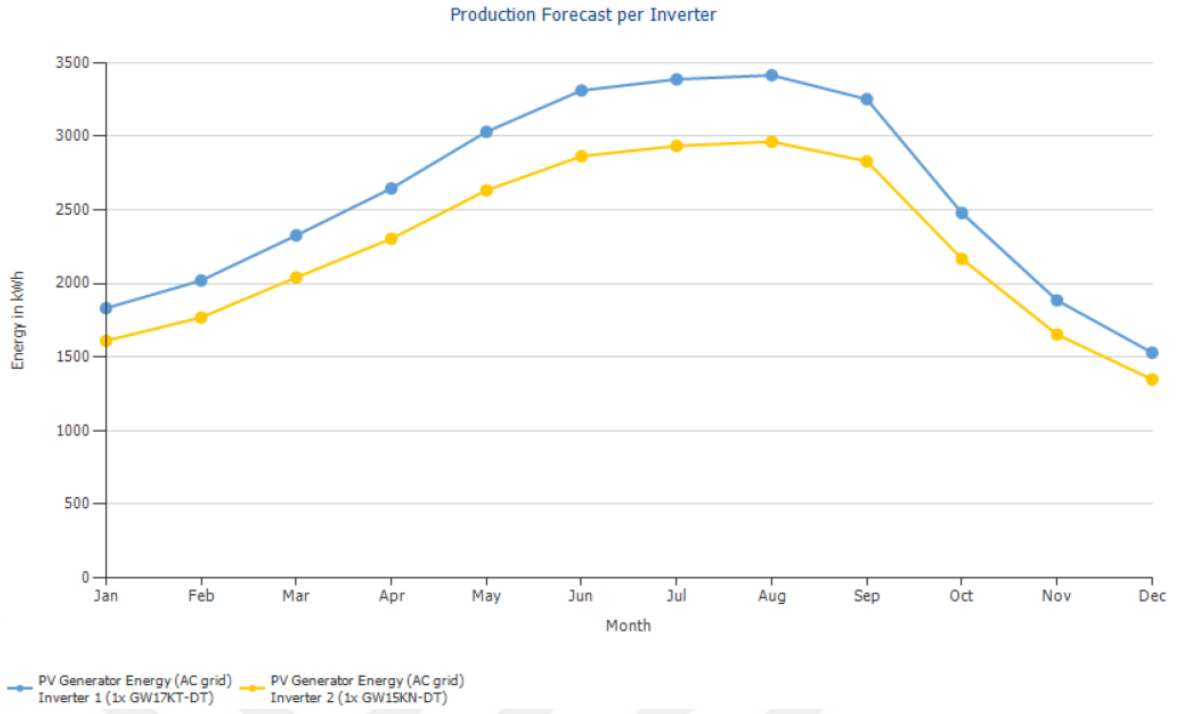
Şekil 5.27. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için enerji akış diyagramı

Building 01-Roof Area Southeast	
PV Generator Output	17,78 kWp
PV Generator Surface	89,9 m ²
Global Radiation at the Module	1914,2 kWh/m ²
PV Generator Energy (AC grid)	31123,5 kWh/Year
Spec. Annual Yield	1751 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	91,5 %
Building 02-Roof Area Southeast	
PV Generator Output	15,41 kWp
PV Generator Surface	77,9 m ²
Global Radiation at the Module	1921,2 kWh/m ²
PV Generator Energy (AC grid)	27123,2 kWh/Year
Spec. Annual Yield	1760,7 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	91,6 %

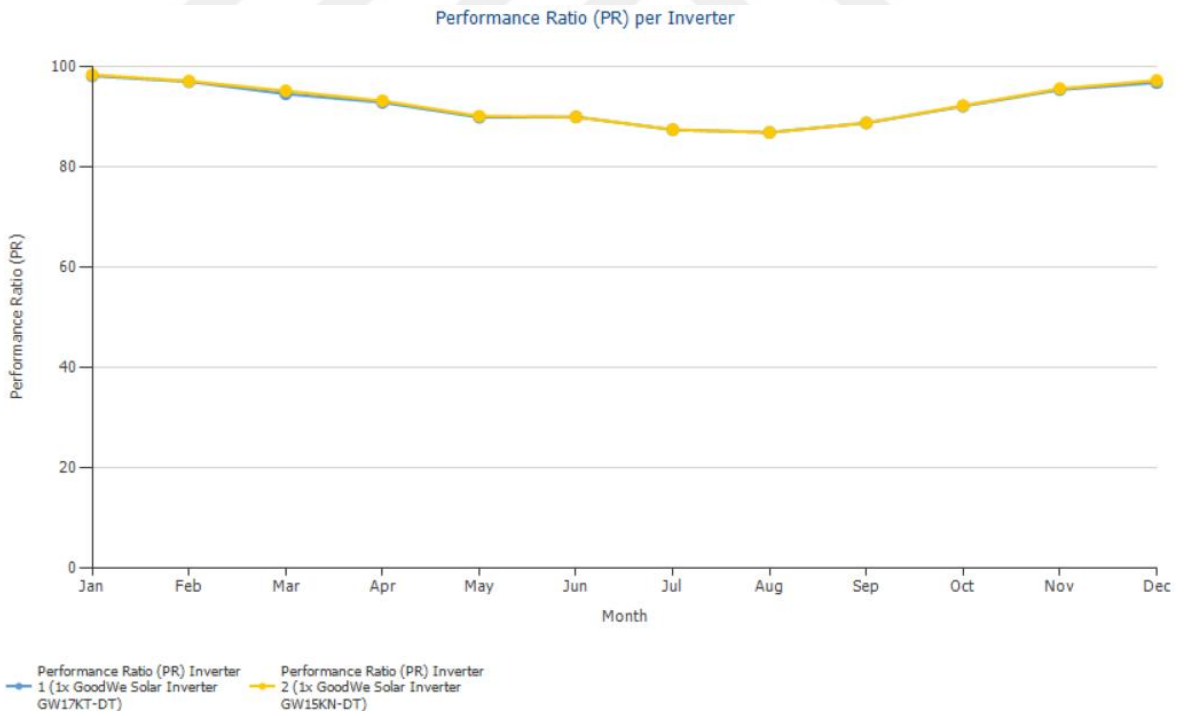
Şekil 5.28.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için çatılara ilişkin sonuçlar



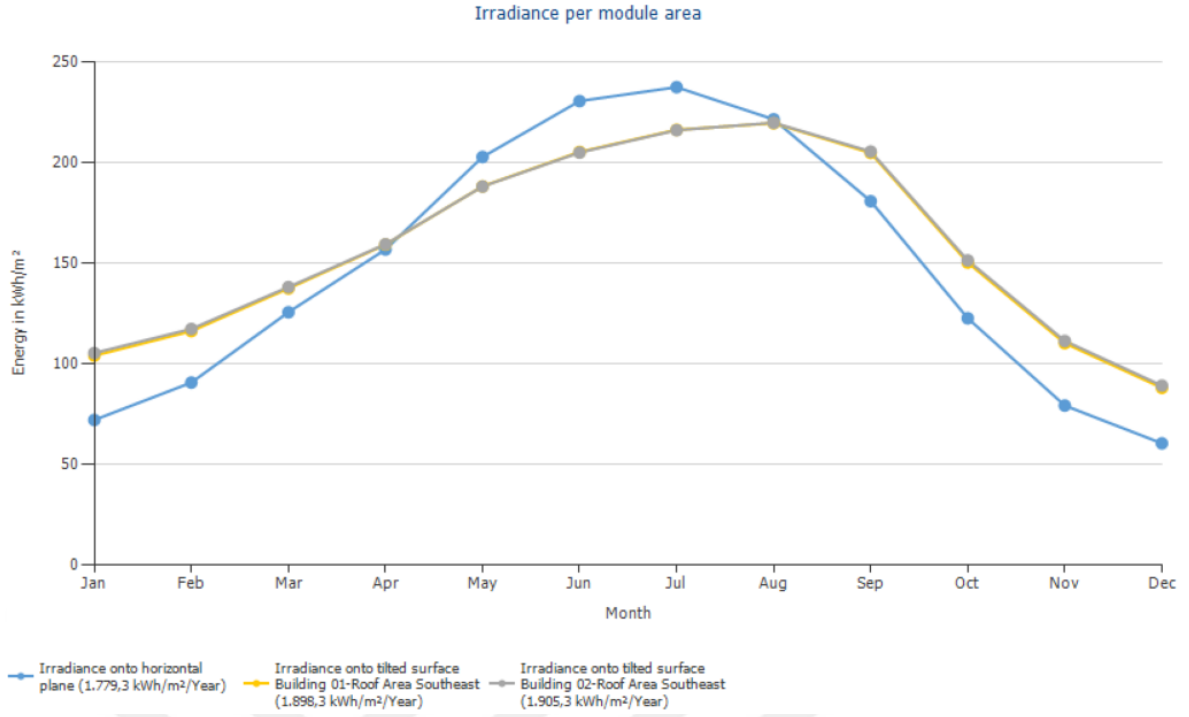
Şekil 5.29.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için üretim tahmini



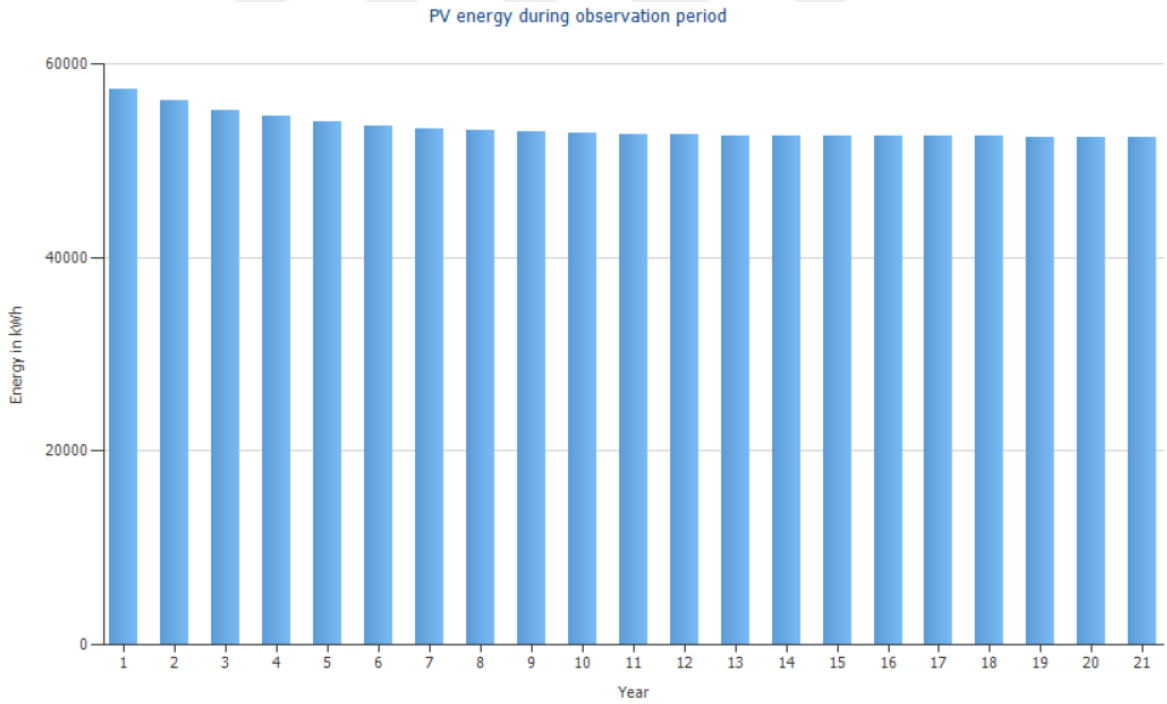
Şekil 5.30.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için eviricilere ilişkin üretim tahmini



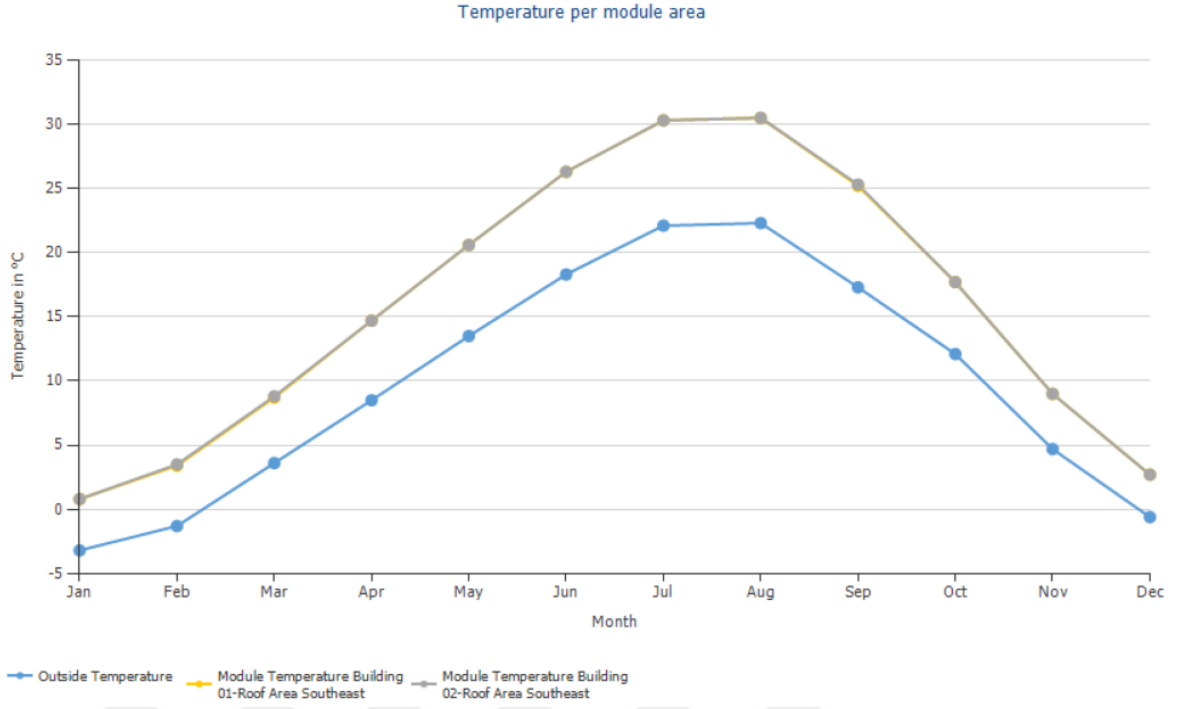
Şekil 5.31.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için eviricilere ait performans oranı



Şekil 5.32. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için çatılara ait ışıma



Şekil 5.33. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için üretilebilecek toplam enerji



Şekil 5.34. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için çatılara ait sıcaklık

Global radiation - horizontal	1.779,27 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-17,79 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	30,11 kWh/m ²	1,71 %
Orientation and inclination of the module surface	125,88 kWh/m ²	7,03 %
Module-independent shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	-15,95 kWh/m ²	-0,83 %
Global Radiation at the Module	1.901,51 kWh/m²	
	1.901,51 kWh/m ²	
	x 167,823 m ²	
	= 319.117,12 kWh	
Global PV Radiation	319.117,12 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-256.009,95 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	63.107,18 kWh	
Module-specific Partial Shading	-39,14 kWh	-0,06 %
Low-light performance	-391,97 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-2.233,87 kWh	-3,56 %
Diodes	-0,12 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-557,78 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	59.884,28 kWh	
Failing to reach the DC start output	-0,10 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	-0,07 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-389,27 kWh	-0,65 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	59.494,85 kWh	
Energy at the Inverter Input	59.494,85 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	0,00 kWh	0,00 %
DC/AC Conversion	-1.248,19 kWh	-2,10 %
Standby Consumption (Inverter)	-20,74 kWh	-0,04 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	58.225,92 kWh	
Grid Feed-in	58.244,19 kWh	

Şekil 5.35. Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için FV sistemi enerji dengesi

Building 01-Roof Area Southeast		
Global radiation - horizontal	1.779,27 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-17,79 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	30,11 kWh/m ²	1,71 %
Orientation and inclination of the module surface	122,61 kWh/m ²	6,84 %
Module-independent shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	-15,93 kWh/m ²	-0,83 %
Global Radiation at the Module	1.898,27 kWh/m²	
Building 02-Roof Area Southeast		
Global radiation - horizontal	1.779,27 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-17,79 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	30,11 kWh/m ²	1,71 %
Orientation and inclination of the module surface	129,65 kWh/m ²	7,24 %
Module-independent shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	-15,98 kWh/m ²	-0,83 %
Global Radiation at the Module	1.905,26 kWh/m²	

Şekil 5.36.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için ışıma değerleri

Building 01-Roof Area Southeast - MPP 1: 2 x 15° [1 x 1] - Inverter 1 (1x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT)		
Global PV Radiation	113.775,98 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-91.276,15 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	22.499,83 kWh	
Module-specific Partial Shading	-16,26 kWh	-0,07 %
Low-light performance	-139,86 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-795,84 kWh	-3,56 %
Diodes	-0,05 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-198,87 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	21.348,94 kWh	
Failing to reach the DC start output	-0,07 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-155,69 kWh	-0,73 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	21.193,18 kWh	

Şekil 5.37.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Building 01-Roof Area Southeast - MPP 2: 1 x 15° [1 x 1] - Inverter 1 (1x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT)		
Global PV Radiation	56.887,99 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-45.638,08 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	11.249,91 kWh	
Module-specific Partial Shading	-7,94 kWh	-0,07 %
Low-light performance	-69,94 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-397,91 kWh	-3,56 %
Diodes	-0,02 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-99,44 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	10.674,67 kWh	
Failing to reach the DC start output	-0,03 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-77,84 kWh	-0,73 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	10.596,80 kWh	

Şekil 5.38.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 17 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Building 02-Roof Area Southeast - MPP 1: 2 x 13° [1 x 1] - Inverter 2 (1x GoodWe Solar Inverter GW15KN-DT)		
Global PV Radiation	98.968,77 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-79.397,15 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	19.571,62 kWh	
Module-specific Partial Shading	-9,96 kWh	-0,05 %
Low-light performance	-121,45 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-693,42 kWh	-3,57 %
Diodes	-0,03 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-172,98 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	18.573,78 kWh	
Failing to reach the DC start output	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	-0,05 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-103,82 kWh	-0,56 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	18.469,91 kWh	

Şekil 5.39.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Building 02-Roof Area Southeast - MPP 2: 1 x 13° [1 x 1] - Inverter 2 (1x GoodWe Solar Inverter GW15KN-DT)		
Global PV Radiation	49.484,38 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 19,78 %)	-39.698,57 kWh	-80,22 %
Rated PV Energy	9.785,81 kWh	
Module-specific Partial Shading	-4,98 kWh	-0,05 %
Low-light performance	-60,72 kWh	-0,62 %
Deviation from the nominal module temperature	-346,71 kWh	-3,57 %
Diodes	-0,01 kWh	0,00 %
Mismatch (Manufacturer Information)	0,00 kWh	0,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
Power optimizer (DC conversion/down-regulation)	-86,49 kWh	-0,92 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	9.286,89 kWh	
Failing to reach the DC start output	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	-0,02 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-51,91 kWh	-0,56 %
MPP Matching	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (DC)	9.234,96 kWh	

Şekil 5.40.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için 15 kW evirici konfigürasyonuna ilişkin veriler

Inverter 1 (1x GoodWe Solar Inverter GW17KT-DT)		
Energy at the Inverter Input	31.789,98 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	0,00 kWh	0,00 %
DC/AC Conversion	-666,47 kWh	-2,10 %
Standby Consumption (Inverter)	-13,05 kWh	-0,04 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	31.110,45 kWh	
Grid Feed-in	31.122,14 kWh	
Inverter 2 (1x GoodWe Solar Inverter GW15KN-DT)		
Energy at the Inverter Input	27.704,87 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	0,00 kWh	0,00 %
DC/AC Conversion	-581,72 kWh	-2,10 %
Standby Consumption (Inverter)	-7,69 kWh	-0,03 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	27.115,47 kWh	
Grid Feed-in	27.122,05 kWh	

Şekil 5.41.Aynı sistemin şebekeye bağlı olan versiyonu için eviricilere ilişkin enerji giriş verileri

6. SONUÇ

Yapılan çalışmada, Hakkari ili örneği için güneş enerjisi potansiyelini ve buna ilişkin ekonomik fizibiliteyi tespit edebilmek amacıyla, il sınırları içerisinde bulunan bir yapıya ait elektrik ihtiyacı tespit edildi. Bununla beraber, tespit edilen elektrik ihtiyacının karşılanabileceği şebekeden bağımsız bir sistem kurulumu ve aynı zamanda, aynı sistemin şebeke bağımlı bir halini de gerçekleştirip, karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışma ortaya kondu. Elektrik ihtiyacı, yapıya ait 2019 yılı elektrik faturalarındaki değerlere göre tüketilen enerji miktarı sonucunda, sistemin kurulabilmesi için gerekli olan parametreler ve ekipmanlara ilişkin hesaplamalar yapıldı. Yapılan bu hesaplamalar ve araştırma süresince elde edilen verilerin simülasyon işlemleri, PVSOL programında gerçekleştirildi. Sistemin şebekeden bağımsız ve şebekeye bağımlı versiyonları gerçekleştirildi. Fakat çalışmadaki asıl amaç şebekeden bağımsız olan bu yapıya ait sistemin değerlendirilmesidir. PVSOL programında yapılan simülasyon ayarlamaları ve konfigürasyonlar sonucunda, elde edilen veriler 5. bölümde ortaya kondu.

Sistemde kullanılan ekipmanlara ilişkin olarak, paneller, yerleşimin yapılacağı çatı alanının kısıtlı olması nedeniyle yeterince yüksek kapasiteye sahip olması gerekliliğinden ve ayrıca çatıya ilişkin yapılan hesaplamalarda, panellerin diziler şeklinde tam olarak çatıya uygun yerleştirilebilmesi amacıyla boyutlarına da dikkat edilerek seçildi. Yerleşimi yapılan panellere ilişkin olarak, 2 çatı bölgesinde bulunan bu paneller için, her çatıdaki panel dizilerine birer evirici kullanıldı. Böylece yüksek kapasiteli eviriciler kullanılarak, şarj kontrol cihazına olan ihtiyaç ortadan kaldırıldı aynı zamanda, az sayıda evirici kullanılarak maliyet bazında gerekli iyileştirme yapılmaya çalışıldı. Kullanılmayan şarj kontrol cihazlarının eviriciler bünyesinde bulunduğu varsayılarak gerçekleştirilen simülasyonda, sistemin geneline göre çok düşük seviyede kalan kablo kayıpları ve koruma elemanlarına ilişkin kayıplar göz ardı edildi. Simülasyon üzerinde kullanılan 24 V 200 Ah'lık lityum akülerin yerine, maliyeti yaklaşık olarak %70 oranında düşüren jel aküler kullanılarak, sistemdeki akü kapasitesi yine sağlanmış oldu.

Şebekeden bağımsız olan sisteme ve bileşenlerine bakıldığında, 24500 kWh toplam elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak amacıyla, 17.78 kWp+15.41 kWp değerlerinde toplam kurulu gücü olan bir sistem, yaklaşık olarak 353 kWh'lik bir akü sistemiyle

oluşturuldu. Sistemin bünyesindeki ekipmanların ve bileşenlerin genel performans oranı %91.5 seviyesine ulaşırken, yıllık 11515 kg CO₂ emisyonu değerine ulaşıldı. Üretilebilecek olan toplam enerji değeri neredeyse 60000 kWh düzeyinde olurken, kullanılabilir olan enerji seviyesi 27762 kWh/yıl düzeyinde hesaplandı. Sisteme bağlı olan akülerin, neden olduğu kayıplar ve bölgenin kış hava koşulları ve kışın ortaya çıkan düşük güneşlenme süresi, düşük güneş radyasyonu ve hatta bazı günler 0 saat düzeyinde kalan güneşlenme süresi sebebiyle, akü sisteminde oluşan yüksek dolma-boşalma ve yüksek anlık tüketim değerlerine sahip bir yapı olması sebebiyle toplam sistem verimi %42.1 düzeyinde kaldı. Aynı yapı ve sistemin şebeke bağımlı tarafı incelendiğinde ise, akü sistemi ve akü eviricileri ortadan kalktığından, aynı tüketim değeri ve aynı kurulu güç değerlerinde, %91.5 genel performans oranı, yaklaşık olarak 60000 kWh düzeyinde üretilebilecek enerji seviyesi ve panellere yansıyan tüm enerjinin kullanılabilir olması sebebiyle yaklaşık olarak yıllık 23375 kg CO₂ emisyonu değerine ulaşıldı. Emisyon değerinin neredeyse iki katı olmasının sebebi, şebekeden bağımsız olan sistemlerde, panellerde üretilen enerji akülerde depolanarak ihtiyaç halinde kullanılması ve buna bağlı olarak üretilen fazla enerjinin hiçbir yere aktarılamaması olarak gösterilebilir. Şebeke bağlı sistemlerde ise, oluşan temel fark yapının enerji ihtiyacı panellerden karşılandıktan sonra, üretilen fazla enerjinin şebekeye satılabilmesi, elektrik enerjisinin üretilemediği durumlarda, örneğin gece saatlerinde, elektrik ihtiyacının şebekeden sağlanarak yüksek akü desteğine ve yüksek akü maliyetine ihtiyaç duymaması olarak gösterilebilir.

Sistemin teknik performans ve verim incelemesinin yanı sıra, maliyet durumuna bakıldığında, şebekeden bağımsız sistemlerdeki ek akü ve akü eviricileri yüzünden amorti süresinin çok uzun yıllara çıktığı ve hatta akülerin ömür yılları hesaba katıldığında, bu sürenin biraz daha uzayabileceği ortadadır. Şebekeden bağımsız olan sistemin amorti süresi yaklaşık olarak 27 yıl iken, şebeke bağımlı olan sistemin amorti süresi yaklaşık olarak 9.7 yıldır. Hatta bu hesaplama, şebeke bağımlı sistemlerdeki üretilen fazla enerjinin satışı söz konusu olduğunda, amorti süresini kendiliğinden kısaltabileceği görülmektedir. Şebekeden bağımsız sistemler, genelde küçük tüketim değerlerinin olduğu yapılarda yoğunlukla kullanılırken, şebeke bağımlı sistemler ise bir çok yapıda kullanılabilmektedir. Çalışmada incelediğimiz, yaklaşık olarak günde 115 kWh ile bu denli yüksek tüketim değerine sahip olan yapılarda, şebekeden bağımsız sistemlerin kullanımının, şebeke bağımlı sistemlere göre çok daha maliyetli ve sorunlu olduğu aşıkardır. Ayrıca, şebeke erişiminin olduğu bölgelerde, ki yapı bir okul binası olduğundan

bu erişime sahiptir, şebekeden bağımsız sistemlerin kurulması, yapılan çalışma doğrultusunda gereksiz olarak görünmektedir. Genel sistem verimine bakıldığında, şebeke bağlı sistemlerde yaklaşık olarak %70-%85 civarında olması gereken ve şebekeden bağımsız sistemlerde ise %50-%80 civarında olması gereken değer, akü sistemlerinin etkisiyle simülasyon sonucunda, %42.1 olarak çıkmıştır. Bu değer, teorik olarak istenilen değer altında olup, bu gibi bölgelerdeki bu denli yüksek tüketime yapılarda şebeke bağlı sistemlerin kullanılması daha uygun olarak görülmektedir.



7. KAYNAKLAR

- Aslan, G. S., 2019, Şebekeden Bağımsız Bir Ev İçin Akıllı Yük Yönetim Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 97 s.
- Aydın, M., 2020, Türkiye Koşullarında Güneş Panelleri İçin Optimum Sabit Ve Ayarlanabilir Eğim Açılarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 186 s.
- Aksangör, N. N., 2019, Ankara Şartlarında Bir Fotovoltaik Sistemin Pvsyst Programı Yardımı İle Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 96 s.
- Alkan, S., 2014, Düzce Şartlarında Bir Evin Enerji İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce, 67 s.
- Atalay Ayran, Z., 2019, Kütahya İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması Ve Örnek Bir Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 94 s.
- Alkan, S., 2019, Çatı Üzeri Doğu-Batı Yönelimli Optimizerli Güneş Enerji Santralinin Pilot Uygulaması Ve Güney Yönelimli Güneş Enerji Santraline Göre Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul, 149 s.
- Arıkan, Y., Çam, E., 2017, Rüzgar ve Güneş Enerjisi Sistemlerinin Fizibilite Analizlerinin Web Tabanında Gerçekleştirilmesi, Uluslararası Mühendislik Arastırma ve Gelistirme Dergisi, 9(1), 1-10
- Alkan, S., Öztürk, A., Zavrak, S., Tosun, S., Avcı, E., 2014, Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu, Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 78-82
- Ajder A., 2011, Fotovoltaik Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Optimum Eğim Açısının

Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 68 s.

Akcan, E., Kuncan, M., Minaz, M. R., 2020, PVsyst Yazılımı İle 30 Kw Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu, European Journal of Science and Technology, No: 18, 248–261

Aksangör, N. N., Martin, K., Boran, K., 2019, PVsyst Simülasyon Aracı Kullanarak Ankara'da Fotovoltaik Güneş Sistemlerin Performans Analizi, 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, 4(1), 217-220

Bouzuenda, M., Al Omair, A., Al Naeem, A., Al-Muthaffar, M., Ba Wazir, O., 2014, Design of an off-grid 2 kW solar PV system, 2014 Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Saudi Arabia

Boztepe, M., Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler, Ege Üniversitesi, İzmir

Ceylan, O., 2017, Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 82 s.

Çaçan, F., 2018, Fotovoltaik Sistemlerin Kurulum Ve Maliyet Analizinin Örnek Bir Otele Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 76 s.

Çakmak, R., Altaş, İ. H., Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Güneş Enerjisi Potansiyeli: Trabzon İli Örneği, Gümüşhane Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi

Dulaimi, N. H. Al, 2017, Design of an Off-Grid Solar PV System for a Rural Shelter, German Jordanian University, Jordan, 43 s.

Dağlı, E., 2018, Ekonomik Analiz Yöntemleri Kullanılarak 1 Mw Güneş Enerjisi Santralinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, 142 s.

- Dağoğlu, Ö., 2019, Toplu Konutlarda Fotovoltaik Sistem Kullanımlarının Farklı İklim Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 98 s.
- Duman, S., 2015, Şebeke Bağlantısız Güneş Ve Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Yönetimi, Kontrolü Ve İzlenmesi İçin Yeni Yaklaşımlar, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 283 s.
- Erdoğan, D., 2009, Research On Building Integrated Photovoltaic Systems And Their Performance Evaluation, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 140 s.
- Gerçek, Y., 2018, Güneş Enerji Santralleri İçin CBS İle En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 78 s.
- Grozdev, M., 2010, Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 73 s.
- Gezer, T., 2019, Bir Güneş Enerjisi Santralının Maliyet Analizi: Aydın İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, 99 s.
- Girgin, M. H., 2011, Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 Mw'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 223 s.
- Gündüz, M. S., 2019, Bir Fotovoltaik Güneş Enerji Santralının Tekno-Ekonomik Analizi; Kütahya-Simav Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 109 s.
- Haydaroğlu, C., Gümüş B., 2016, Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının Pvsyst İle Simülasyonu Ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 3, 491-500

<https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/hakkari> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=hakkari (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

<https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

<https://www.tekniksolar.com/on-grid-sistem-sebekeye-bagli-sistem> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

<https://www.tekniksolar.com/off-grid-akulu-sistem> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

<https://sbsolar.com.tr/invertor-cesitleri-ve-ozellikleri> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

<https://www.photopills.com/articles/understanding-azimuth-and-elevation> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

<https://www.e-education.psu.edu/eme810/node/576> (Eriřim Tarihi: 18.01.2021)

Installation, Operation & Maintenance of Solar PV Microgrid Systems A Handbook for Trainers, 2016, GSES India Sustainable Energy Pvt. Ltd. for Clean Energy Access Network (CLEAN)

Kutluca, M., 2020, şebekeden Bağımsız Mikro Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, 110 s.

Kınalı, M. Y., 2019, Güneş Enerjisi Simülasyon Programlarının Gerçek Verilerle Doğruluk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 216 s.

Keskin, A., 2019, Niğde İli Güneş Enerji Santrali Modellemesi Ve Performans Parametreleri Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 128 s.

Keskin, E., 2012, Türkiye İklim Koşullarında Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Tasarımı ve

Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 114 s.

Kayıkçı, B., 2020, Aydın İli Didim İlçesindeki Kırsal Bölgede Yer Alan Bir Konutun Elektrik İhtiyacının Hibrit Güneş-Rüzgar Enerji Sistemi İle Karşılanmasının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 89 s.

Keçel, S., 2007, Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri İle Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 159 s.

Khamisani, A. A., Design Methodology of Off-Grid PV Solar Powered System (A Case Study of Solar Powered Bus Shelter)

Karaca, Ü. B., Uçar S., 2018, Konut Çatı Ve Cephelelerinde Farklı Fotovoltaik Sistem Uygulamalarının Değerlendirilmesi, Trakya University Journal of Engineering Sciences, 19(2), 65-76

Karafil, A., Ozbay, H., Kesler, M., Parmaksiz, H., 2015, Calculation of Optimum Fixed Tilt Angle of PV Panels Depending on Solar Angles and Comparison of the Results with Experimental Study Conducted in Summer in Bilecik, Turkey, 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Bursa, 971-976

Kallioğlu, M. A., Ercan, U., Avcı, A. S., Karakaya, H., 2017, Güneş Panelleri İçin Optimum Eğim Açısının Belirlenmesi, 2nd International Energy & Engineering Conference, Gaziantep, 180-186

Küçük, S., 2019, Off-Grid Güneş Sistemleri İçin Yeni Bir Projelendirme Aracı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 56 s.

Koçer, A., Şevik, S., Güngör, A., 2016, Ankara ve İlçeleri İçin Güneş Kolektörü Optimum Eğim Açısının Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, 63-78

Messenger, R.A., Ventre, J., 2003, Photovoltaic Systems Engineering Second Edition,

Milli Eğitim Bakanlığı, Yapılarda Güneş Panel Sisteminin Kurulması, 2013, Ankara

Mohanty, P., Muneer, T., Kolhe, M., 2016, Solar Photovoltaic System Applications A Guidebook for Off-Grid Electrification, Green Energy and Technology

Mohanty, P., Sharma, K. R., Gujar, M., Kolhe, M., Azmi, A. N., 2015, PV System Design for Off-Grid Applications, Solar Photovoltaic System Applications, 49–83

Najib, S. H., 2019, A Proposal For An Energy-Efficient School Building Model In Kirkuk/Iraq, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 102 s.

Özçelik, Ö., 2018, Güneş Enerji Sistemleri Ve Güneş Yatırımları İçin Doğru Ve Güvenilir Bir Yol Haritası Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 119 s.

Öztürk, A., Dursun, M., 2011, 2, 10 ve 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ

Özyiğit, F. Y., 2019, Sivas İl Merkezi Ve İlçelerinde Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Ekonomik Fizibilitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 172 s.

Solar PV Installation Guidelines, 2017, SAPVIA Renewable Energy Hub, South Africa

Sugözü, İ., 2005, Güneş Enerjisiyle Çalışan İki Farklı Güneş Duvarının (Solarwall) Elazığ Şartlarına Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 136 s.

Technical Brief Solar PV & Energy Efficiency, 2016, The Energy and Environment Partnership Programme Southern and East Africa

Teitelbaum, B., 2017, Off-Grid System Design, Ninth Annual Dealer Conference 2017,

San Diego

Tırmıkçı, C. A., 2018, İki Eksen Güneş İzleyen Hareketli Güneş Sistemi Ve En Uygun Yıllık Eğim Açısı İle Konumlandırılmış Sabit Güneş Sisteminin Gerçek Zaman Karşılaştırması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 110 s.

Uysal, N., 2011, Kütahya İli İçin Güneş ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi ve Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 109 s.

Yalçın, L., 2020, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma Ve Uygulama Çiftliği'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi Ve Güneş Enerjisinden Yararlanabilme Olanakları, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, 220 s.

Yazdı, M. S., 2019, Analysis Of Optimum Off-Grid Solar System For A Household In Afyon, Turkey, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 67 s.

Yıldırım, E., Aktacir, M. A., 2017, Investigation of azimuth and tilt angle effects on building integrated photovoltaic systems, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University (2018), Ankara

Yousif, A. A., 2016, Investigation Of Applicability Of A Solar Absorption Cooling System In Three Cities Of North Iraq: (Erbil-Duhok-Sulaimaniya), Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 172 s.

8. EKLER

Ek 1. Batarya Eviricisi Teknik Verileri

Life Is On | **Schneider Electric**

Conext XW+ hybrid inverter/charger

One solution for global power needs



Product at a glance

Conext™ XW+ is an adaptable single-phase and three-phase inverter/charger system with grid-tie functionality and dual AC power inputs. Compatible solar charge controllers, monitoring, and automated generator control modules enable further compatibility. From a single Conext XW+ unit to clusters up to 76.5 kW, the Conext XW+ is a scalable system that allows for the integration of solar capacity as required. Adaptable and scalable, the Schneider Electric Conext XW+ system is a complete solution for grid-interactive and off-grid, residential and commercial, solar and backup power applications.

Conext XW+

Higher return on investment

- Excellent load starting with high 30 minute and 5 second power
- Performs in hot environments up to 70°C
- Intelligent functionality enables solar prioritization, load shifting, peak shaving, and assists small generators with heavy loads
- Backup power with grid-tie functionality converts external DC power to AC power to export to the utility grid

Designed for reliability

- Extensive quality and reliability testing
- Highly accelerated life testing
- Globally proven and recognized field performance

Flexible

- Single or three-phase off-grid systems from 7.0 kW to 76.5 kW (30 minutes rating at 25 °C)
- Supports DC-coupled and AC-coupled off-grid and grid-tie architectures
- Supports charging of lithium ion battery packs

Easy to service

- Field serviceable with replacement boards and spare parts
- Monitor, troubleshoot, or upgrade firmware with Conext ComBox™

Easy to install

- System configures quickly into compact, wall-mounted system
- Integrates both grid and generator power with dual AC inputs
- Balance-of-system components integrates battery bank, solar charge controllers, and generators
- Commission the entire system with PC software tool and Conext ComBox

Product application

	Residential grid-tie solar with backup power
	Self-consumption
	Off-grid solar
	Backup power
	Community electrification

Conext XW+ series (230 V)

Device short name	XW + 7048 E	XW+ 8548 E
Inverter AC output (standalone)		
Output power (continuous) at 25°C	5500 W	6800 W
Overload 30 min/60 sec at 25°C	7000 W/9500 W	8500 W/12000 W
Output power (continuous) at 40°C	4500 W	6000 W
Maximum output current 60 seconds (rms)	40 A	53 A
Output frequency (selectable)	50/60 Hz	50/60 Hz
Output voltage	230 Vac	230 Vac
Total harmonic distortion at rated power	< 5%	< 5%
Idle consumption search mode	< 7 W	< 7 W
Input DC voltage range	40 to 64 V (48 V nominal)	40 to 64 V (48 V nominal)
Maximum input DC current	150 A	180 A
Charger DC output		
Maximum output charge current	110 A	140 A
Output charge voltage range	40 – 64 V (48 V nominal)	40 – 64 V (48 V nominal)
Charge control	Three stage, two stage, boost, custom	Three stage, two stage, boost, custom
Charge temperature compensation	Battery temperature sensor included	Battery temperature sensor included
Power factor corrected charging	0.98	0.98
Compatible battery types	Flooded (default), Gel, AGM, Lithium ion, custom*	Flooded (default), Gel, AGM, Lithium ion, custom*
Battery bank range (scaled to PV array size)	440 to 10000 Ah	440 to 10000 Ah
AC input		
AC 1 (grid) input current (selectable limit)	3 – 60 A (56 A default)	3 – 60 A (56 A default)
AC 2 (generator) input current (selectable limit)	3 – 60 A (56 A default)	3 – 60 A (56 A default)
Automatic transfer relay rating/typical transfer time	60 A/8 ms	60 A/8 ms
AC input voltage nominal	230 V +/- 3%	230 V +/- 3%
AC input frequency range (bypass/charge mode)	45 – 55 Hz (default) 40 – 68 Hz (allowable)	45 – 55 Hz (default) 40 – 68 Hz (allowable)
AC grid-tie output		
Grid sell on AC1 (max)	4.5 kVA	6.0 kVA
Grid sell current range on AC1 (selectable range)	0 to 20 A	0 to 27 A
Grid sell voltage range on AC1	205 to 262 Vrms (auto adjust entering sell mode)	205 to 262 Vrms (auto adjust entering sell mode)
Grid sell frequency range on AC1	48 to 51 Hz (auto adjust entering sell mode)	48 to 51 Hz (auto adjust entering sell mode)
Grid sell power factor range (lead/lag)	0.5	0.5
Efficiency		
Peak	95.8%	95.8%
General specifications		
Part number	865-7048-61	865-8548-61
Product/shipping weight	53.5 kg (118.0 lb)/75.0 kg (165.0 lb)	55.2 kg (121.7 lb)/76.7 kg (169.0 lb)
Product dimensions (H x W x D)	58 x 41 x 23 cm (23 x 16 x 9 in)	58 x 41 x 23 cm (23 x 16 x 9 in)
Shipping dimensions (H x W x D)	71.1 x 57.2 x 39.4 cm (28.0 x 22.5 x 15.5 in)	71.1 x 57.2 x 39.4 cm (28.0 x 22.5 x 15.5 in)
IP degree of protection	IP20	
Operating air temperature range	-25°C to 70°C (-13°F to 158°F) (power derated above 25°C (77°F))	
Warranty (depending on the country of installation)	2 or 5 years	2 or 5 years
Features		
System monitoring and network communications	Available	
Intelligent features	Grid sell, peak load shave, generator support, prioritized consumption of battery or external DC energy	
Auxiliary port	0 to 12 V, maximum 250 mA DC output, selectable triggers	
Off-grid AC coupling	Frequency control	
Regulatory approval		
CE marked according to the following EU directives and standards		
RCM marked and compliant	AS 4777.2:2015, CEC Listed, EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3-2	
EMC directive	EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3-2	
Low-voltage directive	EN50178	
Safety	IEC 62109-1, IEC 62109-2	
Compatible products		
Conext XW + Power Distribution Panel	865-1014-01	
Conext System Control Panel	865-1050	
Conext Automatic Generator Start	865-1060	
Conext MPPT 60 150	865-1030-1	
Conext MPPT 80 600	865-1032	
Conext ComBox	865-1058	
Conext Battery Monitor	865-1080-01	
Conext Battery Fuse Combiner Box	865-1031-01	
Conext Configuration Tool	865-1155-01	

Specifications are subject to change without notice.

Schneider Electric
 35 rue Joseph Monier
 92500 Rueil-Malmaison, France
 Tel: +33 (0)1 41 29 70 00

Life Is On



©2017 Schneider Electric. All Rights Reserved. Schneider Electric | Life Is On is a trademark and the property of Schneider Electric SE, its subsidiaries, and affiliated companies. DS20170928_998-19875103_US_Conext XW+ 230 V.indd

Ek 2. 15 kW Evirici Teknik Verileri

YOUR SOLAR ENGINE



GOODWE
YOUR SOLAR ENGINE

Maximize Your Power & Savings



SDT Series

Dual-MPPT, Three-Phase

- Easy wall mounting
- Super large 5-inch LCD
- RS485, LAN, Wi-Fi communication
- IP65 dustproof and waterproof



The GoodWe Smart DT series inverter is specially designed for three-phase solar systems, covering a wide power range of 12kW, 15kW, 17kW, 20kW. The two integrated MPPTs allows two-array inputs from different roof orientations.

The SDT series inverter is small, light and easy to install. Suitable for both outdoor and indoor installations, this inverter offers quiet operation. In addition, the combination of both RS485 and Wi-Fi communication allows the system to be easily monitored and controlled.



SINETECH
THE POWER OF CHOICE

2 Samantha Street, Strijdom Park,
Randburg, Johannesburg, 2194
Tel: (+27) 11 886-7874 | Fax: (+27) 11 787 0178
sales@sintech.co.za | sintechstore.co.za

Technical Data	GW12KN-DT	GW15KN-DT	GW17KN-DT	GW20KN-DT
PV String Input Data				
Max. DC Input Power (W)	16800	19500	22100	26000
Max. DC Input Voltage (V)	1000	1000	1000	1000
MPPT Range (V)	200~850	200~850	200~950	200~950
Start-up Voltage (V)	180	180	180	180
Nominal DC Input Voltage (V)	620	620	600	600
Max. Input Current (A)	22/11	22/11	22/22	22/22
Max. Short Current (A)	27.6/13.8	27.6/13.8	27.5/27.5	27.5/27.5
No. of MPPT Trackers	2	2	2	2
No. of Input Strings per Tracker	2/1	2/1	2/2	2/2
AC Output Data				
Nominal Output Power (W)	12000	15000	17000	20000
Max. Output Apparent Power (VA)	14000	16500	19000	22000
Nominal Output Voltage (V)	400, 3L/N/PE	400, 3L/N/PE	400, 3L/N/PE or 3L/PE	400, 3L/N/PE or 3L/PE
Nominal Output Frequency (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60
Max. Output Current (A)	21.5	24	28.8	31.5
Output Power Factor	~1 (Adjustable from 0.8 leading to 0.8 lagging)			
Output THDI (@Nominal Output)	<2%	<2%	<2%	<2%
Efficiency				
Max. Efficiency	98.3%	98.3%	98.6%	98.6%
European Efficiency	>98.0%	>98.0%	>98.1%	>98.1%
Protection				
PV String Current Monitoring	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Anti-Islanding Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Input Reverse Polarity Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Insulation Resistor Detection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Residual Current Monitoring Unit	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Output Over Current Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Output Short Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Output Over Voltage Protection	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
DC SPD Protection	Integrated (Type III)	Integrated (Type III)	Integrated (Type III)	Integrated (Type III)
AC SPD Protection	Integrated (Type III)	Integrated (Type III)	Integrated (Type III)	Integrated (Type III)
General Data				
Operating Temperature Range (°C)	-25~60	-25~60	-25~60	-25~60
Relative Humidity	0~100%	0~100%	0~100%	0~100%
Operating Altitude (m)	≤4000	≤4000	≤4000	≤4000
Cooling	Natural Cooling	Natural Cooling	Fan Cooling	Fan Cooling
Noise (dB)	<40	<40	45	45
User Interface	LCD & LED	LCD & LED	LCD & LED	LCD & LED
Communication	RS485 or WIFI	RS485 or WIFI	RS485 or WIFI	RS485 or WIFI
Weight (kg)	26	26	26	26
Size (Width*Height*Depth mm)	516*455*192	516*455*192	516*455*220	516*455*220
Protection Degree	IP65	IP65	IP65	IP65
Night Self Consumption (W)	<1	<1	<1	<1
Topology	Transformerless			
Certifications & Standards				
Grid Regulation	VDE0126-1-1, EN50438(PL), VDE-AR-N 4105, AS4777.2	VDE0126-1-1, AS4777.2, G83, IEC61727, IEC62116, EN50438(SW), EN50438(IE), CEI 0-21		
Safety Regulation	IEC62109-1&-2			
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4, EN61000-4-16, EN61000-4-18, EN61000-4-29			

Ek 3. 17 kW Evirici Teknik Verileri

SDT G2 Serisi Datasheet



Teknik Veri	GW17KT-DT	GW20KT-DT	GW25KT-DT
PV Dizi Giriş Verileri			
Maks. DC Giriş Gücü (W)	25500	30000	37500
Maks. DC Giriş Voltajı (V)	1100	1100	1100
MPPT Aralığı (V)	200~950	200~950	200~950
Başlangıç Voltajı (V)	180	180	180
Min. Besleme Voltajı (V)	210	210	210
Nominal DC Giriş Voltajı (V)	620	620	600
Maks. Giriş Akımı (A)	25/25	25/25	37.5/25
Maks. Kısa Akım (A)	31.2/31.2	31.2/31.2	46.8/31.2
MPPT Sayısı	2	2	2
MPPT Başına Dizi Sayısı	2/2	2/2	3/2
AC Çıkış Verileri			
Nominal Çıkış Gücü (W)	17000	20000	25000
Maks. Görünür Çıkış Gücü (VA)	19000**	22000**	27500**
Nominal Çıkış Voltajı (V)		400, 3L/N/PE	
Nominal Çıkış Frekansı (Hz)	50/60	50/60	50/60
Maks. Çıkış Akımı (A)	28.8	31.9	40.8
Çıkış Gücü Faktörü	~1 (Nominal Güç Aralığı, indüktif 0.8-kapasitif 0.8)		
Çıkış THDi (@Nominal Çıkış)	<3%	<3%	<3%
Verim			
Maks. Verim	98.4%	98.4%	98.4%
Avrupa Verimliliği	>97.7%	>97.7%	>97.7%
Koruma			
Şebeke Kesildiğinde Koruma	Entegre	Entegre	Entegre
Giriş Ters Kutup Koruması	Entegre	Entegre	Entegre
İzolasyon Direnci Tespiti	Entegre	Entegre	Entegre
DC Parafoudre Koruması	Tip III (Tip II isteğe bağlı)		
AC Parafoudre Koruması	Tip II		
Kaçak Akım İzleme Birimi	Entegre	Entegre	Entegre
Çıkış Açın Akım Koruması	Entegre	Entegre	Entegre
Çıkış Kısa Koruması	Entegre	Entegre	Entegre
Çıkış Açın Genilim Koruması	Entegre	Entegre	Entegre
Genel Veri			
Çalışma Sıcaklığı Aralığı (*°C)	-30~60	-30~60	-30~60
Bağıl Nem	0~100%	0~100%	0~100%
Çalışma Yüksekliği (m)	≤4000	≤4000	≤4000
Soğutma	Fan Soğutma	Fan Soğutma	Fan Soğutma
Kullanıcı Arayüzü	LCD & LED		
Haberleşme	WiFi veya LAN veya RS485 (isteğe bağlı)		
Ağırlık (kg)	25	25	25
Boyut (Geniçlik*Yükseklik*Derinlik mm)	415*511*175	415*511*175	415*511*175
Koruma Seviyesi	IP65	IP65	IP65
Gece Öz Tüketimi (W)	<1	<1	<1
Topoloji	Trafosuz		

*1: Bağlılık için Maks. Görünür Çıkış Gücü (VA): GW17KFDT için 17000, GW20KFDT için 20000, GW25KFDT için 25000.

*2: En son sertifikalar için lütfen GoodWe web sitesini ziyaret edin.

GoodWe Single page - 20200611-TR-V5.0. Information may be subject to change without notice during product improving.

Ek 4. Güneş Paneli Teknik Verileri

CW Enerji®

PERC MONOKRİSTAL

72PM (375 - 400 Wp)

CWT
GÜNEŞ
PANELİ

CW ENERJİ



Yüksek Dönüşüm Verimliliği

Yüksek Panel Verimliliği Sayesinde, Yüksek Güç Çıkışı Garanti Eder.



Kendi Kendini Temizleyen ve Yansımayı Azaltan Cam

Cam Üzerindeki Özel Kaplama Yüzey Tozunu Azaltır.



Düşük Işınlımda Yüksek Verimlilik

Sabah ve Bulutlu Hava Koşullarında Dahi Yüksek Panel Verimliliği



Mükemmel Dayanım Kapasitesi

2400 Pa Rüzgar Yüğü, 5400 Pa Kar Yüğüne Karşı Dayanım



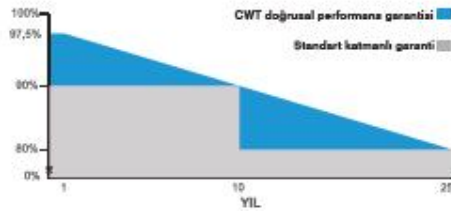
0~+5Wp Pozitif Güç Toleransı



Kolay Kurulum



5BB



25 Yıl Performans Garantisi



10 Yıl Malzeme ve İşçilik Garantisi

CWT400-72PM 400 Wp

CWT395-72PM 395 Wp

CWT390-72PM 390 Wp

CWT385-72PM 385 Wp

CWT380-72PM 380 Wp

CWT375-72PM 375 Wp

25
YIL
SİGORTALI
FOTOVOLTAYİK
PANEL GARANTİSİ



IEC 62716 AMONYAK KOROZYON / AMMONIA IEC 62716
IEC 62804 PID / PID TEST IEC 62804
IEC 61701 TUZ KOROZYON / SALT MIST CORROSION IEC 61701
IEC 61215, IEC 61730-1, IEC 61730-2
ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, OHSAS 45001:2018

www.cw-enerji.com

PERC MONOKRİSTAL

● 72PM (375 - 400 Wp)

CWT SOLAR PANEL

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER

Model Tipi	CWT375 72PM	CWT380 72PM	CWT385 72PM	CWT390 72PM	CWT395 72PM	CWT400 72PM
Maksimum Güç (P_{max})	375 Wp	380 Wp	385 Wp	390 Wp	395 Wp	400 Wp
Modül Verimliliği	18,79	19,04	19,29	19,54	19,78	20,06
Maksimum Güç Gerilimi (V_{mp})	40,14	40,52	40,70	40,88	41,07	41,10
Maksimum Güç Akımı (I_{mp})	9,35	9,39	9,47	9,55	9,62	9,75
Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	48,67	48,91	49,12	49,32	49,54	49,83
Kısa Devre Akımı (I_{sc})	9,94	9,97	10,05	10,13	10,24	10,38
Güç Toleransı	0~+5W					
Maks. Sistem Anma Gerilimi	1000V DC / 1500V DC					
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40 ~ +85°C					
Güvenlik	C Sınıfı					
Maks. Seri Sigorta Akımı	15A / 20A					

MEKANİK ÖZELLİKLER

Hücre Boyutu	158,75 mm x 158,75 mm
Hücre Sayısı	72 (6X12)
Ağırlık	22
Panel Boyutu	1984x1007x40mm
Maks. Rüzgar/Kar Yüğü Dayanımı	2400/5400 Pa
Bağlantı Kutusu	IP67

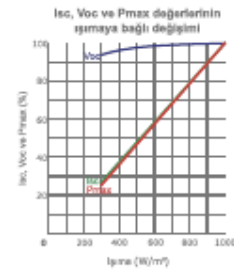
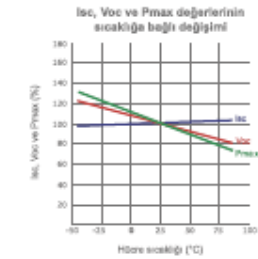
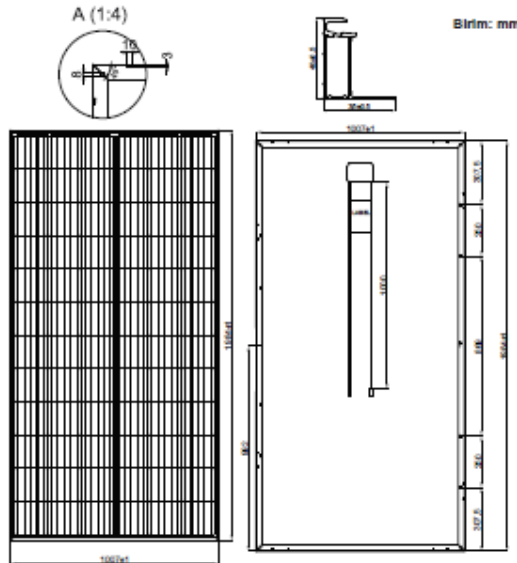
SICAKLIK KATSAYISI

Sıcaklık Katsayısı (I_{sc})	0.040%/°C
Sıcaklık Katsayısı (V_{oc})	-0.27%/°C
Sıcaklık Katsayısı (P_{max})	-0.36%/°C

AMBALAJ ŞEKLİ

Konteyner	20' GP	40' GP
Palet Başına Adet	27	27
Konteyner Başına Adet	270	696

FİZİKSEL ÖZELLİKLER



*Not: Elde edilen verilerin Standart Test Koşulları: 1000 W/m² güneş ışınımı, (AM 1.5) ve hücre sıcaklığı 25°C. Nominal Test Koşulları: 800 W/m² güneş ışınımı, ortam sıcaklığı 20°C, rüzgar hızı 1m/s. Tüm paneller için ölçüm belirlenmiştir. Ölçüm verileri yapılan ölçümlere tabi olacaktır. Bu parametreler sadece referans amaçlıdır ve bu ölçümlerin bir parçası değildir. Teknik özellikler, önceden haber verilmeksizin değişebilir.

CW Enerji

Ek 5. TOBB Mesleki Eğitim Merkez Müdürlüğü İzin Belgesi



T.C.
HAKKARİ VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü
Tobb Mesleki Eğitim Merkezi

Sayı : E.66677302-101.99-18473120
Konu : Tezli yüksek lisans

25.12.2020

İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜNE

Okulumuz elektrik-elektronik öğretmeni Semih TOPSAKAL Sinop üniversitesi "**Disiplinler arası nükleer enerji ve enerji sistemleri**" bölümünde tezli yüksek lisans yapmaktadır. Tezinde "**Hakkari ili örneği için güneş enerjisi potansiyeli belirlenmesi ve ekonomik fizibilitesi**" kapsamında "**Hakkari ilinde bulunan bazı yapılara ait elektrik ihtiyacının tespit edilmesi ve gereksiniminin fotovoltaiik sistemler tarafından karşılanmasını amaçlanması durumunda sistemin üretebileceği elektrik enerjisi miktarının tespiti ve sistem gereksinimlerinin analizinin simülasyon programları kullanılarak gerçekleştirilmesi**" konusunu ele almıştır. Bu deneysel tez çalışmasını okulumuzu temel alarak gerçekleştirmek istemektedir. Bu husus okulumuz tarafından uygun görülmektedir. makamınızca da uygun görüldüğü takdirde;

Gereğini OLUR'larınıza arz ederim.

Abdullah KARATAŞ
Okul Müdürü

EK

Dilekçe (1 adet)

Öğrenci belgesi (1 adet)

Adres : Aşağı Merzan Mh. Sanayi Sitesi Yanı

Telefon No : 0 (438) 211 99 26

E-Posta: 362428@meh.k12.tr

Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Adresi : <https://evraksorgu.meb.gov.tr>

Bilgi için: Şaban ALPER (Memur)

Unvan :

İnternet Adresi: <http://hakkarimesem.meb.k12.tr/>

Faks: 4382110850

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden 1f10-0113-34f0-9869-59f4 kodu ile teyit edilebilir.



ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler

Ad Soyad Semih TOPSAKAL

Doğum Tarihi

Doğum Yeri

E-posta

2. Eğitim Bilgileri

Lisans 2011-2016
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Süleyman Demirel Üniversitesi / ISPARTA

Lisans 2013-2014
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Budapest University of Technology and Economics /
BUDAPEŞTE
Erasmus Değişim Programı

3. İş Deneyimi

Eylül 2010-Haziran 2011 Stajyer
T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı 11. Bölge
Müdürlüğü / SAMSUN
Lise İşletmelerde Beceri Eğitimi-Bilişim Teknolojileri

Haziran 2014-Ağustos 2014 Stajyer
Onur Mühendislik / SAMSUN
Temel Elektrik-Elektronik Uygulamaları

Haziran 2015-Ağustos 2015 Stajyer
Çalık YEDAŞ / SAMSUN
Enerji ve Otomasyon Uygulamaları

Eylül 2015-Ocak 2016 İşyeri Eğitimi - Stajyer Mühendis
Sistem Teknik Sanayi Fırınları A.Ş. / KOCAELİ
Otomasyon & SCADA

Eylül 2018-Günümüz Elektronik Öğretmeni
Milli Eğitim Bakanlığı

4. Yayınlar, Çalışmalar

Bildiri	Bingöl, O., Pişirir, O.M., Özkaya, B., Topsakal, S., "Multifunctional Smart White Cane", International Conference on Advances and Innovations in Engineering (ICAIE 2017), pp:241-246, May 10-12,2017,Elazığ, Turkey
Proje	Yol Arkadaşım (Lisans Tezi, 2015-2016) Mikrodenetleyici tabanlı, GPS/GSM ve ses tanıma işlevlerini barındıran engelli bireyler için akıllı baston. TUBİTAK 2209-B (2241-A) Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı desteği kazanılmıştır. (2016/3)

