



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEBEKE BAĞLANTILI, DEPOLAMALI  
FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ  
İÇİN PERFORMANS ANALİZİ VE VERİM  
ARTIRILMASI**

**YAVUZ SELİM İŞLER**

**DOKTORA TEZİ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEBEKE BAĞLANTILI, DEPOLAMALI**  
**FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ**  
**İÇİN PERFORMANS ANALİZİ VE VERİM**  
**ARTIRILMASI**

**YAVUZ SELİM İŞLER**

**DOKTORA TEZİ**  
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**KAHRAMANMARAŞ 2020**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Yavuz Selim İŞLER tarafından hazırlanan “ŞEBEKE BAĞLANTILI, DEPOLAMALI FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN PERFORMANS ANALİZİ VE VERİM ARTIRILMASI” adlı bu tez, jürimiz tarafından 31/01/2020 tarihinde oy birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Metin SALİHMUHSİN (DANIŞMAN) .....  
Elektrik-Elektronik Müh.  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ŞEKKELİ (ÜYE) .....  
Elektrik-Elektronik Müh.  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin TEMİZ (ÜYE) .....  
İnşaat Müh.  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Handan ÖZLÜ (ÜYE) .....  
Enerji Sistemleri Müh.  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ali GÖK (ÜYE) .....  
Bilgisayar ve Eğitim Teknolojileri  
Mersin Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yavuz Selim İŞLER



Bu çalışma;

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2014/4-19 D

Türk Telekom il müdürlüğünün 03.02.2020 tarih ve 14305 sayılı yazı ile Türk Telekom bünyesinde yapılan çalışmalar desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# **ŞEBEKE BAĞLANTILI, DEPOLAMALI FOTOVOLTAİK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN PERFORMANS ANALİZİ VE VERİM ARTIRILMASI (DOKTORA TEZİ)**

**YAVUZ SELİM İŞLER**

## **ÖZET**

Enerji ihtiyacının her geçen gün artmasına rağmen, mevcut enerji kaynakları azalmakta ve maliyeti artmaktadır. Fosil kaynakların alternatifi olarak yenilenebilir enerji kaynakları her geçen gün önemini artırmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte maliyeti düşen güneş enerjisi sistemleri yaygınlaşmaktadır. Özellikle telekomünikasyon sistemlerinde depolamalı fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin optimum planlanması ve performans artırılması amaçlanmıştır.

Şebeke bağlantılı, depolamalı fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin analiz edilmesi için PVSYS, PVSOL, TRNSYS gibi yazılımlar ile modellemeler yapılmıştır. Ayrıca Laboratuvar'da modellemeler uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Kahramanmaraş'ta bulunan Güneş enerjisi santrallerinde incelemeler ve saha çalışmaları yapılmıştır. Türk Telekom güneş enerjisi santrallerinde incelemeler ve verim artışı yapılmıştır.

En ideal fotovoltaik santralin 0 °C azimut açısı değerine sahip bir santral olacağı tespit edilmiştir. Kahramanmaraş'ta bulunan Güneş enerjisi santrallerinde incelemelerde santrallerde üretim kaybı ve mühendislik hataları tespit edilmiştir.

Lokasyon olarak Baunatal ve Halsa, Almanya'da kurulu depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemler detaylı olarak analiz edilmiştir. Depolamalı PV sistemlerde en önemli sorun akülerde oluşmaktadır. Mühendislik hatası sonucu yanlış hesaplanan akü kapasiteleri ve akülerin dış ortamdan etkilenmesi nedeniyle akülerden istenilen performans alınamamaktadır. Akülerin teker teker ölçülmesi ve sıralı sistem çalıştırılması akü performansını artırmaktadır. Şebekeden uzak bölgelerde bulunan vericiler güneş enerjisi ile ekonomik olarak enerji sorununu çözmektedirler.

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaik, Depolama, Güneş Enerjisi, Optimum Enerji Verimliliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ocak / 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Metin SALİHMUHSİN

Sayfa sayısı: 196

**PERFORMANCE ANALYSIS AND GENERATION IMPROVEMENT FOR ON-  
GRID, STORAGE PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SYSTEMS  
(PhD THESIS)**

**YAVUZ SELİM İŞLER**

**ABSTRACT**

Existing energy sources are decreasing and the cost is increasing although the energy demand increases day by day. It is known that especially fossil fuels cause serious harm to the environment. Renewable energy sources are becoming widespread as an alternative to fossil resources. By the way, the cost of solar energy systems is becoming widespread with the developing technology.

Modeling analyses have been realized with software programme such as PVSYST, PVSOL, TRNSYS in order to analyze on-grid photovoltaic solar energy systems. These applications were made in the laboratory, also. Investigations and field studies were carried out at the solar power plants in Kahramanmaraş Turk Telekom's solar power plants were inspected and realized increasing efficiency.

It was determined that the ideal photovoltaic power plant would be an azimuth angle of 0 oC. Current power Plants in Kahramanmaraş are investigated as detailed. There are many engineering errors and generation losses are detected.

Hybrid and on grid photovoltaic systems with storage were analyzed in Baunatal and Helsa, Germany as detailed. The most important problem occurs in batteries. Due to the incorrectly calculated battery capacities as a result of engineering error and the batteries being affected by the external environment, the desired performance cannot be obtained from the batteries. Measuring the batteries one by one and operating the sequential system increases the battery performance. Transmitters located in remote areas solve the energy problem economically with solar energy.

**Keywords:** Photovoltaic, Storage, Solar Energy, Optimum Energy Efficiency

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical-Electronic Engineering, January/ 2020

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Metin SALİH MUHSİN

Page number: 196

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve çalışmamın her aşamasında sağladığı bilimsel katkılardan dolayı Dr. Öğr. Üyesi Metin SALİHMUHSİN' e, her fırsatta bilgi ve birikimlerinden yararlandığım tüm bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Son olarak, manevi desteklerini gördüğüm çocuklarım ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yavuz Selim İŞLER



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET .....                                              | i   |
| ABSTRACT .....                                          | ii  |
| TEŞEKKÜR .....                                          | iii |
| İÇİNDEKİLER.....                                        | iv  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                   | vii |
| ÇİZELGELAR DİZİNİ .....                                 | xv  |
| 1. GİRİŞ .....                                          | 5   |
| 1.1. Tezin Amacı .....                                  | 7   |
| 1.2. Tezin Yapısı .....                                 | 7   |
| 1.3. Literatür Özeti .....                              | 7   |
| 1.4. Tezin Literatüre Katkıları.....                    | 30  |
| 2. GÜNEŞ ENERJİSİ .....                                 | 32  |
| 2.1.Güneşten Gelen Işının Dağılımı.....                 | 34  |
| 2.2.Güneş Sabiti .....                                  | 35  |
| 2.3. Güneş Radyasyonu Hesaplama.....                    | 35  |
| 2.4.Esas Güneş Açıları .....                            | 36  |
| 2.4.1.Enlem açısı ( $\Phi$ ).....                       | 36  |
| 2.4.2.Saat açısı ( $\omega$ ).....                      | 36  |
| 2.4.3.Deklinasyon açısı ( $\delta$ ) .....              | 36  |
| 2.5.Türetilen Güneş Açıları.....                        | 38  |
| 2.5.1.Zenit açısı ( $\theta_z$ ) .....                  | 38  |
| 2.5.2. Güneş yükseklik açısı ( $\alpha_s$ ).....        | 38  |
| 2.5.3. Güneş azimut açısı ( $\gamma_s$ ) .....          | 38  |
| 2.5.4. Yüzey azimut açısı ( $\gamma$ ) .....            | 38  |
| 2.5.5. Eğim açısı ( $\beta$ ).....                      | 38  |
| 2.5.6. Güneşin geliş açısı ( $\theta$ ) .....           | 39  |
| 2.5.7. Güneş batımı açısı ( $\omega_s$ ) .....          | 39  |
| 2.5.8. Gün uzunluğu ( $N_g$ ).....                      | 39  |
| 2.6. Güneşin Konumu .....                               | 39  |
| 2.7. Fotovoltaik Panel Karakteristikleri .....          | 42  |
| 2.8.Yüzeye Gelen Işınım.....                            | 50  |
| 2.9. Fotovoltaik Sistem Çeşitleri.....                  | 62  |
| 2.9.1. Şebekeden bağımsız sistemler (off grid) .....    | 62  |
| 2.9.2. Şebekeye bağlı sistemler (on grid).....          | 63  |
| 2.9.3. Hibrit sistemler .....                           | 64  |
| 2.10. Güneş Enerjisi Potansiyeli .....                  | 65  |
| 2.11. Türkiye De Güneş Enerjisi Potansiyeli.....        | 66  |
| 2.12. Kahramanmaraş Da Güneş Enerjisi Potansiyeli ..... | 68  |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3. MATERYAL VE METOD.....                                                                                  | 75  |
| 3.1. Materyaller .....                                                                                     | 75  |
| 3.1.1. PV paneller .....                                                                                   | 75  |
| 3.1.2. İnvertör.....                                                                                       | 76  |
| 3.1.3. Şarj kontrol cihazı.....                                                                            | 77  |
| 3.1.4. Akü.....                                                                                            | 78  |
| 3.2. Deneysel Çalışmalar .....                                                                             | 79  |
| 3.3. Metod .....                                                                                           | 85  |
| 3.3.1. Fotovoltaik hücrelerin modellenmesi .....                                                           | 85  |
| 3.3.2. İdeal tek diyotlu model .....                                                                       | 85  |
| 3.3.3. Gerçek tek diyotlu model.....                                                                       | 86  |
| 3.3.4. İki diyotlu model.....                                                                              | 87  |
| 3.4. Güneş Enerjisi Simülasyon Programları .....                                                           | 88  |
| 3.4.1. PVSYST.....                                                                                         | 88  |
| 3.4.2. PV*SOL.....                                                                                         | 89  |
| 3.4.3. BlueSol.....                                                                                        | 89  |
| 3.4.4. PVGIS .....                                                                                         | 89  |
| 3.4.5. Solar advisor model (SAM).....                                                                      | 90  |
| 3.4.6. HOMER .....                                                                                         | 90  |
| 3.5. PV Sistemin TRNSYS İle Modellenmesi .....                                                             | 90  |
| 3.5.1. PV hücresinin TRNSYS ile modellenmesi .....                                                         | 91  |
| 3.5.2. Regülatörün TRNSYS ile modellenmesi.....                                                            | 94  |
| 3.5.3. Akünün TRNSYS ile modellenmesi.....                                                                 | 95  |
| 3.5.4. Model parametreleri, girişler ve çıkışlar.....                                                      | 96  |
| 3.5.5. Akü bağlantıları .....                                                                              | 97  |
| 3.5.6. Modelin tasarımı ve değerlendirilmesi .....                                                         | 97  |
| 4. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE KARŞILAŞILAN UYGULAMA VE MONTAJ HATALARI.....                             | 102 |
| 4.1. İnvertör ve PV Panelin Etiketleri .....                                                               | 102 |
| 4.2. İnvertörlerin Üretim Değerleri .....                                                                  | 104 |
| 4.2.1. Üretim değerlerinin karşılaştırılması .....                                                         | 111 |
| 4.2.2. Performans değerlendirilmesi: .....                                                                 | 114 |
| 4.3. Paneller Üzerindeki Arızalı Hücreler.....                                                             | 116 |
| 4.4. Panel Açısı .....                                                                                     | 123 |
| 4.5. Çalışmayan Diziler Sorunu .....                                                                       | 123 |
| 4.6. Konstrüksiyon Hataları .....                                                                          | 126 |
| 4.6.1. Panel tutucular .....                                                                               | 126 |
| 4.6.2. Gevşek vidalar .....                                                                                | 128 |
| 4.6.3. Çelik konstrüksiyonda korozyon .....                                                                | 128 |
| 4.7. Sehpanın Yerden Yüksekliği .....                                                                      | 129 |
| 4.8. Topraklama Hatası .....                                                                               | 130 |
| 4.9. Gölgeleme Sorunu .....                                                                                | 131 |
| 4.10. Ana Dağıtım Panosunda İletkenlerde Isınma Sorunu .....                                               | 132 |
| 4.11. DC Yükleme .....                                                                                     | 133 |
| 4.12. Genel Fotoğraflar .....                                                                              | 134 |
| 5. DEPOLAMALI, ŞEBEKE BAĞLANTILI HİBRİT FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI VE PERFORMANS ANALİZİ..... | 135 |

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit 9,82 kWp Gücünde Fotovoltaik Sistem...                                    | 135 |
| 5.1.1. Deneysel sonuçlar ve performans analizi .....                                                                | 136 |
| 5.2. Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit 13,455 kWp Gücünde Fotovoltaik Sistem .....                               | 140 |
| 5.2.1. Deneysel sonuçlar ve performans analizi .....                                                                | 141 |
| 6. TÜRK TELEKOM GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ .....                                                                     | 169 |
| 6.1. Telekomünikasyon Vericilerinde Depolamalı, Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistemlerin Performans Analizi ..... | 169 |
| 6.2. Telekomünikasyonda Güneş Enerjisi Kullanılmasının Avantajları.....                                             | 170 |
| 6.2.1. Güvenilirlik.....                                                                                            | 170 |
| 6.2.2. Kolaylık ve esneklik .....                                                                                   | 170 |
| 6.2.3. Modülerite.....                                                                                              | 170 |
| 6.2.4. Ekonomi.....                                                                                                 | 170 |
| 6.2.5. Hibridizasyon.....                                                                                           | 170 |
| 6.3. Güneş Enerjili Telekomünikasyon Sistemi: Kahramanmaraş Örneği .....                                            | 171 |
| 6.4. Türk Telekom Güneş Enerjisi Sistemleri.....                                                                    | 176 |
| 6.5. Türk Telekom Güneş Enerjisi Sistemleri Üretim Değerleri .....                                                  | 185 |
| 7. SONUÇ.....                                                                                                       | 186 |
| KAYNAKLAR.....                                                                                                      | 189 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                       | 197 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                  | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Şekil 2.1.Güneşten gelen ışının dağılımı .....                                                                                                   | 34                     |
| Şekil 2.2.Güneş açıları.....                                                                                                                     | 36                     |
| Şekil 2.3. Deklinasyon açısı .....                                                                                                               | 37                     |
| Şekil 2.4. Deklinasyon açısının günlere göre değişimi .....                                                                                      | 37                     |
| Şekil 2.5.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Ocak 2018.....                                                                                     | 39                     |
| Şekil 2.6. Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Mart 2018 .....                                                                                   | 40                     |
| Şekil 2.7.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Mayıs 2018 .....                                                                                   | 40                     |
| Şekil 2.8.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Temmuz 2018 .....                                                                                  | 41                     |
| Şekil 2.9.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Eylül 2018.....                                                                                    | 41                     |
| Şekil 2.10.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Kasım 2018.....                                                                                   | 42                     |
| Şekil 2.11.Yıllık ışınlım oranı .....                                                                                                            | 54                     |
| Şekil 2.12.Fotovoltaik panelin ışınlım ve sıcaklık değerlerine göre verimlilik değişimi .....                                                    | 55                     |
| Şekil 2.13.Fotovoltaik panelin ışınlım değişimine göre akım-gerilim değerleri .....                                                              | 56                     |
| Şekil 2.14.Fotovoltaik panelin sıcaklık değişimine göre akım-gerilim değerleri.....                                                              | 57                     |
| Şekil 2.15.Fotovoltaik panelin sıcaklık değişimine karşın güç-voltaj değişimi .....                                                              | 57                     |
| Şekil 2.16. Fotovoltaik panelin ışınlım değişimine karşın güç-voltaj değişimi .....                                                              | 58                     |
| Şekil 2.17.Modellenen fotovoltaik santralin aylara göre üretim dağılımı.....                                                                     | 58                     |
| Şekil 2.18. Modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber aylara göre<br>üretilen enerjinin dağılımı .....                  | 59                     |
| Şekil 2.19. Modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber aylara göre<br>üretilen enerjinin dağılımı, dairesel dağılım..... | 60                     |
| Şekil 2.20.Modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber ürettiği<br>enerjinin değişimi .....                               | 60                     |
| Şekil 2.21. PV modülün açık devre, kısa devre ve yük bağlantılı durumları .....                                                                  | 42                     |
| Şekil 2.22. PV panel I-V karakteristiği.....                                                                                                     | 43                     |
| Şekil 2.23. Akım- gerilim karakteristiğinin ışınlım ile değişimi (PVSYST, 2018) .....                                                            | 44                     |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.24. Akım- gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi (PVSYST, 2018) .....      | 44 |
| Şekil 2.25. Akım-gerilim karakteristiğinin seri dirençle değişimi (PVSYST, 2018).....     | 45 |
| Şekil 2.26. Akım- gerilim karakteristiğinin paralel dirençle değişimi (PVSYST, 2018)....  | 45 |
| Şekil 2.27. Güç- gerilim karakteristiğinin ışınlam ile değişimi (PVSYST, 2018) .....      | 46 |
| Şekil 2.28. Güç- gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi (PVSYST, 2018).....        | 46 |
| Şekil 2.29. Güç-gerilim karakteristiğinin seri dirençle değişimi (PVSYST, 2018) .....     | 47 |
| Şekil 2.30. Güç- gerilim karakteristiğinin paralel dirençle değişimi (PVSYST, 2018) ..... | 47 |
| Şekil 2.31.Verim-sıcaklık karakteristiğinin ışınlam ile değişimi (PVSYST, 2018) .....     | 48 |
| Şekil 2.32. Verim-Işınım karakteristiğinin sıcaklık ile değişimi (PVSYST, 2018) .....     | 48 |
| Şekil 2.33. Verim-Işınım karakteristiğinin seri dirençle değişimi (PVSYST, 2018) .....    | 49 |
| Şekil 2.34. Verim-Işınım karakteristiğinin paralel dirençle değişimi (PVSYST, 2018) ..... | 49 |
| Şekil 2.35.Güneş enerjisi santral çeşitleri.....                                          | 50 |
| Şekil 2.36.Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem .....                                    | 62 |
| Şekil 2.37. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler.....                                     | 63 |
| Şekil 2.38. Hibrit fotovoltaik sistemler .....                                            | 64 |
| Şekil 2.39.Dünya Işınım Haritası .....                                                    | 66 |
| Şekil 2.40. Türkiye'nin Işınım Haritası .....                                             | 68 |
| Şekil 2.41. Kahramanmaraş'ın Işınım Haritası .....                                        | 70 |
| Şekil 2.42.Kahramanmaraş için yıllara göre günlük ışınlam ortalaması.....                 | 70 |
| Şekil 2.43.Kahramanmaraş için aylara göre günlük ışınlam ortalamaları .....               | 71 |
| Şekil 2.44. Kahramanmaraş için aylara göre günlük güneşlenme süresi ortalamaları .....    | 71 |
| Şekil 2.45.Kahramanmaraş için ortalama sıcaklık ve yağış değerleri .....                  | 73 |
| Şekil 2.46. Kahramanmaraş için güneşli, bulutlu ve yağışlı günler .....                   | 73 |
| Şekil 2.47. Kahramanmaraş için sıcaklık değerlerine göre günlerin dağılımı .....          | 74 |
| Şekil 2.48. Kahramanmaraş için yağışlı günlerin dağılımı .....                            | 74 |
| Şekil 3.1.Deneysel çalışmalarda Kullanılan PV paneller .....                              | 75 |
| Şekil 3.2.Kullanılan invertör .....                                                       | 76 |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.3.Şarj kontrol cihazı .....                                                                    | 77  |
| Şekil 3.4.Kullanılan akü .....                                                                         | 78  |
| Şekil 3.5.Akülerle yapılan çalışmalar.....                                                             | 79  |
| Şekil 3.6. Deşarj özellikleri (25 °C) .....                                                            | 80  |
| Şekil 3.7. Sıcaklığın kapasite üzerine etkisi .....                                                    | 80  |
| Şekil 3.8.Açık devre gerilimi ve artık kapasite ilişkisi (25 °C) .....                                 | 80  |
| Şekil 3.9.Sıcaklığın akü ömrüne etkisi .....                                                           | 81  |
| Şekil 3.10. Şarj özellikleri (25 °C).....                                                              | 81  |
| Şekil 3.11.Kendinden deşarj özellikleri.....                                                           | 81  |
| Şekil 3.12.Akü kontrol sistemi .....                                                                   | 82  |
| Şekil 3.13.Depolamalı PV sistem.....                                                                   | 83  |
| Şekil 3.14. Şebeke bağlantısız PV sistem.....                                                          | 84  |
| Şekil 3.15.İdeal tek diyotlu model.....                                                                | 85  |
| Şekil 3.16. Gerçek tek diyotlu model .....                                                             | 86  |
| Şekil 3.17. İki diyotlu model .....                                                                    | 87  |
| Şekil 3.18. Sistemin TRNSYS modeli.....                                                                | 97  |
| Şekil 3.19. Yıllık üretim tüm değerler.....                                                            | 98  |
| Şekil 3.20. Yıllık üretilen akım .....                                                                 | 98  |
| Şekil 3.21.Yıllık üretilen gerilim.....                                                                | 99  |
| Şekil 3.22.Yıllık üretilen enerji ve saat bazında ayrıntılı çıkış değerleri .....                      | 99  |
| Şekil 3.23. İnvertör giriş-çıkış tümü.....                                                             | 100 |
| Şekil 3.24.Yıllık olarak invertör tarafından evrilen güç .....                                         | 100 |
| Şekil 3.25. İnvertörden yüke aktarılan yıllık güç .....                                                | 101 |
| Şekil 3.26. İnvertör giriş-çıkışları ve panelden invertöre gelen gücün saatlik ayrıntılı görünümü..... | 101 |
| Şekil 4.1.PV panelin etiketi .....                                                                     | 102 |
| Şekil 4.2.İnvertörün etiketi .....                                                                     | 103 |
| Şekil 4.3. İnvertör üretim değeri-1 .....                                                              | 104 |

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.4. İnvörtör üretim değeri-2 .....              | 104 |
| Şekil 4.5. İnvörtör üretim değeri-3 .....              | 105 |
| Şekil 4.6. İnvörtör üretim değeri-4 .....              | 105 |
| Şekil 4.7. İnvörtör üretim değeri-5 .....              | 105 |
| Şekil 4.8. İnvörtör üretim değeri-6 .....              | 106 |
| Şekil 4.9. İnvörtör üretim değeri-7 .....              | 106 |
| Şekil 4.10. İnvörtör üretim değeri-8 .....             | 106 |
| Şekil 4.11. İnvörtör üretim değeri-9 .....             | 107 |
| Şekil 4.12. İnvörtör üretim değeri-10 .....            | 107 |
| Şekil 4.13. İnvörtör üretim değeri-11 .....            | 107 |
| Şekil 4.14. İnvörtör üretim değeri-12 .....            | 108 |
| Şekil 4.15. İnvörtör üretim değeri-13 .....            | 108 |
| Şekil 4.16. İnvörtör üretim değeri-14 .....            | 108 |
| Şekil 4.17. İnvörtör üretim değeri-15 .....            | 109 |
| Şekil 4.18.İnvörtör üretim değeri-16 .....             | 109 |
| Şekil 4.19. İnvörtör üretim değeri-17 .....            | 109 |
| Şekil 4.20. İnvörtör üretim değeri-18 .....            | 110 |
| Şekil 4.21. İnvörtör üretim değeri-19 .....            | 110 |
| Şekil 4.22.İnvörtör üretim değeri-20 .....             | 110 |
| Şekil 4.23.İnvörtörlerin anlık üretimleri .....        | 112 |
| Şekil 4.24.İnvörtörlerin günlük üretimleri .....       | 112 |
| Şekil 4.25. İnvörtörlerin toplam üretimleri .....      | 113 |
| Şekil 4.26. İnvörtörlerin ürettiği enerjiler .....     | 113 |
| Şekil 4.27.Kırılmış panelin termal görüntüsü .....     | 116 |
| Şekil 4.28.Kırıgın çizgisel termal incelemesi .....    | 117 |
| Şekil 4.29.L1 Hattı üzerinde sıcaklığın değişimi ..... | 117 |
| Şekil 4.30.Kırıgın noktasal termal incelemesi .....    | 118 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.31.Kılcal hücre kırığı termal görüntüsü .....          | 119 |
| Şekil 4.32. Kılcal hücre kırığı.....                           | 119 |
| Şekil 4.33.Kılcal çatlak olan PV panel .....                   | 120 |
| Şekil 4.34. Kılcal çatlak olan PV panel (termal görünüm).....  | 120 |
| Şekil 4.35. Kılcal çatlak olan PV panel (alttan görünüm) ..... | 121 |
| Şekil 4.36. Ölü hücresi bulunan PV panel-1 .....               | 121 |
| Şekil 4.37. Ölü hücresi bulunan PV panel-2 .....               | 122 |
| Şekil 4.38. Ölü hücresi bulunan PV panel-3 .....               | 122 |
| Şekil 4.39. Panel açısı ölçümü.....                            | 123 |
| Şekil 4.40.Çalışmayan dizilerin tespiti .....                  | 123 |
| Şekil 4.41.Arızalı dizi tespiti-1.....                         | 124 |
| Şekil 4.42. Arızalı dizi tespiti-2.....                        | 125 |
| Şekil 4.43.Hatalı montajlanmış panel tutucu örnek-1 .....      | 126 |
| Şekil 4.44. Hatalı montajlanmış panel tutucu örnek-2 .....     | 127 |
| Şekil 4.45. Hatalı montajlanmış panel tutucu örnek-3 .....     | 127 |
| Şekil 4.46.Gevşek vida .....                                   | 128 |
| Şekil 4.47.Paslanma örneği-1 .....                             | 128 |
| Şekil 4.48. Paslanma örneği-2 .....                            | 129 |
| Şekil 4.49.Yere çok yakın sehpa .....                          | 129 |
| Şekil 4.50.Topraklama hatası örneği-1 .....                    | 130 |
| Şekil 4.51. Topraklama hatası örneği-2.....                    | 130 |
| Şekil 4.52.Gölgeleme sorunu örneği-1 .....                     | 131 |
| Şekil 4.53. Gölgeleme sorunu örneği-2 .....                    | 131 |
| Şekil 4.54.İletkenlerde ısınma sorunu-1 .....                  | 132 |
| Şekil 4.55. İletkenlerde ısınma sorunu-2 .....                 | 132 |
| Şekil 4.56.Çizgisel ölçüm.....                                 | 133 |
| Şekil 4.57.Çizgisel sıcaklık değişimi.....                     | 133 |

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.58.İncelenen güneş enerjisi santralinden görüntüler-1.....       | 134 |
| Şekil 4.59. İncelenen güneş enerjisi santralinden görüntüler-2.....      | 134 |
| Şekil 5.1. Sistemin lokasyonu.....                                       | 135 |
| Şekil 5.2.Depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaiik sistemi..... | 136 |
| Şekil 5.3.05.05.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi .....            | 137 |
| Şekil 5.4. 05.05.2018 Cumartesi günü için akü şarj durumu.....           | 137 |
| Şekil 5.5. 05.05.2018 Cumartesi günü için AC akım değişimi .....         | 138 |
| Şekil 5.6. 05.05.2018 Cumartesi günü için AC gerilim değişimi.....       | 138 |
| Şekil 5.7. 05.05.2018 Cumartesi günü için Şebeke besleme durumu .....    | 138 |
| Şekil 5.8. 05.05.2018 Cumartesi günü için Şebekeden besleme durumu.....  | 139 |
| Şekil 5.9. Nisan ayı için enerji dengesi .....                           | 139 |
| Şekil 5.10. 2017 yılı için enerji dengesi .....                          | 140 |
| Şekil 5.11. 15.11.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi .....          | 141 |
| Şekil 5.12. 15.10.2018 pazartesi günü için enerji dengesi .....          | 142 |
| Şekil 5.13. 15.09.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi .....          | 143 |
| Şekil 5.14. 15.08.2018 Çarşamba günü için enerji dengesi.....            | 143 |
| Şekil 5.15. 15.07.2018 Pazar günü için enerji dengesi.....               | 144 |
| Şekil 5.16. 15.06.2018 Pazar günü için enerji dengesi.....               | 145 |
| Şekil 5.17. 15.05.2018 Salı günü için enerji dengesi .....               | 146 |
| Şekil 5.18. 15.04.2018 Pazar günü için enerji dengesi.....               | 146 |
| Şekil 5.19. 15.03.2018 Perşembe günü için enerji dengesi .....           | 147 |
| Şekil 5.20. 15.02.2018 Perşembe günü için enerji dengesi .....           | 148 |
| Şekil 5.21. 15.01.2018 Pazartesi günü için enerji dengesi .....          | 149 |
| Şekil 5.22. 15.12.2017 Cuma günü için enerji dengesi .....               | 149 |
| Şekil 5.23.Ekim 2018 ayı için enerji dengesi .....                       | 150 |
| Şekil 5.24. Eylül 2018 ayı için enerji dengesi .....                     | 151 |
| Şekil 5.25. Ağustos 2018 ayı için enerji dengesi.....                    | 152 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 5.26. Temmuz 2018 ayı için enerji dengesi.....          | 152 |
| Şekil 5.27. Haziran 2018 ayı için enerji dengesi .....        | 153 |
| Şekil 5.28. Mayıs 2018 ayı için enerji dengesi.....           | 154 |
| Şekil 5.29. Nisan 2018 ayı için enerji dengesi .....          | 155 |
| Şekil 5.30. Mart 2018 ayı için enerji dengesi .....           | 155 |
| Şekil 5.31. Şubat 2018 ayı için enerji dengesi.....           | 156 |
| Şekil 5.32. Ocak 2018 ayı için enerji dengesi .....           | 157 |
| Şekil 5.33. Aralık 2017 ayı için enerji dengesi.....          | 158 |
| Şekil 5.34. Kasım 2017 ayı için enerji dengesi .....          | 158 |
| Şekil 5.35. 2018 yılı için enerji dengesi .....               | 159 |
| Şekil 5.36. 2017 yılı için enerji dengesi .....               | 160 |
| Şekil 5.37. 2016 yılı için enerji dengesi .....               | 161 |
| Şekil 5.38. 2015 yılı için enerji dengesi .....               | 161 |
| Şekil 5.39. 2014 yılı için enerji dengesi .....               | 162 |
| Şekil 5.40.AC güç değişimi-16 Kasım 2018 .....                | 163 |
| Şekil 5.41.Akü şarjı güç değişimi-16 Kasım 2018.....          | 163 |
| Şekil 5.42. Akü deşarjı güç değişimi-16 Kasım 2018 .....      | 163 |
| Şekil 5.43. Şebeke beslemesi güç değişimi-16 Kasım 2018 ..... | 164 |
| Şekil 5.44. Şebekeden çekilen güç değişimi-16 Kasım 2018..... | 164 |
| Şekil 5.45. AC gerilimin değişimi-16 Kasım 2018 .....         | 164 |
| Şekil 5.46. AC akım değişimi-16 Kasım 2018.....               | 165 |
| Şekil 5.47. AC frekans değişimi-16 Kasım 2018 .....           | 165 |
| Şekil 5.48.DC giriş gücü değişimi-16 Kasım 2018.....          | 165 |
| Şekil 5.49. DC giriş gerilimi değişimi-16 Kasım 2018 .....    | 166 |
| Şekil 5.50. DC giriş akımı değişimi-16 Kasım 2018.....        | 166 |
| Şekil 5.51.Akü şarj durumu değişimi-16 Kasım 2018 .....       | 166 |
| Şekil 5.52.Yıllık karşılaştırma .....                         | 167 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 6.1. Güneş Enerjili Telekomünikasyon sistemi örneği lokasyonu .....       | 171 |
| Şekil 6.2.Sulutarla Kahramanmaraş güneş enerjili telekomünikasyon sistemi ..... | 172 |
| Şekil 6.3. Kullanılan OPzV jel akü.....                                         | 172 |
| Şekil 6.4. Fotovoltaik panelin akım ve gerilimin ışınlıma göre değişimi.....    | 173 |
| Şekil 6.5. Fotovoltaik panelin akım ve gerilimin sıcaklığa göre değişimi .....  | 174 |
| Şekil 6.6.Fotovoltaik panelin güç ve gerilimin ışınlıma göre değişimi.....      | 174 |
| Şekil 6.7.Fotovoltaik panelin güç ve gerilimin sıcaklığa göre değişimi .....    | 174 |
| Şekil 6.8.PV sistemin üretmiş olduğı enerjinin aylık değişimi .....             | 175 |
| Şekil 6.9.PV sistemin enerji dengesi .....                                      | 175 |
| Şekil 6.10. Türk Telekom güneş santrali şarj regülatörleri-1 .....              | 177 |
| Şekil 6.11. Türk Telekom güneş santrali şarj regülatörleri-2 .....              | 178 |
| Şekil 6.12.Türk Telekom güneş santrali bağlantı şeması örneğı.....              | 179 |
| Şekil 6.13. DC toplama panosu-1 .....                                           | 180 |
| Şekil 6.14.DC toplama panosu-2.....                                             | 180 |
| Şekil 6.15. DC dağıtım panosu-1.....                                            | 181 |
| Şekil 6.16. DC dağıtım panosu-2.....                                            | 181 |
| Şekil 6.17.DC dağıtım panosu-3.....                                             | 182 |
| Şekil 6.18.DC sigortalar-1 .....                                                | 182 |
| Şekil 6.19. DC sigortalar-2 .....                                               | 183 |
| Şekil 6.20.Kablo savalar.....                                                   | 183 |
| Şekil 6.21.Türk Telekom santral görüntüleri-1 .....                             | 184 |
| Şekil 6.22. Türk Telekom santral görüntüleri-2 .....                            | 184 |
| Şekil 6.23. Türk Telekom santral görüntüleri-3 .....                            | 185 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                           | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Çizelge 2.1. Güneşin yapısal ısı ve konum özellikleri .....                                                               | 33                     |
| Çizelge 2.2. Güneşle ilgili bazı büyüklükler .....                                                                        | 34                     |
| Çizelge 2.3. Farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları.....                                                               | 53                     |
| Çizelge 2.4. LG marka LG335N1C-A5 model 335 W panel karakteristiği .....                                                  | 55                     |
| Çizelge 2.5. Azimut açısı değişimi ile beraber üretilen enerjinin aylara göre değerleri (0 °C ile 180 °C arasında) .....  | 61                     |
| Çizelge 2.6. Azimut açısı değişimi ile beraber üretilen enerjinin aylara göre değerleri (0 °C ile -180 °C arasında) ..... | 61                     |
| Çizelge 2.7. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli .....                                                 | 67                     |
| Çizelge 2.8.Farklı kaynaklara göre Kahramanmaraş'ın güneş enerjisi potansiyeli .....                                      | 69                     |
| Çizelge 2.9.Kahramanmaraş için gün ve aylara göre ışıınım değerleri.....                                                  | 72                     |
| Çizelge 3.1.İnvertör özellikleri.....                                                                                     | 77                     |
| Çizelge 4.1. Panelin veri sayfasındaki bilgiler .....                                                                     | 103                    |
| Çizelge 4.2. Üretim değerlerinin karşılaştırılması.....                                                                   | 111                    |
| Çizelge 4.3.Performans değerlendirmesi.....                                                                               | 114                    |
| Çizelge 4.4. Üretim kaybı.....                                                                                            | 115                    |
| Çizelge 4.5.Noktasal sıcaklık ölçümleri.....                                                                              | 118                    |
| Çizelge 5.1.Yıllık karşılaştırma .....                                                                                    | 167                    |
| Çizelge 6.1.PV panelin özellikleri.....                                                                                   | 173                    |
| Çizelge 6.2.Türk Telekom'un kullandığı PV paneller .....                                                                  | 176                    |
| Çizelge 6.3. Türk Telekom güneş enerjisi santrallerinin üretim değerleri .....                                            | 185                    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|               |                                                    |
|---------------|----------------------------------------------------|
| $V_{oc}$      | Açık Devre Voltajı                                 |
| $I$           | Akım                                               |
| $k_a$         | akım orantı sabiti                                 |
| $K_i$         | Akım Sıcaklık Katsayısı                            |
| $AC$          | Alternatif Akım                                    |
| $K_{iL-Al}$   | Alüminyumun Elektriksel İletkenliği                |
| $K_{iL-Cu}$   | Bakırın Elektriksel İletkenliği                    |
| $k$           | Boltzmann Sabiti                                   |
| $I_h$         | Boşluk Akımları                                    |
| $K_T$         | Bulutluluk Faktörü                                 |
| $P_{DCA}$     | DC Ana Kablosu Kayıpları                           |
| $A_{DCA}$     | DC Ana Kablosu Kesiti                              |
| $I_{DCA}$     | DC Ana Kablosu Nominal Akımı                       |
| $P_{DCA-n}$   | DC Ana Kablosu Nominal Gücü                        |
| $V_{DCA-MPP}$ | DC Ana Kablosu Nominal Voltajı                     |
| $L_{DCA}$     | DC Ana Kablosu Uzunluğu                            |
| $E_{VB}$      | Değerlik Bandının Üst Enerji Seviyesi              |
| $P\&O$        | Değiştir-Gözle/ Perturbation and Observation       |
| $\delta$      | Deklinasyon Açısı                                  |
| $I_D$         | Diyot Akımı                                        |
| $E_g$         | Diyot Bant Genişliği                               |
| $I_0$         | Diyot Doyma Akımı                                  |
| $V_D$         | Diyotun Uçları Arasındaki Potansiyel Farkı         |
| $DC$          | Doğru Akım                                         |
| $H_b$         | Eğik Yüzeye Dik Direkt Güneş Işınımı Miktarı       |
| $\beta$       | Eğim Açısı                                         |
| $H_{d,p}$     | Eğimli Bir Yüzeyde Difüzyon Işınım Miktarı         |
| $H_{gr}$      | Eğimli Bir Yüzeyde Yansıyarak Gelen Işınım Miktarı |

|                                   |                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b><math>K_{IL}</math></b>        | Elektriksel İletkenlik                        |
| <b><math>I_e</math></b>           | Elektron Akımı                                |
| <b><math>q</math></b>             | Elektron Yüğü                                 |
| <b><math>\Phi</math></b>          | Enlem Açısı                                   |
| <b>PV</b>                         | Fotovoltaik                                   |
| <b>FV</b>                         | Fotovoltaik                                   |
| <b><math>I_{Foto}</math></b>      | Fotovoltaik Akım                              |
| <b><math>E_\gamma</math></b>      | Gelen Fotonun Enerjisi ( Joule )              |
| <b>PC-ID</b>                      | Geliştirilmiş Güneş Pili Modeli               |
| <b>V</b>                          | Gerilim                                       |
| <b><math>K_v</math></b>           | Gerilim Sıcaklık Katsayısı                    |
| <b>P</b>                          | Güç                                           |
| <b><math>\cos\phi</math></b>      | Güç Katsayısı                                 |
| <b>GS</b>                         | Gün Saati                                     |
| <b>n</b>                          | Gün Sayısı                                    |
| <b><math>N_g</math></b>           | Gün Uzunluğu                                  |
| <b><math>\gamma_\sigma</math></b> | Güneş Azimut Açısı                            |
| <b><math>\omega_\sigma</math></b> | Güneş Batımı Açısı                            |
| <b>GES</b>                        | Güneş Enerjisi Santrali                       |
| <b>G</b>                          | Güneş Işığı Miktarı                           |
| <b><math>R_{SH}</math></b>        | Güneş Pili Modeli Paralel Direnç              |
| <b><math>R_s</math></b>           | Güneş Pili Modeli Seri Direnç                 |
| <b><math>G_{sc}</math></b>        | Güneş Sabiti                                  |
| <b>f</b>                          | Güneş Sabitinin Günlere Göre Düzeltme Faktörü |
| <b><math>\alpha_\sigma</math></b> | Güneş Yükseklik Açısı                         |
| <b><math>H_{Güneş}</math></b>     | Güneş Yüzeyindeki Işınım Miktarı              |
| <b>D</b>                          | Güneşe Olan Uzaklık                           |
| <b><math>\theta</math></b>        | Güneşin Geliş Açısı                           |
| <b><math>R_{Güneş}</math></b>     | Güneşin Yarıçapı                              |
| <b><math>H_{11}</math></b>        | Güneşten Belli Bir Mesafedeki Işınım Miktarı  |

|                 |                                            |
|-----------------|--------------------------------------------|
| $T_{pv}$        | Hücre Sıcaklığı                            |
| $T_{ref}$       | Hücrenin Nominal Çalışma Sıcaklığı         |
| $S$             | Işıma Seviyesi                             |
| $m$             | İdealite Faktörü                           |
| $E_{CB}$        | İletkenlik Bandının En Alt Enerji Seviyesi |
| $T$             | Kelvin cinsinden mutlak sıcaklık           |
| $I_{sc}$        | Kısa Devre Akımı                           |
| $LF$            | Loss factor/ kayıp faktörü                 |
| $P_M$           | Maksimum Güç                               |
| $MPPT$          | Maksimum Güç Noktası Takip                 |
| $I_M$           | Maksimum Güç Noktasında Mevcut Akım        |
| $V_M$           | Maksimum Güç Noktasında Mevcut Voltaj      |
| $H_n$           | Maksimum Güneş Işınımı                     |
| $H_n$           | n. Günde Güneş Sabiti                      |
| $NREL$          | National Renewable Energy Laboratory       |
| $V_{oc}$        | Nominal Açık Devre Voltajı                 |
| $P_{max}$       | Nominal Güç                                |
| $I_{mp}$        | Nominal Güç Akımı                          |
| $V_{mp}$        | Nominal Güç Voltajı                        |
| $G_{ref}$       | Nominal Güneş Işığının Miktarı             |
| $I_{sc}$        | Nominal Kısa Devre Akımı                   |
| $u, v, w, x, y$ | Optimum Gerilim Denklem Parametreleri      |
| $I_m$           | Optimum işletme akımı                      |
| $I_{panel}$     | Panel Akımı                                |
| $P_{p-DC}$      | Panel Dizi Kablo Kayıpları                 |
| $A_{PD}$        | Panel Dizi Kablo Kesiti                    |
| $L_{PD}$        | Panel Dizi Kablo Uzunluğu                  |
| $V_{Panel}$     | Panel Gerilimi                             |
| $I_{sh}$        | Paralel Direnç Akımı                       |
| $N_{pc}$        | Paralel Kol Sayısı                         |

|                                            |                                                        |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b><math>I_{PD-n}</math></b>               | PV Panel Dizi Nominal Akımı                            |
| <b><math>P_{PD}</math></b>                 | PV Panel Dizi Nominal Gücü                             |
| <b><math>V_{PD-MPP}</math></b>             | PV Panel Dizi Nominal Voltajı                          |
| <b><math>n_p</math></b>                    | PV Panel Sayısı                                        |
| <b><math>I_{pil}</math></b>                | PV Pilin Çıkış Akımı                                   |
| <b><math>I_{oref}</math></b>               | Referans Akımı                                         |
| <b><math>\omega</math></b>                 | Saat Açısı                                             |
| <b><math>E_e</math></b>                    | Saçılan Elektrom Enerjisi ( Joule )                    |
| <b><math>\phi_{\text{Elektron}}</math></b> | Saçılan Elektron Açısı                                 |
| <b><math>\theta_{\text{Foton}}</math></b>  | Saçılan Foton Açısı                                    |
| <b><math>E'_\gamma</math></b>              | Saçılan Fotonun Enerjisi ( Joule )                     |
| <b><math>N_{sc}</math></b>                 | Seri Kol Sayısı                                        |
| <b><math>C_0</math></b>                    | Sıcaklık Katsayısı                                     |
| <b>STK</b>                                 | Standart Test Koşulları                                |
| <b><math>V_{m\_STK}</math></b>             | STK altında MPPT gerilimi                              |
| <b><math>V_{OCSTK}</math></b>              | STK Altındaki Açık Devre Gerilimi                      |
| <b><math>T_{STKPV}</math></b>              | STK Altındaki Hücre Sıcaklığı                          |
| <b>IEA</b>                                 | Uluslararası Enerji Ajansı                             |
| <b>VRLA</b>                                | Valf Regulated Lead Acid/ Sübap Ayarlı Kurşun Asit Akü |
| <b><math>b</math></b>                      | Yarı İletken Sabiti                                    |
| <b><math>H_d</math></b>                    | Yatay Bir Yüzeydeki Difüz Işınım Miktarı               |
| <b>H</b>                                   | Yatay Yüzeye Gelen Anlık Işınım                        |
| <b><math>k_y</math></b>                    | Yayılı Işınım Oranı                                    |
| <b><math>\gamma</math></b>                 | Yüzey Azimut Açısı                                     |
| <b><math>\rho_\gamma</math></b>            | Yüzey Yansıtıcılığı                                    |
| <b><math>\theta_\zeta</math></b>           | Zenit Açısı                                            |
| <b><math>V_{oc}</math></b>                 | Açık Devre Voltajı                                     |
| <b><math>I</math></b>                      | Akım                                                   |

## 1. GİRİŞ

Enerji; temel ihtiyaçların karşılanmasında, tüm faaliyetlerin gerçekleşmesinde, insanın yaşam süresinin uzatılmasında, hayat standartlarının yükseltilmesinde ve varoluşun devam ettirilmesinde birinci derecede önemli gereksinim olarak kabul edilmektedir. Dünya’da enerji kullanımı günden güne artış göstermektedir. Sürekli olarak artan talep, arz güvenliğini riske düşürmekte ve artık yalnızca işletmelerin değil, dünyanın sürdürülebilirliğini bile tehdit eder hale gelmiştir

Günümüzde teknolojinin gelişmesi, nüfusun artması, sanayileşme vb. nedenlerden ötürü elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç hızlı bir şekilde artmaktadır. Artan enerji ihtiyacına karşın gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler enerji ana gündem maddesi ile toplantılar ve organizasyonlar düzenlemektedir. Bilim insanları da bu konuda çeşitli araştırmalar yürütmektedir. Elektrik enerjisi ihtiyacı ise her geçen yıl yaklaşık olarak %5 oranında artmaktadır. Yapılan çalışmalar neticesinde artan enerji ihtiyacına yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çözüm olabileceği kanaatine varılmıştır. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları hem küresel ısınma vb. çevresel sorunlara yol açmayan hem de sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır.

Son yıllarda yenilenebilir enerjiler, giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. Farklı ülkeler, endüstriyel yeteneklerine ve coğrafi potansiyellerine göre bu kaynaklardan faydalanmaya çalışmaktadır. Petrol zengini ülkelere bağımlılıklarını azaltarak enerji güvenliğini arttırmak, sanayileşmiş ülkelerin yenilenebilir enerjilere ilgi göstermesinin ana nedendir. Fosil yakıtların fiyatının artması ve bunların çevre üzerindeki yıkıcı etkileri de yenilenebilir enerjilerin kullanımını özendiren diğer faktörlerdir (Asghari, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları yoluyla enerji üretimi alanında kapsamlı araştırmalar, bu yöntemle üretilen enerjinin fiyatında belirgin bir düşüşe neden olmuş ve yenilenemez kaynaklarla rekabet etme yolunu açmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmanın ana hedeflerinden biri de maliyetleri düşürmektir. Uzak bölgelerde dağınık enerji üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması; şebeke hatlarının yayılımının, iletiminin ve çevre kirliliğinin azaltılması yoluyla maliyetleri düşürmenin etkili bir çözümüdür ve enerji verimliliğini artırmaktadır (Bajpai & Dash, 2012).

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, gelgit, hidroelektrik enerjisi, bio yakıtlar vb. şeklinde sıralayabiliriz. Her enerji kaynağının kendi içerisinde çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ancak bu

kaynaklar içerisinde en temiz, stabil, çevre dostu kaynak ise güneş enerjisidir. Hayat var olduğu sürece de güneş enerjisi de var olacaktır. Aynı zamanda sınırlı olmayan ve tükenmeyen bir kaynaktır.

Rüzgâr enerjisi; sıcak hava dalgası ile soğuk hava dalgasının yer değiştirmesi ile oluşan bir doğa olayıdır. Rüzgâr enerjisi yeryüzünün fiziki olarak farklılıklarından ve güneş ışıınının atmosferi farklı değerlerde ısıtmasından da kaynaklanabilmektedir. Rüzgar enerjisi ise güneş enerjisinin farklı bir şeklidir. Özetçe; rüzgâr enerjisi atmosferde meydana gelen basınç farklarından oluşmaktadır. Bu enerji kinetik bir enerjidir. Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ise bu kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünü sağlayan rüzgar türbinleri ile olmaktadır.

Dalga enerjisi; okyanus ve denizler açıklarında rüzgârların meydana gelmesi sonucu oluşan dalga hareketlerinden elde edilen bir enerji türüdür. Rüzgârdan kaynaklı olduğu için dalga enerjisi de yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Dalga enerjisi ile elektrik enerjisi üretilir.

Gelgit enerjisi; ayın meydana getirdiği çekim gücü ile denizlerde meydana gelen dalgalanma hareketine denir. Gelgit enerjisinde gelgit olayı ay, güneş ve dünyanın çekim gücü ile merkezkaç kuvvetleri arasındaki etkileşim sonucunda meydana gelir. Gelgit olayının meydana gelmesi ile denizlerdeki dalgalanmalar çok yüksek seviyeye ulaşır. Oluşan bu dalgalar ile gelgit enerjisi meydana gelir. Gelgit enerjisi ile denizlerden elektrik enerjisi üretmek mümkündür.

Hidroelektrik enerjisi; hidro ile elektrik kelimelerinin birleşiminden meydana gelmektedir. Yani; sudan elektrik enerjisi üretimini kapsamaktadır. Bu yöntemle iki türlü elektrik enerjisi üretilir. Bunlar; depolamalı yani baraj gölü oluşturularak olanlar ve depolamasız nehir tipi türbinlerin kullanılması ile oluşturulanlardır.

Güneş enerjisi; güneşten elde edilen ısı ile elektrik enerjisi üretebilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en bol bulunan, stabil ve çevre dostu bir kaynaktır. Hayat var olduğu sürece güneş enerjisi de daima var olacaktır. İnsanlar hayatları boyunca daima güneş enerjisinden yararlanma yolunda çalışmalar yapmıştır ve yapmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi iki farklı ana yöntemle sağlanabilmektedir. Bunlar termal ve fotovoltaik yöntemlerdir.

### **1.1. Tezin Amacı**

Enerji ihtiyacının her geçen gün artmasına rağmen, mevcut enerji kaynakları azalmakta ve maliyeti artmaktadır. Özellikle fosil yakıtların çevreye ciddi zarar verdiği bilinmektedir. Fosil kaynakların alternatifi olarak yenilenebilir enerji kaynakları yaygınlaşmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte maliyeti düşen güneş enerjisi sistemleri yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, şebeke bağlantılı, depolamalı fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri için performans analizi ve verim artırılmasıdır. Enerji kalitesi ve sürekliliği açısından depolamalı sistemler önem kazanmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinden güneşin olmadığı zamanlarda da faydalanmak için depolamalı sistemler geliştirilmektedir.

Özellikle telekomünikasyon sistemlerinde depolamalı fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin optimum planlanması ve performans artırılması amaçlanmıştır.

### **1.2. Tezin Yapısı**

Bu tez çalışması dokuz bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde, tezin amacı, kapsamı, literatür özeti ve literatür katkısı yer almaktadır.

Bölüm 2’de güneş enerjisi ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır.

Bölüm 3’de materyal ve metot yer almaktadır.

Bölüm 4’de güneş enerjisi santrallerinde karşılaşılan uygulama ve montaj hataları yer almaktadır.

Bölüm 5’de depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemlerin ölçüm sonuçları ve performans analizi yer almaktadır.

Bölüm 6’da Türk Telekom güneş enerjisi sistemleri yer almaktadır.

Son bölümde ise tez aşamasının diğer bölümlerinde elde edilen sonuçlar ile ilgili değerlendirmeler yer almaktadır.

### **1.3. Literatür Özeti**

Çetin Tahtacı tez çalışmasında şebekeden hiç enerji almadan yenilenebilir güneş enerjisini kullanan ve bu enerjinin sürekliliğini sağlamak için üretim, depolama ve kullanım şartlarını kontrol eden bir akıllı enerji yönetim sistemine sahip yolcu durağı önermiştir (Tahtacı, 2018).

Murat Maltaş Manisa'da kurulacak 1 MW gücünde bir güneş enerji santralinin farklı panel teknolojileri kullanımı ve invertör seçimleri ile fizibilite çalışması gerçekleştirmiştir. PVsyst yazılımının sunduğu veriler kullanılarak 18 farklı senaryo incelemiştir (Maltaş, 2017).

Nurhan Hedef tez çalışmasında bireysel ya da kurumsal ihtiyaçları için, binaların çatılarında güneş enerjisi sistemi kurmak isteyen tüketicilerin ya da karar vericilerin kullanabilecekleri bir karar destek sistemi önermektedir (Hedef, 2017).

Cem Haydaroğlu tez çalışmasında Dicle Üniversitesi bünyesinde tanıtım, eğitim, üretim ve analiz yapabilmek amacıyla kurulmuş olan 250 kWp'lik güneş enerji santralinin simülasyonu PVsyst V6.39 simülasyon programı ile yapılmış ve IEC 61724 standardında belirtilen performans kriterlerine uygun olarak performansı analiz etmiştir (Haydaroğlu, 2017).

Gülşah Karaca tez çalışmasında, Muğla şartlarında 148,5 m<sup>2</sup> alana sahip bir villanın ısıtma sisteminin modellenmesinde dinamik simülasyon programı olan POLYSUN kullanmış ve 30 model sistem oluşturmuştur (Karaca G. , 2017).

Mehmet Oktay Çetinçalı çalışmasında, Düzce ili şartlarında kullanılabilecek şebekeye bağlı olmayan akıllı tarımsal sulama sistemi tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirmiştir (Çetinçalı, 2017).

Ahmet Canan çalışmasında, rüzgâr ve güneş için ayrı ayrı hazırlanan Çizelge ve grafikler ile Karabük Üniversitesi kampüsünün rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyeli incelemiştir (Canan, 2017).

Juba Alyce Kafumba çalışmasında Malawi Meteoroloji Departmanı'ndan elde edilen küresel günlük radyasyon yoğunluğu ve hava sıcaklığı kayıtlarını kullanmıştır (Kafumba, 2017).

Yunus Can Ölmez bu çalışma kapsamında Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli belirlenmiş ve Konya ili Karapınar ilçesine kurulması planlanan büyük çaplı güneş enerjisi santralının sekonder frekans kontrolüne olan etkileri incelemiştir (Ölmez, 2017).

Ercan Erdoğan, Güneş pillerini teorik ve deneysel olarak incelemiştir. 10 W güneş pili kullanarak elektrik enerjisi üretilmiş ve 12 volt 12 Ah gücündeki kuru tip aküde depo

edilmiştir. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde yetersiz olduğu durumlarda aküde depo edilen enerji ile sistem çalıştırılmıştır (Erdoğan, 2011).

Mehmet Harun Girgin, bir fotovoltaik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, Karaman bölgesinde 5 MW'lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizini yapmıştır. Karaman bölgesinde kurulması planlanan 5 MW gücünde 36 farklı fotovoltaik sistemin enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi gerçekleştirilmiştir (Girgin, 2011).

Yavuz Gazibey, Türkiye için fotovoltaik güneş enerjisi teknoloji yol haritası konusunda çalışmıştır. Türkiye için PV güneş enerjisi alanında kurulu güç artışı, elektrik üretimi ve PV elektriğinin şebeke paritesini yakalamasıyla bu alanda pazar oluşacağı, pazar oluşumunun yerli PV modül ve göze üretiminin başlamasını sağlayacağıdır. Ayrıca teknolojik gelişmeler ve ARGE çalışmalarının PV modül ve göze maliyetlerinin azalmasını ve verimliliklerinin artmasını sağlayacağı ve böylelikle maliyet etkin PV ürünlerin geliştirileceği öngörülmüştür (Gazibey, 2012).

Yasin Ardağ, güneş pili karakteristiklerinin incelenmesi konusunda çalışmalar yapmıştır. Güneş pillerinin yapıları incelenerek, 10W'lık üç adet panel üzerinde reosta ve yarı iletken anahtarlamalı mosfet ile MPPT teknikleri uygulanmış ve genel karakteristikleri çıkarılmıştır (Ardağ, 2012).

Tolga Durgut, güneş panel sistemi için farklı bir metot geliştirmiştir. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanılarak ışık açısına bağlı olarak güneş pilinin akım ve gerilim değişim grafikleri elde edilmiştir (Durgut, 2014).

Ufuk Keser bu çalışmada güneş enerjisine verilmesi muhtemel teşvik mekanizması ile Türkiye'de bu tarz bir yatırımın karlı olup olmayacağı araştırmıştır (Keser, 2010).

Ali Ajder yaptığı tez çalışmada, güneş enerjisini irdelleyerek güneşten yararlanabilmek için gerekli olan güneş açılarının belirlenmesi ortaya koymuştur (Ajder, 2011).

Kübra Tuğyan Muhtaroglu yaptığı tez çalışmada, teknolojinin gelişmesiyle insanların taşınabilir elektronik cihazlara gereksinimlerinin artması göz önünde bulundurarak, güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren ve cep telefonu, mp3 çalar, taşınabilir radyo gibi elektronik aygıtları şebekeden bağımsız şarj eden, çevre dostu bir sistem tasarlamıştır (Muhtaroglu, 2012).

Serdar Bayram bu çalışması kapsamında, Gebze'de kurulması planlanan 600 kW gücünde fotovoltaik sistemin enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizini gerçekleştirmiştir (Bayram, 2015).

Yüksel Yücel yaptığı tez araştırmasında fotovoltaik sistemlerin binalarda uygulama biçimleri, diğer yapı alt bileşenlerinde kullanılması ve çevre birimlerinde uygulamaları, dünyada ve Türkiye'de fotovoltaik sistemlerin kullanımına ilişkin örnekler, dünyada ve Türkiye'deki güneş enerjisi sistemlerine olan teşvik ve destekleri araştırmış ve öneriler sunmuştur (Yücel, 2016).

Ceyhan Aykar çalışmasında, Türkiye'nin enerji görünümü ve yenilenebilir enerji kaynaklarının genel durumu ele alınarak Ege Bölgesi güneş enerjisi potansiyeli detaylı olarak incelemiştir (Aykar, 2016).

Zehra Obut yaptığı tez çalışmasında yeni gelişen güneş enerjisi teknolojilerinin hızla yayılmasında mekan en iyi bilen coğrafyacılara yer seçimi yaparak güneş enerjisi santrallerinin uygun yerlere kurulmasını sağlamak ve yüksek verimin elde edilmesi için en uygun alanları belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Analizlerin sonuçlarına dayalı olarak güneş enerjisi kurulacak alanların yer seçimini yapmıştır (Obut, 2016).

Ulvihan Uğur Dünder çalışmasında güneş enerjisi santralleri kurulumunda risk değerlendirmesi için bir rehber hazırlamıştır (Dünder, 2016).

Yaşar Ceylan çalışmasında ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyeli kullanma derecesini araştırmış olup ülkemizin enerji politikası şekiller ve Çizelgelerle çeşitli kaynaklardan yararlanılarak açıklanmaya çalışmıştır (Ceylan Y. , 2016).

Özgür Kahraman yaptığı tez çalışmasında, SCUC algoritması fotovoltaik (FV) elektrik santralleri dâhil edilerek incelemiştir (Kahraman, 2016).

Berkay Kiriş bu çalışmasında; Isparta ilinin meteorolojik bilgileri, çeşitli güneş panellerinin teknik verileri, yıl içi rastlantısal gölge etkisi hesapları kullanılarak en uygun güneş paneli diziliminin bulunabilmesi için genetik algoritma tekniği uygulamış bilgisayar ortamında simülasyon işlemi gerçekleştirmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak, eğimli uzay kafes çatı sistemlerine PV panel uygulaması yapılırsa en yüksek verim elde edilebileceği sonucuna ulaşmıştır (Kiriş, 2016).

Mehmet Ali Köprü yaptığı tez çalışmasında PV sistemlerde kullanılan doğru akım kablolarının neden olduğu enerji ve ekonomik kayıplar incelemiştir (Köprü, 2016).

Benan Mutluay tez çalışmasında bir FV sistemde yer alan sistem ekipmanları detaylı olarak incelemiştir (Mutluay, 2016).

Kansu Çağlar Gürgen yaptığı tez çalışmasında, kendi elektriğini üretme potansiyeline sahip bölgelerdeki yapıların elektrik enerjisi gereksinimini karşılayacak fotovoltaik bir sistemin tasarımı ve maliyet analizi yapılmasını hedeflemiştir (Gürgen, 2016).

Mehmet Sait Cengiz tez çalışmasında Dünya'da ve Türkiye'de güneş enerji potansiyeli, güneşten elektrik üretme yöntemleri ve literatür bilgilerine değinilerek, geçmişten günümüze güneşten elektrik üretiminin gerek maliyet gerekse verimlilik-performans ilişkisi analiz edilmiş, çeşitli sabit fotovoltaik (FV) panel sistemleri, güneş takip sistemleri ve Stirling Motorlu Güneş Takip Sistemleri (SMGTS) örnek tasarımlarını incelemiştir. Öncelikle ANSYS Product 13.5 ve Ideal Adiabatic v.1.x Stirling Engine simülasyon programlarında çalışmalar yapılmış olup displacer uçları arası sıcaklık farkının artırılması yöntemiyle yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmadan elektriksel verimin artırılabilceğini görmüştür. Beta tipi bir Stirling motorun tasarım ve imalatı gerçekleştirilerek güneş takip sistemine montajlı Stirling motorun güneş enerjisiyle çalışmasını incelemiştir. SMGTS, sabit FV panel sistemi ve Güneş takip sistemli FV panel sistemi elektriksel üretim ve verimlilik açısından karşılaştırılmış olup, elde edilen sonuçlarda sabit FV panel sistemine göre güneş takip sistemli FV panel sisteminin ortalama %25,7 ve SMGTS'nin ise %32 daha verimli olduğunu görmüştür. Sabit ve hareketli FV sistemler ile SMGTS'ler için maliyet analizi yapılarak elektriksel bazda verimi arttıracak önerilerde bulunmuştur. Sonuç olarak uygulaması gerçekleştirilen Stirling motorlu sistem gibi yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemleri kullanılarak sıcaklık ortalaması yüksek olan bölgelerde güneşten elektrik üretim kapasitesinin daha fazla artırılabilceğini tespit etmiştir (Cengiz, 2016).

Suat Şerbetli yaptığı tez çalışmasında elektrik enerjisi üretimi için kullanılan fotovoltaik panellerin üretmiş oldukları akım, gerilim ve güç değerleri zamana bağlı olarak multi media card (MMC) içerisine depolamıştır. Fotovoltaik panelin çıkışından elde edilen akım ve gerilim değerleri veri toplama kartına uygulanarak buradan elde edilen referans değerleri PIC18F4620 mikrodenetleyici girişlerine vermiştir. Referans değerlerin mikrodenetleyicinin girişlerine uygulanmasından sonra mikrodenetleyici akım, gerilim, güç değerini MMC hafıza kartı içerisine kaydetmektedir. Bu kayıt hafıza kartı içerisine oluşturulan metin belgesi formatındaki dosya içerisine yapmaktadır. Aynı zamanda

Graphical Liquid Crystal Display (GLCD) üzerinden anlık olarak güç üretiminin izlenmesine olanak sağlamıştır. Tasarlanan veri toplama kartı üzerindeki butonlar kullanılarak cihazın gün içinde hangi zaman aralıklarında veri toplayacağı ve kayıt alma sıklığının ayarlanmasına da olanak vermiştir (Şerbetli, 2016).

Melih Aktaş yaptığı tez çalışmasında, bir konutun çatısına monte edilmiş sabit fotovoltaik sistemin anlık ışınlım düzeyi ve sıcaklığa göre en yüksek güç değerine ayarlayan takip sistemi tasarlamaya çalışmıştır. Tasarım daha çok yazılımsal temeli esas alan bir çalışma şeklinde yürütmüş, literatürdeki benzer çalışmalara göre görece tatminkar ve teşvik edici sonuçlar elde etmiştir (Aktaş M. , 2016).

Mohammad Habıbullah bu çalışmada fotovoltaik, rüzgâr ve biyokütle hibrit sistemi düşünmüştür. Önerilen şebekenin tasarımı için ücretsiz bir modelleme yazılımı olan HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) kullanmıştır. Rüzgâr ve güneş enerjisi temel iki kaynak olarak düşünülmüş ve aktif olduklarında hem sahadaki yüklere enerji sağlamak hem de akü bankalarını şarj etmek için kullanmaktadır. Bununla birlikte enerjinin tavan yaptığı durumlardaki enerji açığını kapatmak için biyogaz enerji üretici kullanmıştır. Bu güç sisteminin tasarımı için yapılan simülasyon ve optimizasyonlarda yük profili, iklimsel veriler, komponent fiyatları göz önünde bulundurmuş ve Net Güncel Maliyet (NGM) minimize edilerek güç sisteminin optimum ekonomik tasarımı gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte, yük atma, yenilenebilirlik oranı, enerji maliyeti gibi diğer parametreler de tekno-ekonomik açıdan incelemiştir. Yenilenebilir enerji üretimini gözlemek amacıyla PLC tabanlı bir sistem kullanmıştır. Evdeki sunucu enerji tüketim ve üretim verilerini toplamakta, enerji kestirimi için analiz etmekte, enerji tüketim çizelgesini kullanarak maliyeti düşürmektedir. Bu araştırmada ayrıca AC-DC mikro şebeke sistemi incelenmiş ve HOMER yazılımı kullanılarak maliyet açısından karşılaştırmalar yapmıştır. Sonuç olarak, yaptığı tezde bir mikro şebekede farklı yenilenebilir enerji kombinasyonları ele alınmış ve minimum enerji maliyeti açısından en uygun çözüm sunmuştur. Bununla birlikte sistemdeki kısıtlar, kullanılabilirlik ve konuyla alakalı güncel problemleri belirtmiştir (Habıbullah, 2016).

Bilgehan Kırimer yaptığı tez çalışması kapsamında, düşük güçlü güneş enerjisi uygulamalarında kullanılmak üzere, güneş panellerinden (FV) doğru akım olarak elde edilen elektrik enerjisini alternatif akıma dönüştürecek, şebekeye bağlı bir çoklu-dizi evirici sistemini tasarlamak, geliştirmek ve uygulamasını gerçekleştirmiştir. Çalışmanın temel amacı, düşük maliyetli, küçük boyutlu ve esnek bir eviricinin geliştirilmesidir. Bu sistemin

yüksek güç kalitesine ve üstün dinamik performansa sahip olmasının yanında, galvanik izolasyon sağlaması ve yüksek verime erişmesini hedeflemiştir. Literatür araştırmasından sonra, flyback tabanlı bir sistemin çoklu-dizi FV evirici olarak yüksek güçte ve yüksek verimde geliştirilmesine karar vermiştir. Ayrıca, maliyet ve küçük boyut avantajları değerlendirmiştir. Flyback mimarisinde yüksek güçlere erişebilmek ve düşük gürültü seviyeleri elde etmek için, aralarında uygun faz farkı ile çalışan paralel bağlı birçok dönüştürücü hücrenin birlikte çalıştığı ve literatürde "interleaved (sarmaşık) çalışma" olarak bilinen yöntem kullanmıştır. Çalışmada ilk önce analiz yapılarak tasarım denklemleri elde edilmiş ve gerçekçi ölçütlere göre tasarım yapmıştır. Daha sonra, dönüştürücünün ve kontrol sisteminin tasarımı simülasyon yoluyla doğrulanmış ve en iyi performans için iyileştirmeler yapmıştır. Son olarak, deneysel değerlendirme için 2,5 kW gücünde bir prototip devre kurulmuştur. Deneylerde, eviricinin en yüksek verimi %95,82 ve maksimum güç noktası izleyici algoritmasının enerji hasatı verimi %99 olarak ölçmüştür. Şebeke akımının toplam harmonik bozunum (THD) değerinin %1,73 ve güç faktörünün 0,99 olarak ölçülmesi ise şebekeye aktarılan gücün yüksek kalitede olduğunu göstermiştir. Karşılaştırmalarda, prototipin, benzer çıkış gücündeki ticari ürünlere yakın performansta olduğu; maliyet, ağırlık ve boyut avantajlarının bulunduğu görmüştür. Bu sonuçlar, önerilen sistemin hedeflenen tasarım ve performans ölçütlerine uygun olarak başarıyla gerçekleştirildiğini göstermiştir (Kırimer, 2016).

Volkan Peren tez çalışmasında, güneş enerjisinden fotovoltaik (FV) ilkeye bağlı olarak üretilen elektrik enerjisi ile dalgıç pompaların çalıştırılması için gerekli mekanik enerjinin sağlanması durumunda, güneş enerjili sulama sisteminin gerçekleştirilmesi amaçlamıştır. Bu amaçla, her birinde toplam 96 adet FV hücre bulunan 4 adet modülden oluşan toplam 3 dizi halindeki FV sistemin; akım, gerilim ve güç gibi elektriksel özellikleri ile FV sistemin verimi belirlemiştir. Ayrıca pompalanan su debileri, pompanın hidrolik güç ve motorun elektriksel güç değerleri hesaplamıştır. FV panellerden elde edilen enerji DC/DC dönüştürücü üzerinden pompa motorunun (Fırçasız DC motor) sürücüsü beslemiştir. MPPT algoritmaları ile DC/DC dönüştürücünün anahtarlama sinyali kontrol edilmiş olup, sürekli olarak maksimum gücün elde edilmesi amaçlamıştır. Sistemin amacı, şebeke elektriğinin olmadığı yerlerde sulama amaçlı olarak fotovoltaik sistemlerin kullanılabilmesi için bir model geliştirmektir. Simülasyon sonucunda sistemin su debisi, ayrıca pompa motoru, DC/DC dönüştürücü ve panellerin akım, gerilim, güç, moment gibi performans değerleri gözlemlenmiştir (Peren, 2016).

Alaattin Cindarik tez çalışması kapsamında, Beytepe Güneş Evi'ndeki fotovoltaik sistemde, birbirine paralel bağlı 15 adet Dunasolar marka DS40 a-Si:H modüllerde oluşabilecek olası sorunların belirlenmesi amacıyla, performans izleme sistemi geliştirmiştir. Modül akım, gerilim ve modül sıcaklıklarının okunup kaydedildiği izleme sisteminde, sorun anında sesli ve görsel uyarı yapılmaktadır. İzleme sisteminden gelen verilerin görsel hale getirilmesi, belirli aralıklarla bir dosya halinde tutulabilmesi ve e-posta yoluyla gönderilmesi amacıyla Visual Studio ve C-Sharp programlama dilleri kullanılarak, PC'de çalışacak algoritma geliştirmiştir. İzleme sisteminin tasarlanması ve geliştirilmesi çalışmaları ile eş zamanlı olarak, 16 yıldır güneş ışınımı ve çevresel koşullar altında bulunan Beytepe Güneş Evi FV sistemdeki modüller üzerinde I-V ölçümleri ve termal kamera görüntüleri alınarak ve performansının değerlendirilmesi yapılarak, modüllerin bozulma hızlarının anlaşılması üzerine çalışmalar da yapmıştır (Cindarik, 2016).

Uğur Altınışık yaptığı tez çalışmasında 100 Watt çıkış gücü veren bir PV panel bir konstrüksiyon üzerinde kurularak çalışma yapmıştır. Panelin soğutulması için soğutma aracı olarak su, panelin çıkış akım, gerilim değerleri ve sıcaklık ölçümleri için data logger, suyun akış hızını ölçmek için de flow metre cihazları kullanmıştır. Ayrıca yük olarak da bir adet reosta kullanmıştır. Yapılan bu ölçümlerde önce normal ölçümler ve daha sonra panel soğutulmuş panelin akım gerilim ve sıcaklık değerleri ölçmüştür. Sonra tekrar panel normal ısınmaya geçtiğinde tekrar akım gerilim ve sıcaklık değerleri ölçmüştür. Elde edilen veriler bilgisayar ortamında düzenlenerek gerekli hesaplamalar yapmıştır (Altınışık, 2016).

Ahmet Aktaş tez çalışması kapsamında geliştirilen HEDS'nin olası çalışma durumları belirlenerek bu şartlarda sistemin kararlı çalışmasını sağlamak için özgün bir akıllı enerji yönetim algoritması gerçekleştirmiştir. Akıllı enerji yönetim algoritması sayesinde sistemdeki bütün güçler değerlendirilerek istenilen çalışma durumları için bileşenlerin kontrolleri yapmaktadır. Böylece batarya ve ultrakapasitör grubu DA barada dalgalanma olmadan eviricinin güç kalitesini artıracak şekilde kontrol edilmesini sağlamaktadır. Geliştirilen HEDS, denetim ve anahtarlama algoritmaları Matlab/Simulink Simpower Systems yazılımları aracılığıyla tasarlanmakta ve benzetimi yapmaktadır. 3 fazlı 4 telli şebeke bağlantılı HEDS'nin laboratuvar prototipi, uygulamanın test edilmesi amacıyla deneysel olarak kurmuştur. HEDS, dSpace DS1103 denetleyici kartı ile sayısal olarak denetlenmekte, gerilim ve akım sensörleri ile ölçülerek Analog/Dijital (A/D) dönüştürücüler aracılığıyla denetleyici karta uygulanmaktadır. Matlab\Simulink'te geliştirilen gerçek zamanlı denetim algoritmaları Matlab Real Time Workshop ve dSpace Real-Time Interface

yazılımları ile DS1103 denetleyici kartına doğrudan yüklemektedir. Deneysel test çalışmaları doğrultusunda özgün olarak geliştirilen akıllı enerji yönetim algoritmasının dinamik davranışı ayrıntılı olarak incelemiştir (Aktaş A. , 2016).

Volkan Karaca yaptığı tez çalışmasında; öncelikle bir evin veya işyerinin ihtiyaç duyduğu enerji miktarı göz önünde bulundurularak programda hesaplamıştır. Hesaplamalar sonucunda il bazında rüzgâr ve güneş enerjisinden en etkin bir şekilde faydalanabilmek amacıyla elde edilen ölçüm sonuçları hazırlanan yazılımda değerlendirmiş, enerjinin en verimli bir şekilde elde edilebilmesi için kullanılması gereken güç sisteminin seçimini yapmıştır. Bu sayede sistemin kurulması sırasında yanlış seçimler sonucu meydana gelecek olan maliyet artışı en aza indirgenmesi amaçlamıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde piyasada bulunan rüzgâr türbin firmalarının ürettiği oldukları türbinlerin güç eğrilerini çıkartıp yazılıma tanıtmıştır. Hangi firmanın rüzgâr türbini seçilirse seçilsin yazılımın içerisinde kayıtlı güç eğrilerinden faydalanılarak üretecekleri enerji miktarı doğrultusunda bir uygulama programı yazmıştır. Son bölümde ise firmaların ürettikleri güneş panelleri temel alınarak fotovoltaik sistem kurulurken gerekli hesaplamalar yapmıştır. Bu doğrultuda firmaların ürettiği güneş paneli ve invertör, batarya seçimi yapmıştır. Uygulama programı hazırlanırken seçilen ilin güneşlenme süresi ve ortalama rüzgâr hızı göz önünde bulundurmıştır (Karaca V. , 2016).

Uğur Harmancı tez çalışmasında, fotovoltaik panellerden alınan DA enerjisi MPPT özellikli Çevirici (Converter) ve güce göre motor devrini kontrol eden Evirici (Inverter) ile AA motorlu su pompasına aktaran sürücü devresi tasarlamış ve simülasyonu yapmıştır. Değişken güç girişine göre motor devir kontrolü yapılırken torkun sabit tutulmasını sağlamıştır. Uygun devre elamanları seçilerek verimli bir sistemin oluşturulmasının mümkün olduğunu görmüştür (Harmancı, 2016).

Rezvaneh Rezaei yaptığı tez çalışmasında, şebekeden bağımsız çalışan bir PV sistemin gerilim kontrolü konusunda çalışmıştır. Sistemin ana bileşenleri PV panel, çevirici ve kontrollördür. Gerilim kontrolü için önerilen model Matlab-Simulink ortamı kullanılarak tasarlamıştır. Şebekeden bağımsız olarak çalışan PV sistemin gerilim kontrol performansı Matlab ortamı kullanılarak gösterilir. Simulasyon sonuçları yük uçlarında gerilimin nasıl kontrol edilebildiğini gösterir (Rezaei, 2016).

Tuğçe Demirdelen yaptığı tez çalışmasında, üç fazlı şebekeye bağlı büyük ölçekli PV sistemleri için modüler kaskat çok seviyeli dönüştürücü tabanlı bir şönt melez aktif güç

filtresi (ŞMAGF) sunmaktadır. Bu tezin ana katkısı, melez aktif güç filtresi fonksiyonlarına sahip şebeke bağlantılı büyük ölçekli fotovoltaiik sistemin modellenmesi ve kontrol edilmesidir. Önerilen sistemde, melez aktif güç filtresinin özellikleri, fotovoltaiik sistemi şebekeye bağlayan gerilim kontrollü gerilim kaynaklı dönüştürücünün kontrol devresinde bir araya getirmiştir. Sonuç olarak, ŞMAGF'nin aynı dönüştürücü kısmı, fotovoltaiik kaynaktan üretilen gücü şebekeye enjekte etmek, harmonikleri ve reaktif güç talebini telafi etmek için melez aktif güç filtresi gibi davranmak için kullanılır. Kompanzasyon yeteneği kullanarak, şebeke akımları sinüzoidal ve şebeke voltajları ile fazdadır. Bütün sistemi PSCAD/EMTDC'de modellemiştir. Benzetim sonuçlarını, önerilen sistemin çalışmasını ve kontrol sistemini doğrulamak için göstermiştir (Demirdelen, 2016).

Serdar Nuhoglu yaptığı tez çalışması kapsamında; tek eksen güneş takipli bir sistem ile sabit bir sistemin verimlerini karşılaştırmak amacıyla özdeş iki adet 255 W gücünde fotovoltaiik (PV) panel sistemi yan yana kurularak aynı şartlar altında deneysel olarak incelemiştir. Bu amaçla, PV paneli tam ortasından taşıyacak ve doğu-batı yatay ekseninde rahatça dönebilen çelik kutu profilden bir konstrüksiyon tasarlamış ve iki adet üretmiştir. Bunlardan biri; PV panel eğim açısı manuel olarak ayarlanabilecek şekilde imal edilmiş ve sabit sistem için Konya bölgesinde kurulu güneş santrallerinin tüm yıl verimini maksimize eden eğim açısı esas alınarak  $32^{\circ}$  olarak konumlandırmıştır. Diğerinde ise Arduino programı ile kontrol edilen sonsuz vida-karşılık dişli çarklı DC motorlu bir tahrik sistemi ile doğu-batı ekseninde dönebilen ve bu ekseninde  $\pm 5^{\circ}$ lik bir tolerans dahilinde güneşi dik alabilen bir sistem kurmuştur. Her iki sistem tam güneşe bakacak şekilde yan yana kurularak anlık ışıınım, akım ve gerilim değerleri kaydetmiştir. Ölçümler Konya ili Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi mekanik atölye bahçesinde ( $37^{\circ}51'56.30''K$ ,  $32^{\circ}25'4.01''D$ ) 2017 yılı Nisan ayında yapmıştır. Tek eksen güneş takipli sistemin, sabit sisteme göre nisan ayı boyunca %23 daha yüksek verime sahip olduğunu tespit etmiştir (Nuhoglu, 2017).

İlyas Aladağ yaptığı tez çalışmasında Monokristal bir yapıda olan PV panelin önce matematiksel modeli oluşturularak Matlab Simulink programında analizi gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlarda güneş ışıınımı ve hücre sıcaklığı değerlerinin panelin elektriksel performansını doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. Bu kapsamda sonuç olarak; Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Mühendislik Fakültesi çatısına kurulan sistem ile PV panelin gerçek ortam koşullarında gösterdiği performans sonuçlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda

modelleme sonuçları ve deneysel sistem sonuçlarının benzerlik gösterdiğini gözlemlemiştir (Aladağ, 2017).

Hakan Sevim yaptığı tez çalışması kapsamında fotovoltaik teknolojinin Türkiye açısından değerlendirilmesi bir uygulama örneği üzerinden incelemiştir. Uygulama örneği olarak İzmir Tire'de kurulmuş olan 500 kW'lık Fotovoltaik Sistem Güneş Santrali ele alınmış olup bu sistemin fizibilite değerlendirmesini yapmıştır. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması kadar doğru yöntemler ile analiz ve kurulum yapılması çok önemlidir. Bu sayede yatırımcı için hayati önem taşıyan beklenen ve gerçekleşen üretim değerleri arasındaki fark yapılan hesaplamalarla ortaya konulabilmektedir. Sonuç olarak, yaptığı tez çalışması kapsamında, güneş enerjisi ile elektrik üretimi amaçlı tesis kurmayı isteyen kurum ve kişilerin yatırımlarını yaparken referans olarak kullanabileceği bir fizibilite çalışmasını gerçekleştirmiştir (Sevim, 2017).

Polat Poşpoş bu çalışmada fotovoltaik panel tarafında silikon karbür (SiC) MOSFET bir H-köprü bulunan 20 kW, 20 kHz yüksek frekans transformatörlü ve yükseltilmiş çıkış DA gerilimi tarafındaki silikon karbür (SiC) Schottky diyotları içeren bir DA-DA çevirgecin tasarımı ve uygulaması yapmıştır. Anahtarlama tekniği olarak faz kaymalı darbe genişliği kiplenimi yöntemini kullanan çevirgecin özgün transformatör tasarımı ve çalışmada yeni nesil güç anahtarlarının kullanılması sayesinde tam yük verimliliği %98 olarak elde etmiştir. Fotovoltaik enerji sistemlerinde maksimum güç noktası izleyicisi olarak kullanımı öngörülen bu çevirgecin elektriksel yalıtım özelliği ile güç katındaki anahtarlama sonucunda oluşacak olan ortak mod akımlarının önüne geçmiştir. Tasarımı ve benzetimi yapılan DA-DA çevirgecin başarımını görmek için bir ilk örnek üretimini yapmış ve laboratuvar ortamında başarıyla test etmiştir (Poşpoş, 2017).

Murat Çekirdek bu çalışmada, Konya ili Selçuklu kasabasında ve Balıkesir ili Dursunbey kasabasında yer alan şebeke bağlantılı, fotovoltaik panel ve invertör özelliklerine sahip ve 0,883 MWe gücündeki güneş enerji santrallerinin tasarım aşamaları teknik ve ekonomik açıdan incelemiştir. Hesaplamalar, PVSyst yazılımı ve Meteonorm verileri kullanılarak sabit sistemler, tek ve çift eksenli güneş takip sistemleri için ayrı ayrı yapılmış ve kurulacak sistemlerin anahtar teslim maliyetleri karşılaştırılarak, iç verim oranlarına ve geri dönüş sürelerine bakılarak yatırım yapmaya uygunluğunu değerlendirmiştir (Çekirdek, 2017).

Hacı Güzel Güleç bu çalışmasında, sisteme gerekli olan enerji ihtiyacını PV modül tarafından sağlamaktadır. 12 V 6,5 Ah/10 saat gücündeki kuru tip jel akü kullanmıştır. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde yetersiz olduğu durumlarda (gece vb.) kullanılmak üzere akü şarj etmiştir. Sistem ile ilgili ilk etapta modülün ve akünün gerilim akım gibi parametreleri ölçmüştür. Güç devresi için anahtarlama DC-DC düşürücü devresi tasarlamıştır. PWM kontrollü olarak görev saykılı %72,5 olarak hesaplanmıştır. PWM sinyali 12,5KHz frekansında Arduino mikrodenetleyici kartı programlanmış, MOSFET sürücü katı için ve izole etmek için TLP250 optokuplör entegresi kullanmıştır. PV modülden ortalama olarak 20 V gerilim üretilmektedir. Bu gerilim jel bataryanın şarj esnasında yükleme gerilim seviyesi olan 14,5 V'a PWM'in görev saykılı ayarlayarak düşürmüştür. İlk etapta 14,5  $\Omega$ 'luk yük direnci simülasyon ile gerçekleştirilmiş ve sonra gerçek devre ile uygulanarak istenilen seviyede gerilim ve akım üretmiştir. Batarya yük olarak kullanıldığında boş bataryanın gerilim değeri 12 V ve akan akım ise 0,3 A ile şarja başlamış bir süre sonunda ise yavaş yavaş 0,8 A'e yükseltmiştir. Zamanla akım azalmış ve gerilim artmıştır. Batarya gerilim değeri referans gerilim olan 14,5 V'a geldiğinde şarj işlemi sona ermiştir. Şarj sonunda batarya devreden ayrılmış ve 30 dakika bekletildikten sonra gerilim değeri ölçüldüğünde 12,85 volt değerini ölçmüştür (Güleç, 2017).

Gökçe Koçbulut tez çalışmasında, bir fotovoltaik hücrenin karakteristik özellikleri kullanılarak güneş ışıınımı ölçülmesini amaçlamıştır. Güneş hücresi, güneş ışıınımı ölçüm cihazı olarak tasarlamıştır. Tasarlanan cihaz fotovoltaik hücre, akım sensörü, mofset ve LCD gibi ana elemanlardan oluşmaktadır. Cihaz, 6 ay boyunca yaz ve kış iklimi şartlarında sırasıyla 23° ve 53° eğim açılarında 2, 3 ve 4 katmanlı yoğunlaştırıcı ile doğruluğu bilinen başka bir solarmetre ile deneylere tabi tutmuştur. Cihaz, tekrarlanabilir ölçümler yapılarak metrolojik ve izlenilebilirlik ilkelerine uygun şekilde kalibre etmiştir. Cihaz Arduino tabanlı çalışmaktadır. Bu program sayesinde başlangıç temel denklemi ile birlikte 4 farklı denklem cihazda denemiştir. Her denklemin ayrı ayrı deney Çizelgeleri, bu Çizelgelerin grafikleri ve regresyon değerleri çıkarmıştır. Denklemler statgrapich programı kullanılarak oluşturulmuş ve bu denklemler arasından yüksek regresyon değerine sahip olanlar seçmiştir. Deneylerin regresyon değerleri sırasıyla 0.944, 0.936, 0.938, 0.986 şeklindedir. Elde edilen değerlere göre bu solarmetrenin yüksek doğrulukta ölçüm yapabildiği ve özellikle yüksek güneş ışıınımlı yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılabileceğini tespit etmiştir (Koçbulut, 2017).

İlker Ongun bu çalışma kapsamında İzmir iklim koşullarında FV eviricilerin yıllık hasat tahminlemesinde kullanılabilecek bir ağırlıklı verim modeli geliştirmiştir. Modelin

geliştirilmesi öncelikle yüksek çözünürlüklü ve kesintisiz iklim verisi gerektirmektedir. Türkiye'de bu nitelikteki veriler hazır biçimde bulunmadığı için mevcut verilerin işlenmesiyle uygun nitelikte veri takımları elde edilmesi gerekmiştir. Elde edilen veri setleri üzerinde kristal silisyum (c-Si) FV hücrelerin en yüksek güç noktasındaki (MPP) üretimleri hesaplanarak yıllık dağılımlarına göre güç aralıklarının üretime katkı ağırlıkları belirlemiştir. Belirlenen bu değerler, Avusturya Teknoloji Enstitüsü – AIT FV Evirici Test Laboratuvarlarında yapılan denemeler ile diğer ağırlıklı verim modelleri ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, ülkenin orta enleminde yer aldığı için Türkiye ışıınımını temsil edebilecek İzmir şartları için geliştirilen bir ağırlıklı verim modeli elde etmiştir. Elde edilen model, İzmir şartlarında diğer modellere göre daha gerçekçi bir hasat tahminlemesi yapmaktadır (Ongun, 2017).

Hüseyin Parmaksız tez çalışmasında panellerin eğim açısı bölgeden bölgeye değişimin yanı sıra aylık, mevsimsel ve yıllık olarak değiştiğini ayrıntılı olarak analiz etmiştir. Bu amaç çerçevesinde çalışması ile beraber 10°, 20°, 30°, 40°, 50° ve 60°'lik açılarla yerleştirilen FV paneller ile Bilecik ilinde güneş enerjisinden elde edilebilecek maksimum gücün aylık, mevsimsel ve yıllık olarak optimum sabit eğim açısı belirlemektedir (Parmaksız, 2017).

Onur Kırıcıoğlu yaptığı tez çalışmasında, FV sistemlerde maksimum güç noktasını izleyebilmek amacıyla, iki fazlı, tepe akımı modu kontrollü SEPIC DA-DA dönüştürücü tasarlamış ve gerçekleştirmiştir. Sistem, iki fazlı yapılarak elemanlar üzerindeki akım stresinin azaltılması ile verimin ve sistem güvenilirliğinin artırılması amaçlanmıştır. Ayrıca akım modu kontrol kullanılarak sistemin dinamik performansının iyileştirilmesi ve paralel dönüştürücüler arasında akım paylaşımının düzgün yapılması hedeflemiştir. Gerçekleştirilen prototipte, akademik çalışmalarda ve ticari uygulamalarda yaygın olarak kullanılan değiştir & gözle (D&G) ve artımsal iletkenlik algoritmalarıyla maksimum güç noktası takibi yapmıştır. İki algoritma da, ışıınım değişimi, yük değişimi ve EN 50530 standartına göre dinamik MGNİ testlerinde büyük başarımlar elde etmişlerdir (Kırıcıoğlu, 2017).

Tunca Köklü çalışmasını 1 kW gücündeki bir fotovoltaik sistemin uzaktan izlenmesi için tasarlamıştır. Çalışmada enerji istasyonunda ölçülen verileri merkez istasyona mesaj aktarma arayüzünden göndermek hedeflemiştir. Maksimum güç noktası izleyici giriş ve çıkış akım ve voltajları, akü gerilimleri, ortamın sıcaklığı, ışıınım, toz yoğunluğu, nem bilgileri ve maksimum güç noktası izleyici kazancı bu sistemle uzaktan gözlemlenebilir. Ölçümlerden bazıları analog çıkış veren sensör veya devrelerden alınmıştır ve

mikrokontrolör bu ölçümleri dijitale çevirir. Dijitale çevrilen bilgiler seri kanal kullanılarak ölçüm işlemcisinden tek kart bilgisayara gönderilir. Dijital çıkış veren sensörler ise uzak istasyonda bulunan tek kart bilgisayarlara bağlanmıştır. Tüm bilgiler merkez istasyonda bulunan tek kart bilgisayara mesaj aktarma arayüzü ile gönderilir. Gelen bilgiler merkez istasyondaki ilgili veritabanı Tablosuna aktarılır. Tasarımda bu özellikleriyle bir tek kart bilgisayar kümesi kullanmıştır. Bu küme, bir merkezi tek kart bilgisayar ve gözlemlenecek uzak fotovoltaiik istasyon sayısı kadar tek kart bilgisayar içermektedir. Ölçüm bilgileri merkezde konumlandırılmış tek kart bilgisayar üzerinden eşzamanlı olarak internette yayınlanır ve merkezde bulunan ekrandan, kullanıcı arayüzü kullanılarak incelenebilir. Görsel arayüzün uyarı birimi paralel işleme ilkesi temelinde tasarlanmıştır (Köklü, 2017).

Dhıaa Mohammad Fadel Fadel yaptığı tez çalışmasında, özellikle düşük güçlü FV sistem uygulamalarında kullanılmak açısından bir inverter yapısı geliştirmiştir. Farklı yük koşullarında inverter ünitesinin etkinliğinin irdelenmesi için deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir (Fadel, 2017).

Hamza Alper Kirişci tez çalışmasında, 13.06.2016 tarih ve 2016/8949 sayılı karar ile Riskli Alan ilan edilen Beyoğlu / Şişli – Okmeydanı bölgesinde yapılacak olan Okmeydanı kentsel dönüşüm projesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak ve uygulamaya yönelik fizibilite çalışmasını ele almaktadır. Günümüzde dünyada hızla büyüyen sera etkisi ve iklim değişiklikleri ile alakalı birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş ve bu yönde hızla teknolojilerini geliştirmektedir. Bu çalışmayı, ülkemizde gelişen inşaat sektörünün yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilme fikri üzerine yapmıştır (Kirişci, 2017).

Ozan Ceylan çalışmasında, simülasyon ortamında PV\*SOL, Helioscope, Polysun ve PVGIS FV simülasyon programları kullanılarak, belirlenen koordinatlarda iklim verilerinin, yük talebinin ve temel sistem bileşenlerinin benzetimi yapılarak ihtiyacın şekillenmesi ve Isparta'da bulunan 1 MW kurulu gücü olan güneş enerjisi santralinin genel karakteristiğinin görselleştirilmesini amaçlamıştır. Benzetimde kullanılan veriler için, ulusal ve uluslararası kaynaklı gerçek ölçüm değerlerinden ve simülasyon programların veri tabanlarından yararlanmıştır. Aynı dönem içerisinde güneş enerjisi santralinin gerçek ortam verileri ile simülasyon verileri karşılaştırılıp simülasyon programlarının doğruluğunu incelemiştir (Ceylan O. , 2017).

Serhat Zıba tez çalışmasında, Kahramanmaraş'ta Lutuf Mensucat A.Ş. adıyla bir tekstil fabrikasında hali hazırda bulunan kojenerasyon sistemine FV elektrik üretim sistemi ETAP programında simülasyon edilerek çalışma koşullarını ve oluşabilecek sorunlar halinde sistemin gösterdiği tepkiyi incelemiştir. Aynı zamanda FV elektrik üretim sisteminin maliyeti analizini incelemiştir (Zıba, 2017).

Gülşah Küçükilhan tez çalışmasında, fotovoltaik sistem ile şebeke arasındaki senkronizasyon sürecini ve fotovoltaik sistemdeki inverterden kaynaklanan harmoniklerin etkisini gözlemleyebilmek için MATLAB/Simulink ortamında şebekeye bağlı bir fotovoltaik sistem modellemiştir. Simülasyon ortamında yapılan bu çalışmayla, şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin daha verimli bir şekilde çalışması, harmoniklerin en aza indirilmesi ve fotovoltaik sistem ile şebekenin bir arada çalışma sürecinin simülasyon ortamında gösterilmesini amaçlamıştır. Çalışmanın birinci bölümünde şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlere ait özet bilgiler verildikten sonra daha önce yapılmış olan çalışmalar ve tezin kapsamı hakkında kısaca bilgiler vermiştir. İkinci bölümde; fotovoltaik sistemlerle ilgili daha önceden yapılmış çalışmalar hakkında detaylı bilgi vermiştir. Ayrıca güneş pilleri, fotovoltaik sistem, güç kalitesi ve harmonikler hakkında genel bilgiler vermiştir. Üçüncü bölümde; şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin her bir elemanı MATLAB/Simulink' te modellenmiş ve elemanlar için gerekli hesaplamalar yapmıştır. Dördüncü bölümde; fotovoltaik sistemin ve şebekenin frekans, faz, gerilim, güç ve harmonik ölçümleri yapmıştır. Bunun yanında senkronizasyon sürecinde fotovoltaik sistem-şebeke arasındaki gerilim ve frekans dengelenme süreleri, sistem yüksüz iken şebekede meydana gelen gerilim artışları, senkronizasyon sonrasında fotovoltaik sistem, yük ve şebekede ölçülen gerilim, güç, frekans ve faz açısı değerleri ayrı ayrı göstermiştir. Beşinci bölümde ise simülasyon sonucunda ortaya çıkan grafiklere ve ölçüm değerlerine göre fotovoltaik sistemin performansını analiz etmiştir (Küçükilhan, 2017).

Uğurtan Toygar çalışmasında fotovoltaik panellerin yüzey sıcaklığı için örtük korelasyonların güvenilirliğini doğrulamaktır. Ortam sıcaklığı, güneş ışıınımı ve rüzgar hızı açısından sıcaklık sapmalarını değerlendirmek için bir güneş enerjisi santralinden elde edilen gerçek veriler kullanılarak toplam on yedi farklı örtük korelasyonu incelemiştir. Gerçek santral çalışma koşulları altında, gözden geçirilen korelasyonların sonuçları oldukça farklı olduğunu görmüştür. Çalışmada güneş radyasyon yoğunluğundaki değişimlere bağlı olarak korelasyonlar ile gerçek veriler arasındaki sıcaklık farklarının eğilimlerini belirlemiştir.

Küresel güneş radyasyonuna dayanan sıcaklık sapma eğilimlerine göre on yedi korelasyon modifiye etmiş ve on bir yeni korelasyon literatüre kazandırmıştır (Toygar, 2017).

Burçin Özkaya yaptığı tez çalışmasında, bir fotovoltaiik diziden gölgelenme durumlarında maksimum güç elde etmek için genetik algoritma ve ikili parçacık sürü optimizasyon algoritması tabanlı yeniden düzenleşim sistemini kullanmıştır. Çalışmada kullanılan yeniden düzenleşim sistemi, adaptif bölüm, sabit bölüm ve anahtarlama matris devresinden oluşmaktadır. Ayrıca, sistemde fotovoltaiik diziden maksimum güç elde edilmesini sağlayan en uygun anahtar düzenini bulup, bu bağlantı düzenini anahtarlama matris devresine ileten bir kontrol birimi bulunmaktadır. Çalışmada, kontrol birimine gönderilecek en iyi anahtar düzenini bulmak için genetik algoritma ve ikili parçacık sürü optimizasyon algoritması kullanmıştır. Kullanılan algoritmalar için giriş parametresi, fotovoltaiik dizinin adaptif bölümünden ve sabit alt bölümlerinden elde edilen kısa devre akım değerleridir. Çalışmada, (4x4) boyutunda bir fotovoltaiik dizi kullanılmış olup, yeniden düzenleşim sistemi her iki algoritma için rastgele oluşturulmuş olan 10 farklı gölgelenme senaryosu için MATLAB/Simulink ortamında test etmiştir. Her bir gölgelenme senaryosu için yeniden düzenleşim öncesi ve sonrası fotovoltaiik diziden elde edilen güç değerleri karşılaştırmış olup, yeniden düzenleşim sonrasında bütün gölgelenme senaryoları için fotovoltaiik diziden elde edilen güç değerinde artış olmuştur. Çalışmada, genetik algoritma ve ikili parçacık sürü optimizasyon algoritmasının performansları en uygun anahtar düzenini bulmak için geçen ortalama süre açısından karşılaştırmış olup, bütün gölgelenme senaryoları için ikili parçacık sürü optimizasyon algoritmasının genetik algoritmaya göre daha hızlı en uygun anahtar düzenini elde ettiğini gözlemlemiştir (Özkaya, 2018).

Ayşe Ceyda Bilü yaptığı tez çalışmasında, fotovoltaiik sistemlerin fizibilite analizinin gerçekleştirilebildiği yeni bir arayüz ortaya koymuştur. MATLAB/GUI ortamında geliştirilen arayüz ile şebekeden bağımsız çalışan sistemlerin ve şebekeye bağılı sistemlerin teknik ve ekonomik analizi gerçekleştirilebilmektedir. Bunun yanında çevresel etkilerin ortaya konulabilmesi amacıyla arayüz üzerinden karbon salınım miktarı izlenebilmekte ve farklı yakıtlara ait salınım değerleri ile karşılaştırılabilmektedir. Tez kapsamında geliştirilen arayüz farklı senaryolar dahilinde test etmiş ve ticari ürünler ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda geliştirilen arayüzün doğruluğunu göstermiştir (Bilü, 2018).

Doğan Gürbüz tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiik (PV) sistemlerin veriminin kir ve tozlanmadan nasıl etkilendiğini araştırmıştır. Sekiz adet panelden dört adedinin yatayla

yapmış olduğu aç 0o ve diğerlerinin yatayla yapmış olduğu aç 30o olarak ayarlamıştır. Her dörtlü grupta panellerden biri hiç temizlenmezken, biri her gün, biri haftada bir, biri ayda bir temizlemiştir. Elazığ ilinde yapılan bu araştırmada 6 ay boyunca panellerin her gün açık devre gerilimi, kısa devre akımı ölçülerek gücü hesaplamıştır. Nihai olarak temizlenme periyodu ve güneşin geliş açısının panellerin verimine olan etkileri incelenerek en ideal temizlenme periyodu tespit etmeye çalışmıştır (Gürbüz, 2018).

Mozhgan Moazzen Zadeh yaptığı tez çalışmasında, güç kalitesi problemlerinden en yaygın olanı harmonik ve ara-harmonikleri fotovoltaiik sistemlerde analiz etmek adına, iki farklı ülkede kurulmuş olan iki farklı fotovoltaiik sistemde ölçümler yapmıştır. Bu ölçüm sonuçları olarak harmonik bozulma değerlerinin Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC-61000) ve Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE-519) standartlarına göre değerlendirmesi ve FV sistemlerde harmonik yaratan bileşen olarak invertörlerin detaylı analizini yapmıştır. Fotovoltaiik invertörün güç elektroniği devresini temsil etmek için harmonik kaynak içeren bir model önerilmiş ve bu modelin simülasyonu ve diğer yandan laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler ile doğrulamasını yapmıştır. Son aşamada ise, şebeke kaynaklı harmoniklerin FV sistemlerle nasıl bir etkileşim içinde olacağının incelenmesi adına deneysel çalışmalara devam etmiştir. İnvertörlerin bir harmonik kaynağı olduğu tesbit etmiş, fakat sonuç olarak dağıtım şebekesine enjekte ettikleri harmonik ve ara-harmonik bozulumlarının büyük bir kaygı oluşturmadığını belirlemiştir (Zadeh, 2018).

Hoda ve ark. bu çalışmalarında, elektrik ve termal enerji depolama sistemlerini kapsayan PV'ye entegre edilebilen her tür enerji depolama sisteminin ilk ayrıntılı dökümünü sağlar. Akıllı binalarda PV-enerji depolama entegrasyonu, gelecekteki enerji depolama gelişmeleri bağlamında PV için enerji depolama rolüyle birlikte tartışmaktadırlar (Akbari, ve diğerleri, 2018).

Ignacio Mauleón bu çalışmada, fotovoltaiik enerjinin sürdürülebilir kalkınmaya üç boyutta, çevresel, ekonomik ve sosyal potansiyel katkılarını analiz etmektedir. Bu amaçla, başta uluslararası Enerji Ajansı olmak üzere, alandaki başlıca uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen kapasite dağıtımları dikkate alınmaktadır. Makale, kaçan CO2 emisyonlarının parasal değerlemesine ve gerekli finansal fonların değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Belirsiz fotovoltaiik fiyatların ima ettiği riskler ele alınmış ve yönetilmesi için yöntemler önerilmiştir. Emisyonu muhafazakâr bir fiyatla değerlendirmenin ve uygun bir şekilde indirim yapılmasının, ortalama olarak gerekli yatırımları finanse etmek için

yeterli olacağı, dolayısıyla düşük bir karbon vergisinin yatırımları finanse etmek için gerekli olacağı gösterilmiştir (Mauleón, 2017).

Guiqiang Li ve ark. çalışmada, fotovoltaik pompa sisteminin bileşenleri, sistem verimliliğini etkileyen faktörler, performans değerlendirmesi, sistemin optimizasyonu ve diğer yeşil teknolojilerle kombinasyon olasılığına odaklanmaktadır. SPVWPS'nin araştırması ve mevcut durumu hakkında bir güncelleme sunulmuştur. SPVWPS, geleneksel pompalama sistemlerine kıyasla uygun bulunmuştur. Dünyanın farklı bölgelerinde PV pompalama uygulaması da tartışılmaktadır. Bu çalışma, araştırmacılar, mühendisler, üreticiler ve politika yapıcılar için SPVWPS hakkında geniş bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır (Li, Jin, Akram, & Chen, 2017).

İşler ve ark. bu çalışmada İstanbul şehri için 10 kWp fresnel parabolik oluk tipi güneş kolektörü tasarımı ve maliyet analizi yapımı amaçlamıştır. Diğer sistemlere nazaran fresnel parabolik oluk tipi kolektörler, basit konstrüksiyonları ve düşük yatırım maliyetine sahip oldukları için tercih etmiş olup, modelleme ve maliyet analizi CPV CAD yazılımı vasıtasıyla yapmıştır. Modelleme için İstanbul ilinin ışıınım değerlerini kullanmış ve sistemin yıllık getirisi yaklaşık olarak 1720,3 \$ hesaplamıştır. Toplam yatırımın geri dönüş süresini 7,8 yıl olarak bulmuştur (İşler, Yılmaz, & Salihmuhsin, 2016).

İşler ve ark. bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları için yazılım araçlarının incelenmesini amaçlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile alakalı yapılan çalışmalarda, analiz ve simülasyonun gerçekleştirilmesi için çok çeşitli yazılım araçları kullanılmaktadırlar. Ticari amaç güden araştırmacılar sistem dizaynı için daha basit yazılımlar kullanırken, diğer yandan akademisyenler ve mühendisler daha karmaşık, sistem bileşenlerine müdahale edilebilir ve esnek kullanımlı yazılımları tercih etmektedirler. Fakat spesifik amaçlar için hangi yazılımın kullanılması gerektiğini tespit etmek önem arz etmektedir. Yaptıkları çalışma ile var olan yazılım araçları sınıflandırılmış ve araştırmacıların hangi programı kullanırken en doğru sonuçları elde edebilecekleri konusunda genel bir bilgi sunmuşlardır (İşler & Salihmuhsin, 2016).

İşler ve ark. yaptıkları çalışmalarında TRNSYS programı ile şebekeden bağımsız bir PV sistemi modellemiştir. Çalışmada Ankara ilinin iklim verisi kullanılmış ve uygulaması yapılan sistemin matematiksel modeli oluşturmuşlardır. Değişkenlerin programa nasıl entegre edildiği gösterilerek, modüllerin çalışma prensipleri hakkında ayrıntılı bilgi vermişlerdir. TRNSYS programı yenilenebilir enerji konusunda kullanıcıya görsel

modelleme imkânı sunan ve esnek tasarım özellikleri sayesinde yaygın olarak kullanılan bir programdır (Salihmuhsin & İşler, 2018).

Jeanne Andersen tez çalışmasında, saat içi dengeleme için karma bir tamsayı belirleyici model önermiştir. Rüzgâr enerjisi potansiyelinin ve gücünün yüksek olduğu Danimarka sistemini araştırmaktadır. Arz ve talep arasındaki saat içi dengesizlikleri bulmaktadır. Ek olarak; iki aşamalı bir stokastik saat içi dengeleme problemi için karışık tamsayı modeli sunmaktadır. Modelleme çalışması ile rüzgar enerjisi üretim tahminleri ve tahmin hataları için senaryolar üretmektedir (Andersen, 2015).

Zoltán Balázs Varga temel olarak çalışmasında mikro ekonomik gelişmeler ile birlikte yenilenebilir kaynakların kullanımındaki ekonomik soruları göstermek istemiştir. Macaristan eksenli yaptığı çalışmasında özellikle Macaristan için mümkün ve kullanılabilir olan biyogaz ve güneş enerjisinin kullanımı konusunu irdelemiştir (Varga, 2007).

Peder Bacher tez çalışmasında güneş enerjisi sistemlerinin işletilmesi ile ilgili yöntemler ve binalarda optimum enerji kullanımını irdelemiştir. Güneş enerjisi tabanlı nümerik hava tahminleme için iki farklı yaklaşım sunmuştur. İlk yaklaşım gelişmiş bir istatistiksel açık meteorolojik verilere dayanmaktadır. Güneş enerjisi tahminine ikinci yaklaşım esas alınmıştır. Koşullu parametrik modelleme. Güneşin tahmini için çok uygundur Termal güç, bu yüzden girişlerde doğrusal olmayan yapılabilir. Yaklaşım ayrıca olasılıksa bir güneş enerjisi tahmin modeline genişletilmiştir (Bacher, 2012).

Han ve ark. çalışmalarında fotovoltaiik dizide uyumsuzluk kaybını incelemişlerdir. Uyumsuzluk kaybının kurulumda genellikle %1'den daha az olduğu ve ekonomik kaybının da bundan ötürü çok az olduğu üzerine çalışmalar vardır. Bu çalışmalarında, fotovoltaiik dizi üzerindeki uzun süreli uyumsuzluk kaybını analiz etmişlerdir. Bunun için dizideki modüllerin elektriksel parametreleri, kurulumdan önce ve 5.5 yıl süreye maruz kaldıktan sonra standart test koşulunda ölçmüşlerdir. Bir modelleme çalışması ile de elde edilen sonuçları doğrulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre bu kaybın güneş enerjisi santralleri için ileride önemli zararlar oluşturabileceği kanısına varmışlardır (Han & Lee, 2018).

Grycan ve ark. geçerli standart ve yönetmeliklerde yer alan koşulları yerine getirirken, fotovoltaiik kaynağın güç ağı parametreleri üzerindeki olası olumsuz etkilerini göstermektedir. Seçilen fotovoltaiik çiftliğinin örneğinde, kaynağın, geçerli standartlara uygun ve sonuçların analizine dayanan araştırma metodolojisine dayalı olarak, güç kalitesi parametreleri üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, gelecekte

yenilenebilir enerji kaynaklarının daha da geliştirilmesiyle ortaya çıkabilecek sorunla ilgili olası sorunları ve risklerini ortaya koymaktadır (Grycan, Brusilowicz, & Marek Kupaj, 2018).

Abdin ve ark. modüller arasında değişkenlik ve fotovoltaik bir dizinin davranışını doğru bir şekilde tahmin eden bir model geliştirmiştir. Modeli 912 modülden oluşan gerçek bir çatı dizisine (298 kW) uygulamışlardır. Ölçtükleri dize akımlarına dayanarak, tahmin edilen ortalama dize sıcaklığı, bir drone-monte edilmiş IR kamera kullanılarak bir radyometrik inceleme ile ölçülen sıcaklığı karşılaştırmışlardır. Hücre özelliklerinin beş parametrelili modeli, gerçek bir dizinin aktif MPP izleme ile çalışması gereken maksimum güç noktası çevresindeki bölgeye verilen en yüksek ağırlıkla, üreticinin verilerine bağlanmıştır. Model, üretim sürecinde ortaya çıkan modül karakteristiğindeki yayılımın ve dizideki sıcaklık homojensizliğinin etkilerini ayrı ayrı araştırmak için kullanılmıştır. Bir dizinin her modülündeki akım aynı kalıyordu ve her paralel bağlı dizgenin voltajı da aynı şekilde kısıtlandı. Bu kısıtlamalar, ortalama bir sıcaklıktaki ortalama bir modüle dayalı olarak tahmin edilenden daha fazla güç kaybına yol açar. Aynı ortalama sıcaklıktaki aynı ortalama modüllerden bir araya getirilmiş bir varsayımsal diziyle karşılaştırıldığında, üreticinin tolerans bandındaki karakteristiklerin yayılmasını temsil etmek için seçilen dağıtım fonksiyonunun ayrıntılı biçimine bağlı olarak değişkenlik yaklaşık % 2'lik bir güç kaybına neden olmuştur. Çalışma, sıcaklık değişmezliğinin büyük diziler için ciddi bir tasarım problemi oluşturduğunu, sadece kabul edilebilir derecede düşük ortalama dize sıcaklığını değil aynı zamanda mümkün olan en düşük sıcaklık yayılımını elde etmek için dikkatli bir termal tasarım gerektirdiğini doğrulamıştır (Abdin, Webb, & E. Mac A. Gray, 2018).

Alibakhsh Karaeian ve ark. bu çalışmada, oluk / Fresnel tabanlı fotovoltaik termal sistemler üzerinde kritik bir inceleme sunmaktadır. Çukur ve Fresnel mercek içeren bölümler deneysel, karma çalışmalar ve analitik simülasyon çalışmaları olarak üç bölüme ayrılmıştır. Bu bağlamda, deneysel çalışmalar her bir kategori için ayrı ayrı Tablolarda özetlenmiştir. Anketi sonuçlandırmak için bazı boşluklar tanımlanmış ve gelecekteki çalışmalar için öneriler önerilmektedir (Kasaeian, Tabasi, Ghaderian, & Hossein Yousefi, 2018).

Agmar Ferreira ve ark. bu çalışmada, Brezilya'da fotovoltaik güneş enerjisinin kullanılması için düzenleyici teşviklerin gelişiminin önemli yönlerini göstermeyi ve fotovoltaik enerji üretiminin teknolojilerini ve özelliklerini sunmayı amaçlamaktadır (Ferreira, ve diğerleri, 2018).

Daniella Rodríguez-Urrego bu makalede, güneş fotovoltaik enerjisi söz konusu olduğunda sahip olduğu gelişmeyi ve gelecekteki panoramalarını tanımlamaktadır. Çalışma, son on yılda yürütülen ve icra edilen projeleri ve SIN ve ZNI'de (Fotovoltaik Envanter) günümüze kadar kurulu olan kapasiteyi sunmaktadır. Öte yandan, belgede ulusal düzeyde sosyal ve politik gelişmelerin yanı sıra 2014 yılında imzalanan 1715 sayılı Kanun'un avantaj ve dezavantajlarının yasal yönleri açıklanmaktadır. Bu yasa, geleneksel olmayan kaynakların geliştirilmesini ve kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. enerji, onları ulusal enerji sistemine entegre ederek, fotovoltaik güneş enerjisinden elektrik üretimi gibi bu alternatif teknolojiler için ümit verici bir geleceğe izin veriyor. Son olarak, makale radyasyon potansiyelinin 6kWh / m<sup>2</sup> güne ulaştığı ZNI'lerde farklı fırsatları gösteriyor ve projeler 4,5 kWh civarında olan ulusal ortalamanın aksine Kolombiya'daki 2.25 MW'lık kapasiteyi aşmıyor (Rodríguez-Urrego & Rodríguez-Urrego, 2018).

Siecker ve ark. bu çalışmada, Standart Test Koşullarının (STC) önerilen sıcaklığının ötesinde çalışan fotovoltaik güneş panellerinin verimliliğini arttırmaya yönelik bir girişimde bulunurken, artan sıcaklığın olumsuz etkilerini en aza indirmek için kullanılabilecek çeşitli yöntemlerin gözden geçirilmesini sunmaktadır. Farklı soğutma teknolojileri gözden geçirilmiştir, yani Yüzer izleme konsantrasyonu soğutma sistemi (FTCC); Su püskürtme ile soğutulan hibrit güneş fotovoltaik / termal sistem; Isı emiciyle soğutulan hibrit güneş fotovoltaik / termoelektrik PV / TE sistemi; Zorunlu su sirkülasyonu ile soğutulan hibrit güneş fotovoltaik / termal (PV / T); Faz değiştirici malzemeler kullanılarak güneş panellerinin performansının iyileştirilmesi; Suyu daldırma soğutma tekniği ile güneş paneli; Şeffaf kaplama ile soğutulan güneş PV paneli (fotonik kristal soğutma); Hibrit güneş fotovoltaik / Termal sistem cebri hava sirkülasyonu ve Termoelektrik soğutma ile Güneş paneli ile soğutulur. Çeşitli araştırma makaleleri, fotovoltaik panellerin soğutulmasını sağlamak için kullanılan odak, katkı ve teknoloji türüne göre gözden geçirilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Sonuçların tartışılması, gözden geçirilen her teknolojinin avantajları, dezavantajları, uygulama alanı ve tekno-ekonomik karakterine dayanılarak yapılmıştır. Bu gözden geçirmenin amacı, PV modülünün yüzey sıcaklığını azaltmak için yukarıda bahsedilen teknolojilerin her biri için bir anlayış sağlamaktır. Çalışma, soğutma teknolojilerinin her birine bağlı yüzey sıcaklığı azaltma dizisine odaklanacaktır. Her soğutma teknolojisinin performansı da vurgulanacaktır. Bu çalışmaya ek olarak, bu gözden geçirme, her soğutma teknolojisinin performansını karşılaştıran bir tartışmayı içerecektir. Bu çalışmanın sonuçları sonuç bölümünde detaylandırılmıştır. Bu çalışma, fotovoltaik

panelleri soğutmak için seçilen yeterli teknolojinin, işletim yüzey sıcaklığını düşük ve sabit tutmak, basit ve güvenilir olması ve mümkünse, genel dönüşüm verimliliğini artırmak için ekstrakt edilmiş termal ısıнын kullanılmasını sağlamak için kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur. Sunulan ayrıntılı gözden geçirme, fotovoltaik sistemlerin teorisi, tasarımı ve / veya uygulanması üzerine çalışan mühendisler tarafından kullanılabilir (Siecker, Kusakana, & B.P. Numbi, 2017).

Nadia Al-Rousan ve ark. bu çalışmada, en iyi panel yönelimini belirlemek için fotovoltaik izleme sistemlerinin ilkelerini ve mekanizmalarını gözden geçirmektedir. Basit izleme sistemlerinin izleme teknikleri, verimliliği, performansı, avantajları ve dezavantajları, son teknoloji ürünü takip sistemleriyle karşılaştırılmıştır. Teknolojilerine ve sürüş yöntemlerine dayalı olarak farklı türlerde güneş takip sistemleri sunulacak ve kategorize edilecektir. İzleme sistemlerinin gelecekteki eğilimleri de vurgulanmaktadır (Al-Rousan, Isa, & Desa, 2018).

Byungil Kim ve ark. çalışmalarında, yaşam döngüsü boyunca modül arızaları nedeniyle bir fotovoltaik sistemin brüt üretiminin ne kadar azaldığını araştırmaktır. Bu etkiyi araştırmak için, Daejeon, Güney Kore'de bulunan 3,229 kW çatı üstü fotovoltaik sistemdeki modül arızalarını simüle etmek için ajan tabanlı bir model geliştirilmiştir. Simülasyon yoluyla, rutin bakım periyotlarının 52 haftadan iki haftaya kısaltılması durumunda, sistemin kendi yaşam döngüsü boyunca 430MWh daha ek ürettiği bulunmuştur. Bu bulgular, fotovoltaik sistem sahiplerinin daha hassas sistem değerlemeleri yapmasını sağlayarak stratejik modül değiştirme şemalarına entegre edilebilir. Ayrıca, bulgular çeşitli bakım maliyetleri senaryoları için optimal rutin bakım programlarının belirlenmesine temel teşkil etmektedir (Kim & Kim, 2018).

Sara Gallardo-Saavedra ve ark. çalışmalarında, termografik kameraların ve UAV teknolojisinin mevcut durumu, hava termografisi ölçüm ve gerekli enstrümantasyon genel prensiplerini incelemek, en önemli sistem yönlerini detaylandırmak, hava termografi sensörleri ve enstrümantasyonda yeni gelişmeleri ve gelecekteki eğilimleri tartışmak amacıyla, ve fotovoltaik bitkilerin hava termografik muayenesinin özel olarak uygulanması için bunları değerlendirmektedir (Gallardo-Saavedra, Gallardo-Saavedra, Hernández-Callejo, & Oscar Duque-Perez, 2018).

R. Cazzaniga ve ark. Yüzer platform üzerine monte edilen fotovoltaik (PV) kurulumlarının performans analizi yapılmıştır. Yüzen fotovoltaik (FPV) bitkilerin

verimliliğini ve maliyet etkinliğini arttırmak için farklı tasarım çözümleri sunulmakta ve tartışılmaktadır. Spesifik olarak, izleme, soğutma ve konsantrasyon gibi ek özelliklerin avantajlarını kullanan FPV çözümleri sunulmaktadır. Deneysel testlerin sonuçları rapor edilmekte ve pozitif izleme ve soğutma etkilerinden dolayı verimde önemli bir artış göstermektedir. Düz reflektörlerin kullanımı nedeniyle kazançlar da analiz edilir. Son olarak, entegre bir hava depolama sistemi geliştirmek için yüzer yapıyı su üzerinde kullanma imkanı sunulmuştur (R. Cazzaniga, ve diğerleri, 2018).

Jicheng Liu ve ark. çalışmaların da, temiz enerji ve çevre korumaya sürekli odaklanarak, Çin'de fotovoltaik üretim endüstrisinin genişlemesini incelediler. Bununla birlikte, şiddetli pazar rekabeti, ciddi fotovoltaik kısıtlama, yüksek maliyet, vb. büyük zorluklarla ve sorunlarla karşı karşıya olan üretim endüstrisinin sorunlarına çözüm aradılar (Jicheng Liu ve diğerleri, 2020).

Georg Angenendt ve ark. çalışmalarında fotovoltaik akü depolama sistemlerine sahip hane ve ısı pompası tesisatlarının sayısının giderek arttığını belirtmektedirler. Entegre bir evde, ev tipi batarya sistemleri ve güç-ısı bağlantısı için bir ısı pompasını birleştirilir. Kış aylarında, entegre bir evdeki depolama sistemleri düşük güneş radyasyonu nedeniyle tam kapasitelerinde kullanılmaz. Bağımsız akü depolarına kıyasla, güç-ısı bağlantısına sahip entegre evlerin en büyük avantajı, ısıtma sektöründeki negatif kontrol yedek gücünü emme esnekliğidir. Fotovoltaiklerden beslenmenin mevsimsel değişimi, değişken kontrol rezervi sağlanması için gelişmiş bir strateji ile değerlendirilir. Pazar katılımı, artan takvim yaşlanmasının etkisiyle hızlanan pil yaşlanmasına yol açar. Bu olası gelirlerle fazla telafi edilir. Piyasaya katılım için düşük maliyetler göz önüne alındığında, en az 3 kW rezerv gücünün sürekli sağlanması ekonomik olabilir (Georg Angenendt ve diğerleri, 2020).

Su Guo ve ark. çalışmalarında, konsantre güneş enerjisi santrali fikrini benimseyen ancak pahalı güneş alanını ihmal eden ve geleneksel küçük ölçekli termik santralin yenilenmiş güç bloğunu kullanan bir elektrikli ısıtıcı bir rüzgar-fotovoltaik-termal enerji depolama hibrid güç sistemi önermektedirler. Termik santralin yeniden inşası perspektifinden bakıldığında, hibrit sistem enerji seviyelendirilmiş maliyetini en aza indirmeyi ve iletim kanallarının kullanım oranını en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Kapasite optimizasyonu, çok amaçlı parçacık sürüşü optimizasyonu algoritması ile çözülür. Nihai optimum kapasite Pareto ön ve karar verme yöntemi ile elde edilir. Ayrıca, matematiksel modeller tarafından hesaplanan teorik güç çıktısını düzeltmek ve simülasyonun pratikliğini geliştirmek için aşma olasılığı ortaya konmuştur. Son olarak,

rüzgar-fotovoltaik-termal enerji depolama sistemi, rüzgar-fotovoltaik-batarya sistemi ve rüzgar-fotovoltaik sistemi karşılaştırılarak, önerilen sistemin iletim kanallarının kullanım oranını etkin bir şekilde artırdığı ve daha iyi bir güvenilirlik ve ekonomi performansı sunduğu sonucuna varılabilir (Su Guo ve diğerleri, 2020).

Lei Shen ve ark. çalışmalarında yeni enerji üretiminin egemen olduğu mikro şebeke sistemlerinde, DC mikro şebeke avantajları ile bir mikro şebeke teknolojisi araştırması yapmışlardır. Çalışmalarında, fotovoltaik (PV) güç üretimi elektrikli araç (EV) şarj istasyonunun DC mikro-ızgara sistemi araştırma nesnesi olarak alınmıştır, volan enerji depolama ve pil enerji depolama içeren hibrit enerji depolama teknolojisini önermektedirler. Volan enerji depolaması, yüksek frekanslı güç dalgalanmalarını ve bazı düşük frekanslı gücü dengelemek için kullanılır. Lityum demir fosfat (LiFePO<sub>4</sub>) pil, DC bara voltaj dengesini korumak için referans gücü dengelemek için kullanılır. DC mikro şebekenin bileşimi ve çeşitli çalışma modları analiz edilir, 5 katmanlı DC bara geriliminin güç izleme adımlarına dayanan hiyerarşik koordineli bir kontrol önerilir (Lei Shen ve diğerleri, 2020).

#### **1.4. Tezin Literatüre Katkıları**

1)Şebeke bağlantılı, depolamalı fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin analiz edilmesi için PVSYS, PVSOL, TRNSYS gibi yazılımlar ile modellemeler yapılmıştır. Yapılan modellemeler ile Kahramanmaraş için ideal yatay ve düşey açı tespit edilmiştir.

2)Modellemeler yardımıyla Kahramanmaraş için PV sehpanın üretime etkisi araştırılmış ve arazi tipi sehpanın en iyi üretim yaptığı tespit edilmiştir.

3) PV panellerde verimliliğe etki eden faktörlerin optimizasyonu ve analizi yapılmıştır. Panellerin sıcaklık, gölge etkisi optimize edilmiştir.

4) Kahramanmaraş'ta bulunan Güneş enerjisi santrallerinde incelemeler ve saha çalışmaları yapıldı. Verim artışı için çözüm önerileri geliştirilmiştir.

5)Güneş enerjisi santrallerindeki mühendislik hataları tespit edilmiştir. Güneş Enerjisi santrallerinde %13 gibi üretim kaybı tespit edilmiştir.

6)Türk Telekom güneş enerjisi santrallerinde incelemeler ve verim artışı yapılmıştır.

7) En ideal fotovoltaik santralin 0 °C azimut açısı değerine sahip bir santral olacağı tespit edilmiştir.

8)Modül tarafından üretilen ısı, modülün çalışma noktasına, modülün ve solar hücrelerin optik özelliklerine ve PV modülündeki güneş hücrelerinin paketleme yoğunluğuna bağlıdır.

9) Arazi sehpa tipi güneş paneli sisteminin yıllık ortalama performans oranı %86, düz çatı üzeri sehpa güneş paneli sisteminin performans oranı %84, çatı üzeri sıfır montaj güneş paneli sisteminin performans oranı %80, çatı üzerine yakın montaj güneş paneli sisteminin performans oranı %83, çatıya paralel konstrüksiyon güneş paneli sisteminin performans oranı %83 civarlarında olmaktadır.

10)Lokasyon olarak Baunatal, Almanya da kurulu 9,82 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaiik sistemin performans analizi yapılmıştır.

11)Lokasyon olarak Helsa, Almanya da kurulu 13,455 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaiik sistem verileri detaylı olarak analiz edilmiştir.

12)Depolamalı PV sistemlerde en önemli sorun akülerde oluşmaktadır. Mühendislik hatası sonucu yanlış hesaplanan akü kapasiteleri ve akülerin dış ortamdan etkilenmesi nedeniyle akülerden istenilen performans alınamadığı tespit edilmiştir.

13)Birden çok hücrenin/bataryanın seri ve/veya paralel bağlandığı sistemlerde, bataryaların birbirine eşdeğer şarj ve deşarj olabilmelerini sağlamak, toplam enerjinin efektif kullanılması ve batarya ömrünün uzaması açısından önem arz ettiği gözlemlenmiştir.

14)Akülerin teker teker ölçülmesi ve sıralı sistem çalıştırılması akü performansını artırmaktadır. Akülerin şarj, deşarj akımları ve ortamın sıcaklık kontrolü akü kontrol sistemleri tarafından yapılmaktadır.

15) Şebekeden uzak bölgelerde bulunan vericiler güneş enerjisi ile ekonomik olarak enerji sorununu çözmektedirler.

## 2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş, dünyamıza ve sisteminde bulunan diğer gezegenlere enerji veren sonsuz enerji kaynağıdır. Yaşam kaynağı olarak güneş, dünyamızda oluşan diğer enerji kaynaklarının da oluşumunda büyük rol oynamaktadır. Güneş, bitkilerin fotosentez yapabilmesi için gerekli enerjiyi sağlar. Doğada görülen bazı enerji çeşitlerinin de temelini güneş oluşturmaktadır. Rüzgâr, güneş ışınlarının sıcaklık farkından dolayı oluşmaktadır. Fosil yakıtlar (Kömür, petrol vs.) ise, güneş ışınımının kimyasal özelliğinden dolayı meydana gelirler. Dünya atmosferinin dışında Güneş ışınımının şiddeti, aşağı yukarı sabit ve  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir; ancak yeryüzünde  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında değişim gösterir. Güneş, aynı zamanda bir termonükleer reaktördür. Güneş içerisinde hidrojenin helyuma sürekli dönüştüğü füzyon tepkimeleri sürekli şekilde gerçekleşir ve tepkimeler sırasında oluşan kütle kaybı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılır. Geçmişten günümüze güneşin içinde devam eden bu dönüşüm tepkimelerinden yola çıkarak, bol ve temiz bir enerji kaynağı olarak güneş hem fosil yakıtlara alternatif olabilecek, hem de daha milyarlarca yıl dünyamızı ısıtmaya devam edecektir (Gürel, 2015). Güneş dünyanın en önemli enerji kaynağıdır. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkiler. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi ile gerçekleşmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biokütle enerjileri, güneş enerjisini değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü oluşturmaktadır. Güneş enerjisi çevre açısından temiz bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır (Akkurt, 2012).

Güneş, oldukça sıcak gaz maddelerden oluşan yarıçapı  $1,39 \times 10^9 \text{ m}$  olan bir küredir. Güneşin yeryüzüne uzaklığı yaklaşık  $1,5 \times 10^8 \text{ km}$  olup güneş enerjisi ışık hızı ile yeryüzüne 8 dakika 20 saniyede ulaşabilmektedir. Dünyadan bakıldığında güneş dairesi 32 dakikalık bir açı oluşturmaktadır. Bu birçok uygulama için önemlidir özellikle toplayıcı optiğinde güneş noktasal bir kaynak olarak düşünülemez. Güneş yüzeyi  $5.760 \text{ K}$ 'lik etkili bir siyah cisim sıcaklığına sahiptir. Merkeze yaklaştıkça bu sıcaklık çok daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır (Bozkurt, 2012). Güneş, hidrojeni helyuma dönüştüren devamlı bir füzyon reaktörüdür. Güneşin toplam çıkış gücü  $3,8 \times 10^{20} \text{ MW}$ 'dır bu da güneş yüzeyinde  $63 \text{ MW/m}^2$ 'lik güce eşittir. Bu enerji güneşten tüm yönlerle doğru yayılır. Toplam radyasyonun sadece küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşır bu da  $1,7 \times 10^{14} \text{ kW}$ 'tır. Buna rağmen güneşten yeryüzüne gelen enerji hesaplandığında 84 dakikada yeryüzüne ulaşan enerji toplamı

yaklaşık  $900 \times 10^{18}$  J olup, bir yıllık dünya enerji ihtiyacını karşılayacak kadardır. (Kalogirou, 2009).

Çizelge 2.1. Güneşin Yapısal Isıl ve Konum Özellikleri (Yücel, 2016)

| Özellikler                          | Değeri                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Yapısal Özellikler</b>           | Kütle (kg)<br>Hacim (km <sup>3</sup> )<br>Ekvator yarıçapı (km)<br>Hacimsel ortalama yarıçap (km)<br>Eliptiklik<br>Ortalama yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )<br>Yüzeydeki kütle çekimi ( m/s <sup>2</sup> ) |
| <b>Kimyasal Özellikler</b>          | Hidrojen (%)<br>Helyum (%)<br>Oksijen (%)<br>Karbon (%)<br>Nitrojen (%)<br>Neon (%)<br>Demir (%)<br>Silikon (%)<br>Magnezyum (%)<br>Kükürt (%)<br>Diğerleri (62 değişik element) (%)                     |
| <b>Isıl Özellikler</b>              | Merkez sıcaklığı (°K)<br>Yüzey sıcaklığı (°K)<br>Toplam ışıın güç (MW)                                                                                                                                   |
| <b>Konum ve Hareket Özellikleri</b> | Yer yörüngesine göre eğim (°)<br>Yakın yıldızlara göre hızı (km/s)<br>Eksen etrafında dönme periyodu (saat)                                                                                              |

Güneş enerjisi yeryüzünde üretilen enerjinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. İnsanlarda, hayvanlar ve bitkiler gibi, ısınma ve gıda ihtiyaçlarını gidermek için güneşten faydalanırlar. Ancak, insanlar da diğer birçok farklı şekillerde güneş enerjisini kullanmaktadırlar. Benzer şekilde biomas güneş enerjisini yakıtı çeviriyor ısı, ulaşım ve elektrik üretimi için kullanılıyor. Rüzgâr enerjisi yüz yıllarca ulaşım için mekaniksel enerji sağlamak için kullanılır. Günümüzde rüzgâr türbinleri rüzgâr gücünü elektriğe çeviriyorlar. Hidroelektrik enerjisi güneşten türetilmiştir. Güneş etkisiyle suyun buharlaşmasını ve buharlaşan suyun yağmur olarak tekrar yeryüzüne dönmesi sonucunda barajlardaki suyun yükselmesi sağlanır. Fotovoltaik güneş enerjisinden yararlanmada basit ve zarif bir yöntemdir. Güneş pilleri üzerine gelen güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürür, Güneş pillerinin gürültüsüzlüğü, çevre dostu olması gibi özellikleri onları güvenilir ve uzun ömürlü hale getirir (Parhızkar, 2015). Çizelge 2.1’de güneşin yapısal ısı ve konum özellikleri, Çizelge 2.2’de güneşle ilgili bazı büyüklükler görülmektedir.

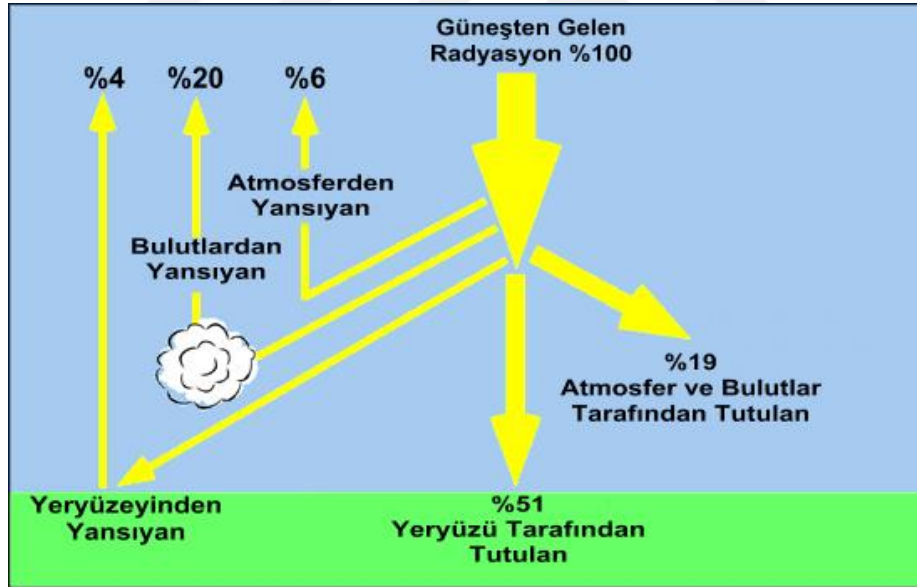
Çizelge 2.2. Güneşle İlgili Bazı Büyüklükler (Yücel, 2016)

|                  |                                                                                 |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Çap              | 1.391.980 km ( $10^9$ dünya çapı)                                               |
| Kütle            | $1.989.100 \times 10^{24}$ kg (333.000 dünya)                                   |
| Hacim            | $1.412.000 \times 10^{12}$ km <sup>3</sup> (1.304.000 dünya)                    |
| Dünyadan Uzaklık | Minimum: 147.100.000 km<br>Ortalama: 149.600.000 km<br>Maksimum: 152.100.000 km |
| Merkez Basıncı   | $2,477 \times 10^{11}$ bar                                                      |
| Merkez Sıcaklığı | $1,571 \times 10^7$ K                                                           |
| Merkez Yoğunluğu | $1,622 \times 10^5$ kg/m <sup>3</sup>                                           |
| Merkez Bileşimi  | %35H, %63 He, %2 C,N,O...                                                       |
| Yaşı             | $4,57 \times 10^9$ yıl                                                          |

## 2.1.Güneşten Gelen Işının Dağılımı

Güneşten gelen solar radyasyonun %51'i yeryüzüne direk ulaşır, bu enerji yeri ve yere yakın atmosferi ısıtır. Buharlaşmayı sağlar, bitkilerin fotosentez olayını gerçekleştirir. Geriye kalan %49'un, %4'ü yer yüzeyinden yansır, %26'sı bulutlar ve atmosfer tarafından yansıtılır. %19 ise atmosferik gazlar, partiküller ve bulutlar tarafından emilir (Akkurt, 2012).

Güneşten gelen ışının dağılımı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2.1.Güneşten gelen ışının dağılımı (İnternet05, 2018)

Güneş ışınımı güneşten elektromanyetik dalgalar halinde yayılan ışınımıdır. Bu ışınımın, atmosferde soğurulma, dağılma ve yansıma gibi işlemlere maruz kalır. Güneşten, paralel ışınlar halinde yere ulaşan ışınım doğrudan (direkt) ışınım, güneşten atmosfere girmiş olan güneş ışınımının bulutlar, kuru hava ve toz molekülleri tarafından çeşitli şekilde yansıtılıp dağıtıldıktan sonra tekrar yansıma sonucu yeryüzüne dönen kısmına yayılan

(difüz) ışınlım, çevredeki cisimlere çarparak cisimlerden yansıyan kısmına (reflected) ışınlım denir. Bu ışınlımların toplamına toplam ışınlım veya global ışınlım denir (Akkurt, 2012).

## 2.2. Güneş Sabiti

Dünya yörüngesinin dış merkezli olmasından dolayı Dünya-Güneş arasındaki uzaklık yıl içerisinde %1,7 oranında değişmektedir. Dünya ile Güneş arasındaki açı  $32^\circ$  olduğunda Dünya- Güneş uzaklığı 149 milyar metre olup bir atmosferik birim olarak adlandırılır. Güneş ‘ten Dünya atmosferinin dışına, ortalama Dünya-Güneş mesafesinde, yatay birim alana birim zamanda dik gelen enerji miktarına güneş sabiti denir ve  $G_{sc}$  ile gösterilir. Güneş sabiti, atmosfer öncesinde ışınlım doğrultusuna dik birim alana birim zamanda güneşten gelen enerjidir ve ortalama güneş-dünya mesafesi için değeri  $G_{sc}=1367 \text{ W/m}^2$ ’dir. Dünya güneş mesafesinin yukarıda bahsedildiği gibi değişken olması güneş sabitinin de günlere göre  $\pm \%3$  değişmesine neden olur. Bu nedenle yılın n. gününde birim alana dik gelen atmosfer öncesi radyasyon (güneş sabiti) aşağıdaki gibi hesaplanabilir (İnternet06, 2018);

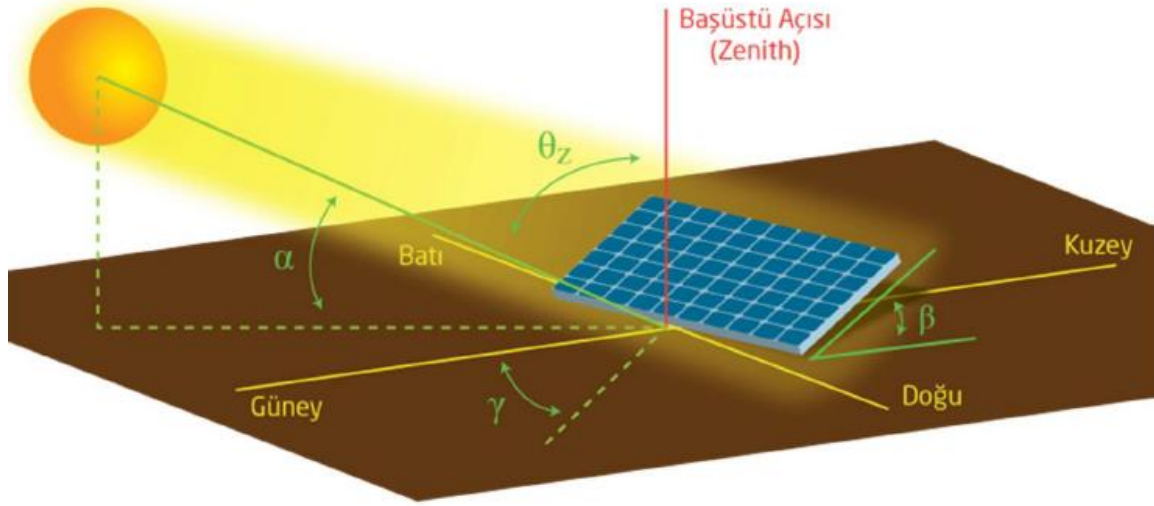
$$H_n = G_{sc} \cdot \left( 1 + 0,033 \cdot \cos \left( \frac{360(n-2)}{365} \right) \right) \quad (2.1)$$

## 2.3. Güneş Radyasyonu Hesaplama

Güneş ışınlımının en önemli özellikleri dünyanın kendi eksenini etrafında ve güneş çevresinde eliptik dönmesiyle belirlenir. Bu oluşumda hesaplamaların kolay olması açısından, geçmiş dönemlerden günümüze kadar birçok alanda çalışmalar yürütülmüş ve belli kabuller yapılarak yeni yöntemler geliştirilmiştir. Dünya üzerindeki herhangi bir yerin enlemi, boylam ve yüksekliğinin tanımlanması ve kutupsal koordinatların da kullanılmasıyla güneşin hareketin yerkürede incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu açıların bilinmesi sayesinde güneş enerjisinden hangi verimlilik ölçüsünde yararlanabileceğinin analizi yapılır (Kallioğlu, 2014). Şekil 2.1’da önemli güneş açıları görülmektedir.

Bir güneş enerjisi sisteminin yıllık performansı bulunduğu bölgenin güneş enerjisi potansiyeline bağlı olduğu gibi güneş açılarına da bağlı olarak değişmektedir. Bu açı değerleri değiştirilerek herhangi bir zamandaki performansları yükseltilebilmektedir. Yatay yüzeyler ile yaz mevsiminde ve düşey yüzeyler ile kış mevsiminde daha fazla ışınlım kazancı elde edilebilmektedir. Güneş izleyici sistemler ise PV güç sistemlerinin güneş açıları sürekli

olarak değiştirilerek ve güneşi izleyerek PV güç sistemleri ile güneş ışınımından üretilen enerji en yüksek düzeylere çıkarılabilmektedir.



Şekil 2.1.Güneş açıları (Ongun, 2017)

## 2.4.Esas güneş açıları

### 2.4.1.Enlem açısı ( $\Phi$ )

Referans noktamız ile ekvator arasındaki açıdır. Başka bir deyişle doğrudan gelen ışınım ile yatay düzlemin oluşturduğu açıya denir. Güneş yükseklik açısının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Kuzey yönde pozitif, güney yönde negatif olmak üzere  $-90^\circ$  ile  $+90^\circ$  arasında değişir. Ülkemiz coğrafi konum olarak  $36^\circ$ -  $42^\circ$  enlemleri arasında yer almaktadır.

### 2.4.2.Saat açısı ( $\omega$ )

Güneş ışınlarının bulunduğu boylam ile referans noktasının arasındaki açıdır. Zamanın açısal ölçüsüdür. Güneş öğle vakti ile ilgili zaman arasındaki saat farkı, 15 sabit sayısı ile çarpılarak güneş sabit açısı hesaplanır. Bu sabit sayı dünyanın güneş çevresinde bir defa dönüşü sırasında oluşan  $360^\circ$ 'lik açının 24'e bölünmesiyle elde edilmiştir. Saat açısı denklem (2.3)'de ki gibi ifade edilebilir.

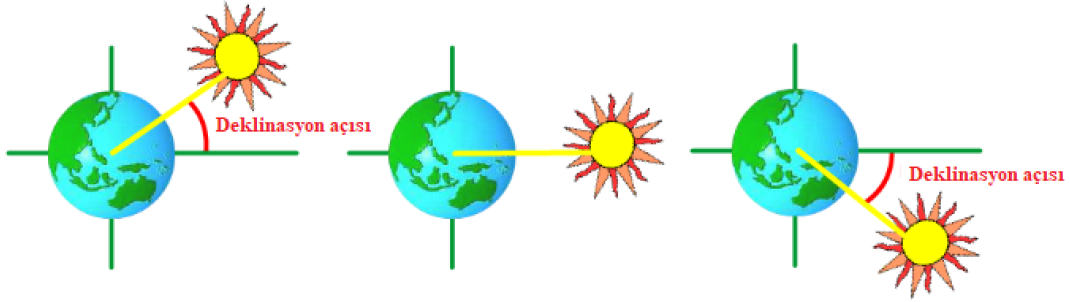
$$\omega = 15x(GS - 12) \quad (2.2)$$

### 2.4.3.Deklinasyon açısı ( $\delta$ )

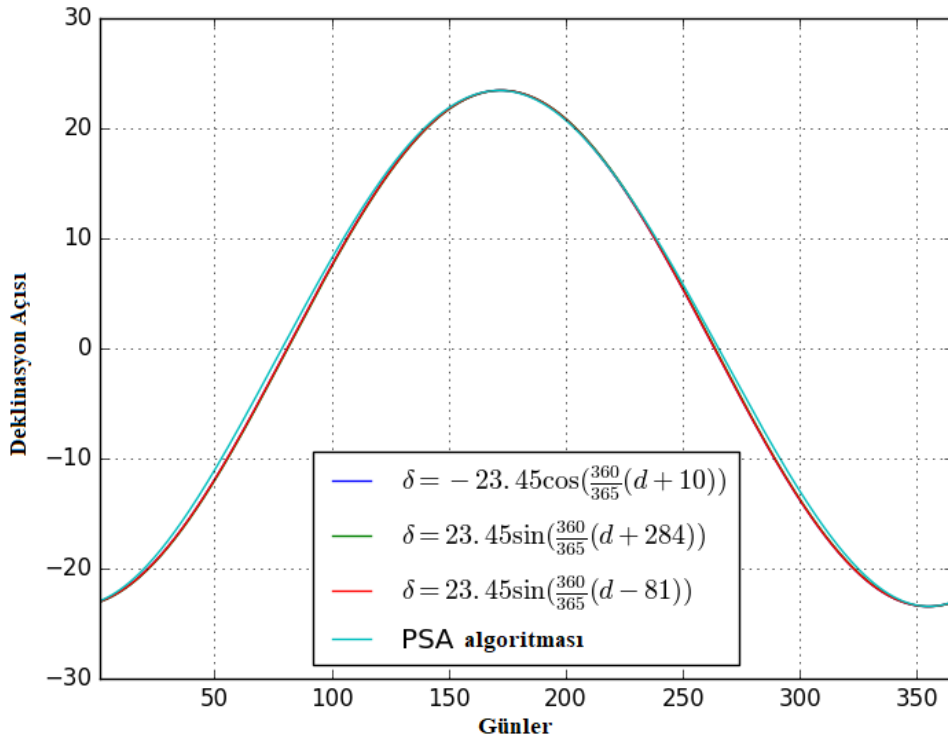
Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Bu açı, dünyanın dönme ekseninin, yörünge düzleminin normali ile yaptığı açı (eksen kaçıklığı da denir)  $23^\circ 27'$ 'lık

açıdan ileri gelir. 21 Mart ilkbahar ekinoksu (K) ve 22 Eylül sonbahar ekinoksu (K) olmak üzere her iki ekinoksta da deklinasyon açısı sıfır olur. Gün dönümü noktalarında (21 Haziran yaz gün dönümünde  $23,45^\circ$  ve 21 Aralık kış gün dönümünde  $-23,45^\circ$ ) mutlak değerce maksimum değerde olur. Şekil 2.2’de deklinasyon açısı ve Şekil 2.3’de deklinasyon açısının günlere göre değişimi görülmektedir.

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360(n+284)}{365}\right) \quad (2.3)$$



Şekil 2.2. Deklinasyon açısı (İnternet43, 2018)



Şekil 2.3. Deklinasyon açısının günlere göre değişimi (İnternet43, 2018)

## 2.5. Türetilen güneş açıları

### 2.5.1. Zenit açısı ( $\theta_z$ )

Doğrudan güneş ışınım doğrultusunun yatay düzlemin normali ile yapmış olduğu açıdır. Zenit açısı güneşin doğuş ve batışında iken, ışınların yeryüzüne dik geldiği durumda ise dir. Zenit açısı enlem açısına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\cos\theta_z = \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega + \sin\delta \cdot \sin\phi \quad (2.4)$$

### 2.5.2. Güneş yükseklik açısı ( $\alpha_s$ )

Güneşin herhangi bir anda doğrudan güneş ışınımı ile yerel yatay düzlem arasında oluşturduğu açıdır. Bu açı bütün mevsimlerde en yüksek değerini öğle vaktinde almaktadır.

$$\sin\alpha = \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\omega + \sin\delta \cdot \sin\phi \quad (2.5)$$

$$\theta_z + \alpha_s = 90^\circ \quad (2.6)$$

$$\sin\theta_z = \cos\alpha \quad (2.7)$$

### 2.5.3. Güneş azimut açısı ( $\gamma_s$ )

Güneşin doğrultusunun tam olarak bilinebilmesi için kutupsal koordinatlarda azimut açısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açı güneş-dünya doğrultusunun yatay düzlemdeki iz düşümünün, kuzey-güney doğrultusu ile yapmış olduğu açıdır başka bir deyişle doğrudan güneş ışınımı ile kuzey-güney doğrultusunun arasındaki açıdır.

$$\sin\gamma_s = -\frac{\cos\delta \cdot \sin\omega}{\sin\theta_z} \quad (2.8)$$

### 2.5.4. Yüzey azimut açısı ( $\gamma$ )

Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. Güneye bakan yüzeyler için  $\gamma=0^\circ$  olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı değer alır. Batıya yönelen yüzeyde eksi değer alır.

### 2.5.5. Eğim açısı ( $\beta$ )

Yüzey ile yatay arasındaki açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır.

### 2.5.6. Güneşin geliş açısı ( $\theta$ )

Direk güneş ışınımının yüzey normali ile yaptığı açıdır. Aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \\ &\quad + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega \\ &\quad + \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega \\ &\quad + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\cos\theta = \cos\theta_z \cdot \cos\beta + \sin\theta_z \cdot \sin\beta \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \quad (2.10)$$

### 2.5.7. Güneş batımı açısı ( $\omega_s$ )

Güneş doğumu/batımı açısı aşağıdaki denklemle hesaplanabilir (Yalçın, 2014).

$$\cos\omega_s = -\frac{\sin\phi \cdot \sin\delta}{\cos\phi \cdot \cos\delta} \quad (2.11)$$

### 2.5.8. Gün uzunluğu ( $N_g$ )

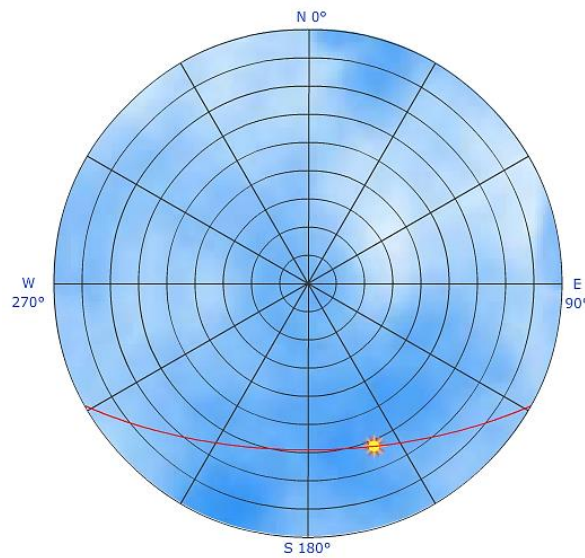
Gün uzunluğu aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$N = \frac{2}{15} \cdot \cos^{-1}(-\tan\phi \cdot \tan\delta) \quad (2.12)$$

## 2.6. Güneşin Konumu

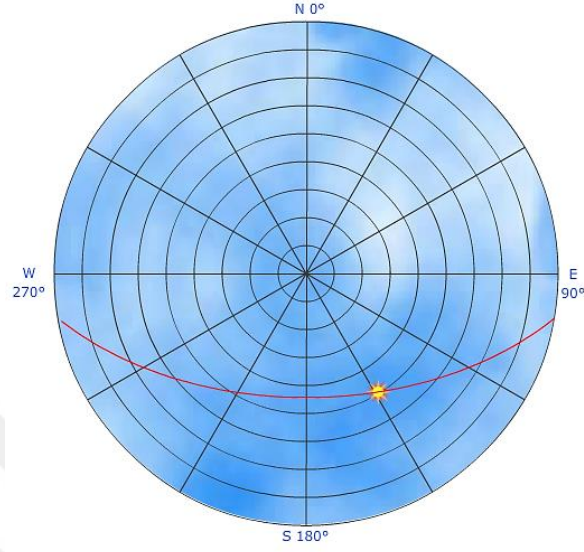
Güneşin konumu, enlem boylam ve zaman bilgisi ile hesaplanabilir.

| Kahramanmaraş |           |        |           |
|---------------|-----------|--------|-----------|
| Enlem         | 37,585831 | Boylam | 36,937149 |
| Ay            | Ocak      | Gün    | 1         |
| Saat          | 10        | Dakika | 15        |



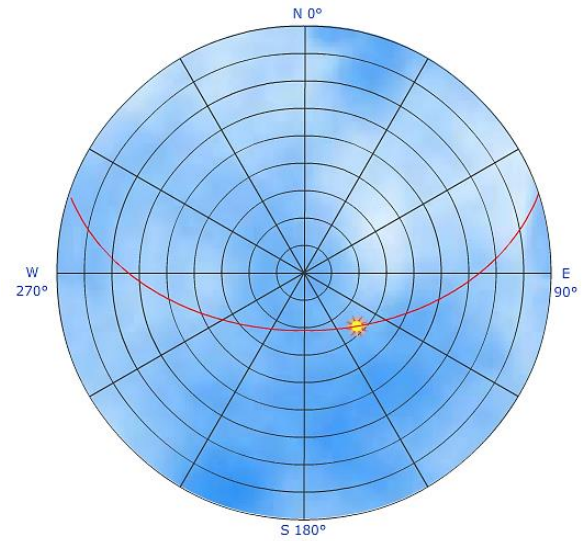
Şekil 2.4.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Ocak 2018

| Kahramanmaraş |           |        |           |
|---------------|-----------|--------|-----------|
| Enlem         | 37,585831 | Boylam | 36,937149 |
| Ay            | Mart      | Gün    | 1         |
| Saat          | 10        | Dakika | 15        |



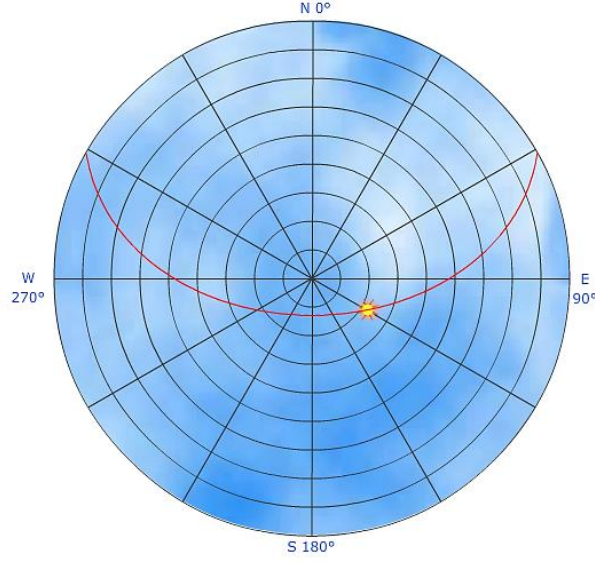
Şekil 2.5. Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Mart 2018

| Kahramanmaraş |           |        |           |
|---------------|-----------|--------|-----------|
| Enlem         | 37,585831 | Boylam | 36,937149 |
| Ay            | Mayıs     | Gün    | 1         |
| Saat          | 10        | Dakika | 15        |



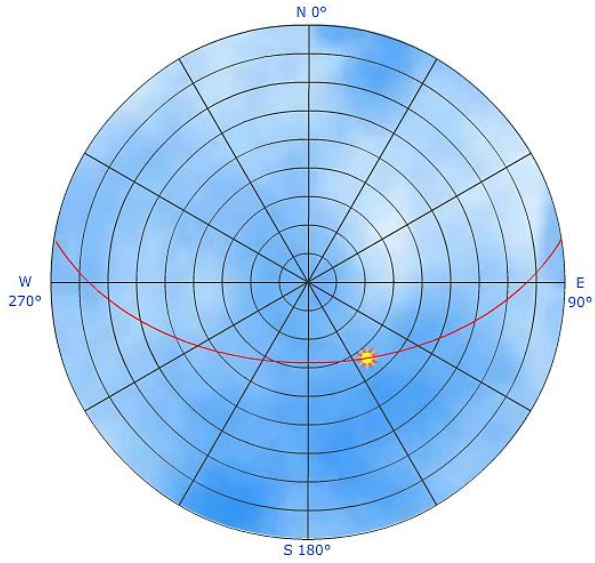
Şekil 2.6.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Mayıs 2018

| Kahramanmaraş |           |        |           |
|---------------|-----------|--------|-----------|
| Enlem         | 37,585831 | Boylam | 36,937149 |
| Ay            | Temmuz    | Gün    | 1         |
| Saat          | 10        | Dakika | 15        |



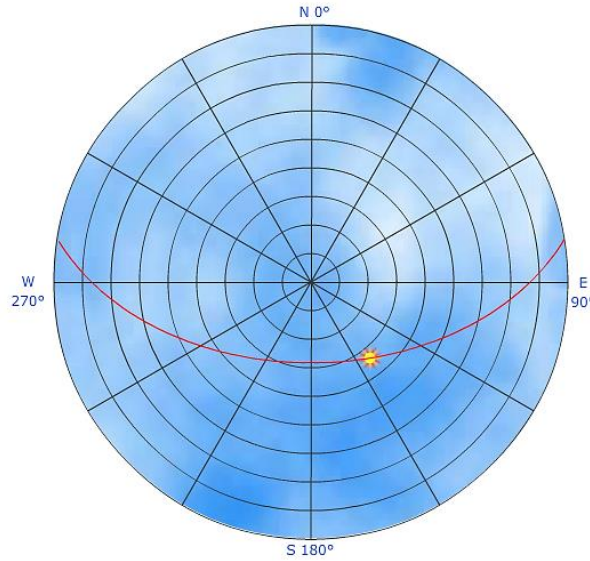
Şekil 2.7.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Temmuz 2018

| Kahramanmaraş |           |        |           |
|---------------|-----------|--------|-----------|
| Enlem         | 37,585831 | Boylam | 36,937149 |
| Ay            | Eylül     | Gün    | 1         |
| Saat          | 10        | Dakika | 15        |



Şekil 2.8.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Eylül 2018

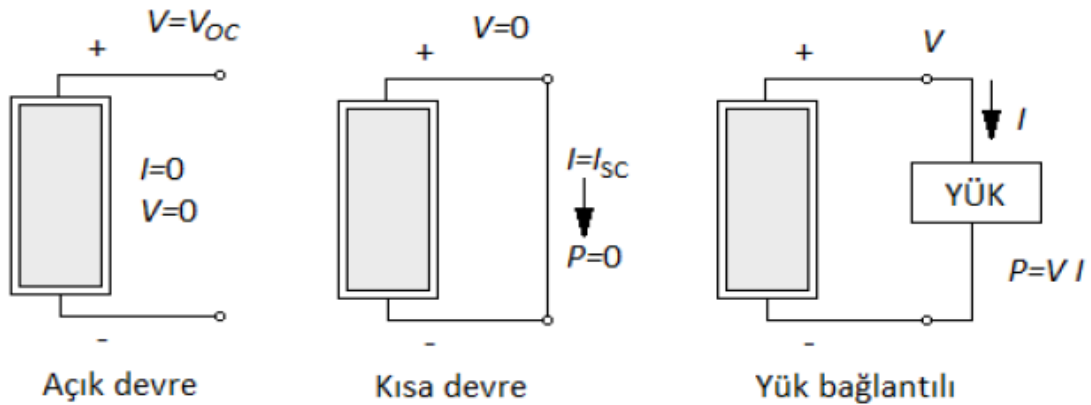
| Kahramanmaraş |           |        |           |
|---------------|-----------|--------|-----------|
| Enlem         | 37,585831 | Boylam | 36,937149 |
| Ay            | Kasım     | Gün    | 1         |
| Saat          | 10        | Dakika | 15        |



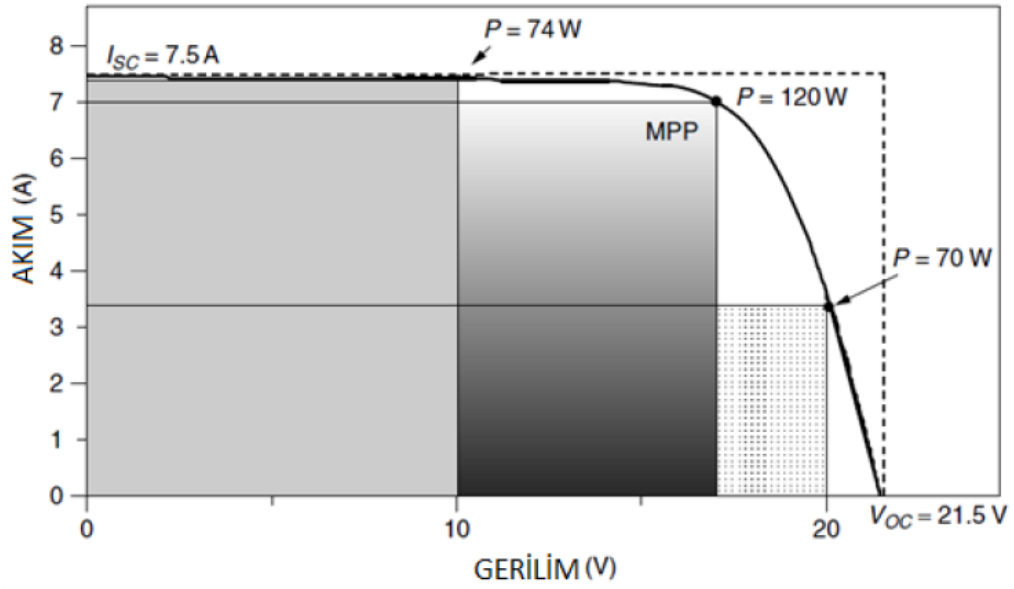
Şekil 2.9.Kahramanmaraş için Güneşin konumu:1 Kasım 2018

## 2.7. Fotovoltaik Panel Karakteristikleri

Bir fotovoltaik panelden elde edilebilecek güç temel olarak üreteceği akım ( $I$ ) ve gerilim ( $V$ ) ile ilgilidir. Sisteme yük bağlanmadan, güneş ışınlarına maruz kalan sistem modülü  $V_{oc}$  (açık devre gerilimi) olarak adlandırılan maksimum gerilimi üretir, bu durumda akım sıfırdır ve herhangi bir güç çıkışı olmaz. Kısa devre yapılan sistem ise  $I_{sc}$  (kısa devre akımı) denilen maksimum akımı üretir, bu durumda da gerilim değeri sıfır olduğu için güç üretimi yoktur. Yük bağlantısı sağlandığında sistem güç üretmeye başlar. Bu durumlar Şekil 2.10'te gösterilmiştir.



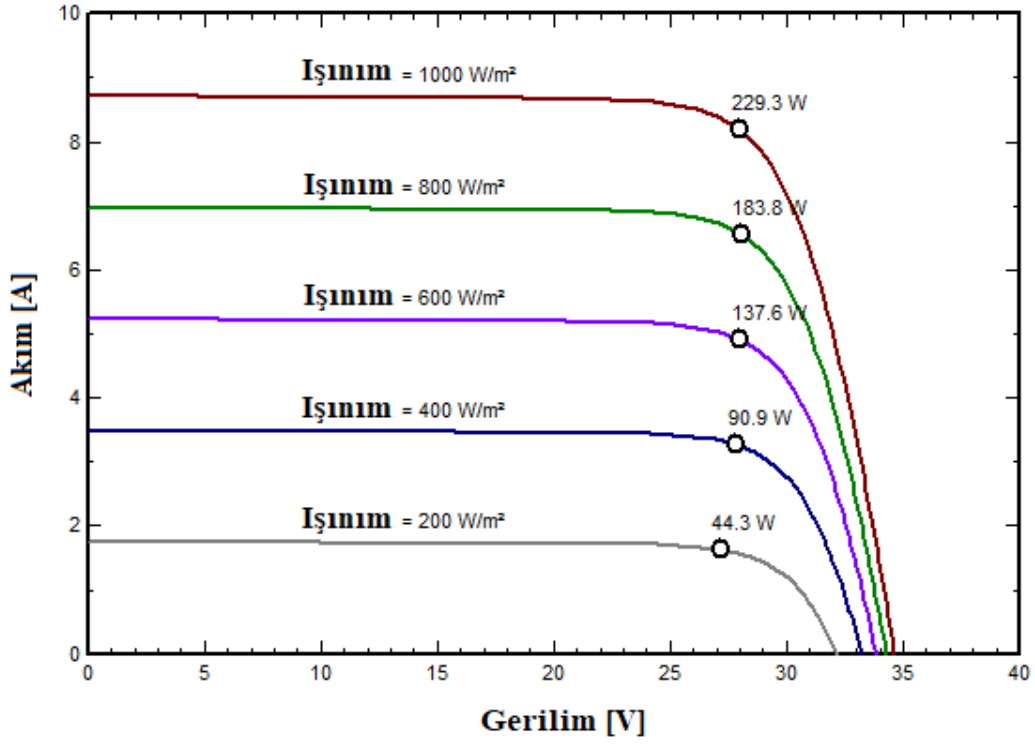
Şekil 2.10. PV modülün açık devre, kısa devre ve yük bağlantılı durumları



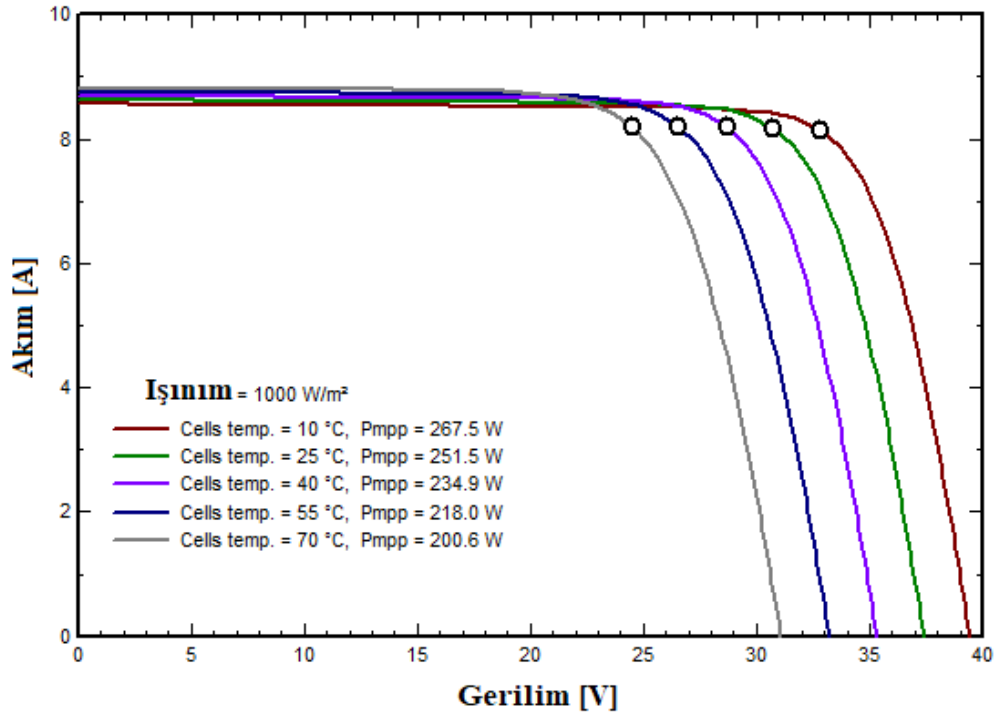
Şekil 2.11. PV panel I-V karakteristiği

PV panel performansı, standart test koşulları altında ( $1000 \text{ W/m}^2$  güneş ışınlımı,  $25^\circ\text{C}$  hücre sıcaklığı ) yapılan ölçümler sonucunda elde edilen akım-gerilim (I-V) karakteristik eğrileri ile ifade edilir. Bu şartlarda panelin üretebileceği maksimum güç  $P_{mpp}$  (maksimum power point) olarak adlandırılır.

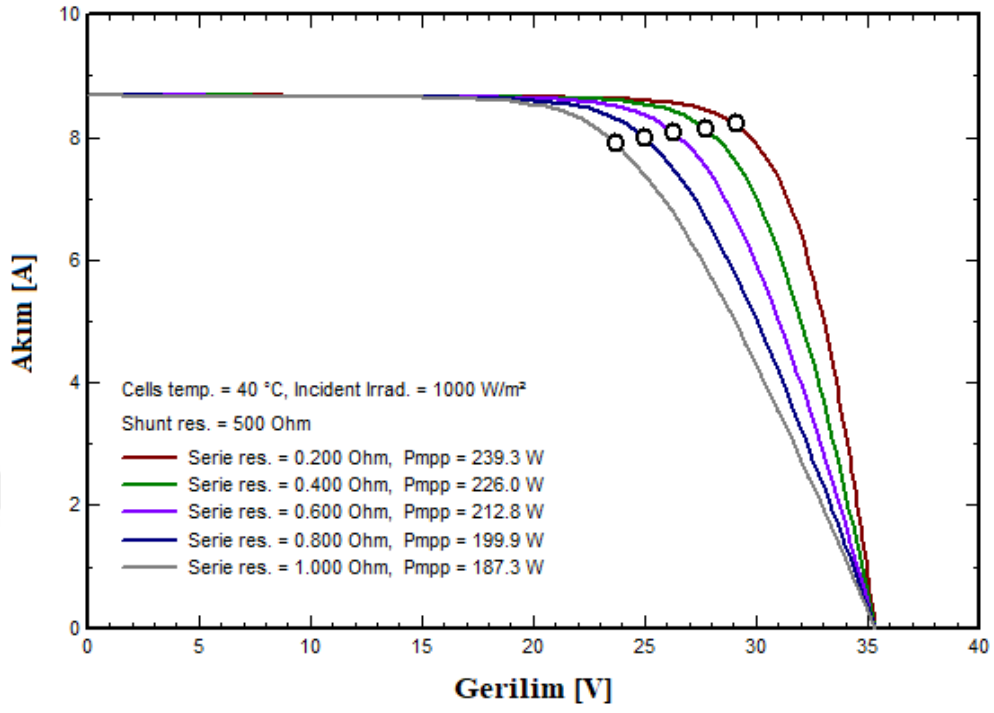
60 Hücreli 250 W polikristal bir panelin akım gerilim karakteristiğinin ışınlım ile değişimi Şekil 2.12’de görülmektedir. Panelin akım gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi Şekil 2.13’de görülmektedir. Panelin akım gerilim karakteristiğinin seri dirençle değişimi Şekil 2.14’de görülmektedir. Panelin akım gerilim karakteristiğinin paralel dirençle değişimi Şekil 2.15’de görülmektedir. Panelin güç gerilim karakteristiğinin ışınlım ile değişimi Şekil 2.16’de görülmektedir. Panelin güç gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi Şekil 2.17’de görülmektedir. Panelin güç gerilim karakteristiğinin seri dirençle değişimi Şekil 2.18’de görülmektedir. Panelin güç gerilim karakteristiğinin paralel dirençle değişimi Şekil 2.19’de görülmektedir. Panelin verim-sıcaklık karakteristiğinin ışınlım ile değişimi Şekil 2.20’de görülmektedir. Panelin verim-ışınlım karakteristiğinin sıcaklık ile değişimi Şekil 2.21’de görülmektedir. Panelin Verim-Işınım karakteristiğinin seri dirençle değişimi Şekil 2.22’de görülmektedir. Verim-Işınım karakteristiğinin paralel dirençle değişimi Şekil 2.23’de görülmektedir.



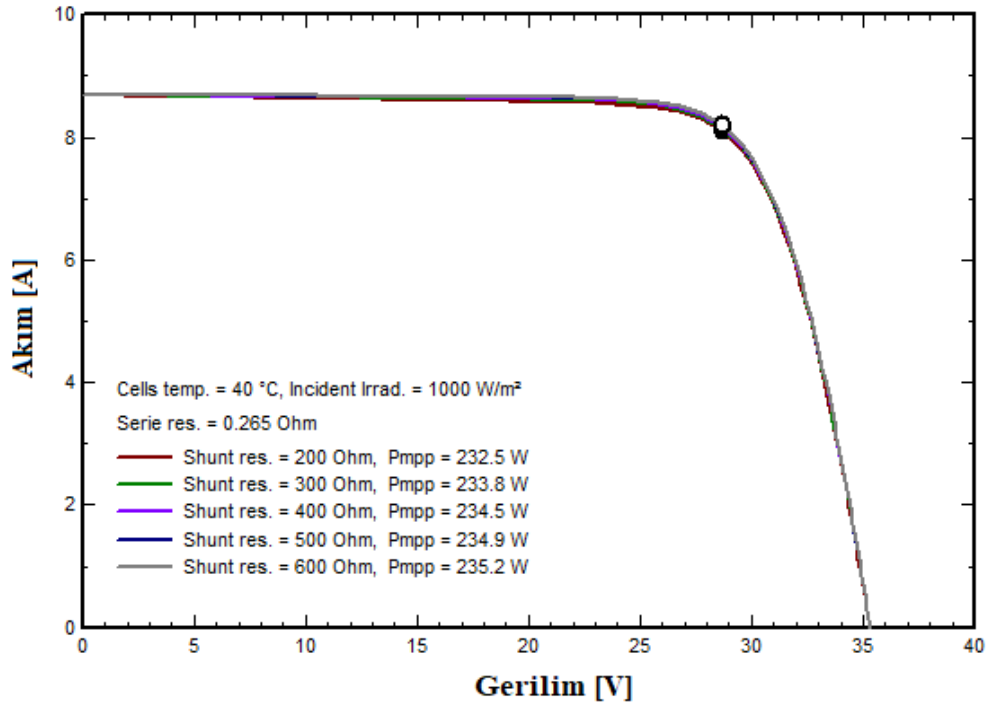
Şekil 2.12. Akım- gerilim karakteristiğinin ışınlm ile değışimi (PVSYST, 2018)



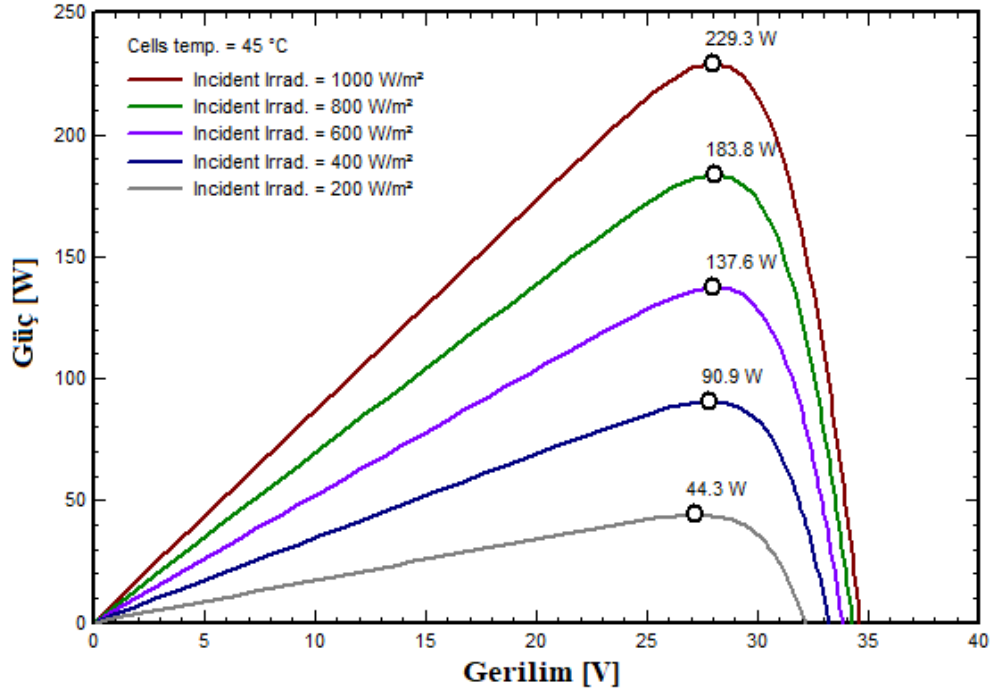
Şekil 2.13. Akım- gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değışimi (PVSYST, 2018)



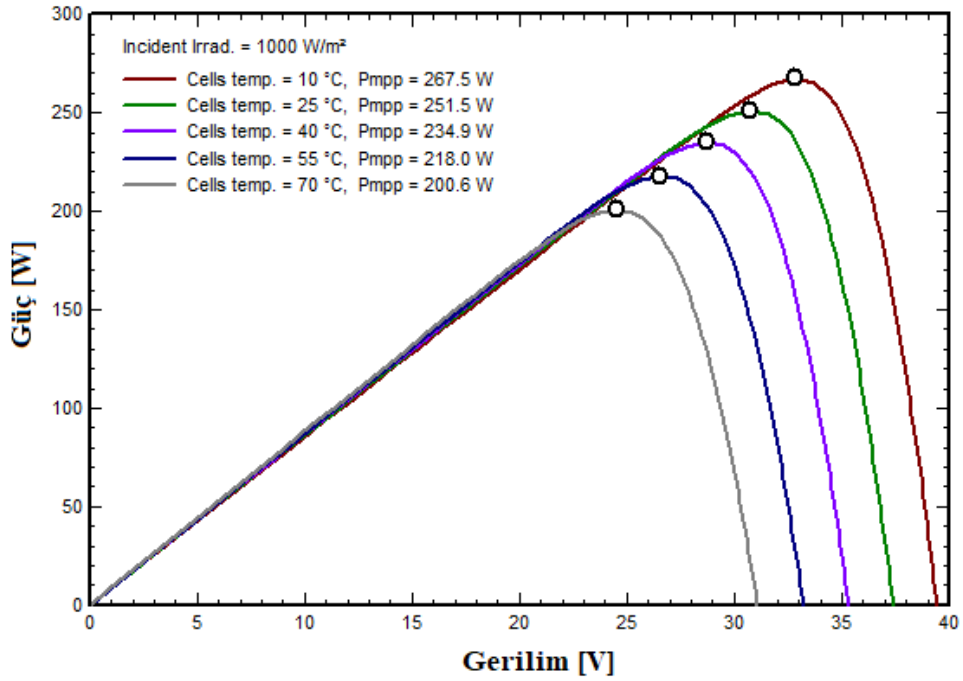
Şekil 2.14. Akım-gerilim karakteristiğinin seri dirençle değişimi (PVSYST, 2018)



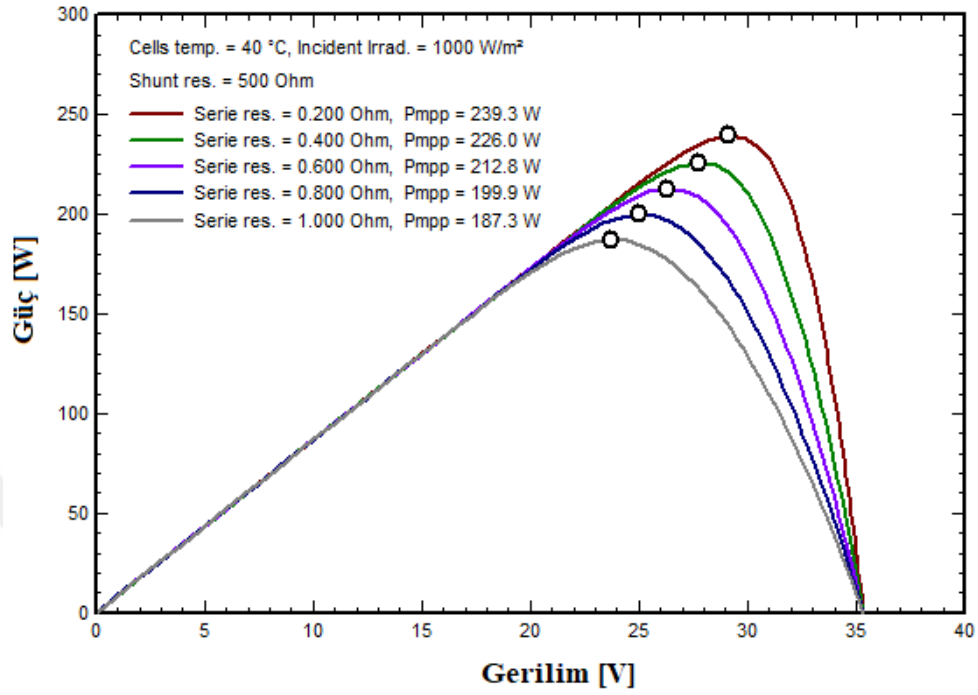
Şekil 2.15. Akım- gerilim karakteristiğinin paralel dirençle değişimi (PVSYST, 2018)



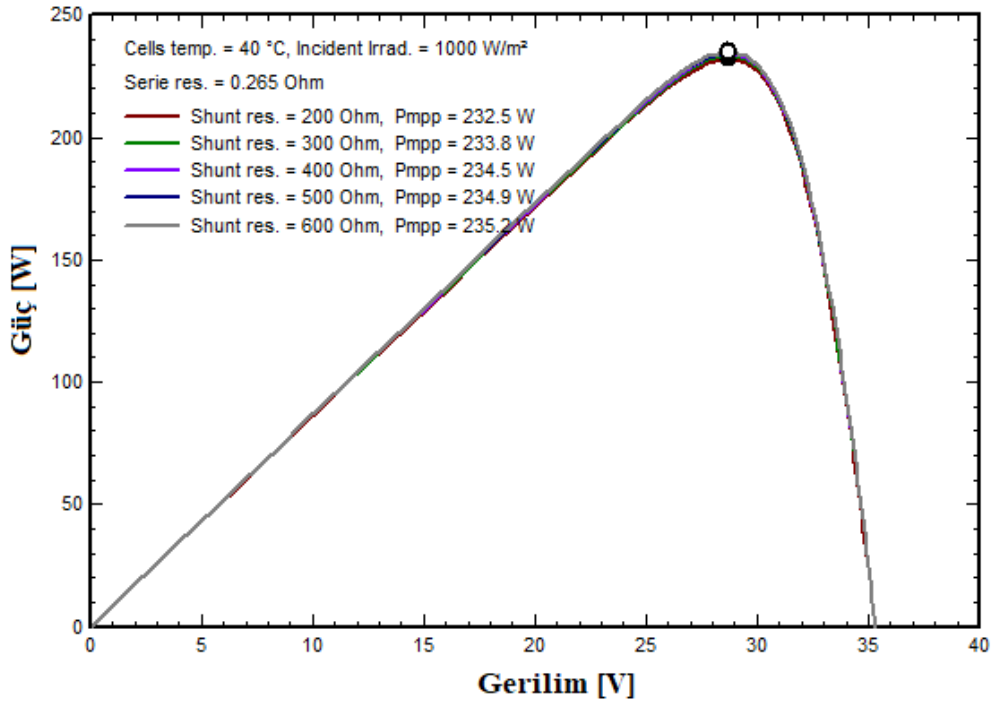
Şekil 2.16. Güç- gerilim karakteristiğinin ışınlam ile değişimi (PVSYST, 2018)



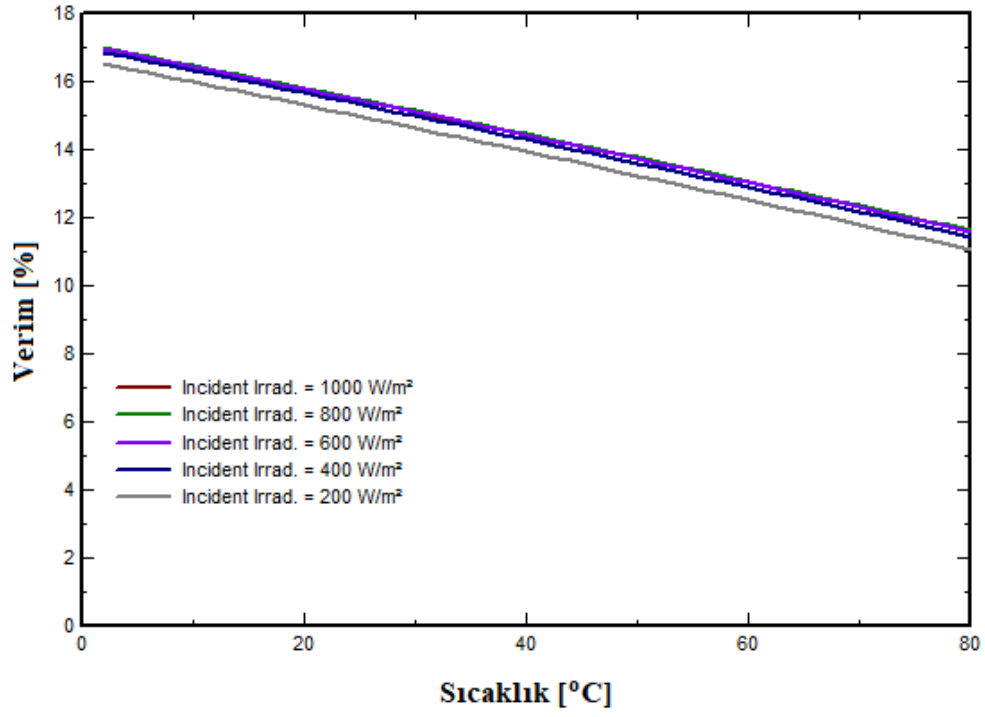
Şekil 2.17. Güç- gerilim karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi (PVSYST, 2018)



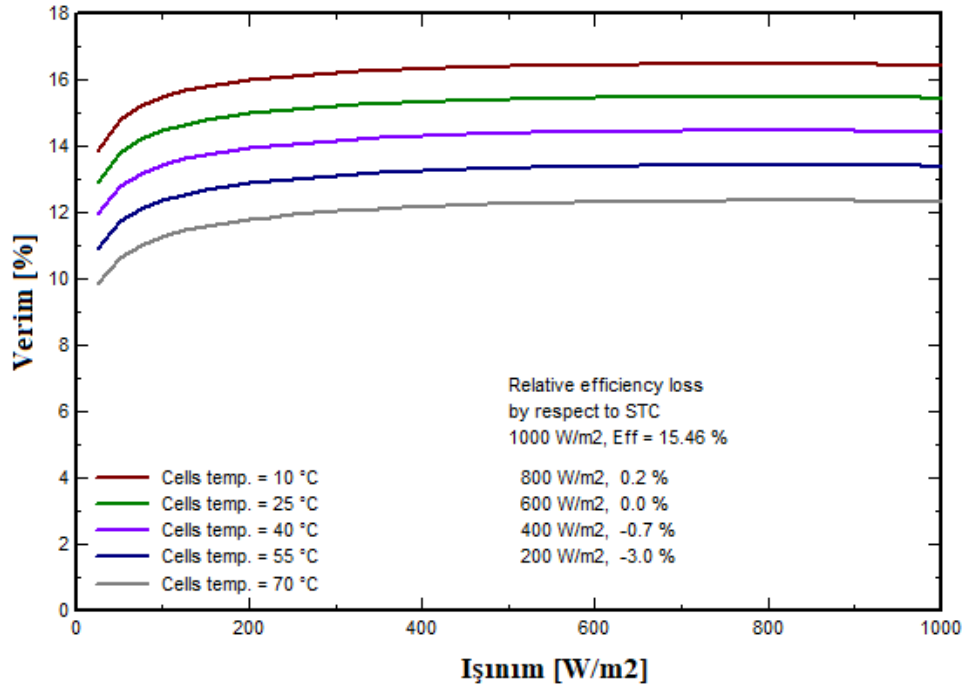
Şekil 2.18. Güç-gerilim karakteristiğinin seri dirençle değişimi (PVSYST, 2018)



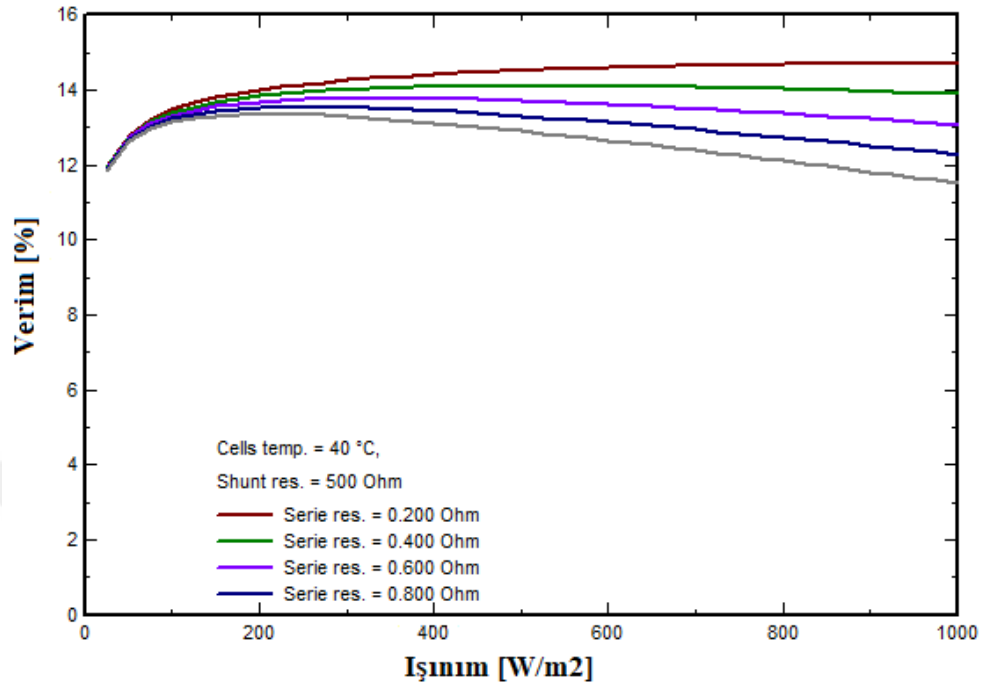
Şekil 2.19. Güç- gerilim karakteristiğinin paralel dirençle değişimi (PVSYST, 2018)



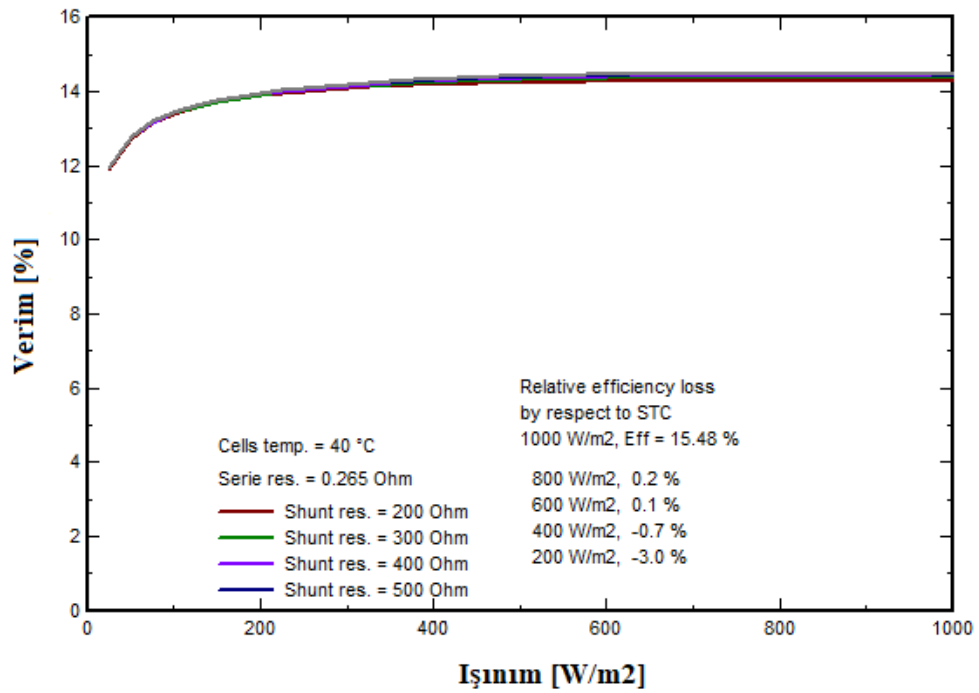
Şekil 2.20. Verim-sıcaklık karakteristiğinin ışınlam ile değişimi (PVSYST, 2018)



Şekil 2.21. Verim-İşınım karakteristiğinin sıcaklık ile değişimi (PVSYST, 2018)

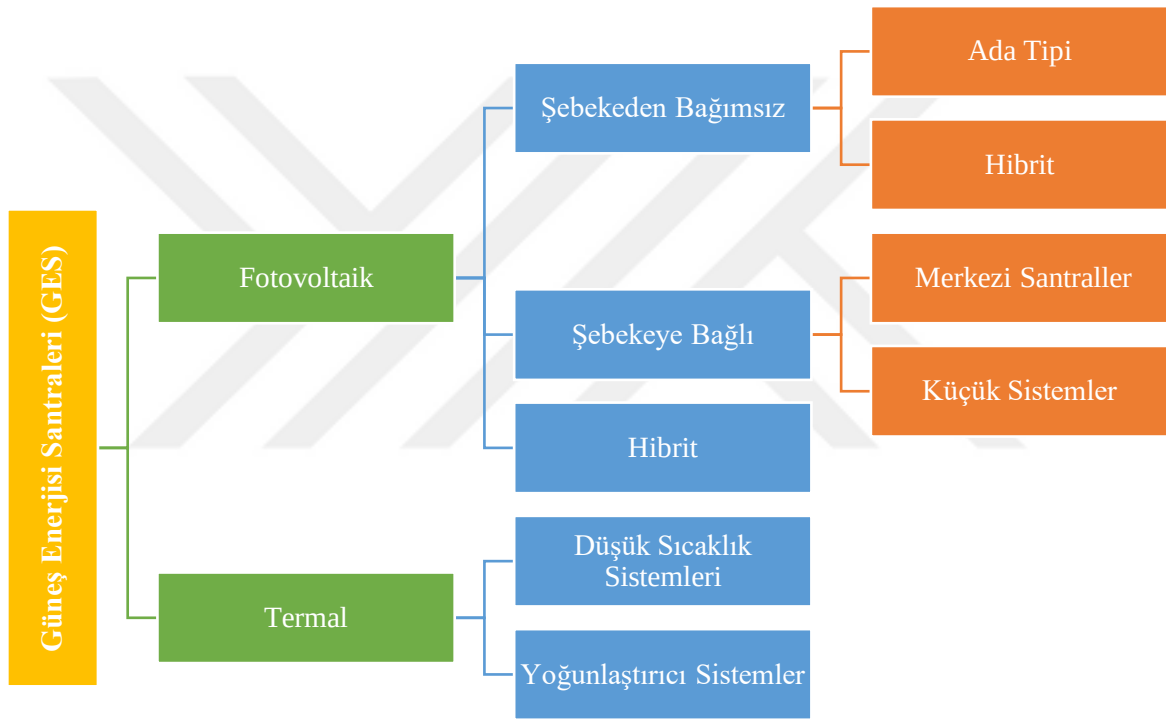


Şekil 2.22. Verim-Işınım karakteristiğinin seri dirençle değişimi (PVSYST, 2018)



Şekil 2.23. Verim-Işınım karakteristiğinin paralel dirençle değişimi (PVSYST, 2018)

Güneş Enerji Santralleri temelde iki farklı yapı ile çalışır. Bunlar fotovoltaik sistem ve termal sistemdir. Fotovoltaik sistemde, güneşten gelen radyasyon, paneller vasıtası ile enerjiye çevrilmekte, elde edilen enerji inverter cihazı ile kullanıma uygun hale getirilerek kullanılmaktadır. Termal sistemlerde özel aynalar vasıtası ile güneş ışınları belli bir noktaya iletilmekte, bu noktada bulunan yağ, su vb. sıvı ısıtılmakta, ısıtılan bu sıvı ile termik sistemlerde olduğu gibi buhar basıncı vasıtası ile mekanik enerji kinetik enerjiye çevrilmektedir. Çok yaygın olmasa da bu iki sistem haricinde değişik yöntemlerle de güneş enerjisi elektrik enerjisine çevrilebilmektedir. Şekil 2.24’de güneş enerjisi santral çeşitleri görülmektedir.



Şekil 2.24. Güneş enerjisi santral çeşitleri

## 2.8. Yüzeye Gelen Işınım

Güneye yönlendirilmiş eğimli bir yüzeyde ve iki eksenli izleme sistemi yüzeyinde güneş ışınımı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü (f), n yıl içindeki gün sayısı (1-365) olmak üzere;

$$f = 1 + 0,033 \cdot \cos \left( 360 \cdot \frac{n}{365} \right) \quad (2.13)$$

Şeklinde tanımlanır. Deklinasyon açısı  $\delta$  ise;

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360(n+284)}{365}\right) \quad (2.14)$$

Şeklinde hesaplanabilir.

Saat açısı  $\omega$  ;

$$\omega = 15x(GS - 12) \quad (2.15)$$

Güneş yükseklik açısı ise  $\alpha_s$ ;

$$\alpha_s = \sin^{-1}[\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] + [\sin\phi \cdot \sin\delta] \quad (2.16)$$

İfadesi yarımıyla hesaplanabilir. Burada  $\phi$  bölgenin enlem derecesidir.

Güneş azimut açısı  $\gamma_s$ ;

$$\gamma_s = \cos^{-1}\left(\frac{[\sin\alpha_s \cdot \sin\phi] - \sin\delta}{\cos\alpha_s \cdot \cos\phi}\right) \quad (2.17)$$

Şeklinde hesaplanır.

Zenit açısı ise  $\theta_z$ ;

$$\theta_z + \alpha_s = 90^\circ \quad (2.18)$$

$$\theta_z = 90^\circ - \alpha_s \quad (2.19)$$

Olarak elde edilebilir.

Yüzey azimut açısı  $\gamma$  ise;

Güneye yönlendirilmiş yüzeyler için ;  $\gamma = 0$

İki eksen izlemeli sistemlerin yüzeyi için;

$$\gamma = 180 - \gamma_s \quad (2.20)$$

Şeklinde alınabilir.

Güneş geliş açısı  $\theta$ ;

$$\begin{aligned} \theta = \cos^{-1} & [\sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta] - [\sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma] + [\cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega] \\ & + [\cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega] + [\cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega] \end{aligned} \quad (2.21)$$

Formülü yardımıyla hesaplanabilir.

Güneye yönlendirilmiş bir yüzey için  $\gamma = 0$  alınır. İki eksenli izleme durumunda ise  $\theta = 0$  olur. İki eksenli izleme yapan sistemin eğim açısı ise  $\beta$ ;

$$\beta = 90 - \alpha_s = \theta_s \quad (2.22)$$

İfadesi ile belirlenir.

Yatay yüzeye gelen anlık ışıınım H;

$$H = 1367. \left( 1 + 0,33. \cos \left( \frac{360.n}{365} \right) \right). \cos \theta_z \quad (2.23)$$

Olarak hesaplanabilir.

Burada 1367 W/m<sup>2</sup> olarak güneş sabitidir.

Yatay bir yüzeye gelen ışıınım yoğunluğu (H) ile maksimum güneş ışıınımı (H<sub>n</sub>) arasında;

$$H_n = \frac{H}{\cos \theta_z} \quad (2.24)$$

Şeklinde bir ilişki vardır.

Eğik yüzeye dik direkt güneş ışıınımı miktarı H<sub>b</sub>;

$$H_b = H_n. \cos \theta \quad (2.25)$$

İle hesaplanabilir.

R<sub>b</sub>, PV panel üzerine gelen ışıınımın yatay düzleme gelen ışıınıma oranıdır ve

$$R_b = \frac{H_b}{H} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (2.26)$$

Şeklinde hesaplanabilir.

Böylece eğik yüzeye dik direkt güneş ışıınımı miktarı H<sub>b</sub>;

$$H_b = H. R_b \quad (2.27)$$

Şeklinde de yazılabilir.

Eğimli bir yüzeyde difüz ışıınım miktarı ise H<sub>d, p</sub>;

$$H_{d,p} = H_d. \frac{(1+\cos \beta)}{2} \quad (2.28)$$

Şeklinde tanımlanabilir.

H<sub>d</sub> yatay bir yüzeydeki difüz ışıınım miktarıdır ve

$$H_d = k_y. H \quad (2.29)$$

Şeklinde hesaplanabilir. Burada k<sub>y</sub> yayılı ışıınım oranıdır ve

$$K_y = 1,39 - 4,02. K_T + 5,31. K_T^2 - 3,108. K_T^3 \quad (2.30)$$

Denkliği ile hesaplanabilir. Burada K<sub>T</sub> bulutluluk faktörü olup;

$$K_T = \frac{H}{H_n} \quad (2.31)$$

Şeklinde ifade edilebilir.

Eğimli bir yüzeyde yansıyarak gelen ışıının miktarı  $H_{gr}$  ise;

$$H_{gr} = (H + H_d) \cdot \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \cdot \rho_g \quad (2.32)$$

Şeklinde verilir. Burada  $\rho_g$  yüzey yansıtıcılığıdır.

Çizelge 2.3’de farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları görölmektedir.

Çizelge 2.3. Farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları.

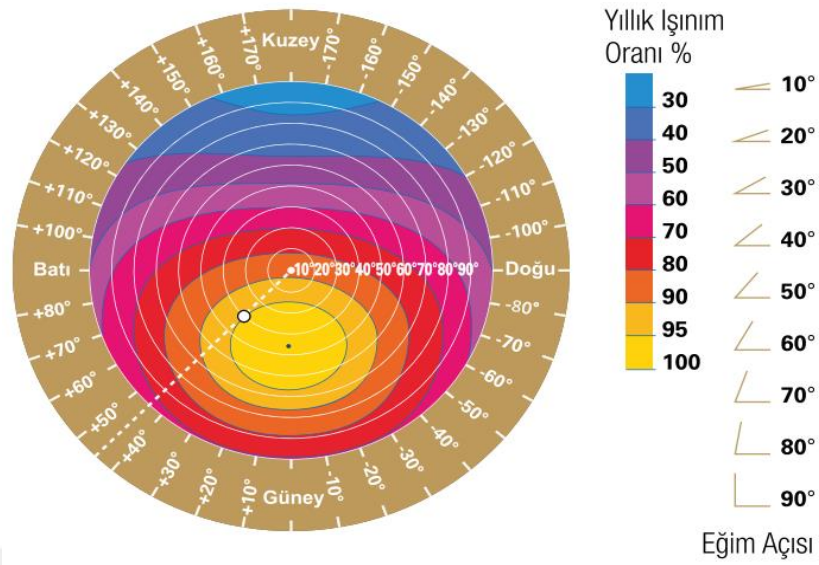
| Yüzey                            | Ortalama Yansıtma Katsayısı |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Kar (yeni yağmış veya buz kaplı) | 0,75                        |
| Su yüzeyi                        | 0,07                        |
| Yeşil çim                        | 0,26                        |
| Beton kaplı alan                 | 0,22                        |
| Topraklar (kil, balçık, vb.)     | 0,14                        |
| Çam ormanları (kış mevsimi)      | 0,07                        |
| Sonbahardaki ormanlar            | 0,26                        |
| Kara yolu                        | 0,04                        |
| Asfalt kaplı zemin               | 0,10                        |
| Ölü yapraklar                    | 0,40                        |
| Kuru çim                         | 0,20                        |
| Kırılmış taş yüzeyler            | 0,20                        |

Eğimli bir PV panel yüzeyine gelen toplam ışıının miktarı, direkt ışıının, difüz ve eğimli bir yüzeyde yansıyan ışıınınların toplanmasıyla;

$$H_T = H_b + H_{d,p} + H_{gr} \quad (2.33)$$

Elde edilebilir.

Yatay ve düşey açıya göre yıllık alınabilen ışıının oranı Şekil 2.25’de görölmektedir.



Şekil 2.25. Yıllık ışınlım oranı

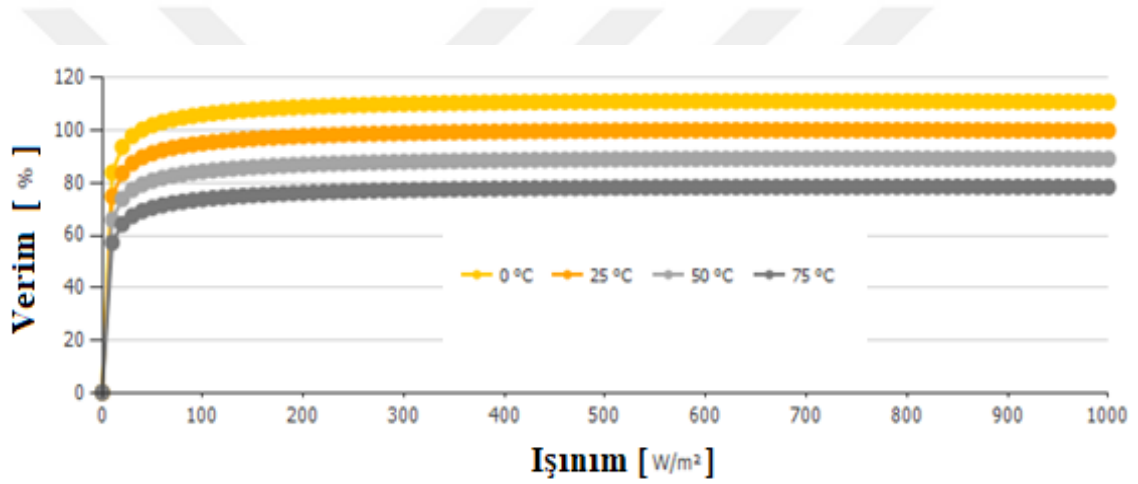
Kahramanmaraş lokasyonunun da 6,03 kWp kurulu güce sahip bir fotovoltaik santral ele alınmış olup bununla ilgili modelleme gerçekleştirilmiş ve detaylı bir analiz yapılmıştır. Bu santral çatı yüzeyine yerleştirilmiş olup güneye 30° eğimli vaziyettedir. Oluşturulan model için azimut açısının fotovoltaik santral üzerindeki üretim değerlerine olan etkileri analiz edilmiştir. Bu durum için azimut açısı değeri 0°'den 180° değerine kadar hem doğu hem batı yönlerinde 10° aralıklarla değiştirilmiş ve karşılaştırmalı analiz sunulmuştur. Ek olarak; bu değişimin aylara göre dağılımları da incelenmiştir. Böyle bir çalışma kurulacak fotovoltaik santrallerin kurulmadan önceki azimut açısı değerlerine göre üretebileceği enerji değerlerini açık bir şekilde göstermektedir.

Modellemede fotovoltaik panel olarak LG marka LG335N1C-A5 model 335 W panel kullanılmıştır. Çizelge 2.4. LG marka LG335N1C-A5 model 335 W Panel Karakteristiği'de panele ait elektriksel özellikler verilmiştir.

Şekil 2.26'de fotovoltaik panelin ışınlım ve sıcaklık değerlerine göre verimlilik değişimi gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılabileceği üzere özellikle 0 °C değerinde verimlilik oranı çok yüksek olup %100 civarlarındadır. Sıcaklık değeri 25 °C 'den 75 °C 'değerine doğru gittikçe artınca sabit ışınlımda verim de azalmaktadır. Işınlım değerinden bağımsız olarak yüksek hava sıcaklığı fotovoltaik panelin verimini doğrudan düşürmektedir. Bundan ötürü yüksek rakımlı, hava sıcaklığının daha düşük olduğu bölgelerde fotovoltaik panellerin verimleri daha yüksek olmaktadır.

Çizelge 2.4. LG marka LG335N1C-A5 model 335 W Panel Karakteristiği

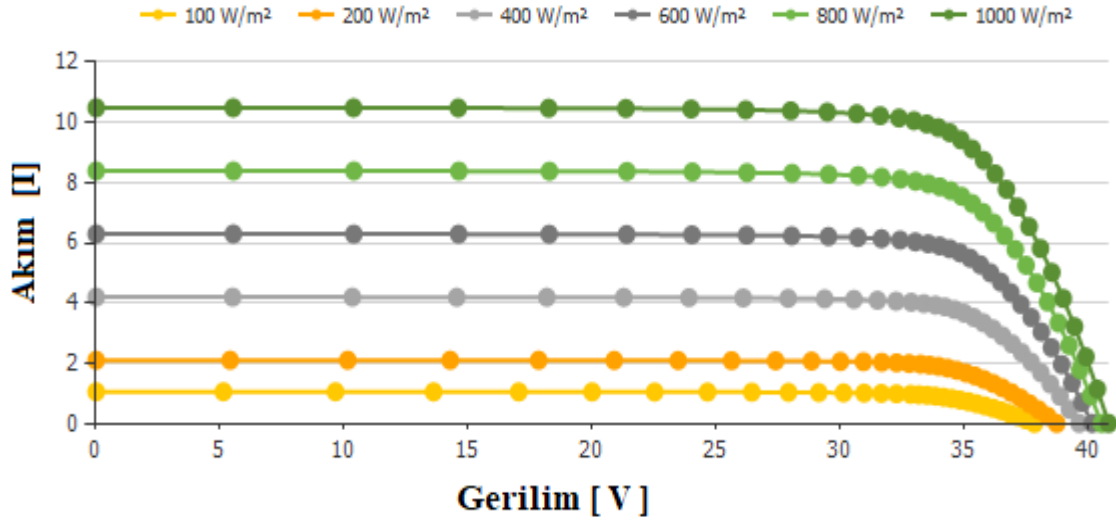
| Elektriksel Karakteristikler     | Birim | Değer |
|----------------------------------|-------|-------|
| Maksimum Güç                     | Wp    | 335   |
| Açık Devre Gerilimi              | V     | 41    |
| Kısa Devre Akımı                 | A     | 10,49 |
| Maksimum Güçteki Gerilimi        | V     | 34,1  |
| Maksimum Güçteki Akımı           | A     | 9,83  |
| Normal İşletmede Hücre Sıcaklığı | °C    | 45±2  |
| Güç Sıcaklık Katsayısı           | %/°C  | -0,37 |
| Gerilim Sıcaklık Katsayısı       | %/°C  | -0,27 |
| Akım Sıcaklık Katsayısı          | %/°C  | 0,03  |



Şekil 2.26. Fotovoltaik panelin ışınlam ve sıcaklık değerlerine göre verimlilik değişimi

Şekil 2.27’te fotovoltaik panelin ışınlam değişimine göre akım-gerilim değerleri verilmiştir. Verilerden de anlaşılacağı üzere ışınlam değeri arttıkça akım değeri önemli oranda değişmekte olup gerilim değeri ise az oranda değişim göstermektedir. Işınlam yüksek olması panelin ürettiği akımı doğrudan arttırmaktadır. Gerilim değeri de ışınlam değeri ile artar ama bu artış daha az durumdadır. Örneğin ışınlam değeri 400 W/m<sup>2</sup> değerindeyken panelin maksimum güçteki akım değeri 4 A, gerilim değeri 32,5 V civarlarındadır. Işınlam değeri 600 W/m<sup>2</sup> değerindeyken panelin maksimum güçteki akım değeri 6 A, gerilim değeri 33 V civarlarındadır. Işınlam değeri 800 W/m<sup>2</sup> değerindeyken panelin maksimum güçteki akım değeri 8 A, gerilim değeri 34 V civarlarındadır. Işınlam değeri 1000 W/m<sup>2</sup> değerindeyken

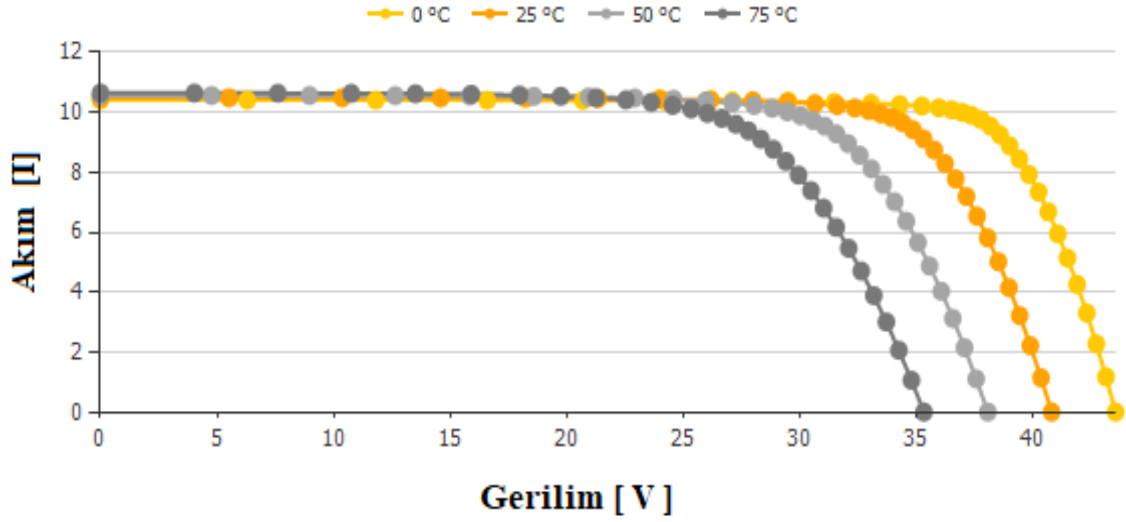
panelin maksimum güçteki akım değeri 10 A, gerilim değeri 35 V civarlarındadır. Dolayısı ile ışınlım değeri direkt olarak üretilen akımı etkilemektedir.



Şekil 2.27. Fotovoltaik panelin ışınlım değişimine göre akım-gerilim değerleri

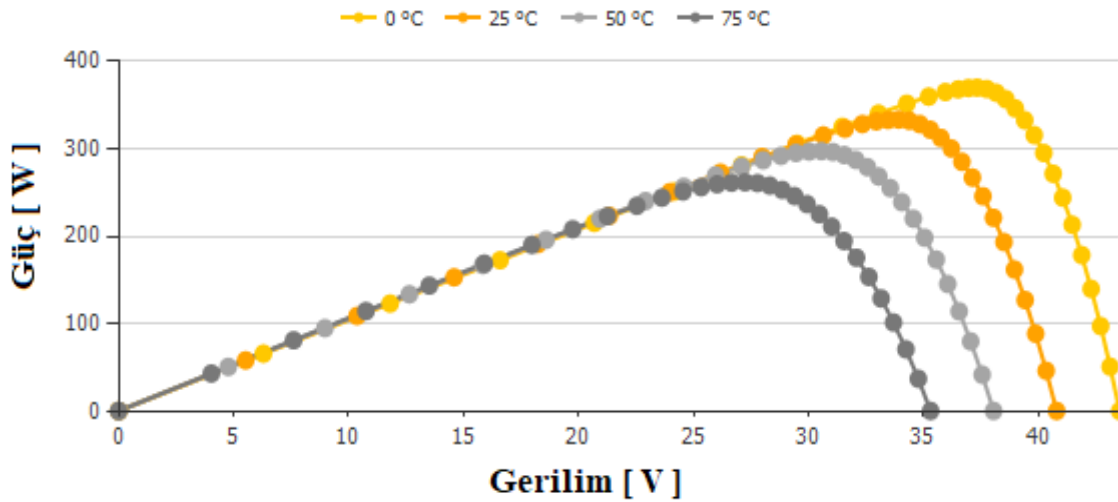
Şekil 2.28’de fotovoltaik panelin sıcaklık değişimine göre akım-gerilim değerleri verilmiştir. Panel karakteristik değerleri incelendiğinde hava sıcaklığı 0 °C ’den 75 °C değerine kadar arttıkça panelin gerilim değeri önemli ölçüde azalmaktadır. Akım değeri ise çok az oranda değişim göstermektedir. Sıcaklık değerlerinin artması ile gerilim değerlerinin azalması, üretim değerlerini de düşürmektedir. Elde edilen verilere göre en iyi üretim 0 °C değerinde gerçekleşmektedir.

Şekil 2.29’de fotovoltaik panelin sıcaklık değişimine karşın güç-voltaj değişimi verilmiştir. Elde edilen verilerden de anlaşılacağı üzere sıcaklık değeri arttıkça voltaj değeri önemli ölçüde azalmakta ve buna karşın elde edilen güç değeri de azalmaktadır. Bu durum hava sıcaklığının artması ile birlikte üretim değerlerinin de aynı şartlar altında azaldığının bir göstergesidir. En iyi üretim 0 °C değerinde gerçekleşmektedir. Serin bir havada iyi ışınlım altında panel de en iyi üretimini gerçekleştirecektir.

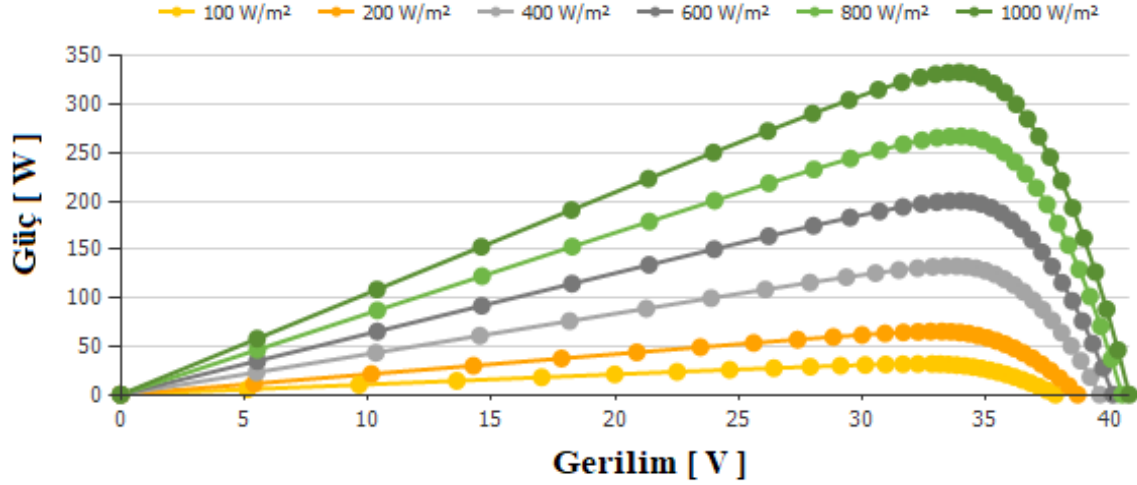


Şekil 2.28. Fotovoltaik panelin sıcaklık değişimine göre akım-gerilim değerleri

Şekil 2.30’de fotovoltaik panelin ışınlım değişimine karşın güç-voltaj değişimi gösterilmektedir. Işınlım değerinin artması ile beraber voltaj değeri az miktarda artış göstermiştir. Fakat elde edilen güç miktarı daha fazla bir oranda artmıştır. Işınlım ile beraber elde edilen üretim değerinin de artacağını göstermektedir. Bu durumu etkileyen en önemli parametre ışınlım ile beraber akımın da hızlı bir oranda artış göstermesidir. Akım değerinin hızlı artışı üretim değerinin de hızlı artmasını sağlamıştır.

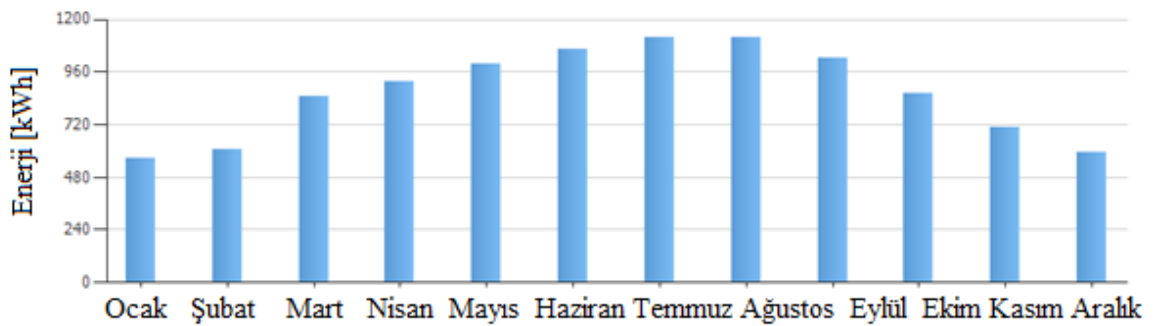


Şekil 2.29.Fotovoltaik panelin sıcaklık değişimine karşın güç-voltaj değişimi



şekil 2.30. Fotovoltaiik panelin ışınlm değişimine karşın g-voltage değişimi

Modelleme de fotovoltaiik panel olarak LG marka LG335N1C-A5 model 18 adet 335 W panel kullanılmıştır. Toplam panel kurulu gc 6,03 kWp değerindedir. Panel alanı toplamda 30,8 m<sup>2</sup>'lik bir alan kaplamaktadır. Paneller atı yüzeyine yerleştirilmiş olup güneye 30° eğimli vaziyettedir. İnvörtör olarak ABB marka PVI-5000-TL-OUTD model 5 kW invörtör kullanılmıştır. Yapılan modelleme çalışmasında sistemin Kahramanmaraş ili şartları altında 10.403 kWh/yıl enerji üretebildiği, 1.725,14 kWh/kWp değerine sahip olduğu ve %85,2 performans değeri gösterdiği sonuçları elde edilmiştir. Buradaki performans değeri kWh/kWp değeri ile ifade edilmektedir. Bu değer DC güç değerinin üretilen enerji değerine bölünmesi ile bulunmaktadır.



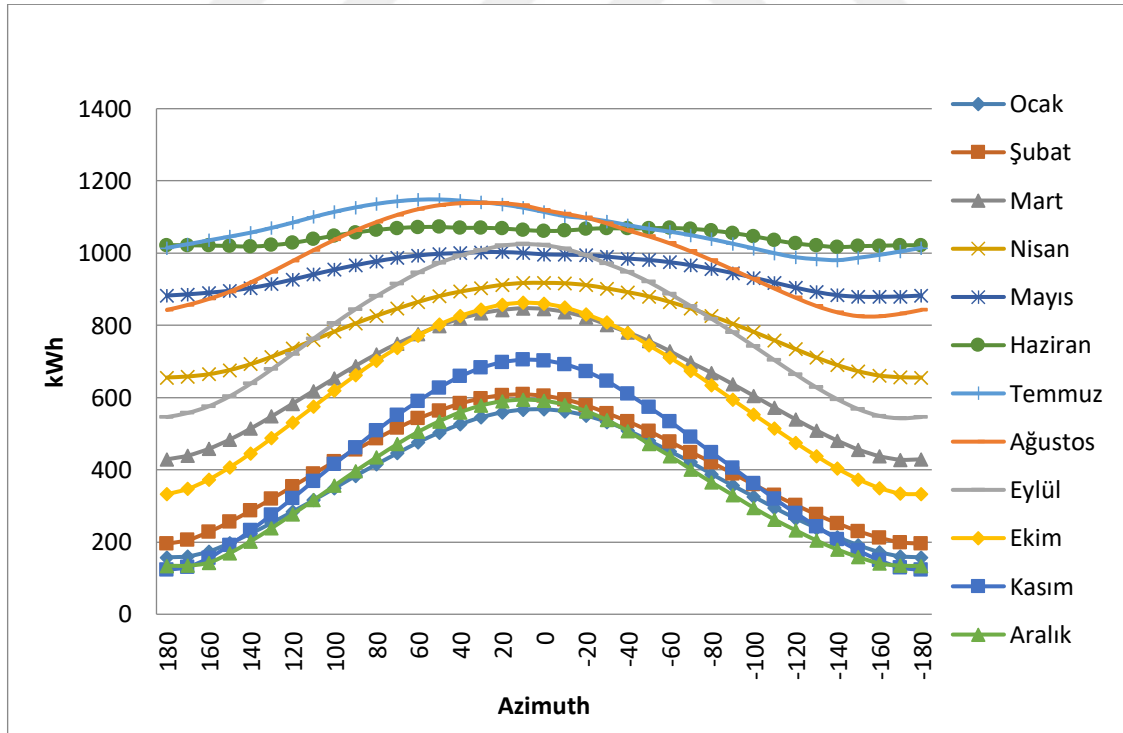
şekil 2.31. Modellenen fotovoltaiik santralin aylara göre üretim dağılımı

şekil 2.31'de modellenen fotovoltaiik santralin aylara göre üretim dağılımı verilmiştir. Elde edilen verilerden de anlaşılacağı üzere özellikle en yüksek üretimler Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşmiştir. 6,03 kWp çatı üzerine kurulu bir santral

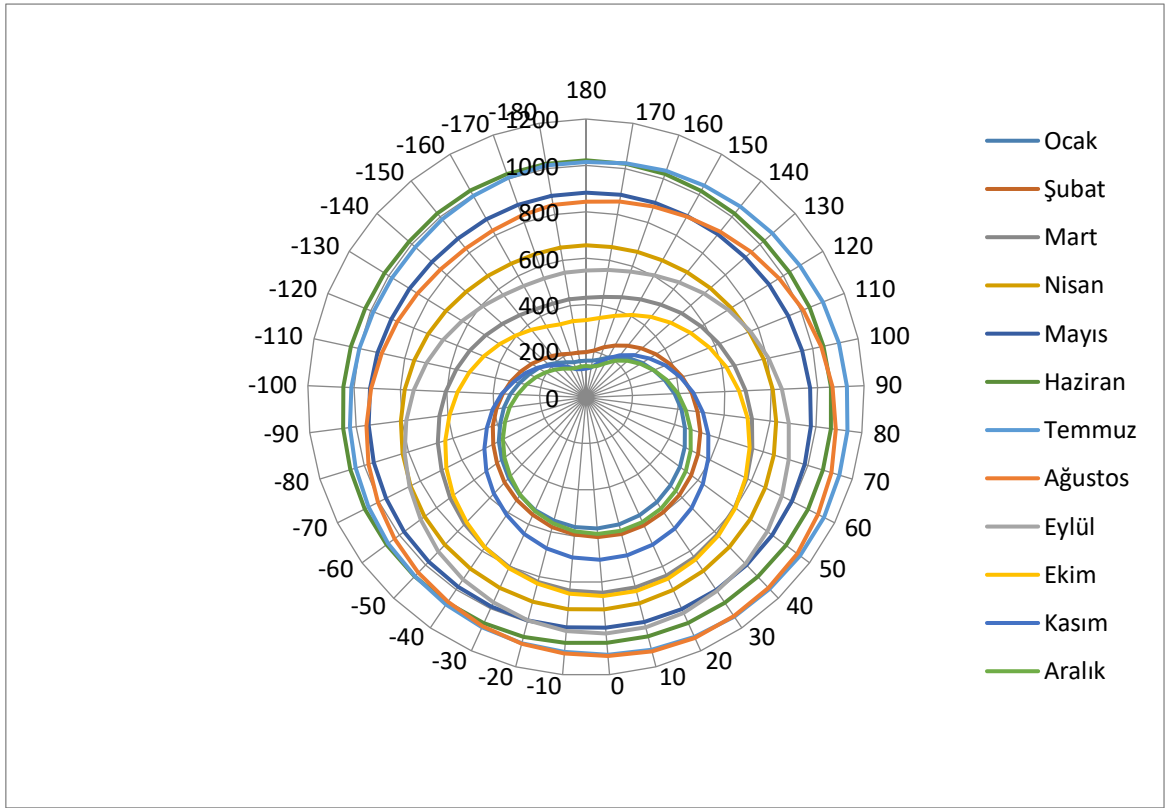
Temmuz ve Ağustos aylarında yaklaşık 1000 kWh değerlerinde enerji üretimi sağlamıştır. En düşük üretim değeri ise Ocak ayında gerçekleşmiş olup 520 kWh civarlarındadır. 12 ay toplamında ise 10.403 kWh enerji üretimi gerçekleştirmiştir.

6,03 kWp çatı üzerine kurulu fotovoltaik santralin tüm parametreleri sabit tutulup sadece azimut açısı değerlerinin değişimi ile birlikte üretim değerlerinin değişimi analiz edilmiştir. Bu analiz çalışması azimut açısı değerinin üretim değerini ne kadar ve ne ölçüde değiştirdiğini açık bir şekilde göstermektedir. Şekil 2.32 ve Şekil 2.33’de modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber aylara göre üretilen enerjinin dağılımları verilmiştir. Azimut açısı değişimi ile beraber aynı ayda üretim değerinin değişimi görülebileceği gibi farklı aylar ile de değişimleri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

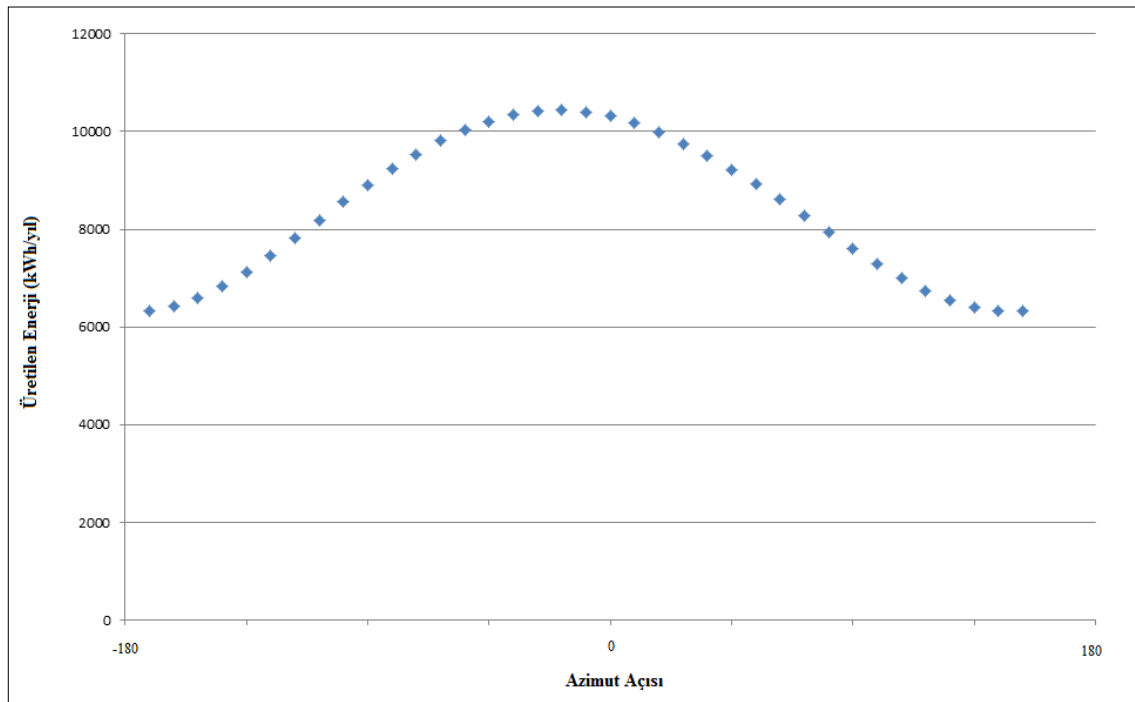
Yapılan modelleme çalışması ile beraber elde edilen veriler göstermiştir ki; 0 °C azimut açısı değerinde en yüksek üretim değerleri elde edilmiştir. Yani fotovoltaik santral tam güneşe baktığında, tam güney yönünde konumlandırıldığında en iyi üretim değerlerini yakalamaktadır. Azimut açısı değeri 0 °’den 180 °C değerine doğru döndürüldüğünde, yani doğu-batı ekseninde konumlandırıldığında, üretim değerleri de azalmaktadır.



Şekil 2.32. Modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber aylara göre üretilen enerjinin dağılımı



Şekil 2.33. Modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber aylara göre üretilen enerjinin dağılımı, dairesel dağılım



Şekil 2.34. Modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber ürettiği enerjinin değişimi

Şekil 2.34’de modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber ürettiği enerjinin değişimi gösterilmektedir. 0 °C azimut açısı değerinde 10000 kWh değerinde fazla bir üretim gerçekleştirildiği görülmektedir, doğu-batı ekseninde bir 180 °C azimut açısı değerine konumlandırma yapıldığında üretim değeri yaklaşık 6000 kWh değerlerine kadar düşmektedir. En ideal fotovoltaik santralin 0 °C azimut açısı değerine sahip bir santralin olacağı modelleme ile detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6 ’da azimut açısı değişimi ile beraber üretilen enerjinin aylara göre değerleri (0 °C ile 180 °C arasında) verilmiştir. Örneğin 0 °C’de Temmuz ayında modellenen fotovoltaik santral 1114 kWh enerji üretimi sağlarken aynı ayda 40 °C azimut açısı değerinde 1146 kWh enerji üretimi sağlanmaktadır. Aylara göre azimut açısının getirdiği performans etkisi değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 2.5. Azimut açısı değişimi ile beraber üretilen enerjinin aylara göre değerleri (0 °C ile 180 °C arasında)

| Azimut  | 180  | 170  | 160  | 150  | 140  | 130  | 120  | 110  | 100  | 90   | 80   | 70   | 60   | 50   | 40   | 30   | 20   | 10   | 0    |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ocak    | 158  | 160  | 174  | 197  | 223  | 253  | 284  | 316  | 349  | 383  | 415  | 446  | 476  | 503  | 526  | 546  | 559  | 567  | 568  |
| Şubat   | 195  | 205  | 228  | 256  | 287  | 320  | 354  | 389  | 423  | 455  | 486  | 516  | 542  | 564  | 583  | 598  | 606  | 609  | 605  |
| Mart    | 429  | 439  | 458  | 484  | 514  | 548  | 583  | 619  | 654  | 688  | 720  | 750  | 776  | 799  | 819  | 834  | 843  | 848  | 846  |
| Nisan   | 656  | 659  | 665  | 676  | 693  | 713  | 736  | 760  | 783  | 806  | 827  | 846  | 865  | 881  | 894  | 903  | 912  | 917  | 918  |
| Mayıs   | 883  | 886  | 891  | 896  | 904  | 914  | 927  | 941  | 954  | 967  | 978  | 987  | 994  | 998  | 1000 | 1003 | 1003 | 1001 | 997  |
| Haziran | 1022 | 1022 | 1021 | 1020 | 1018 | 1022 | 1028 | 1038 | 1048 | 1057 | 1064 | 1069 | 1072 | 1072 | 1070 | 1070 | 1068 | 1064 | 1062 |
| Temmuz  | 1015 | 1025 | 1035 | 1046 | 1057 | 1070 | 1085 | 1100 | 1114 | 1127 | 1137 | 1144 | 1148 | 1149 | 1146 | 1141 | 1135 | 1126 | 1114 |
| Ağustos | 843  | 857  | 873  | 893  | 919  | 948  | 978  | 1008 | 1037 | 1063 | 1086 | 1106 | 1122 | 1133 | 1138 | 1139 | 1138 | 1132 | 1119 |
| Eylül   | 546  | 557  | 576  | 604  | 639  | 678  | 721  | 763  | 805  | 845  | 881  | 914  | 946  | 973  | 993  | 1008 | 1021 | 1025 | 1022 |
| Ekim    | 332  | 347  | 373  | 407  | 446  | 488  | 531  | 575  | 619  | 662  | 702  | 738  | 772  | 802  | 826  | 844  | 857  | 863  | 860  |
| Kasım   | 123  | 131  | 156  | 192  | 232  | 276  | 321  | 369  | 416  | 462  | 508  | 552  | 590  | 628  | 659  | 682  | 698  | 705  | 703  |
| Aralık  | 134  | 135  | 143  | 169  | 202  | 239  | 277  | 316  | 357  | 397  | 435  | 472  | 506  | 535  | 560  | 578  | 590  | 594  | 591  |

Çizelge 2.6. Azimut açısı değişimi ile beraber üretilen enerjinin aylara göre değerleri (0 °C ile -180 °C arasında)

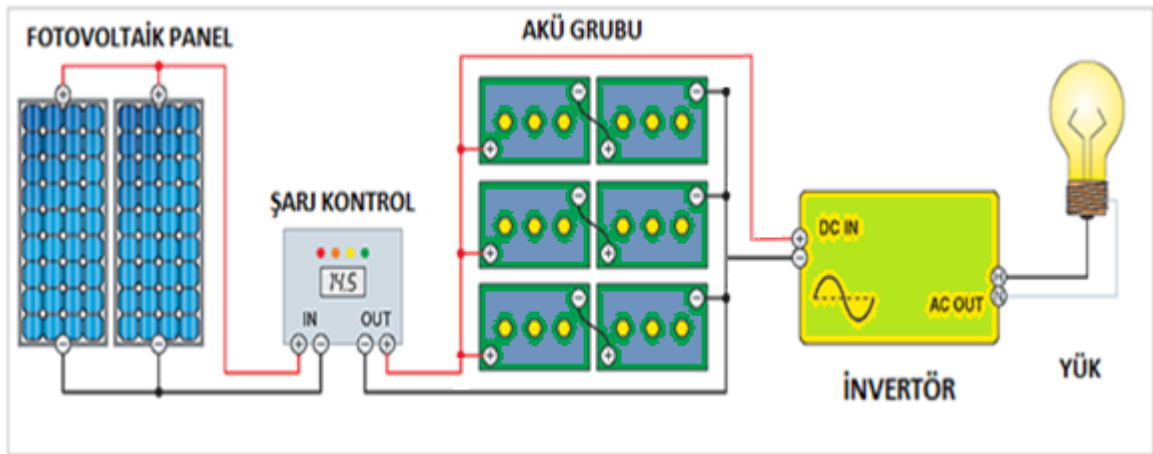
| Azimut  | 0    | -10  | -20  | -30  | -40  | -50  | -60  | -70  | -80  | -90  | -100 | -110 | -120 | -130 | -140 | -150 | -160 | -170 | -180 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ocak    | 568  | 562  | 550  | 532  | 509  | 481  | 451  | 421  | 388  | 357  | 326  | 295  | 266  | 239  | 214  | 191  | 172  | 161  | 158  |
| Şubat   | 605  | 595  | 579  | 557  | 534  | 508  | 478  | 449  | 420  | 390  | 359  | 330  | 303  | 276  | 252  | 230  | 212  | 199  | 195  |
| Mart    | 846  | 837  | 823  | 802  | 780  | 756  | 729  | 698  | 668  | 637  | 605  | 572  | 540  | 509  | 481  | 456  | 438  | 428  | 429  |
| Nisan   | 918  | 917  | 912  | 902  | 892  | 880  | 865  | 847  | 826  | 805  | 782  | 758  | 734  | 711  | 690  | 673  | 661  | 656  | 656  |
| Mayıs   | 997  | 996  | 994  | 990  | 985  | 981  | 975  | 967  | 956  | 945  | 932  | 918  | 905  | 893  | 883  | 879  | 879  | 880  | 883  |
| Haziran | 1062 | 1062 | 1067 | 1069 | 1068 | 1069 | 1070 | 1067 | 1063 | 1056 | 1047 | 1036 | 1027 | 1021 | 1017 | 1019 | 1020 | 1022 | 1022 |
| Temmuz  | 1114 | 1102 | 1097 | 1088 | 1078 | 1067 | 1060 | 1050 | 1038 | 1026 | 1013 | 1000 | 989  | 984  | 981  | 987  | 995  | 1005 | 1015 |
| Ağustos | 1119 | 1109 | 1098 | 1082 | 1063 | 1046 | 1027 | 1005 | 980  | 954  | 928  | 902  | 877  | 853  | 836  | 825  | 825  | 832  | 843  |
| Eylül   | 1022 | 1012 | 994  | 971  | 948  | 920  | 887  | 853  | 818  | 781  | 743  | 703  | 665  | 628  | 595  | 568  | 549  | 543  | 546  |
| Ekim    | 860  | 849  | 831  | 808  | 779  | 745  | 711  | 674  | 634  | 594  | 554  | 514  | 475  | 438  | 403  | 373  | 350  | 334  | 332  |
| Kasım   | 703  | 692  | 673  | 645  | 610  | 573  | 534  | 491  | 448  | 406  | 363  | 320  | 280  | 243  | 208  | 176  | 149  | 129  | 123  |
| Aralık  | 591  | 580  | 562  | 538  | 507  | 472  | 438  | 401  | 365  | 330  | 295  | 262  | 233  | 204  | 179  | 158  | 141  | 134  | 134  |

## 2.9. Fotovoltaik Sistem Çeşitleri

### 2.9.1. Şebekeden bağımsız sistemler (Off Grid)

Şebekeden bağımsız PV sistemler, merkezi yerlerden uzak ve şebeke bağlantısının ulaşmadığı yerlerde enerji talebine göre dizayn edilerek devreye alınan sistemlerdir. Şebekeden bağımsız PV sistemler, depolama birimli veya depolama birimsiz olarak kullanılmaktadır. Akü PV gözelerde üretilen enerjiyi depolayarak, güneşten gelen ışının yetersiz olduğu durumlarda ekipman veya cihazın enerji talebine göre sistemi enerjilendirilir. Akünün bakımları aksatılmadan rutin olarak yapılmalıdır. Ayrıca derin döngüye uygun ve çevrim sayısı fazla olan stasyonier tip aküler tercih edilmelidir. Akünün şarj ve deşarj akım döngüsünün kontrolünü sağlamak için PV sisteme şarj kontrol elemanı da eklemek gerekmektedir. Şarj kontrol cihazı akünün doluluk oranına göre gözeden gelen enerjiyi ve ekipmanın çekmiş olduğu enerji arasındaki döngüyü otomatik olarak ayarlayarak hem akünün tamamen boşalmasına hem de akünün olması gerekenden fazla şarj olmasına engel olur. Bu özelliği sayesinde akü grubunun ömrünü azımsanmayacak şekilde arttırarak hem sistem verimini arttırmaktadır hem de bakım maliyetlerini azaltmaya yardımcı olmaktadır.

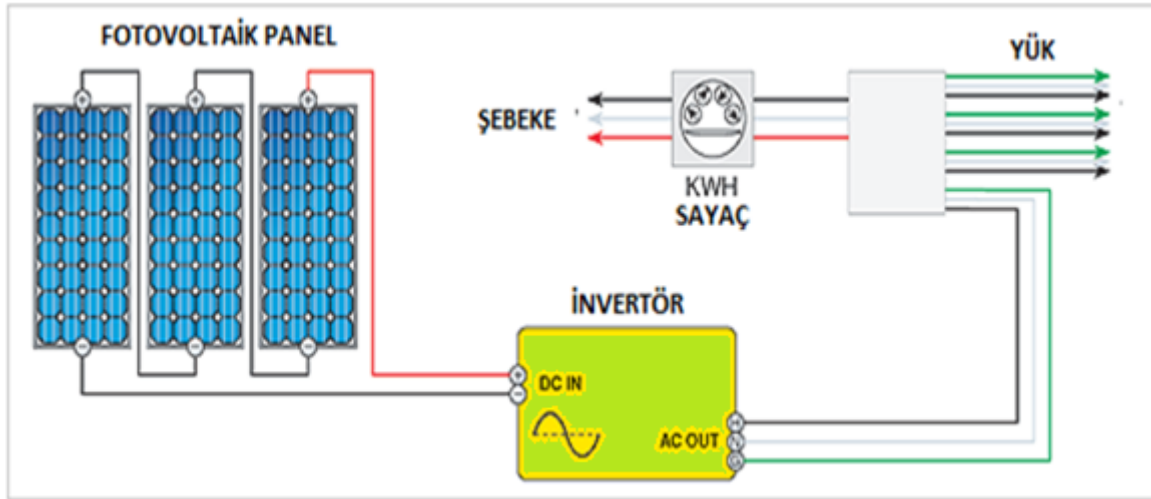
Şebekeden bağımsız PV sistemler, hem doğru akımlı hem de alternatif akımlı ekipman veya cihazları enerjilendirmektedir. Sistem bileşenlerinin montajı yapılırken, doğru akımlı ekipman veya cihazlar doğrudan enerjilendirilirken; Alternatif akımlı ekipman veya cihazların enerjilendirilmesi için doğru akımın, alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir (Ceylan O. , 2017). Şekil 2.35’de şebekeden bağımsız PV sistem bileşenlerin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.35.Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem (İnternet25, 2018)

### 2.9.2. Şebekeye bağlı sistemler (On Grid)

Şebekeye bağlı sistemler, şebekenin bulunduğu yerlerde doğrudan şebekeye bağlantı yapılarak sistemde üretilen enerjiyi dağıtım hattına aktaran sistemlerdir. Şebekeye bağlı üretim yapan PV sistemlerde, depolama ünitesine gerek duyulmaz. Şebekeye bağlı sistemler gerek duyulduğunda depolama biriminde depolanan enerjiyi evirici vasıtasıyla alternatif akıma dönüştürerek şebekeye enerji aktarabilir veya çevre koşullarının elverişsiz veya sistem enerji üretiminin yetersiz olduğu durumlarda gerek duyulursa şebeke üzerinden bu enerjiyi evirici vasıtasıyla doğru akıma dönüştürerek depolayabilir. Evirici çıkışında çift yönlü sayaç kullanılarak tüketim talebinin olduğu yerlerde farklı ekipman ve cihazlar enerjilendirilebilir. Ayrıca iki adet enerji analizörü ile şebekeye aktarılan ve şebekeden alınan enerjinin tüm parametreleri(fazlar arası gerilim, akım ve güç) ölçülebilir ve kaydedilebilir. Şekil 2.36’de şebeke bağlantılı PV sistemin blok şeması görülmektedir.



Şekil 2.36. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler (İnternet25, 2018)

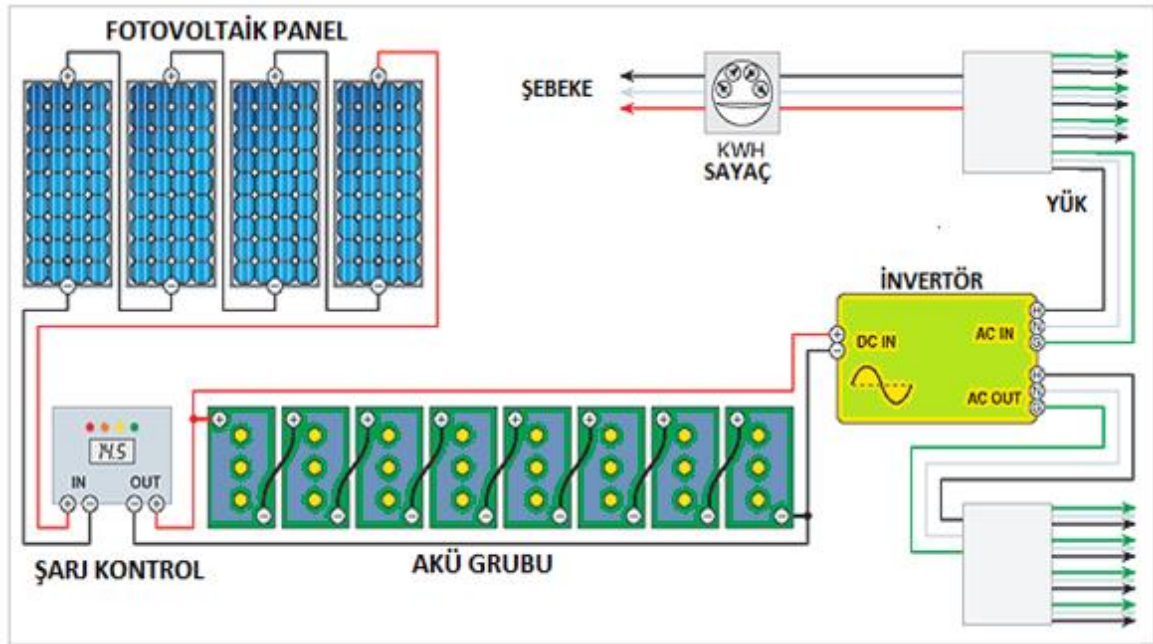
PV sistemlerde bulunan enerji ve kumanda panoları, PV panellerin çıkış uçlarının montajının yapıldığı ve enerji dalgalanması vb. gibi ani durumlarda sistemi koruyan şalt malzemelerinin bulunduğu bölümlerdir. Bu panolarda, termik-manyetik şalter, evirici, manyetik kaçak akım, faz koruma röleleri vb. gibi anahtarlama ve koruma elemanları bulunmaktadır.

Sistemin en önemli parçası olan eviriciler, PV gözeler vasıtasıyla üretilen doğru akımı, alternatif akıma dönüştürmeye yarayan yarı iletken anahtarlama elemanlarından

(IGBT, Diyot) oluşan cihazlardır. Şebekeye bağlı PV sistemler için üretilen en gelişmiş eviricilerin enerji verimlilikleri yaklaşık olarak %99 civarındadır.

### 2.9.3. Hibrit sistemler

Karma sistemler birden çok çeşitli elektrik üreten sistemlerin bir araya getirilmiş halidir. Rüzgâr türbinleri, biyogaz sistemleri, su kaynaklı sistemler, fosil yakıtlı sistemler vb. sistemler bir arada toplanarak ani bir enerji kesintisinde veya talebi karşılayamadığı durumlarda diğer sistemler devreye girerek enerji sürekliliğini sağlamış olur. Hibrit sistemlerin ortaya çıkmasının en büyük nedeni güneş ısınımı miktarının yıl içinde değişiklik göstermesidir. Kabaca bir örnek verecek olursak; PV sistemden ihtiyacımız olan X birim enerjiyi yaz mevsiminde elde edebiliyor ancak kışın elde ettiğimiz miktar bunun yarısına iniyorsa her mevsim en az X birim enerji elde edebilmek için sistemin boyutlarını iki katına çıkarmamız gerekecektir. Bu da maliyetin gereksiz yükselmesine neden olur. İşte böyle durumlarda hibrit sistemlerin kullanımı akılcı bir çözümdür. Uygun hava koşullarında ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin tamamı PV üreteçlerden karşılanır. Fazla enerji bataryalarda depo edilir. Havanın kapalı olduğu zamanlarda ve geceleri ilk olarak bataryadan, yeterli olmazsa diesel jeneratöründen (veya diğer bir enerji kaynağı) enerji sağlanır. Başka bir örnek verecek olursak yazın yeterli miktarda güneş ışığı alan kışınsa elektrik üretimine elverişli şekilde rüzgâr alan bir bölgede bu iki sistem hibrit olarak tasarlanabilir. Şekil 2.37’de hibrit fotovoltaiik sistem görülmektedir.



Şekil 2.37. Hibrit fotovoltaiik sistemler (İnternet25, 2018)

## 2.10. Güneş Enerjisi Potansiyeli

Dünyada Güneş Enerjisi, güneşin merkezinde oluşan füzyonda açığa çıkan bir kısım enerji dünyaya da gelir. Yeryüzünde ışınlar, güneş panellerine yansır, kolektörlerin yardımıyla toplanıp ısı ve elektriğe dönüşür. Güneşten elde edilen enerji ile ısınma, soğutma ve elektrik üretimi için kullanılır. Kullanılan alanlar, yeni yeni üretimine başlayan güneş enerjili otomobiller, sokak aydınlatma lambaları, jeneratörler, Elektronik cihazlar. Ev ve apartmanların çatılarında sıkça gördüğümüz kolektörler ile su ısıtılarak, evin sıcak su ihtiyacı ya da ısıtma tesisatına verilerek ısınma ihtiyacı içinde kullanılır. Tükenmekte olan yeraltı kaynaklarına, alternatif enerji kaynağı olarak görülen doğal enerji kaynaklarının en başında gelmektedir (İnternet54, 2018).

Dünyada güneş enerjisi kullanımına baktığımızda, en çok ABD olmak üzere, Avrupa ülkeleri ile Çin kullanımda ilk sıralarda yer almaktadır. Bazı ülkeler güneş ışınları potansiyeli ile öne plana çıkarken, bazı ülkeler de sahip oldukları teknolojik birikim ve enerji ilişkilerinden dolayı öne çıkarlar.

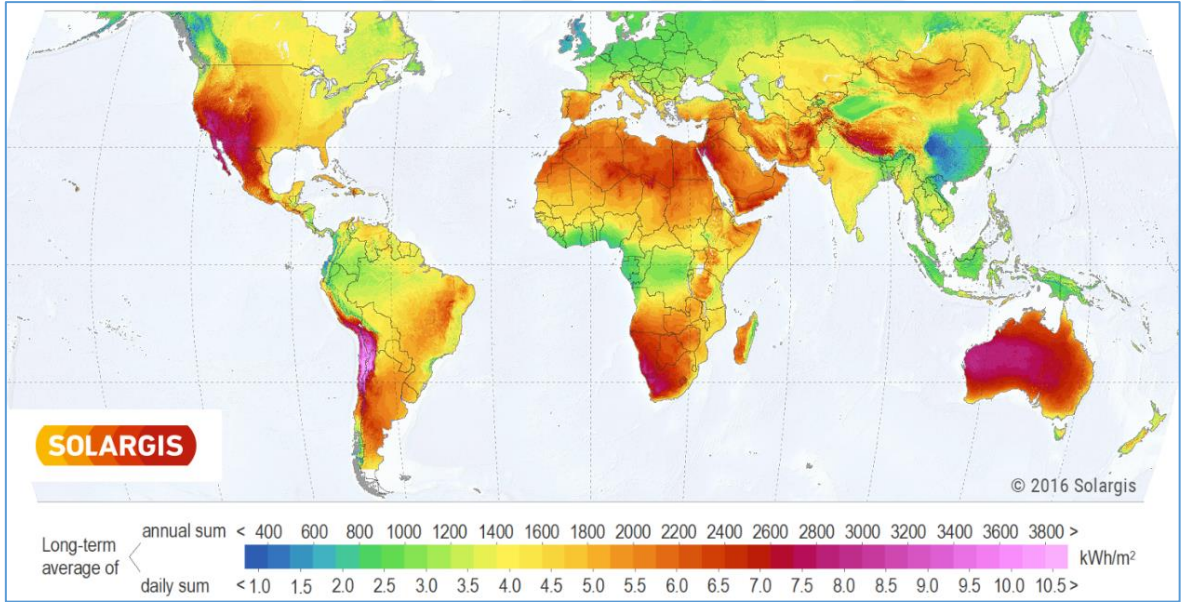
En Çok Güneş Alan Bölge ve Ülkeler: Afrika'nın büyük bir bölümü (özellikle de Sahra Afrika olarak bilinen ve tamamen çöl olan bölge), Avustralya ve Amerika'nın orta bölgesi güneşin en fazla ulaştığı yerler olarak, dünyanın öteki bölgelerine göre daha avantajlıdırlar. Güneş ışığı alan bölgelerin neredeyse tamamı çöllerden oluşmakta, bu bölgeler yerleşim ve yatırım bölgelerine çok uzak kalıyor. Diğer yandan buralara yatırım yapılsa dahi bu sefer de üretilen enerjinin nakliyesi ikinci bir maliyeti gerektirecektir. Bunun için Türkiye, İspanya gibi ülkeler yatırım imkanları, tüketim merkezleri benzer biçimde hususları göz önüne aldığımızda dünyanın en şanslı ülkeleri olarak dikkat çekiyor. Ancak Afrika'nın kuzey kıyıları yerleşim ve nakil bölgelerine yapılacak enerji yatırımlar da dikkate değer bir verimlilik getirebilir.

Son yıllarda birçok ülkenin, güneşten enerji üretimi için önemli çalışmalar yaptığını görmekteyiz. Çevre değerlerine ve kaynakların sürdürülebilirliğine çok fazla önem veren Avrupa birliğindeki ülkeler bu sistem grubunun önünde gitmektedir. Gerek Avrupa ülkelerinin enerji mevzusunda karşı karşıya olduğu kıtlık, gerekse Avrupa müktesebatının çevresel değerlerin korunmasını mecbur tutması Avrupa ülkeleri için bu konuyu bir zorunluluğa dönüştürmektedir (İnternet54, 2018).

Dünyada Güneş Enerjisi Üretiminde Öne Çıkan Ülkeler: Almanya, Danimarka, İspanya gibi ülkeler güneş enerjisi üretimi ve teknolojisi konusunda Avrupa'nın öncüleridir. Küresel bir güç olma yolunda ilerleyen Almanya, bu güneş enerjisi konusunda önemli bir

ülke. Danimarka da güneş pilleri üretiminde şaşırtıcı bir şekilde öne çıkıyor. İspanya ise mineral yakıtlar konusunda Avrupa'nın en fakir ülkesi olduğundan enerji üreteceği birçok alanda Avrupa'da dikkat çekici çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca dünyanın en büyük barajları İspanyada bulunur. İspanya, diğer yandan güneş enerjisi konusunda da büyük çaba sarf etmektedir.

Amerika, güneş enerjisi üretimi bakımından dünya da en önemli ülke konumundadır. Amerika teknolojik gelişimi, coğrafi büyüklük ve çeşitliliği ve enerji politikaları konusundaki faaliyetleri ile dünyanın öncüsü durumundadır. Çinliler, taklit kabiliyetleri ile Avrupa ve ABD'de üretilen teknolojiyi hızlı bir şekilde takip ile kendilerine uyarlayıp, ucuz iş gücü avantajını kullanarak bu sektöre girmişlerdir. Çin'in bu yöndeki gayretlerinin orta ve uzun dönemde sonuç vererek, yakın bir gelecekte dünyanın en güçlü üreticisi konumuna getirebilir. Çünkü yeni gelişen teknolojinin yüksek maliyet getirmesi, gelişmekte olan ülkelerin yeni yatırımlara girmesini zorlaştırır. Böyle bir durumda, en güzel çözüm ikinci kalite de olsa taklit ile yoluna devam edebilmektir (İnternet54, 2018).



Şekil 2.38.Dünya Işınım Haritası (İnternet55, 2018)

## 2.11. Türkiye de Güneş Enerjisi Potansiyeli

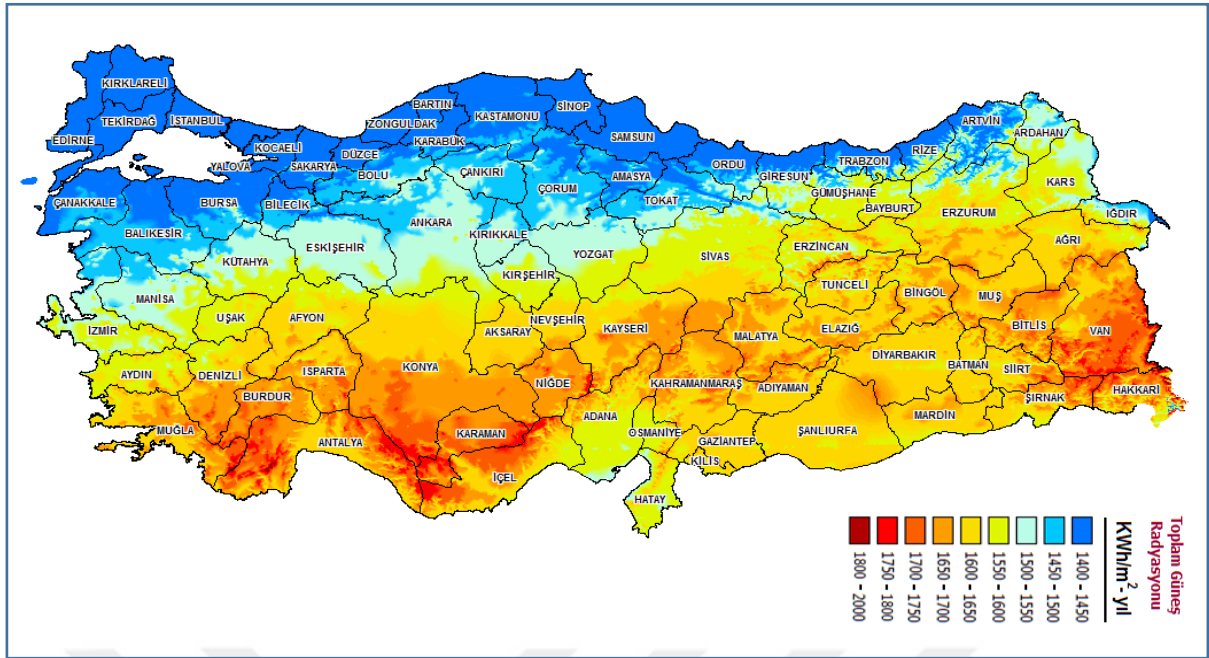
Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle, güneş ışınlarını oldukça iyi bir şekilde alabilmektedir. Çizelge 2.7'de Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir.

Çizelge 2.7. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

| Aylar         | Aylık toplam güneş enerjisi |                          | Güneşlenme Süresi |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
|               | (kcal/cm <sup>2</sup> -ay)  | (kWh/m <sup>2</sup> -ay) | Saat/ay           |
| Ocak          | 4,45                        | 51,75                    | 103               |
| Şubat         | 5,44                        | 63,27                    | 115               |
| Mart          | 8,31                        | 96,65                    | 165               |
| Nisan         | 10,51                       | 122,23                   | 197               |
| Mayıs         | 13,23                       | 153,86                   | 273               |
| Haziran       | 14,51                       | 168,75                   | 325               |
| Temmuz        | 15,08                       | 175,38                   | 365               |
| Ağustos       | 13,62                       | 158,4                    | 343               |
| Eylül         | 10,6                        | 123,28                   | 280               |
| Ekim          | 7,73                        | 89,9                     | 214               |
| Kasım         | 5,23                        | 60,82                    | 157               |
| Aralık        | 4,03                        | 46,87                    | 103               |
| <b>Toplam</b> | <b>112,74</b>               | <b>1311</b>              | <b>2640</b>       |

Güneşlenme süresi saatlik veriler itibari ile en yüksek olan bölgemiz 3016 saatlik yıllık ortalama güneşlenme süresi ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgemizi sırasıyla Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Marmara ve son olarak da 1966 saat güneşlenme süresi ile Karadeniz bölgesi izlemektedir.

Türkiye dünya üzerinde 36°-42° kuzey enlemleri ve 26°-45° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş Işınımı 1303 kWh/m<sup>2</sup>yıl, ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2623 saattir. Bu rakam günlük 3,6 kWh/m<sup>2</sup> güce, günde yaklaşık 7,2 saat, toplamada ise 110 günlük bir güneşlenme süresine denk gelmektedir. 9,8 milyon TEP (ton eşdeğer petrol) ısı uygulamalara olmak üzere yıllık 26,2 milyon TEP enerji potansiyeli mevcuttur. Yılın 10 ayı boyunca teknik ve ekonomik olarak ülke yüzölçümünün %63'ünde ve tüm yıl boyunca %17'sinden yararlanabilir (İnternet55, 2018).



Şekil 2.39. Türkiye'nin Işınım Haritası (İnternet60, 2018)

## 2.12. Kahramanmaraş da Güneş Enerjisi Potansiyeli

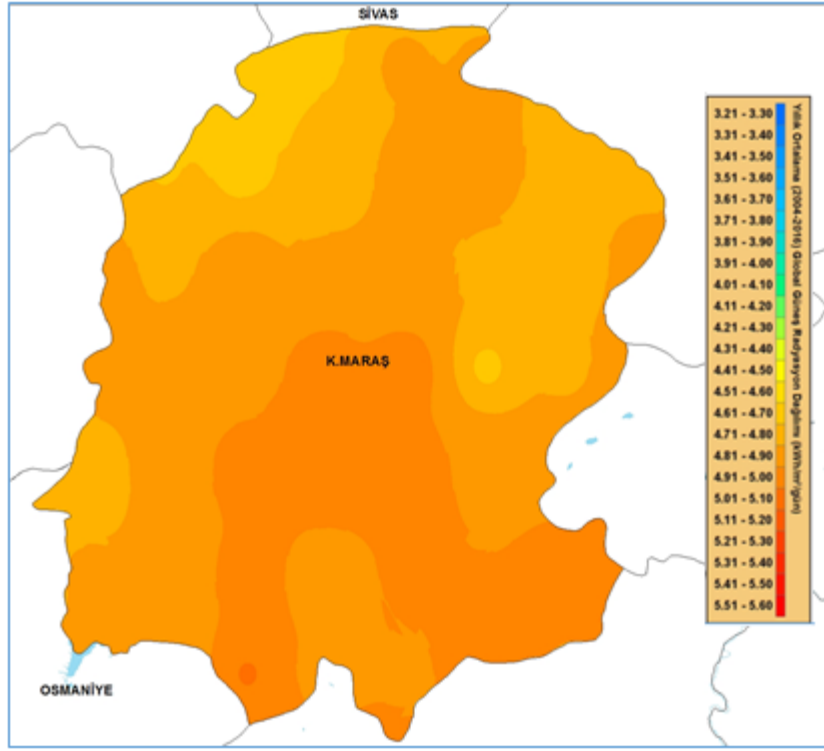
Güneş enerjisi ile elektrik üretecek iller arasında bulunan Kahramanmaraş, 1 yıl içerisinde toplam 2 bin 416 saat güneş alıyor. En çok güneşi 355 saat ile Temmuz ayında alan Kahramanmaraş en az güneşi ise 62 saat ile Şubat ayında alıyor.

Kahramanmaraş'ın aylara göre aldığı güneş saati ise şöyle: Ocak 67,12, Şubat 62, Mart 133, Nisan 207, Mayıs 265, Haziran 310, Temmuz 355, Ağustos 305, Eylül 252, Ekim 172, Kasım 193 ve Aralık 97 saat.

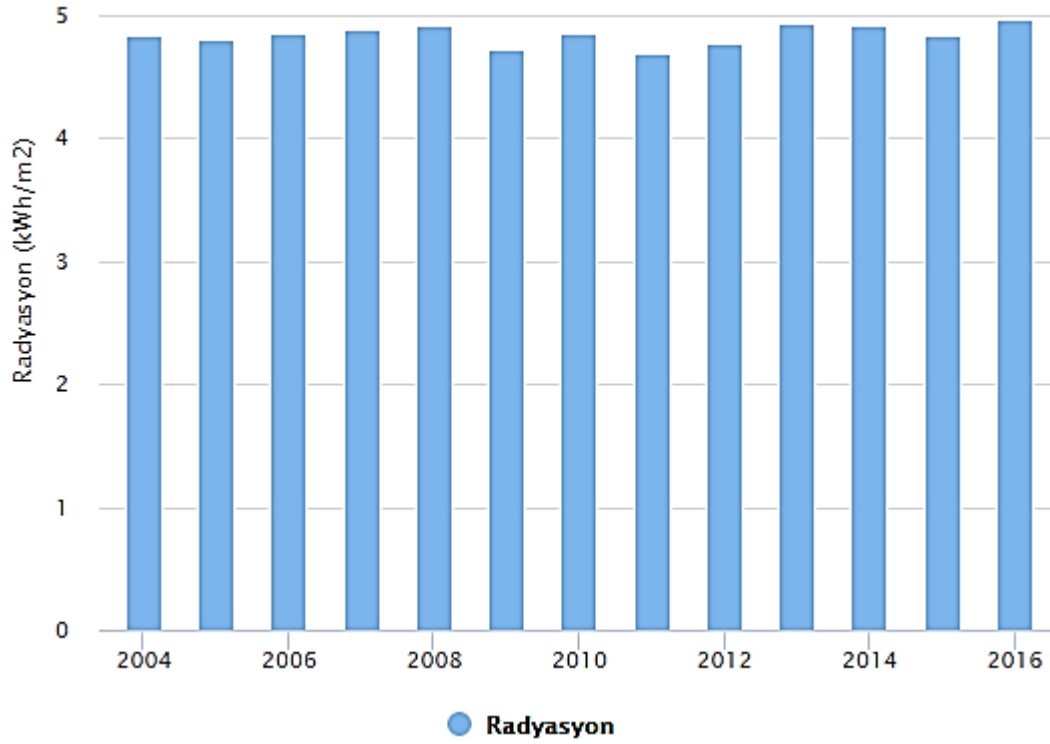
Kahramanmaraş'ın ortalama ışıınımı 1873 kWh/m<sup>2</sup>-yıldır. Çizelge 2.8'de Farklı kaynaklara göre Kahramanmaraş'ın Güneş Enerjisi Potansiyeli görülmektedir. Şekil 2.40'de Kahramanmaraş'ın Işınım Haritası görülmektedir. Şekil 2.41'de Kahramanmaraş için yıllara göre günlük ışıınım ortalaması görülmektedir. Şekil 2.42 Kahramanmaraş için aylara göre günlük ışıınım ortalaması görülmektedir. Şekil 2.43'de Kahramanmaraş için aylara göre günlük güneşlenme süresi ortalamaları görülmektedir. Çizelge 2.9'da Kahramanmaraş için gün ve aylara göre ışıınım değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.8.Farklı kaynaklara göre Kahramanmaraş'ın Güneş Enerjisi Potansiyeli  
(İnternet56, 2018)

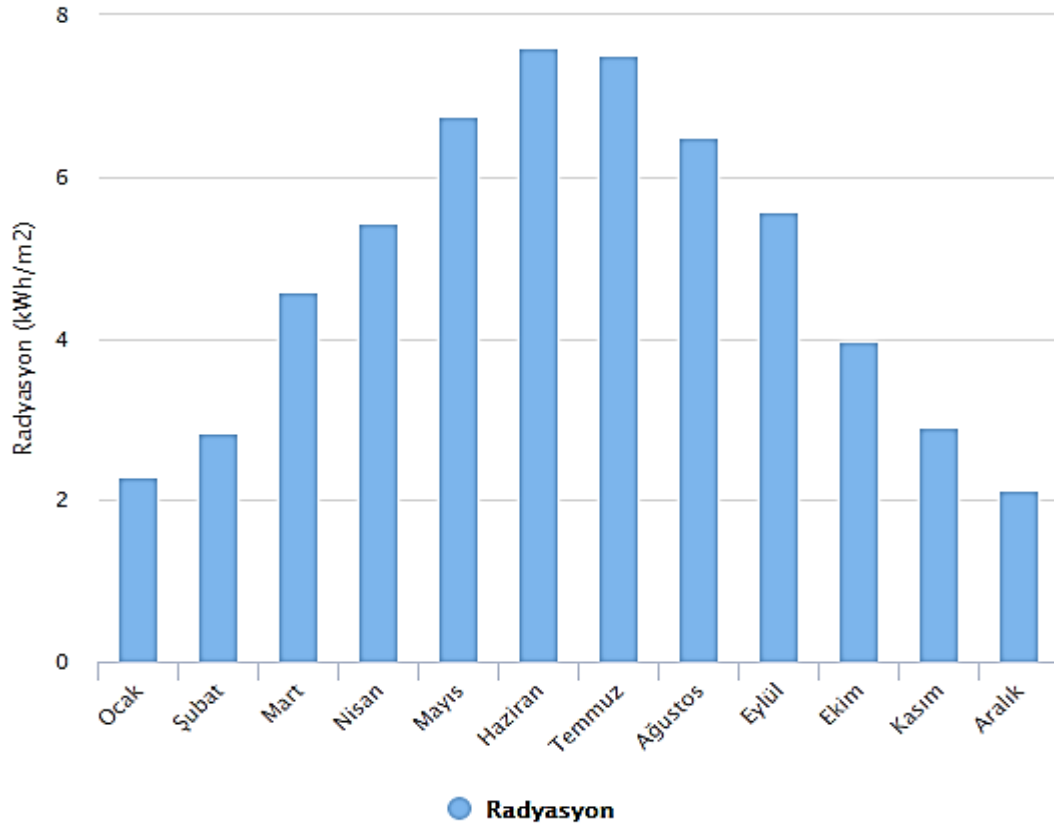
| Veri kaynağı                                           | Güneşlenme süresi, Saat/yıl     | Güneş ışıması, kWh/m <sup>2</sup> -yıl |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| NASA, Bird,                                            | 4395 (Açık gökyüzü)             | 2.174 (Teorik)                         |
| GEPA                                                   | 2924 (Türkiye'de en yüksek 22.) | 1611 (Türkiye'de en yüksek 13.)        |
|                                                        |                                 | 1800 (Dağlık alanlarda)                |
| PVGIS                                                  |                                 | 1856                                   |
|                                                        |                                 | 2098 (31° açıyla FV yüzey)             |
| HelioClim                                              |                                 | 1785 (2005 yılı)                       |
|                                                        |                                 | 1792 (2006 yılı)                       |
| NASA SSE                                               | 4452 (Açık gökyüzü)             | 1702 (ortalama)                        |
|                                                        |                                 | 1862 (37° açıyla FV yüzey)             |
|                                                        |                                 | 2144 (Açık gökyüzü)                    |
| SOLARGIS                                               |                                 | 1750                                   |
| Global Solar Atlas                                     |                                 | 1859                                   |
|                                                        |                                 | 20116 (32° açıyla FV yüzey)            |
|                                                        |                                 | 1571 kWh/kWp                           |
| DMİ-EİE, 1983                                          | 2956                            | 1390 (Akdeniz Bölgesi)                 |
|                                                        |                                 | 1387                                   |
| DMİ, CAR modeli, 2009                                  | 2600                            | 1650                                   |
| DMİ, GWR modeli, 2009                                  |                                 | >1625                                  |
| MGM, 1985-2015                                         | 2738 (Ortalama)                 | 829 (Minimum)                          |
|                                                        |                                 | 1611 (Ortalama)                        |
|                                                        |                                 | 2073 (Maksimum)                        |
| 12 veri ortalaması                                     |                                 | 1702 kWh/m <sup>2</sup> -yıl           |
| Referans Senaryo (Saha tecrübelerinden % 10 artırımlı) |                                 | 1873 kWh/m <sup>2</sup> -yıl           |



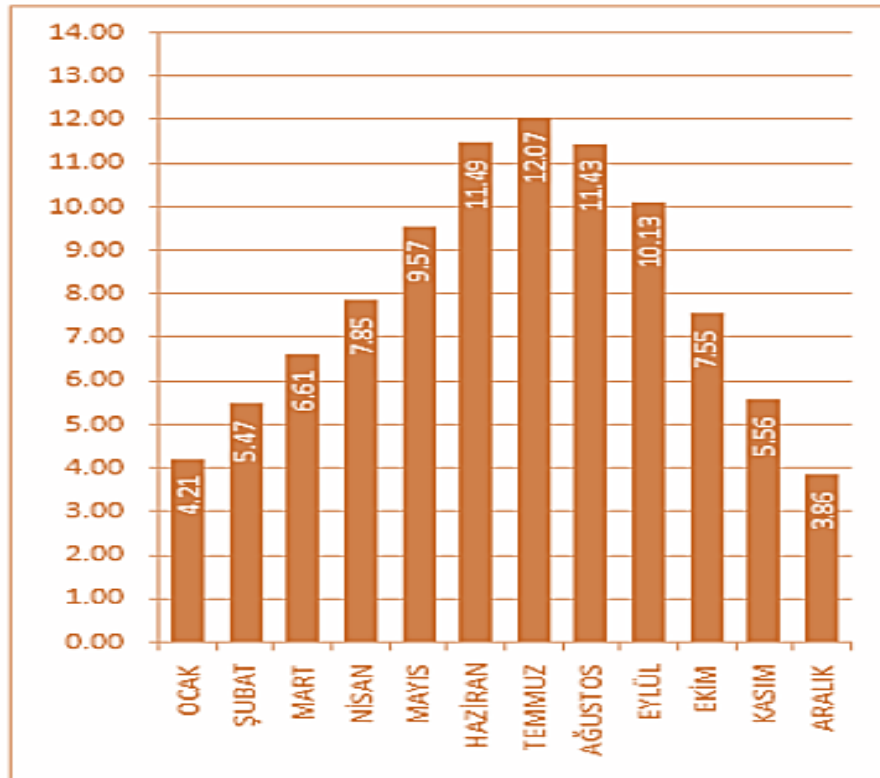
Şekil 2.40. Kahramanmaraş'ın Işınım Haritası (İnternet57, 2018)



Şekil 2.41. Kahramanmaraş için yıllara göre günlük ışınlm ortalaması (İnternet57, 2018)



Şekil 2.42.Kahramanmaraş için aylara göre günlük ışınlm ortalamaları (İnternet57, 2018)



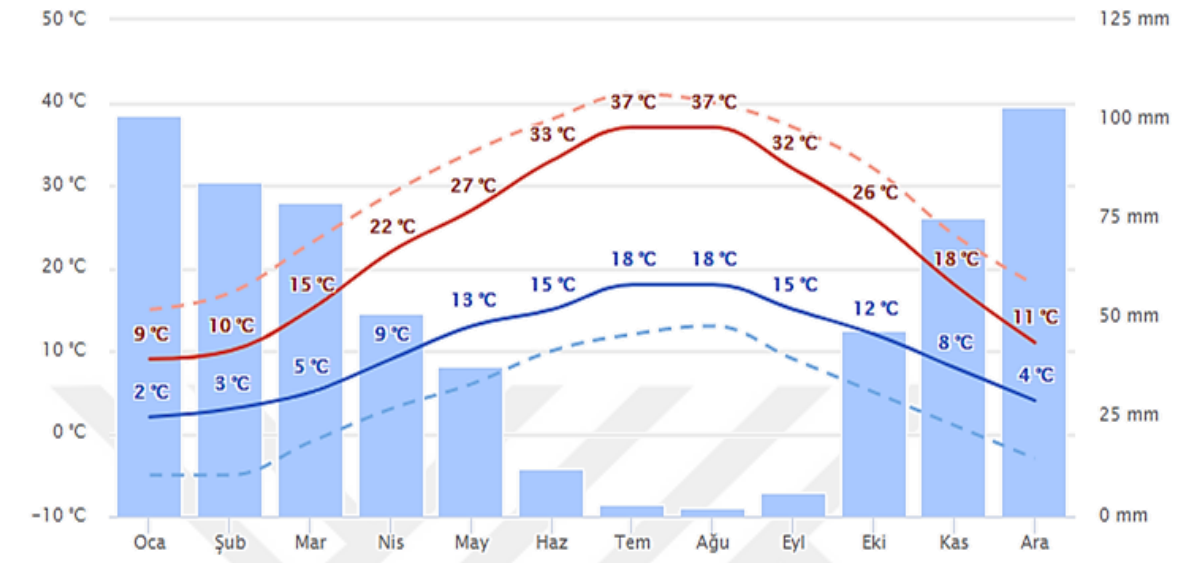
Şekil 2.43. Kahramanmaraş için aylara göre günlük güneşlenme süresi ortalamaları (İnternet60, 2018)

Çizelge 2.9.Kahramanmaraş için gün ve aylara göre ışıınım değerleri (İnternet56, 2018)

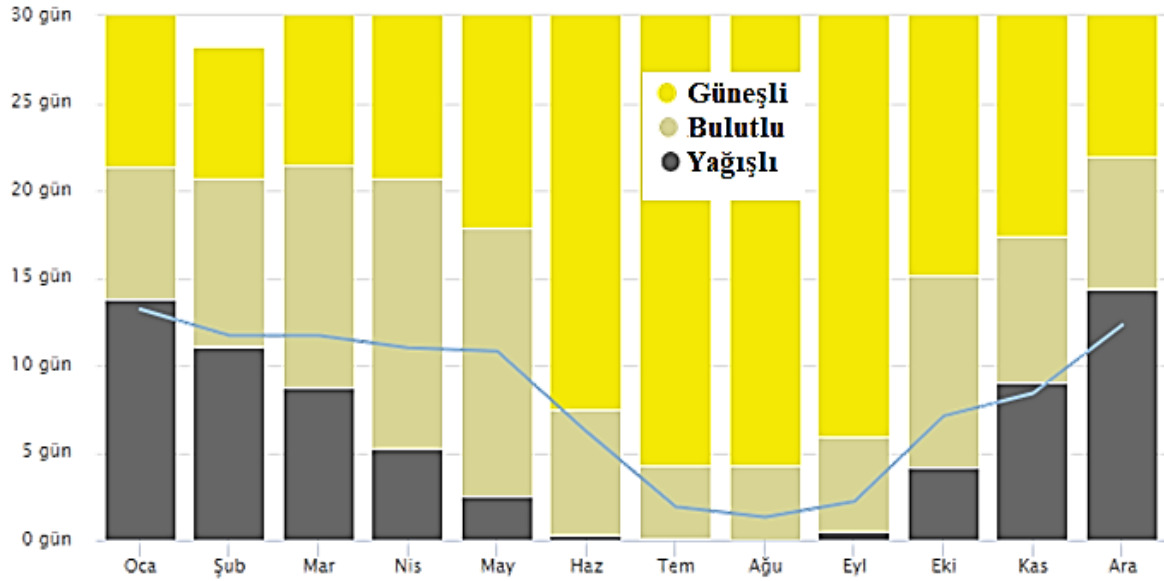
| Gün/<br>Toplam/<br>Ortalama | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1                           | 1,8 | 2,4 | 3,7 | 5,0 | 6,5 | 7,6 | 8,4 | 7,9 | 6,9 | 5,3 | 3,2 | 2,2 |
| 2                           | 1,8 | 2,4 | 3,7 | 5,1 | 6,6 | 7,7 | 8,4 | 7,8 | 6,8 | 5,2 | 3,2 | 2,2 |
| 3                           | 1,8 | 2,5 | 3,8 | 5,1 | 6,7 | 7,8 | 8,4 | 7,8 | 6,8 | 5,1 | 3,1 | 2,2 |
| 4                           | 1,8 | 2,5 | 3,9 | 5,1 | 6,7 | 7,8 | 8,4 | 7,8 | 6,8 | 5,0 | 3,1 | 2,1 |
| 5                           | 1,8 | 2,6 | 3,9 | 5,1 | 6,6 | 7,9 | 8,4 | 7,7 | 6,7 | 5,0 | 3,0 | 2,1 |
| 6                           | 1,8 | 2,6 | 3,9 | 5,2 | 6,6 | 7,9 | 8,5 | 7,7 | 6,7 | 4,9 | 3,0 | 2,1 |
| 7                           | 1,8 | 2,6 | 3,9 | 5,3 | 6,6 | 8,0 | 8,4 | 7,7 | 6,6 | 4,9 | 3,0 | 2,0 |
| 8                           | 1,8 | 2,7 | 4,1 | 5,4 | 6,6 | 8,1 | 8,5 | 7,6 | 6,6 | 4,8 | 2,9 | 2,0 |
| 9                           | 1,8 | 2,8 | 4,1 | 5,5 | 6,7 | 8,1 | 8,5 | 7,6 | 6,6 | 4,8 | 2,9 | 2,0 |
| 10                          | 1,9 | 2,9 | 4,2 | 5,7 | 6,8 | 8,1 | 8,5 | 7,5 | 6,5 | 4,8 | 2,9 | 1,9 |
| 11                          | 2,0 | 2,9 | 4,3 | 5,6 | 6,7 | 8,1 | 8,5 | 7,5 | 6,5 | 4,7 | 2,9 | 1,9 |
| 12                          | 2,1 | 2,9 | 4,3 | 5,7 | 6,7 | 8,1 | 8,5 | 7,5 | 6,4 | 4,7 | 2,9 | 1,9 |
| 13                          | 2,1 | 2,8 | 4,4 | 5,6 | 6,7 | 8,1 | 8,4 | 7,4 | 6,4 | 4,6 | 2,9 | 1,9 |
| 14                          | 2,2 | 2,8 | 4,5 | 5,6 | 6,8 | 8,1 | 8,4 | 7,4 | 6,4 | 4,6 | 2,9 | 1,8 |
| 15                          | 2,3 | 2,9 | 4,6 | 5,6 | 6,8 | 8,1 | 8,4 | 7,4 | 6,3 | 4,5 | 2,8 | 1,8 |
| 16                          | 2,3 | 2,9 | 4,6 | 5,6 | 6,9 | 8,1 | 8,4 | 7,4 | 6,3 | 4,3 | 2,8 | 1,8 |
| 17                          | 2,3 | 2,9 | 4,6 | 5,6 | 7,0 | 8,1 | 8,4 | 7,3 | 6,2 | 4,2 | 2,8 | 1,8 |
| 18                          | 2,3 | 2,9 | 4,6 | 5,6 | 7,1 | 8,1 | 8,3 | 7,3 | 6,2 | 4,2 | 2,7 | 1,8 |
| 19                          | 2,3 | 2,9 | 4,7 | 5,6 | 7,2 | 8,1 | 8,3 | 7,3 | 6,1 | 4,1 | 2,6 | 1,8 |
| 20                          | 2,3 | 3,0 | 4,6 | 5,7 | 7,2 | 8,2 | 8,3 | 7,2 | 6,1 | 4,0 | 2,5 | 1,8 |
| 21                          | 2,3 | 3,0 | 4,6 | 5,7 | 7,3 | 8,2 | 8,2 | 7,2 | 6,0 | 4,0 | 2,5 | 1,8 |
| 22                          | 2,3 | 3,1 | 4,6 | 5,8 | 7,4 | 8,3 | 8,2 | 7,2 | 5,9 | 3,9 | 2,4 | 1,8 |
| 23                          | 2,3 | 3,1 | 4,6 | 5,8 | 7,5 | 8,3 | 8,2 | 7,1 | 5,9 | 3,8 | 2,4 | 1,8 |
| 24                          | 2,3 | 3,2 | 4,7 | 6,0 | 7,6 | 8,4 | 8,1 | 7,1 | 5,8 | 3,7 | 2,4 | 1,8 |
| 25                          | 2,3 | 3,2 | 4,8 | 6,1 | 7,6 | 8,4 | 8,1 | 7,1 | 5,8 | 3,7 | 2,3 | 1,8 |
| 26                          | 2,3 | 3,3 | 4,8 | 6,3 | 7,6 | 8,4 | 8,1 | 7,0 | 5,7 | 3,6 | 2,3 | 1,8 |
| 27                          | 2,3 | 3,5 | 4,9 | 6,3 | 7,6 | 8,4 | 8,0 | 7,0 | 5,6 | 3,5 | 2,3 | 1,8 |
| 28                          | 2,3 | 3,6 | 4,9 | 6,4 | 7,6 | 8,4 | 8,0 | 7,0 | 5,5 | 3,4 | 2,3 | 1,8 |
| 29                          | 2,3 | 3,6 | 4,9 | 6,5 | 7,6 | 8,5 | 8,0 | 7,0 | 5,4 | 3,4 | 2,3 | 1,8 |
| 30                          | 2,3 |     | 4,9 | 6,4 | 7,6 | 8,5 | 7,9 | 6,9 | 5,3 | 3,3 | 2,2 | 1,8 |
| 31                          | 2,4 |     | 4,9 |     | 7,6 |     | 7,9 | 6,9 |     | 3,2 |     | 1,8 |
| 1.873                       | 66  | 85  | 137 | 170 | 219 | 244 | 257 | 228 | 187 | 133 | 82  | 65  |
| 5,1                         | 2,1 | 2,9 | 4,4 | 5,7 | 7,1 | 8,1 | 8,3 | 7,4 | 6,2 | 4,3 | 2,7 | 2,1 |

Güneş Enerjisi santrallerinin performansını sadece ışıınım değil diğer iklim parametreleri de etkiler. Şekil 2.44’de Kahramanmaraş için ortalama sıcaklık ve yağış değerleri görülmektedir. Şekil 2.45’da Kahramanmaraş için güneşli, bulutlu ve yağışlı

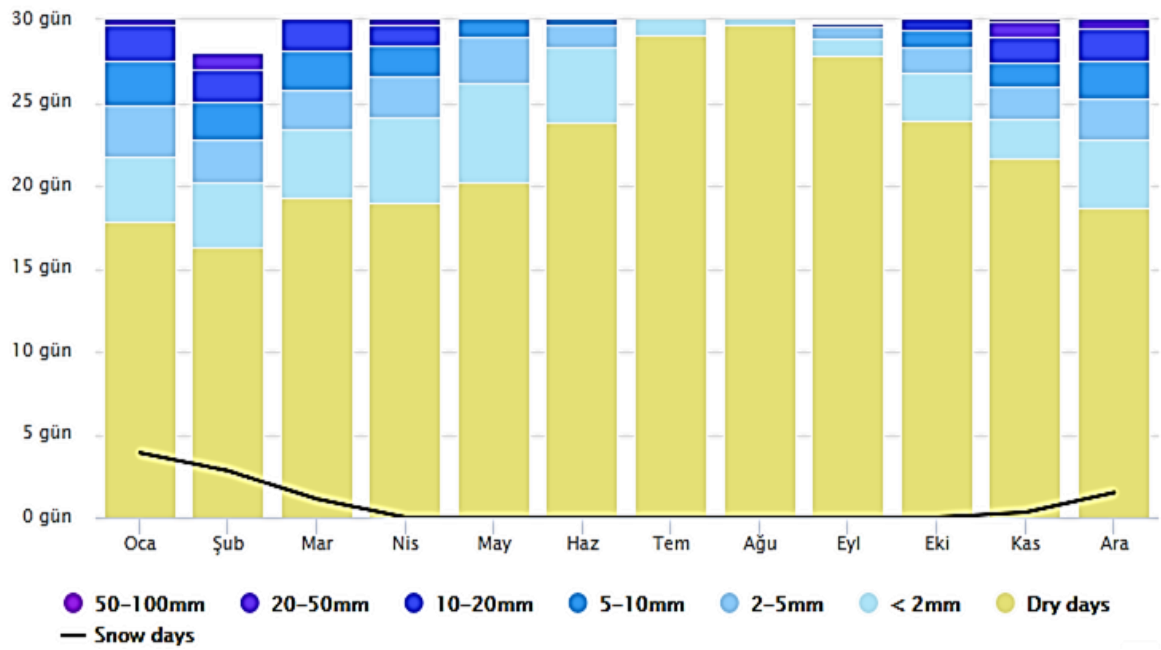
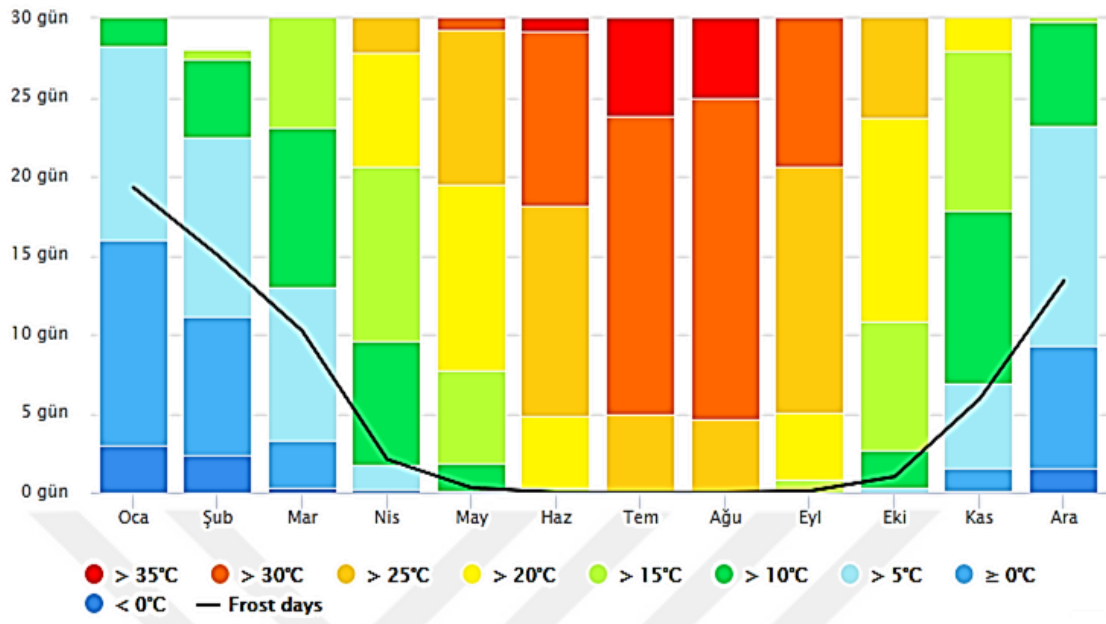
günler görülmektedir. Şekil 2.46’de Kahramanmaraş için sıcaklık değerlerine göre günlerin dağılımı görülmektedir. Şekil 2.47’de Kahramanmaraş için yağışlı günlerin dağılımı görülmektedir.



Şekil 2.44.Kahramanmaraş için ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (İnternet58, 2018)



Şekil 2.45. Kahramanmaraş için güneşli, bulutlu ve yağışlı günler (İnternet58, 2018)



### 3. MATERYAL VE METOD

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Enerji laboratuvarı ve Güneş Enerjisi uygulama sahasında deneysel çalışmalar yapılmıştır.

#### 3.1. Materyaller

##### 3.1.1. PV Paneller

PV panel deneysel çalışmalar için 4 adet 250 kW polikristal panel kullanılmıştır. Şekil 3.1’de kullanılan PV Paneller görülmektedir.



Şekil 3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan PV Paneller

### 3.1.2.İnvertör

İnvertör olarak 600 W Linetech modifiye sinüs invertör kullanılmıştır. Şekil 3.2’de kullanılan invertör görülmektedir. Linetech modifiye sinüs inverter 600 Watt gücünde, bağlantı mandalı sayesinde direkt olarak aküden çalışmaya uygundur. Üzerinde ON/OFF anahtarı ve SCHUKO priz bulunan çıkış dalga şekli modifiye sinüs olan ekonomik DC - AC inverter. Laptop, kamera, cep telefonu şarj cihazları, TV + DVD, matkap, çeşitli el aletleri vb. cihazları çalıştırmak için çok uygundur. Çizelge 3.1’de İnvertörün özellikleri görülmektedir.

#### İnvertör Özellikleri

- Yüksek verim
- Düşük pil voltajı alarmı
- Yüksek Voltaj Koruması
- Aşırı sıcaklık Koruması
- Aşırı Yük Koruması
- Kısa Devre Koruması
- Düşük boшта güç çekmek



Şekil 3.2.Kullanılan İnvertör

Çizelge 3.1.İnvertör özellikleri

| ÜRÜN ÖZELLİKLERİ           |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| AC Çıkış Voltajı           | 230 Volt                   |
| VAC Çıkış Gücü             | 600 Watt                   |
| Demeraj Gücü               | 1200 Watt                  |
| Çıkış Dalga Tipi           | Modifiye Sinüs             |
| Frekans                    | 50/60 Hz                   |
| Çıkış Voltaj Hassasiyeti   | +/-%3                      |
| Göstergeler                | Led Gösterge               |
| Akü Giriş Voltajı          | 12-24 Volt                 |
| Düşük Akü Kapatma Seviyesi | 8,5 Volt - 21 Volt         |
| Soğutma Şekli              | Yük Kontrollü Soğutma Fanı |
| Ağırlık                    | 2,1 Kg                     |

### 3.1.3.Şarj Kontrol Cihazı

İnvertör olarak 600 W Linetech tam sinüs invertör kullanılmıştır. Şekil 3.2’de kullanılan invertör görülmektedir.



Şekil 3.3.Şarj kontrol cihazı

## Özellikler

· Yüksek verimli PWM şarjı, · Yaygın olarak kullanılan, otomatik olarak gündüz / gece algılayan, · PV ve pil durumu için LED göstergeler, · Endüstriyel tasarım, geniş uygulama aralığı, · Dijital tüp menüsü, sadece tek tuşla tüm ayarları çözme, · Akıllı zamanlayıcı fonksiyonu ile 1 ~ 13 saat seçeneği, IP67 koruması

## Elektronik korumalar:

- PV ters polarite koruması
- Batarya aşırı şarj koruması
- Batarya aşırı deşarj koruması
- Batarya aşırı ısınma koruması
- Batarya ters polarite koruması
- Yük aşırı yük koruması
- Yük kısa devre koruması

### 3.1.4.Akü

Akü olarak 12 V 100 Ah FirstPower akü kullanılmıştır. Şekil 3.4’de kullanılan akü görülmektedir.



Şekil 3.4.Kullanılan akü

### 3.2.Deneysel Çalışmalar

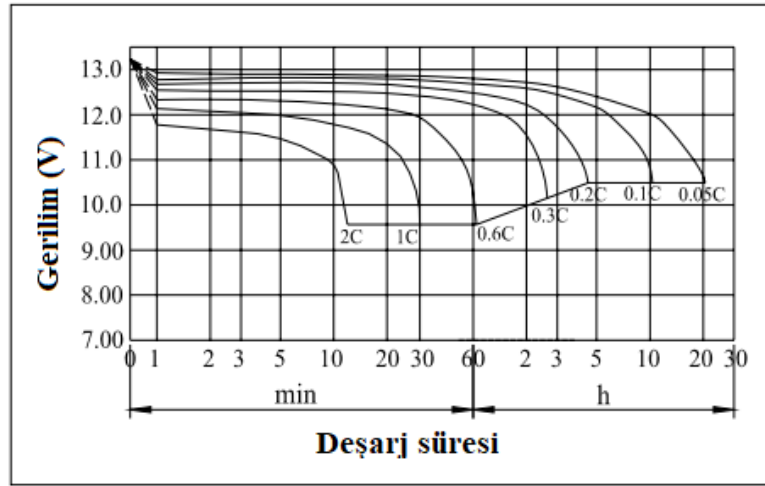
Depolamalı PV sistemlerde en önemli sorun akülerde oluşmaktadır. Mühendislik hatası sonucu yanlış hesaplanan akü kapasiteleri ve akülerin dış ortamdan etkilenmesi nedeniyle akülerden istenilen performans alınamamaktadır. Şekil 3.5’de akülerle yapılan çalışma görülmektedir.

Şekil 3.5.Akülerle yapılan çalışmalar

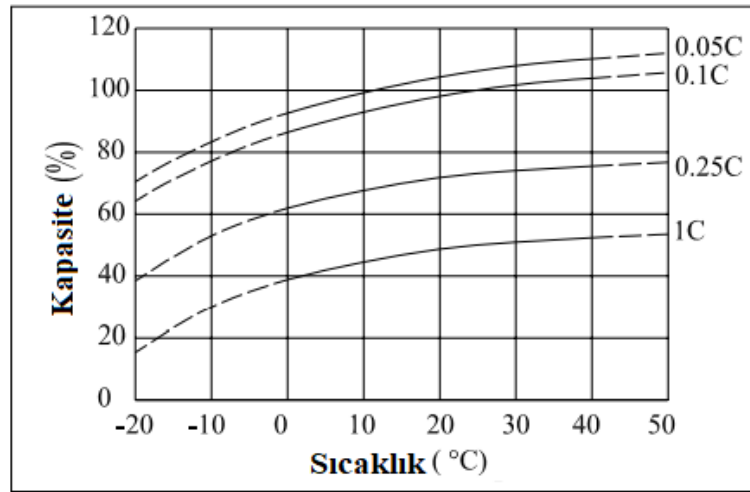


Şekil 3.5.Akülerle yapılan çalışmalar

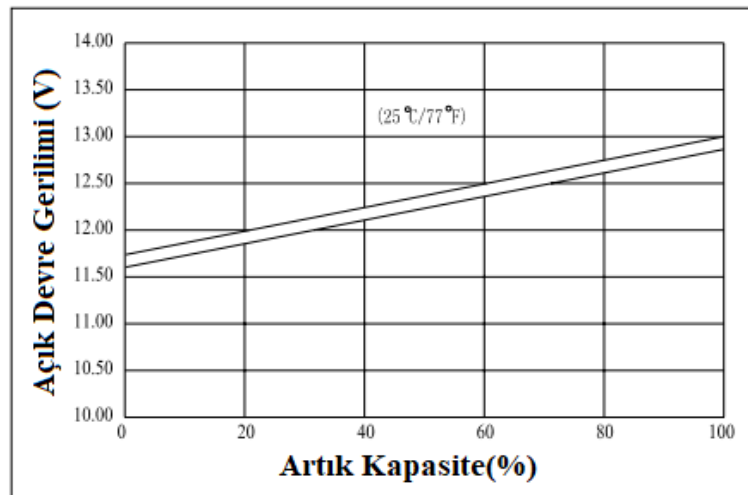
Şekil 3.6’de akünün deşarj özellikleri, Şekil 3.7’de sıcaklığın kapasite üzerine etkisi, Şekil 3.8’de açık devre gerilimi ve artık kapasite ilişkisi, Şekil 3.9’de sıcaklığın akü ömrüne etkisi, Şekil 3.10’de şarj özellikleri ve Şekil 3.11’de kendinden deşarj özellikleri görülmektedir. Akülerin kullanım kapasitesi sıcaklık ile değişmektedir. Sıcaklık ayrıca akü ömrünü de etkilemektedir.



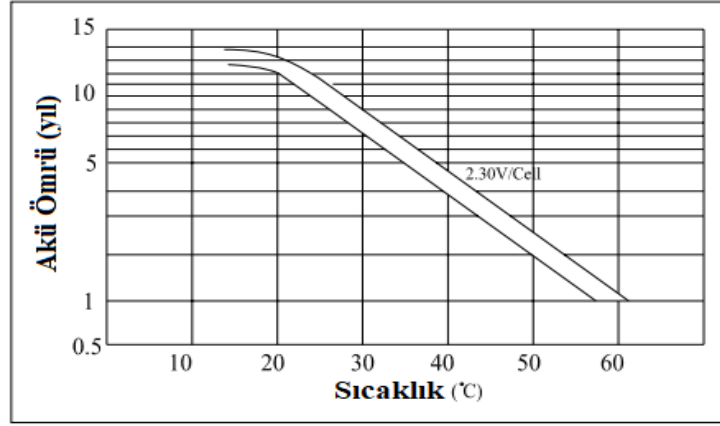
Şekil 3.6. Deşarj Özellikleri (25 °C)



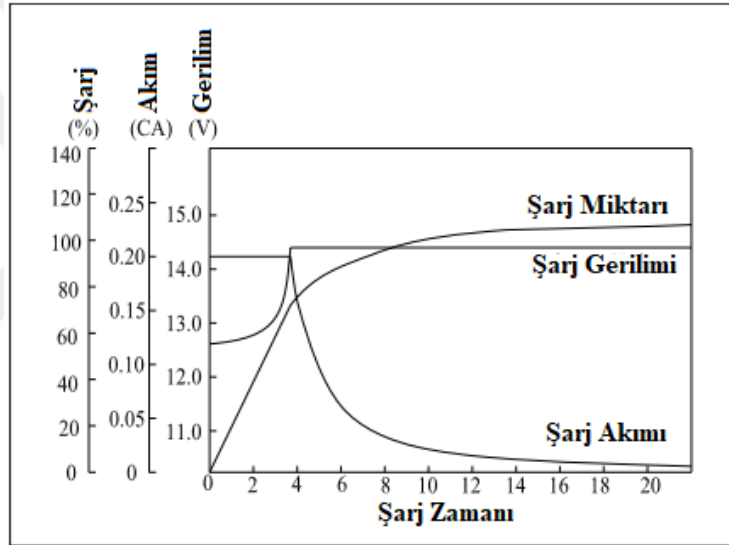
Şekil 3.7. Sıcaklığın Kapasite Üzerine Etkisi



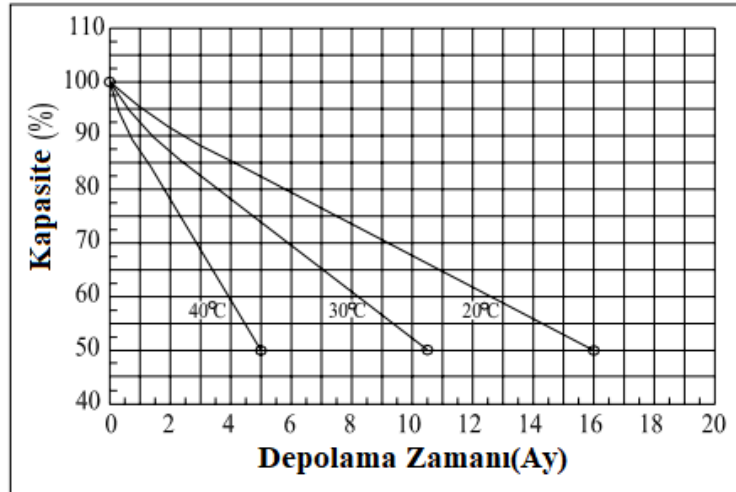
Şekil 3.8. Açık Devre Gerilimi ve Artık Kapasite İlişkisi (25 °C)



Şekil 3.9.Sıcaklığın akü ömrüne etkisi



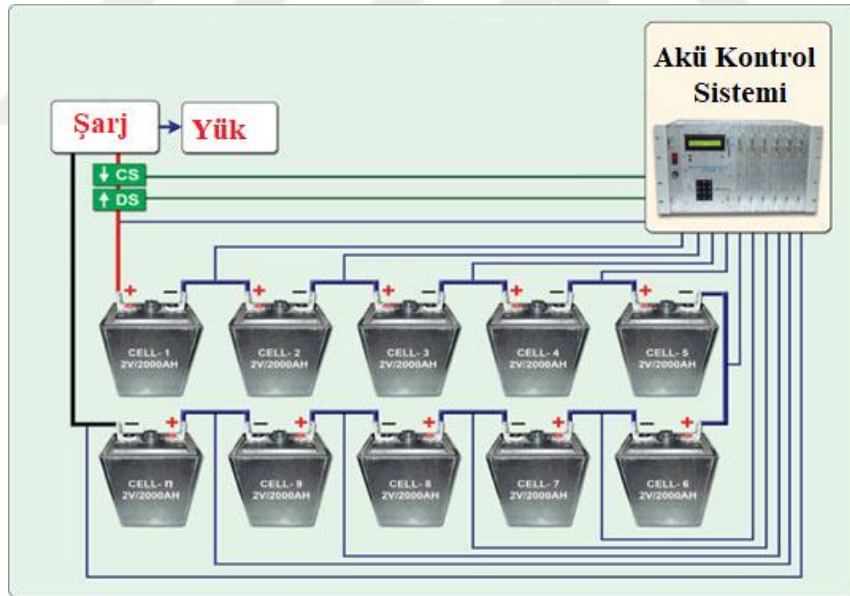
Şekil 3.10. Şarj Özellikleri (25 °C)



Şekil 3.11.Kendindendeşarj Özellikleri

Birden çok hücrenin/bataryanın seri ve/veya paralel bağlandığı sistemlerde, bataryaların birbirine eşdeğer şarj ve deşarj olabilmelerini sağlamak, toplam enerjinin efektif kullanılması ve batarya ömrünün uzaması açısından önem arz etmektedir. Enerjinin verimli bir şekilde kullanılması için tek bataryadan alınan enerjinin diğer bataryalara transferi ve tersi yönde işlem yapabilen farklı güç elektroniği topolojileri vardır. Bataryalar paralel bağlı oldukları durumda, terminal gerilimlerini eşitlemek için birbirlerini zorlarlar ve böylelikle paralel bağlı bataryalar otomatik şarj dengelemesi yapmış olurlar. Seri bağlı durumda aynı akım bütün bataryalardan geçer. Bu durumda şarj veya deşarj akımının ne zaman kesileceğini en zayıf batarya belirler. Şarj ve deşarj işlemi sırasında maksimum ve minimum terminal gerilimi değerlerinin dışına çıkılması durumunda bataryalar zarar görmektedir. Seri bağlı bataryalarda her bir bataryanın terminal gerilimini ölçmek bu bağlamda önemlidir.

Akülerin teker teker ölçülmesi ve sıralı sistem çalıştırılması akü performansını artırmaktadır. Akülerin şarj, deşarj akımları ve ortamın sıcaklık kontrolü akü kontrol sistemleri tarafından yapılmaktadır. Şekil 3.12’de örnek bir akü kontrol sistemi görülmektedir.



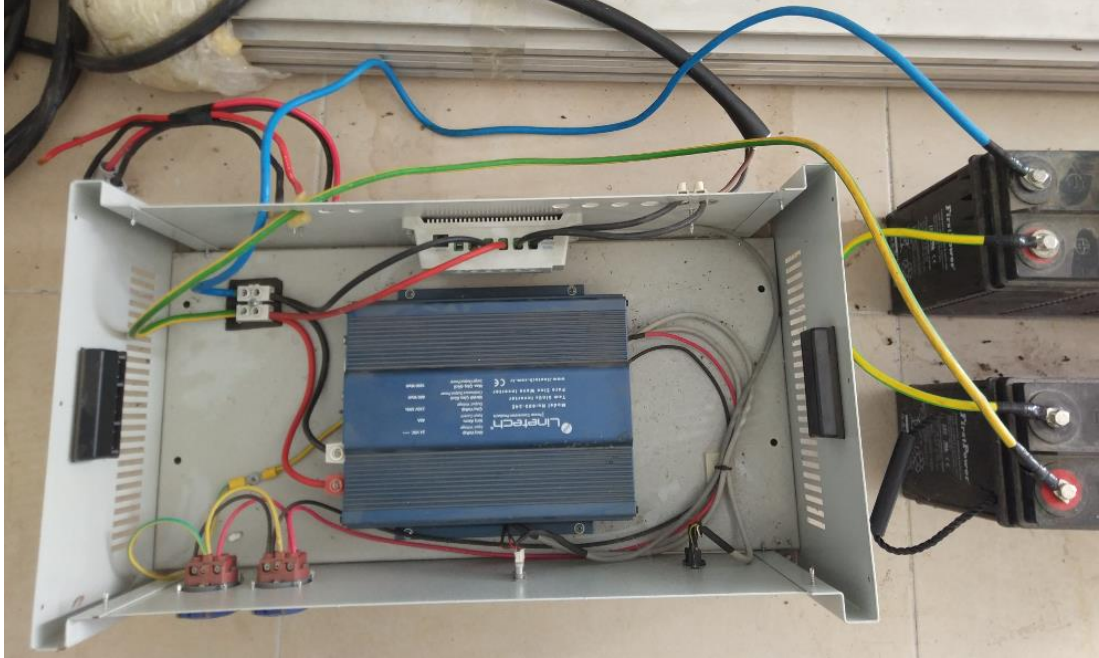
Şekil 3.12. Akü kontrol sistemi

Genel olarak üreticilerce kabul gören ideal ortam sıcaklığı 20-25 °C’dir. Aküler bu değerin dışında farklı sıcaklık değerlerinde farklı reaksiyonlar gösterir. Örneğin, sıcaklık düştükçe kapasite verimi düşer (düşük kapasite). Aksine, sıcaklık artarsa kapasite verimi artar (yüksek kapasite). Bu sebeple tüm kataloglar sıcaklığın 20-25 °C civarında olmasını

esas olarak teknik değerler beyan ederler. Kapasite değerleri, watt değerleri, ömür süresi gibi tüm parametreler sıcaklığın bu referans aralığında olması kaydıyla geçerlidir.

Yüksek sıcaklığın aküye negatif etkisi vardır. 25  C'nin üzerindeki sıcaklıklar akünün ömrünü azaltan etki yapar. Hatta bu durum bir kural olarak literatüre girmiştir: 25 C nin üzerindeki her 10 C lik artış akünün ömrünü yarı yarıya azaltır. Yapılan ar-ge çalışmaları sonucu, bugün sıcaklığa dayanıklı aküler geliştirilmiştir. Bu aküler orijinal (nominal) kapasitesini örneğin 35 C sıcaklık altında vermektedir. Ve rneğin bu ak 20 C'de ömrünü 20 yıla kadar çıkarabilmektedir.

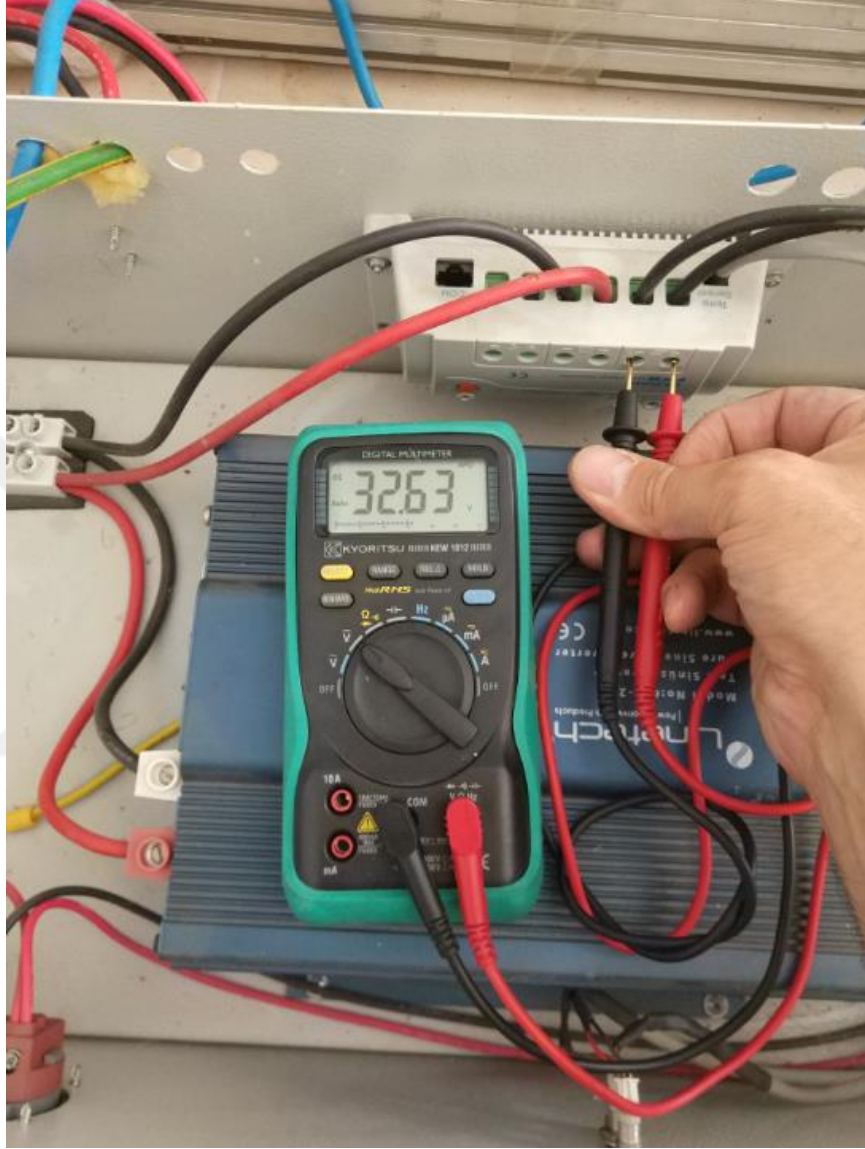
Prototip olarak depolamalı bir PV sistem tasarlanmıştır. Sistemde PV, İntertör ve ak kullanılmış ve ölçümler yapılmıştır. şebeke bağlantısız aydınlatma sisteminin ak ve PV ile enerji ihtiyaı karşılanmıştır. Yapılan çalışmalarda günlerin uzun olduğu yaz aylarında sistem başarı ile çalışırken kış aylarında özellikle havanın kapalı olduğu günlerde sistem başarılı sonuç vermemiştir. Panel sayısının ve ak sayısının artırılmasıyla istenilen enerji miktarı depolanabilir. şekil 3.13'de şebeke bağlantısız depolamalı PV sistem görülmektedir.



şekil 3.13. Depolamalı PV sistem

Güneş enerjisinin en önemli özelliklerinden birisi her zaman ve her yerde ulaşılabilir olmalarıdır. Bu doğrultuda şebekeden bağımsız sistemlerle, ulusal elektrik dağıtım

şebekesinin bulunmadığı kırsal alanlarda ve/veya ilgili tüketim alanına ulaştırılmasının yüksek maliyetli olması durumlarında güneş enerjisi kullanımı daha uygundur. Bu sistemler, sahalara veya çatılara kurulabildiği gibi, depolama sistemleri ile entegre olarak kurulum yapılan yerde kesintisiz enerji kaynağı olabilmektedir.



Şekil 3.14. Şebeke bağlantısız PV Sistem

### 3.3. Metod

#### 3.3.1. Fotovoltaik Hücrelerin Modellenmesi

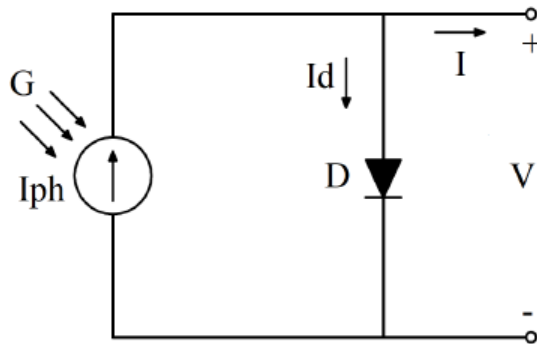
Çeşitli çevre koşullarında bir PV hücrenin davranışını tanımlamak üzere, MPPT sistemlerinin ihtiyaç duyduğu akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) karakteristik eğrilerini elde edebilmek için güneş hücrelerinin modellenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda, PV hücrelerin matematiksel modellenmesinde ortak yaklaşım, hücrelerin yarı iletken malzemelerden üretilmesinden dolayı, P-N jonksiyonu içeren bir diyodun ışıyım kaynaklı bir akım kaynağına paralel bağlanması üzerinde yoğunlaşmıştır (Tamrakar, 2015). PV hücrelerin veya panellerin farklı sıcaklık ve ışıyım değerleri altındaki davranışını belirlemek üzere yapılan benzetim çalışmalarında birçok model sunulmuştur (Saloux, 2011).

Bu alanda yapılan çalışmalarda literatüre tek diyotlu model, iki diyotlu model, üç diyotlu model, kısmi gölgelemeli model başta olmak üzere birçok parametrik model sunulmuştur.

En yaygın olarak kullanılan modeller, I-V ve P-V eğrilerinin elde edilmesinde minimum hata veren ve gerçek bir PV hücrenin farklı koşullar altındaki karakteristiğini daha iyi yansıtan tek diyot ve iki diyotlu modellerdir (Tamrakar, 2015).

#### 3.3.2. İdeal Tek Diyotlu Model

PV hücrelere ilişkin en temel elektriksel model Şekil 3.15’de verilmiştir. Kayıpların ihmal edilmesiyle elde edilen bu model, ışıyım enerjisinin dönüşümünü ifade eden bir akım kaynağı ve bir diyottan oluşmaktadır (Kayrı, 2017).



Şekil 3.15.İdeal tek diyotlu model

Şekil 3.15’deki devreye Kirchhoff’un akımlar kanunu uygulanırsa,

$$I = I_{ph} - I_D \quad (3.1)$$

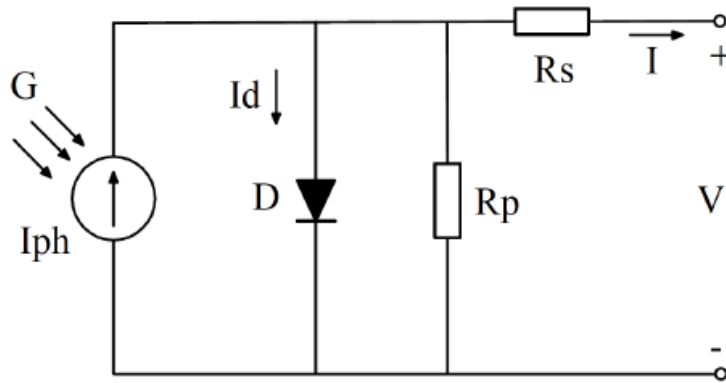
Eşitliği elde edilir. Burada  $I$  hücre akımını,  $I_{PH}$  foton akımını,  $I_D$  diyot akımını göstermektedir. Denklem (2.39)'da ki  $I_D$  diyot akımı,

$$I_D = I_s \cdot \left( e^{\frac{V}{mV_T}} \right) - 1 \quad (3.2)$$

Eşitliğiyle sağlanmaktadır. Burada,  $I_s$  diyotun ters yönde doyma akımını,  $V$  hücrenin çıkış gerilimini,  $1 \leq m \leq 2$  olmak üzere  $m$  diyot faktörünü,  $V_T + 25^\circ$  STC halinde 25,7 mV değerini alan termal gerilimi ifade etmektedir.

### 3.3.3. Gerçek Tek Diyotlu Model

Güneş ışınımıyla gelen fotonlar PV hücre içinde elektronları hareket ettirirken kullanılan malzemeye göre çeşitli gerilim düşümleri ve kaçak akımlar meydana gelmektedir. Bu yüzden PV hücreler modellenirken, gerçeğe daha yakın bir sonuç elde edebilmek için bu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu amaçla ideal tek diyotlu modele ilaveten, hücre üzerinde meydana gelen gerilim düşümlerini temsil etmek üzere  $R_s$  ve kaçak akımları temsil etmek üzere  $R_p$  paralel direnci kullanılmaktadır. Şekil 3.16'te gerçek tek diyotlu modelin elektrik eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil 3.16. Gerçek tek diyotlu model

Şekil 3.16'teki devreye Kirchhoff'un akımlar kanunu uygulanırsa,

$$I = I_{ph} - I_D - I_p \quad (3.3)$$

Eşitliği elde edilir. İdeal tek diyotlu modelde kullanılan  $I_D$  diyot akımı Denklem (2.41)'de yerine konulursa,

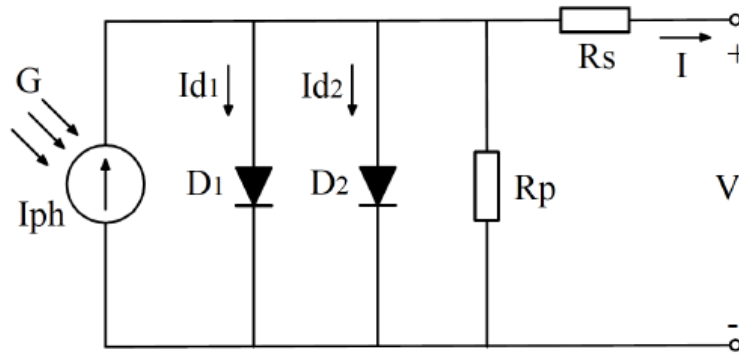
$$I = I_{PH} - I_s \cdot \left( \left( e^{\frac{V+I.R_S}{m.V_T}} \right) - 1 \right) - \frac{V+I.R_S}{R_P} \quad (3.4)$$

İfadesi elde edilir.

Denklem (2.42) ile hücre gerilimi ve akımının hesaplanması ideal diyotlu modeldeki gibi basit olmayıp lineer olmayan denklemlerin çözümünde kullanılan nümerik analiz yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir.

### 3.3.4. İki Diyotlu Model

İki diyotlu modelde, ideal tek diyotlu ve gerçek tek diyotlu modelde bulunmayan ikinci bir diyot kullanılmaktadır. Bu modellerde yerleştirilen ikinci diyotla, diyot faktörü  $m$ 'nin alabileceği değer aralığını genişletmek amaçlanmaktadır. Şekil 3.17'te iki diyotlu modelin elektriksel eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil 3.17. İki diyotlu model

Şekil 3.17'teki devreye Kirchhoff'un akımlar kanunu uygulanırsa,

$$I = I_{ph} - I_{D1} - I_{D2} - I_p \quad (3.5)$$

Eşitliği elde edilir.  $I_{D1}$  ve  $I_{D2}$  diyotlarına ilişkin akım denklemleri Denklem (2.43)'de yerine konulup gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$I = I_{PH} - I_{s1} \cdot \left( \left( e^{\frac{V+I.R_S}{m.V_T}} \right) - 1 \right) - I_{s2} \cdot \left( \left( e^{\frac{V+I.R_S}{m.V_T}} \right) - 1 \right) - \frac{V+I.R_S}{R_P} \quad (3.6)$$

İfadesi elde edilir. PV hücre akım ve gerilim ilişkisini belirlemek üzere Denklem (2.44)'e ilişkin geliştirilen çözüm yöntemleri, iki diyotlu modelde kalite faktörü bilinmeyen iki diyot mevcut olduğundan, tek diyotlu modellere göre daha karmaşıktır

### 3.4. Güneş Enerjisi Simülasyon Programları

Projeler için hazırlanan simülasyon raporları, projelerin yatırım statüsünü belirlediği için büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle simülasyon programına projeye ilişkin dataların doğru girilmesi önemlidir. Simülasyon raporlarının doğruluk seviyesi programın özelliklerinin yanı sıra doğru mühendislik tecrübesi ile de ilişkilidir. Simülasyon programları ile hazırlanan raporların sonuçlarının gerçek değerlerle karşılaştırılması, raporların doğruluk seviyeleri, uluslararası araştırmalarda her zaman önemli bir yer tutmuştur. Simülasyon programlarını hazırlayan ve kullanan ticari firmalar, üniversiteler, araştırma kurumları vb. kurumlar, bu raporların doğruluğunu değerlendirmek amacıyla çalışmalarına devam etmektedirler.

#### 3.4.1. PVSYST

PV sistemlerinin çalışması, boyutlandırması, simülasyon ve veri analizi için bir PC yazılım paketidir. Bu yazılım, şebekeye bağlı veya tek başına, DA-grid (toplu taşıma) sistemleri için, geniş bir meteorolojik ve PV-bileşenler altyapısıyla kullanabileceğimiz veri tabanı sunmaktadır. Bu yazılım mimarlar, mühendisler ve araştırmacılara yönelik olarak hazırlanmış ve eğitim için yararlı olabilecek bir üründür. Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilen en eski fotovoltaik yazılımlarından biridir.

Ana özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Şebekeden bağımsız PV sistemlerinin tam tasarımı
- Şebekeye bağlı PV sistemlerinin Tam tasarımı
- PV paneller, inverterler ve meteorolojik verileriyle bütünleşik veri tabanı
- Faydalı 3D uygulaması ile yakın gölgelerin simüle edilebilmesi
- PVGIS NASA veri tabanlarından ışınlama verilerinin kullanılabilmesi

- Ekonomik değerlendirme ve geri ödeme hesaplarının yapılabilmesi
- CSV dosya formatında hesaplamaların aktarılabilmesi

### 3.4.2. PV\*SOL

PV\*SOL simülasyon programı, arazi üstü ve çatı tipi güneş enerji santralleri gerçeğe uygun olarak tasarımını yapıp bir yıllık simülasyonunun yapan güneş enerji santrali tasarım programıdır. Şebekeye bağlı veya şebekeye bağlı olmayan sistemlerin kurulumunu yapmaya yarayan çok yönlü tasarım programıdır.

PV \* SOL Expert: 3D nesnelere dayanan gölge hesaplama özelliği ile PV sistemlerinin 3D görselleştirmesini yapar. Bu görselleştirme ile çatı alanında kurulacak PV santral için bir ön çalışma yapmamıza olanak sağlar. 3D modunda görüntüleme ile bir gün ya da bir yıl süre boyunca gölge seyrinde önemli bilgileri kullanıcıya sunar. 10 dakikalık aralıklarla gölgeleme simülasyonu ve verim simülasyonu her modül için yapılabilir.

### 3.4.3. BlueSol

BlueSol kullanımı çok kolay bir standart Microsoft ara yüzü ile dünyadaki her ülkede fotovoltaik sistemlerin tasarımı için kullanılan bir yazılımdır. Bu simülasyon programı ile, bir yere kurulacak sistemin ön değerlendirmesinin yapılmasına olanak sağlar. BlueSol programının başlıca özellikleri şunlardır:

- Fotovoltaik sistemin boyutlandırılması için doğrudan düzenleme kullanılması;
- Ekleme ve kabloların ve elektrik aksamalarının doğrulanması;
- Planimetri modülleri, dizeleri, kablolar, paneller ve inverterleri düzenlemek için bütünleşmiş CAD sistemi;
- Yakın engeller ve yüzeyler üzerinde ışın uygulaması değerlendirmelerinin, gölgeleme simülasyonları ile düzenin 3D görüntülenebilmesi.

### 3.4.4. PVGIS

PVGIS bir fotovoltaik (PV) sistemin üreteceği güneş enerjisini tahmin etmek için kullanılan ücretsiz online bir araçtır. Fotovoltaik panellerden elde edilebilecek yıllık çıkış enerjisini hesaplamaktadır. PVGIS Avrupa Komisyonu bünyesindeki bilim hizmetleri merkezi olan JRC (ortak araştırma merkezi) tarafından yürütülen bir projedir.

Bu proje kapsamında ücretsiz web tabanlı bir simülasyon programı hazırlanmıştır. Bu uygulama ile ortalama günlük ve aylık elektrik enerjisi üretimi, ayrıca santralin

kurulduğu konuma gelen, metrekaşe başına ortalama aylık ve yıllık küresel ışıınım miktarı grafik ve Çizelge olarak verilmektedir. Ayrıca sistemde yerel ortam sıcaklığı kullanılarak sıcaklık ve düşük ışıınım nedeniyle oluşan tahmini kayıplar, açısıal yansıma etkilerinden dolayı tahmini kayıplar, kablo kayıpları, inverter kayıpları ve kombine PV sistem kayıpları Çizelge olarak verilmektedir. İzleme seçenekleri ile yatay eksen, eğik eksen ve iki eksenli olarak sonuçları elde etmek mümkündür.

#### **3.4.5. Solar Advisor Model (SAM)**

SAM programı ar-ge çalışmaları yapan araştırmacılara, mühendislere ve yenilenebilir enerji sektöründe yer alan insanların çalışmalarını kolaylaştırmak için tasarlanmış bir performans ve ekonomik modeldir. SAM kullanıcıları güneş enerji santrallerinin sistemler üzerindeki fiziksel etkilerini anlamak için geliştirilen bir programdır. Ayrıca bu simülasyon programı yatırımcıya değişen maliyet şartlarına uygun arayüz sunarak daha doğru hesaplama yapmasını sağlar. Bu simülasyon programı finansal parametrelerin sistem maliyeti üzerindeki etkilerini araştırmak için de kullanılır. SAM simülasyon programı yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) parabolik çukur, çanak-stirling sistemleri ve fotovoltaik (PV) güneş enerji santrallerin kurulmasını ve bununla üzerine araştırma yapılmasını sağlayan arayüz yazılımına sahiptir. Bu simülasyon programı birbirini etkilemeyen kategoriler (modül, inverter, BOS, Tesisat) arasında nakliye ve diğer maliyetleri toplamını yada ayrı ayrı da verebilmektedir (Haydaroğlu, 2017).

#### **3.4.6. HOMER**

HOMER enerji modelleme yazılımı, konvansiyonel jeneratörler, kojenerasyon üniteleri, rüzgar türbinleri, fotovoltaik, hidroelektrik, piller, yakıt hücreleri, biyokütle ve diğer bileşenlerden oluşan hibrit güç sistemlerinin, tasarımı ve analizi için kullanılan güçlü bir araçtır. Şu anda on binlerce insan tarafından tüm dünyada kullanılmaktadır.

HOMER hem off-grid, hem de şebekeye bağlı elektrik sistemleri için tasarım seçeneklerini değerlendirebilen ve uygulamaları kolaylaştıran bir bilgisayar programıdır. Enerji verimliliği, enerji üretimi, sanayi ve ticari faaliyetlerin ve arazi kullanım uygulamalarından kaynaklanan çevre sorunlarına teknolojik ve ekonomik çözümler sunmaktadır (Haydaroğlu, 2017).

### **3.5.PV Sistemin TRNSYS ile Modellenmesi**

PV paneli oluşturan hücrelerin akım-gerilim cevabının simülasyonda kullanılması için matematiksel modele ihtiyaç vardır. Model sıcaklık ve aydınlık seviyelerini de

hesaplayabileceğimiz bileşenlerden oluşmalıdır. PV hücresinin fiziksel yapısına ve eşdeğer devrenin karmaşıklık seviyesine göre birçok modelden bahsetmek mümkündür. Matematiksel modelin basitliği ile doğruluk payı arasında ters orantı bulunduğu için simülasyon süresinin uzunluğu ve hesap yükü göz önünde bulundurulmalıdır. Kullandığımız simülasyon programı TRNSYS'in avantajı sadece maksimum güç noktası, kısa devre akımı ve açık devre gerilimi durumlarındaki akım-gerilim hesabını yapabilmesi değil, ayrıca iklim bilgisine göre değişen panel geriliminin tüm değerlerinde akım-gerilim hesabını gerçekleştirebilmesidir.

### 3.5.1.PV Hücresinin TRNSYS ile Modellenmesi

Hücresinin anlık ışıma vasıtasıyla ürettiği akım  $I_L$  ışık miktarı ile doğru orantılıdır. Devrede yer alan diyot akımı  $I_D$  pv hücre modelinde yer alan diyottan geçen akımı temsil etmektedir. Çıkış akımı ise  $I$  olarak isimlendirilmiştir. Tüm iç kayıplar  $R_s$  direnci ile temsil edilmiştir. Diğer modellemelerde görülen ve diyota paralel olarak konulan  $R_{sh}$  şönt direnci Townsend (Townsend, 2011) tarafından irdelenmiş olup, üretilen güç bakımından etkisinin ihmal edilecek kadar düşük olduğu belirtilmiştir. PV Modelde;

$$I = I_L - I_D \quad (3.7)$$

$$I_L = \left( \frac{\Phi}{\Phi_{ref}} \right) \cdot (I_{Lref} + \mu_{ISC}(T_c - T_{cRef})) \quad (3.8)$$

$I_{LRef}$ : Referans noktasında ölçülen ışıma akımı (Amper)

$\Phi, \Phi_{ref}$ : Gerçekte ve referans noktasında ölçülen ışıma ( $W/m^2$ )

$T_c, T_{cRef}$ : Gerçekte ve referans koşulunda ölçülen hücre sıcaklığı (Kelvin,derece)

$\mu_{ISC}$ : Kısa devre anındaki sıcaklık katsayısı (Amper/Derece)

$$I_D = I_0 \left( \exp \left( \frac{q(V + IR_s)}{\gamma k T_c} \right) - 1 \right) \quad (3.9)$$

$V$ : Terminal gerilimi (V)

$I_0$ : Ters satrasyon akımı (A)

$\gamma$ : Deneysel PV eğrisi şekil faktörü

$R_s$ : Seri direnç (Ohm)

$\mu_{Voc}$ : Açık devre anındaki sıcaklık katsayısı

$q$ : Elektron yük sabiti ( $1.602 \times 10^{-19}$ )

$k$ : Boltzman sabiti

Ters satrasyon akımı

$$I_0 = D(T_c^3) \exp\left(\frac{-qE_G}{AkT_c}\right) \quad (3.10)$$

Ters satrasyon akımı  $I_0$  farklı sıcaklık değerlerinin birbirine oranı ile hesaplandığında  $D$  parametresi elimine edilir. Bu durumda  $I_L$  eşitliği de sadeleştirilmiş olunur. Dolayısıyla  $I$  akımının formülü şu şekilde yazılabilir:

$$I = I_L - I_0 \left( \exp\left(\frac{q(V+IR_s)}{\gamma kT_c}\right) - 1 \right) \quad (3.11)$$

Matematiksel ifadelerin terimlerini azaltmak için;

$$N = \frac{q}{kT_{cref}} \quad (3.12)$$

$I_L$ ,  $I_0$ ,  $\gamma$  ve  $R_s$  olmak üzere dört bilinmeyenli bir denkleminiz olmuştur. (3.11) eşitliği lineer olmayan kapalı bir fonksiyon olduğu için Newton-Raphson gibi nümerik yöntemlerle çözülmesi gerekmektedir.  $I_L$  ve  $I_0$  sıcaklık ve aydınlanma değiştiğinde yeniden hesaplanırsa da  $\gamma$  ve  $R_s$  değerlerini bir kere hesaplamamız yeterli olacaktır. Bunun için PV hücrenin üç ayrı referans noktasının kullanabiliriz.

$$I_{scref} = I_{Lref} \quad (3.13)$$

Kısa devre anında kısa devre akımı ve PV hücre akımını eşit sayabiliriz. Çünkü diyot üzerinden hücre akımının sadece milyonda biri akar.

$$0 = I_{scref} - I_{Oref} \left( \exp\left(\frac{N.V_{Oref}}{\gamma}\right) \right) \quad (3.14)$$

$$I_{Oref} = \frac{I_{scref}}{\exp\left(\frac{N.V_{Oref}}{\gamma}\right)} \quad (3.15)$$

Açık devre anında üstel fonksiyondaki -1 terimini elimine edebiliriz. Çünkü üstel fonksiyonun yanındaki -1 terimi exponansiyel terime göre tüm koşullarda çok küçük kalır ve ihmal edilebilir.

$$I_{mpref} = I_{scref} - I_{Oref} \exp\left(\frac{N(V_{mpref} + I_{mpref}.R_s)}{\gamma}\right) \quad (3.16)$$

MPP noktasındaki denkleminiz yazıldıktan sonra, (3.14) denkleminde  $I_{Oref}$  terimini çekerek (3.16)'de yerine yazarsak.

$$I_{mpref} = I_{scref} - \frac{I_{scref}}{\exp\left(\frac{N.V_{ocref}}{\gamma}\right)} \exp\left(\frac{N(V_{mpref} + I_{mpref}.R_s)}{\gamma}\right) \quad (3.17)$$

$$I_{mpref} = I_{scref} \left(1 - e^{\frac{N}{\gamma}(V_{mpref} + I_{mpref}.R_s - V_{ocref})}\right) \quad (3.18)$$

$$\ln\left(1 - \frac{I_{mpref}}{I_{scref}}\right) = \frac{N}{\gamma}(V_{mpref} + I_{mpref}.R_s - V_{ocref}) \quad (3.19)$$

$$\gamma = \frac{N.(V_{mpref} + I_{mpref}.R_s - V_{ocref})}{\ln\left(1 - \frac{I_{mpref}}{I_{scref}}\right)} \quad (3.20)$$

$\gamma$  teriminin bulunması ile beraber sadece  $R_s$  bilinmeyi kalır. Bunun için bir eşitliğe daha ihtiyacımız vardır. Açık devre gerilimi olan (3.14) eşitliğinde  $V_{ocref}$ 'i yalnız bırakıp PV hücre sıcaklığına göre türevini aldıktan gerekli düzenlemeler yapılırsa son bilinmeyen terim için denkleminiz ortaya çıkmış olacaktır.

$$\mu V_{oc} = \frac{\partial V_{ocref}}{\partial T_{cref}} = \frac{\gamma k}{q} \left[ \ln\left(\frac{I_{scref}}{I_{Oref}}\right) + \frac{T_{cref} \mu_{scref}}{I_{scref}} - \left(3 + \frac{q E_G}{A k T_{cref}}\right) \right] \quad (3.21)$$

$I_{Lref}$ ,  $I_{Oref}$ ,  $\gamma$  ve  $R_s$  değerleri panel üreticileri tarafından genelde kataloglarda verilen değerler değildir. TRNSYS içerisindeki PV modülü olan Type 94 bu değerlere ulaşmak için 3.20, 3.15, 3.13, 3.21 eşitliklerini kullanır. 3.19 eşitliğinde tahmini bir  $R_s$  değeri atayarak  $\gamma$  değerini bulur ve 3.14 eşitliğine atama yaparak  $I_{Oref}$ 'i elde eder. Son olarak 3.20 denkleminde  $\mu V_{oc}$  değerinin bulunmasını sağlar. Panel üreticisinin katalogda verdiği açık devre sıcaklık katsayısı ile karşılaştırma yaparak başlangıçta atadığı  $R_s$  değerini gerçek sınırlar içerisine çekene kadar bu iterasyonu devam ettirir. Uygun bir  $R_s$  direnç değeri bulduktan sonra 3.21 eşitliğini kullanarak PV hücre akımını hesaplar. Sıcaklık ve aydınlığa göre değişen  $I_{Lve}$   $I_0$ 'ın aksine  $R_s$  ve  $\gamma$  parametrelerinin bir kez hesaplanması yeterlidir (A Transient System Simulation Program Volum5 Mathematical Reference, 2006).

### 3.5.2.Regülatörün TRNSYS ile Modellenmesi

PV sistemlerde üç tür güç düzenleme işlevi yürütülür.

- 1- Paneller tarafından üretilen gücün akülere dağıtımı ve akülerden çıkan gücün kontrol edilmesi. Tabi ki yüke, invertör ve konvertör gibi cihazlara yapılan güç dağıtımı ve kontrolü de buna dâhildir.
- 2- Panelin ürettiği gerilimi kullanacak veya depolayacak birimlerin çalışma gerilimine regüle edilmesi.
- 3- Eğer regülatörün invertör özelliği varsa üretilen gücün DC/AC dönüşümü.

F: Yüzdesel akü seviyesi (% 100 tam şarj)

$F_d$ : Aküdeşarjı için izin verilen minimumdeşarj yüzdesi

$F_c$ : Akü şarjı için izin verilen maksimum şarj yüzdesi

$V_d$ : Deşarj için izin verilen minimum gerilim değeri

$V_c$ : Şarj için izin verilen maksimum gerilim değeri

$P_{vd}$ : Akü gerilimi  $V_d$  anındaki iken izin verilen şarj oranı

PV sistemlerde kullanılan regülatörlerin ana görevi DC/DC güç çevrimi ve dağıtımı yapmaktır. Günümüz ihtiyaçlarında AC gücün vazgeçilmez oluşundan dolayı bazı firmalar invertör ve regülatörü paket bir cihaz içinde sunmaktadır. Bu yüzden TRNSYS içinde bulunan Type 48 modülü regülatör ve invertörden oluşan entegre bir modüldür. Type 48'in dört modu bulunmaktadır ve bu modlar dizayn edilecek sisteme göre ayarlanmalıdır. Regülatör sistemde akü var ise, şarj vedeşarj işlemlerini gerçekleştirmek için birçok değişken ve durumu birbiriyle kıyaslayarak aküyü ve yükleri kontrol eder. Bu yüzden simülasyonunu gerçekleştirdiğimiz akülerin kontrolünde aşağıda anlatılan koşullar irdelenmelidir.

Şarz seviyesi TRNSYS'de bulunan Type 47 akü modülünden alınan parametrelerden bir tanesidir. Type 47'ye ait modlarda (mod 2 ve mod 3) yer alan alt programlar Şarj Seviye Testini (FSOC) birçok parametre kullanarak belli bir algoritma içerisinde gerçekleştirir ve aküyü şarj etmek,deşarj etmek veya tampon şarjda tutmak için kontrol eder.

FSOC testi yapıldıktan vedeşarj işlemine izin verdikten sonra diğer bir test gerçekleştirilir. Eğer  $V < V_d$  şartı sağlanırsadeşarj  $F=F_d$  olana dek devam eder. Deşarj sırasında güç  $P_{vd}$  değerini asla aşmaması için sınırlandırılmıştır.  $V>V_d$  durumunda isedeşarj, FSOC testlerinde izin verilen seviyeye kadar devam edebilir. FSOC testi şarj işlemini başlattığında  $V$  ile  $V_c$  karşılaştırılır. Eğer  $V<V_c$  ise şarz devam ettirilir.  $V>V_c$  ise akü tampon

şarj gerilimi ile şarj edilecektir. Type 47 akü modülünün 3 modu, 2 modundaki testleri aynen uygular fakat akım formunda gerçekleştirir.

FSOC ve gerilim testlerinden sonra Type 47 modülünün alt programları şarj-deşarj oranı testleri gerçekleştirerek akünün aşırı şarj ve dip şarj gibi istenmeyen durumlardan korunmasını sağlar.

### 3.5.3.Akünün TRNSYS ile Modellenmesi

Shepperd-Hyman modelinde olduğu gibi akülerin performansları amper saat (Ah) veya yüzdelik oran gibi ölçüm metotları ile ölçümlenebilmektedir. Bu model bazı fiziksel parametreler kullanarak akünün başarılı bir şekilde modellenmesine imkân vermektedir.

Daha iyi bir modelleme için kimyasal parametrelerin kullanıldığı bir model gerçekleştirmek mümkündür. Fakat bu parametrelerin tespiti hem zor, hem de kimyasal tepkimeler sonucu oluşan değişkenler karmaşık ifadeler olmaktadır. Üstelik bu kimyasal parametreler akünün kullanım süresine bağlı olarak değiştiğinden bu modeli gerçekleştirmek daha da zorlaşmaktadır.

TRNSYS programı içerisinde iki tip akü modeli yer almaktadır. Type 47 akü modülü Shepperd-Hyman modeli temelinde oluşturulmuştur. Type 185 akü modülü ise Quasi-Static modelidir ve Type 47 modülünün aksine gaz akımı kayıpları, polarizasyon etkileri ve denge gerilimi parametreleri çeşitli şarj seviyelerinde dikkate alır. Yayında Type 47 akü modülü kullanılmıştır.

Type 47 Shepperd-Hyman akü modülünün 5 ayrı modu bulunmaktadır. Farklar matematiksel modele ve girişlere göre ortaya çıkmaktadır. Hyman'ın modifiye ettiği model çok düşük akım değerlerinde daha gerçekçi sonuçlar verir. Bu yayında mod 2 kullanılmış olup buda TRNSYS içinde Type 47b modeline tekabül etmektedir.

Shepperd modelideşarz ve şarz altındaki gerilim değeri için aşağıdaki iki eşitliği kullanır.

Deşarj:

$$V = e_{qd} - g_d H + I r_{qd} \left( 1 + \frac{m_d H}{Q_d - H} \right) \quad (3.22)$$

Şarj:

$$V = e_{qc} - g_c H + I r_{qc} \left( 1 + \frac{m_c H}{Q_c - 1} \right) \quad (3.23)$$

H: (1- FSOC(Şarz Seviye Testi))

$e_{qc}, e_{qd}$ : Tam şarjda açık devre gerilimleri.

$g_c, g_d$  : Şarz denklemlerinin gerilim-akım durumu içindeki H'nin küçük değerli katsayıları

I: Akım

$R_{qc}, R_{qd}$ : Şarz-deşarj anında tam şarjın iç direnç değerleri

$m_c, m_d$ : I-V-Q eğri tiplerini belirleyen hücre tipi parametreleri

$Q_m$ : Hücre kapasitesi

$Q_c, Q_d$ : Şarz-deşarj anındaki kapasite parametreleri

Şarz-deşarj eşitliklerinin ikisinde de son ifadenin sıfır olmaması için I akımın sıfır

olmaması gerekir, bunun için regülatördeşarj veya şarz işleminin yapılmadığı durumlarda I akımına çok küçük bir değer ataması yapar.

### 3.5.4.Model Parametreleri, Girişler ve Çıkışlar

TRNSYS içinde yer alan değişkenler genelde girişler ve çıkışlar olarak sınıflandırılır. Bloklar arasındaki bilgi akışı giriş ve çıkışlarla bağlantılıdır. Panelin simülasyonunda üretici tarafından verilen katalog değerlerinin programa girilmesi gerekmektedir. Fakat üreticinin verdiği bazı değerler deneysel ortamında ölçülünerek hesaplanırsa, daha doğru sonuçlar almak mümkündür. Bu yüzden PVSYST gibi bazı yazılımlar ile I-V eğrisi baz alınarak bu parametreler daha doğru şekilde bulunabilir. Type 94'ün bazı opsiyonel ayarları da mevcuttur. Program içerisinde yer alan görüntüleme modülü Type 65 ile tüm çıkışlar simülasyon sırasında veya sonrasında izlenebilir. Type 65 çıktı bilgilerini istenmesi durumunda dataları bir .dat dosyasına kaydedebilir. Panelin regülatöre gönderdiği çıkış gücü akım ile hesaplandığında Type 48c, güç birimi kullanılarak hesaplanır ise Type 48d modülü kullanılmalıdır.

Sistemde MPP noktasındaki güç karşılığı olan regülatör girişi ile bağlantılıdır. Aslında Type 94a'nın 3 numaralı çıkışı olan panel gücü, yine Type 94a'nın 3 numaralı girişi olan yük gerilimi girişine veri girişi yapılmadan herhangi bir çıkış göstermeyecektir. Aynı şekilde Type 94a panel modelinin simülasyonunda akü terminal voltajı simülasyon sistemindeki gibi panel gerilimine bağlanır.

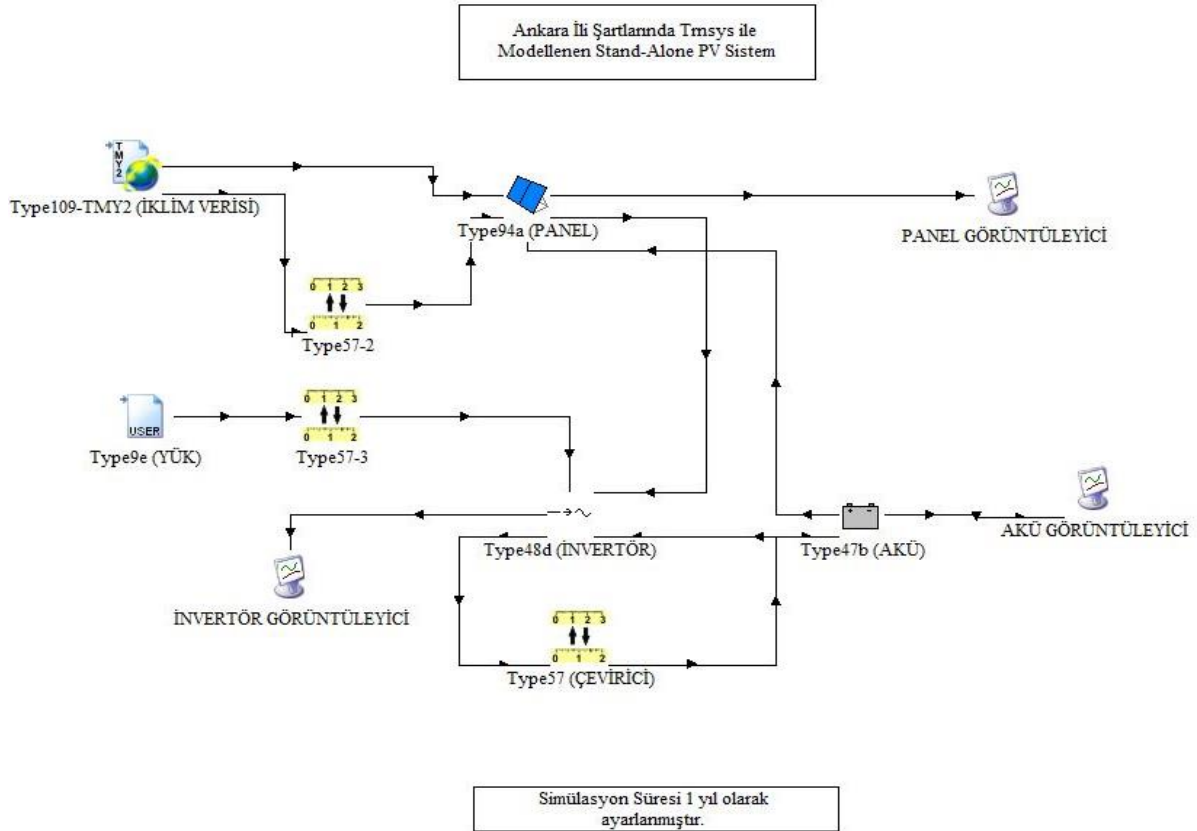
PV panel tarafından üretilen güç ve akım, simülasyon modelimize göre Type 48d regülatör modüllerine aktarılır. Type 48d sadece regülatör-konvertör olarak değil, invertör görevi de görebilir. Type 48d'nin parametreleri için enterkonnekte şebeke gücü ile ilgili birçok değişken bulunmaktadır. Bunların bazıları invertör ve şebekenin etkilerini yok sayacak şekilde ayarlanmış, diğerleri ise varsayılan değerde tutulmuştur.

### 3.5.5.Akü Bağlantıları

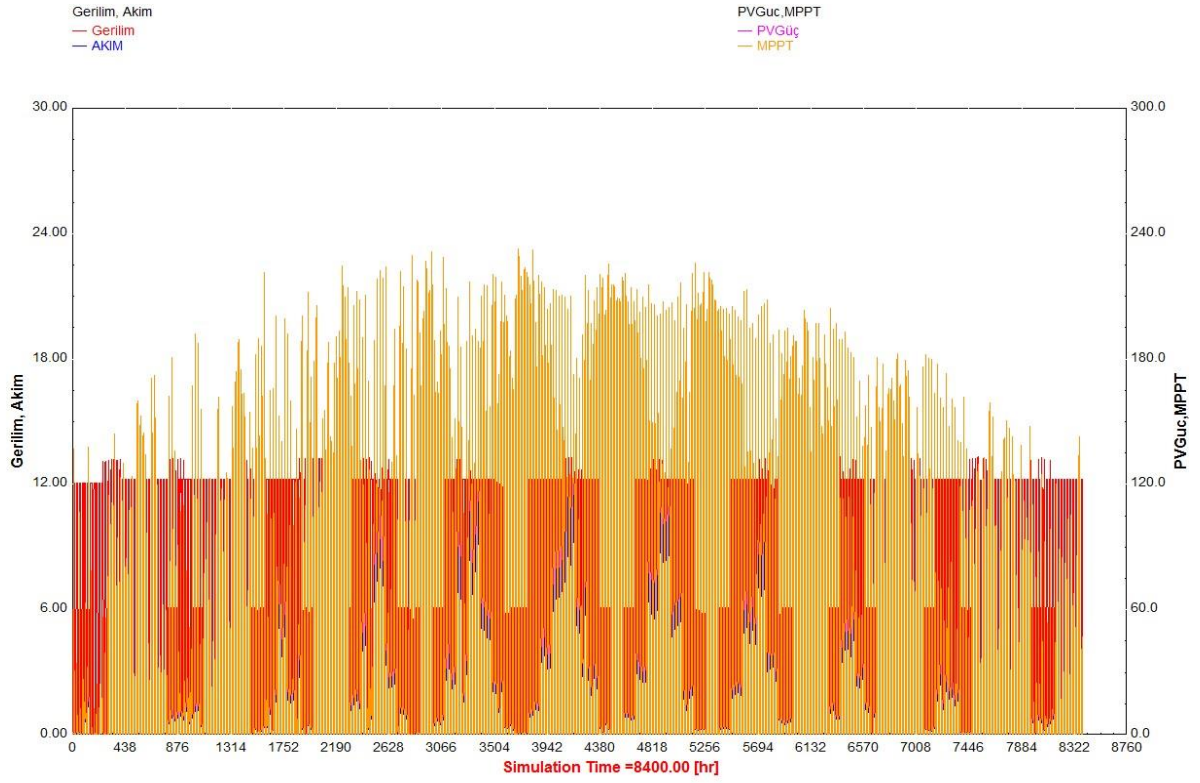
Trnsys içinde aküler Type 47 modülü ile simüle edilir. Kolay ulaşılabilen birkaç parametreye ihtiyaç duyan Type 47'ye kullanıcı tarafından bu değerlerin girilmesi gerekmektedir. Parametrelerde yer alan hücre enerji kapasitesi (cell energy capacity) aslında tüm akü grubunun kapasitesini ima eder. Şarj verimliliği esasında deşarjın şarja oranıdır. Şarj işlemi, akünün boşalması sırasında harcanan enerjiden daha fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Amper saat (Ah) şarj verimi bir kurşun asit akü için % 80-90 (akü tipine göre) civarındadır. Akü enerji kapasitesi değerleri bu yayın için 200 Ah'lık bir akünün 10 saatte deşarj olmasına göre hesaplanmıştır.

### 3.5.6.Modelin Tasarımı ve Değerlendirilmesi

Sistemimizin modellenmesinde Ankara ilimizin bir yıllık ortalama iklim verisi, 250 Watt gücünde bir panel, 200 Ah'lık bir akü ve invertör kullanılmıştır. Toplam simülasyon zamanı bir yıl ayarlanmış olup, TRNSY programı bu konuda esneklik sağlamaktadır. Yük profili kullanıcı tarafından ayarlanmaktadır ve gün içerisinde saat bazında farklılık gösteren bir yük karakteristiği (Ortalama 250 W) uygulanmıştır. Şekil 3.18'de görüleceği üzere modüllerin girişlerinde veya çıkışlarında birim farklılığı olduğu durumlarda Type 57 çevirici modül kullanılarak edilerek uygun birime çevrilmiştir.

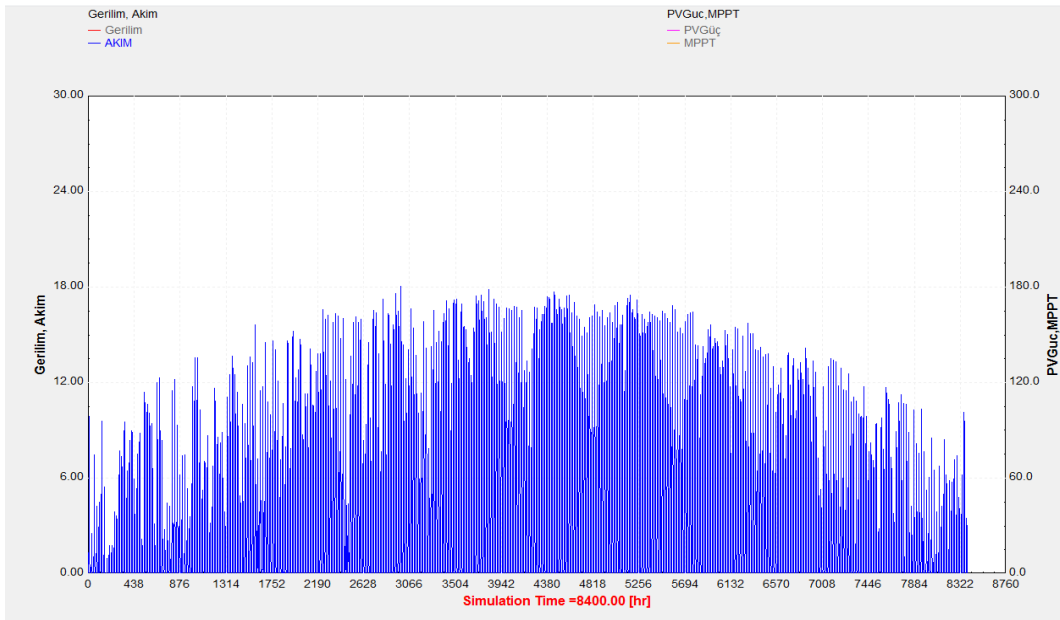


Şekil 3.18. Sistemin TRNSYS Modeli

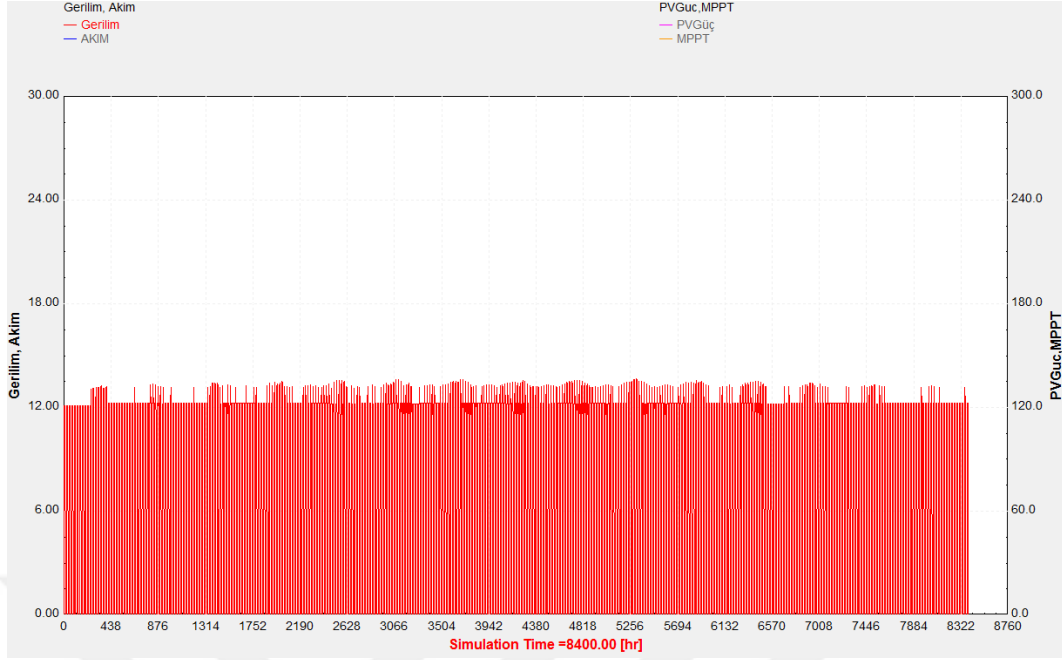


Şekil 3.19. Yıllık Üretim Tüm Değerler

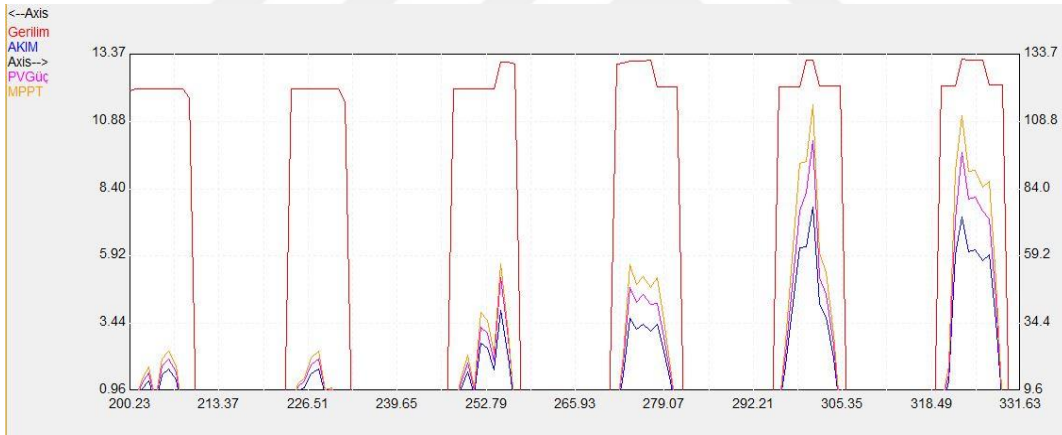
TRNSYS içerisindeki görüntüleme modüllerinden birisi olan Type 65d çevrimiçi görüntüleyici olarak görev yapar. Şekil 3.19’de yıllık üretim tüm değerler, Şekil 3.20’de yıllık üretilen akım, Şekil 3.21’de yıllık üretilen gerilim, Şekil 3.22’de yıllık üretilen enerji ve saat bazında ayrıntılı çıkış değerleri görülmektedir.



Şekil 3.20. Yıllık Üretilen Akım

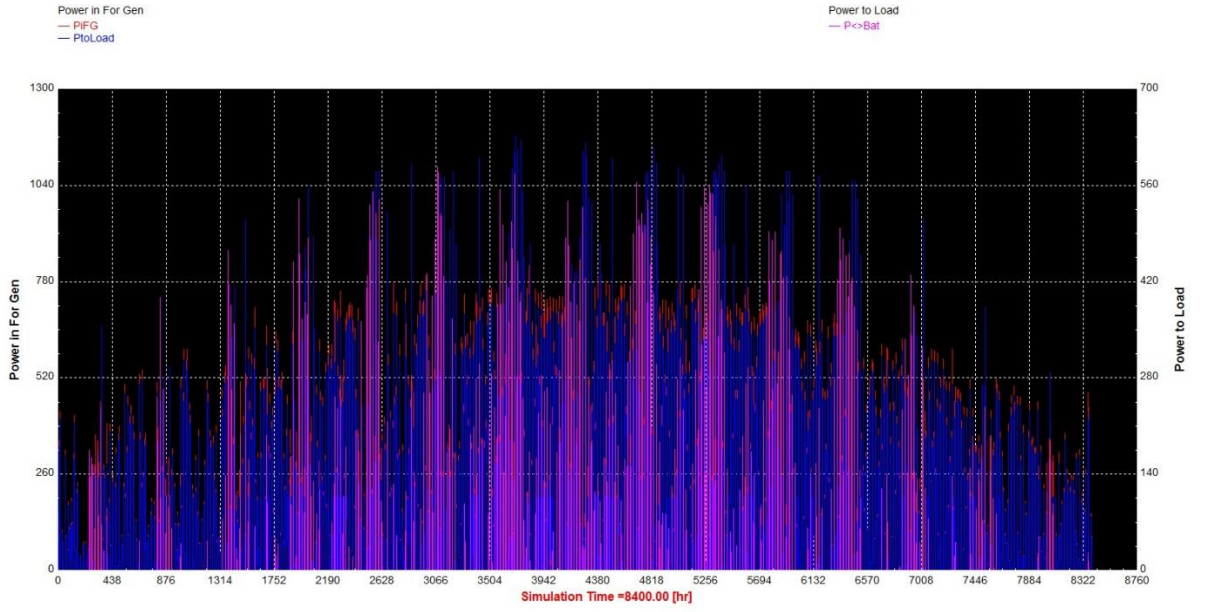


Şekil 3.21. Yıllık Üretilen Gerilim



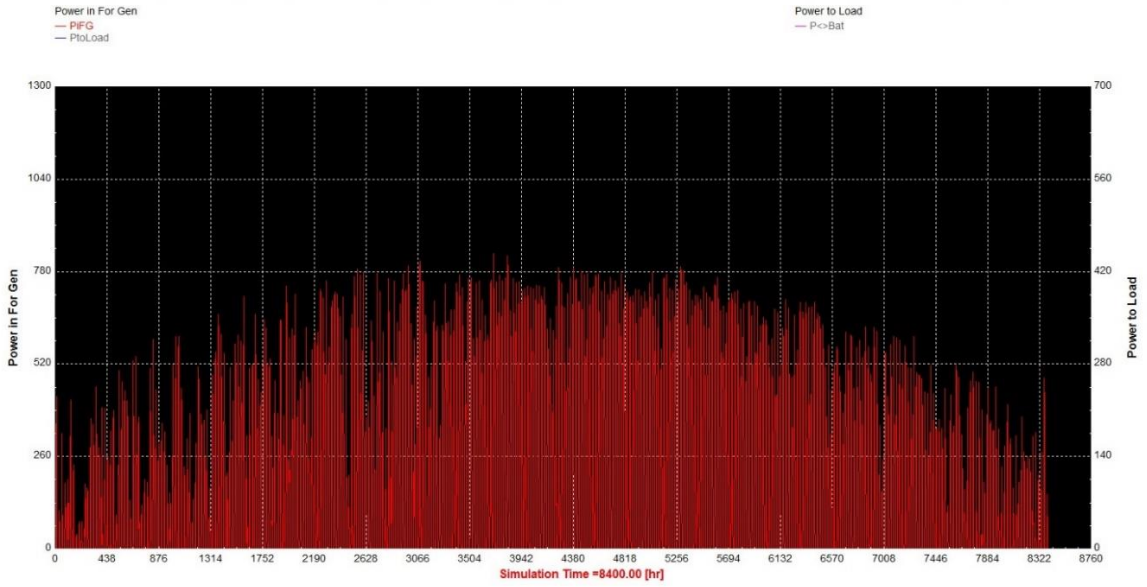
Şekil 3.22. Yıllık Üretilen Enerji ve saat bazında ayrıntılı çıkış değerleri

Ayrıca grafik arabiriminde girişler sadeleştirilebilmektedir. Sadece istenilen çıkışların gösterilmesi görsel olarak daha anlaşılabilir bir grafik sunmaktadır. Grafik görüntüleyici Şekil 3.23’de görüleceği üzere fazla miktarda veri olduğu durumlarda verinin daha ayrıntılı incelenmesini de sağlar. Şekil 3.23’de üstte yer alan grafik tüm giriş çıkışları gösterirken, ayrıntılı olarak bir giriş veya çıkış incelenmek istenildiğinde program buna imkân vermektedir.

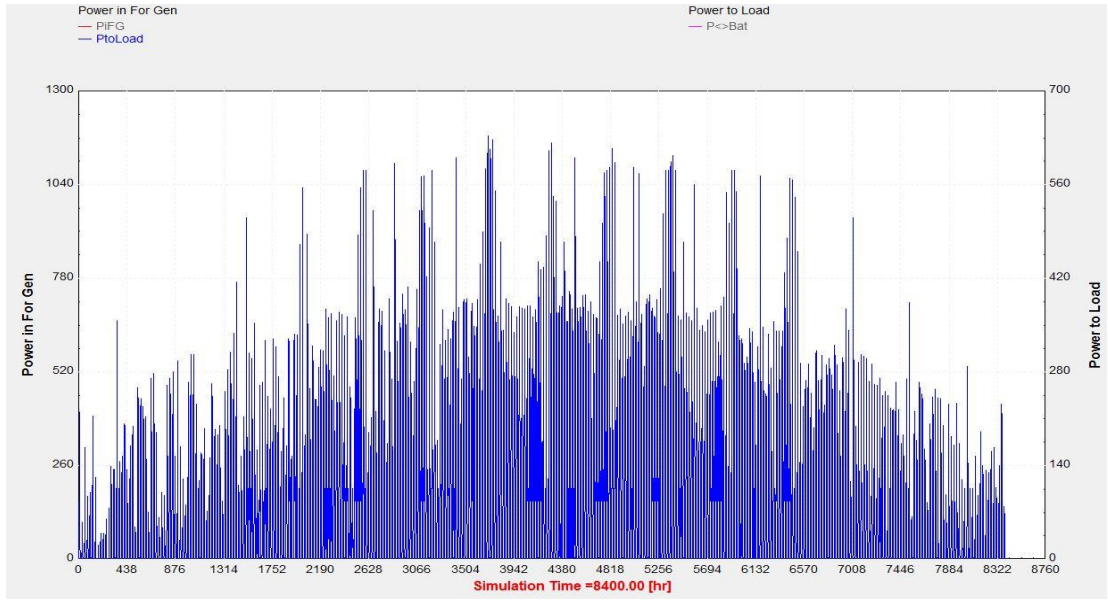


Şekil 3.23. İnvörtör Giriş-Çıkış Tümü

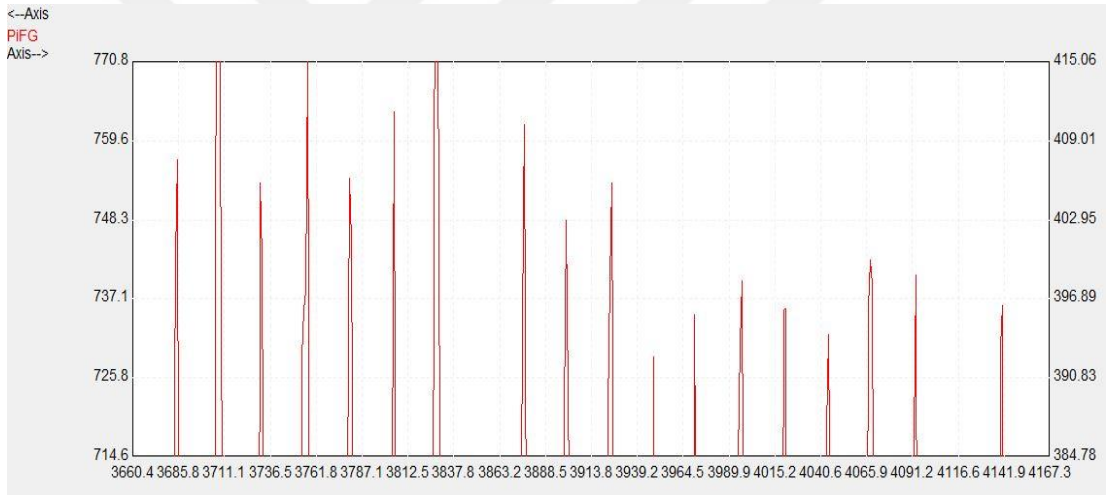
Şekil 3.24’de yıllık olarak invertör tarafından evrilen güç, Şekil 3.25’de invertörden yüke aktarılan yıllık güç, Şekil 3.26’de invertör giriş-çıkışları ve panelden invertöre gelen gücün saatlik ayrıntılı görünümü görülmektedir.



Şekil 3.24. Yıllık Olarak İnvörtör Tarafından Evrilen Güç



Şekil 3.25. İnvörtörden Yüke Aktarılan Yıllık Güç



Şekil 3.26. İnvörtör Giriş-Çıkışları ve Panelden İnvörtöre Gelen Gücün Saatlik Ayrıntılı Görünümü

Şebekeden bağımsız bir PV sistem, akü, invörtör, regülatör ve panel bağlantıları yapılarak TRNSYS ile modellenmiş ve simülasyon sonuçları kaydedilmiştir. TRNSYS'in simülasyon sonuçlarını ayrıntılı bir şekilde hesapladığı ve gerçek sistem ile karşılaştırıldığında doğruluk payının yüksek olduğu tarafımızca tespit edilmiştir.

#### 4. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE KARŞILAŞILAN UYGULAMA VE MONTAJ HATALARI

Kahramanmaraş'ta bulunan 1029,6 kW<sub>p</sub> (DC), 999,6 kW<sub>e</sub> (AC) güce sahip güneş enerjisi santralinde saha çalışması yapılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Santralde 260 Wp panelden 3960 adet, 50 kW<sub>e</sub> invertörden 20 adet 1 adet bulunmaktadır.

##### 4.1.İnvertör ve PV Panelin Etiketleri

DC 1029,6 kW<sub>p</sub> gücünde olan santralde 260 Wp gücünde 3960 adet PV panel kullanılmıştır. Panelin çalışma voltajı 30,94 V, boşa çalışma voltajı 38,6 V, çalışma akımı 8,41 A, kısa devre akımı 8,81 A'dır. Panelin etiketi Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1.PV Panelin Etiketi

AC 999,6 kW<sub>e</sub> gücünde olan santralde 20 adet 50 kW<sub>e</sub> invertör bulunmaktadır. İnvertörün DC girişi 65000 W, AC çıkışı 50000 W'tır. İnvertörün etiketi Şekil 4.2'de görülmektedir.

Kullanılan panelin veri sayfasındaki bilgiler Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Panelin Veri Sayfasındaki Bilgiler

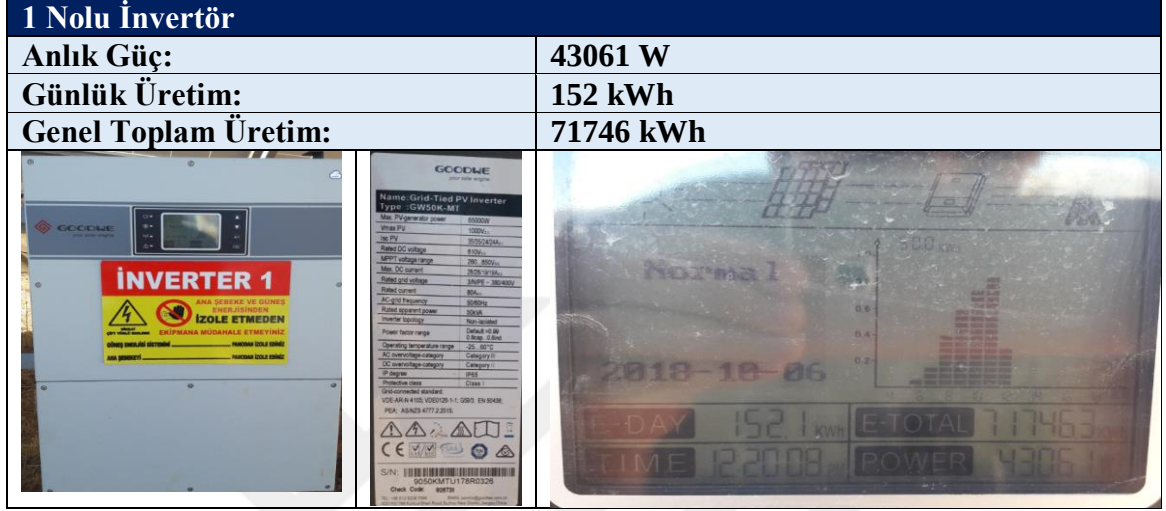
|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Verim                      | %15,66          |
| Çalışma sıcaklığı          | -40°C ile +85°C |
| Akım Sıcaklık katsayısı    | 0,04%(°C)       |
| Gerilim Sıcaklık katsayısı | -0,32%(°C)      |
| Güç Sıcaklık katsayısı     | -0,43%(°C)      |
| Maksimum Voltaj            | 1000 V          |
| Hücre sayısı               | 60 adet         |
| Hücre Tipi                 | Polikristal     |
| Ebatlar                    | 1001x1665x40 mm |



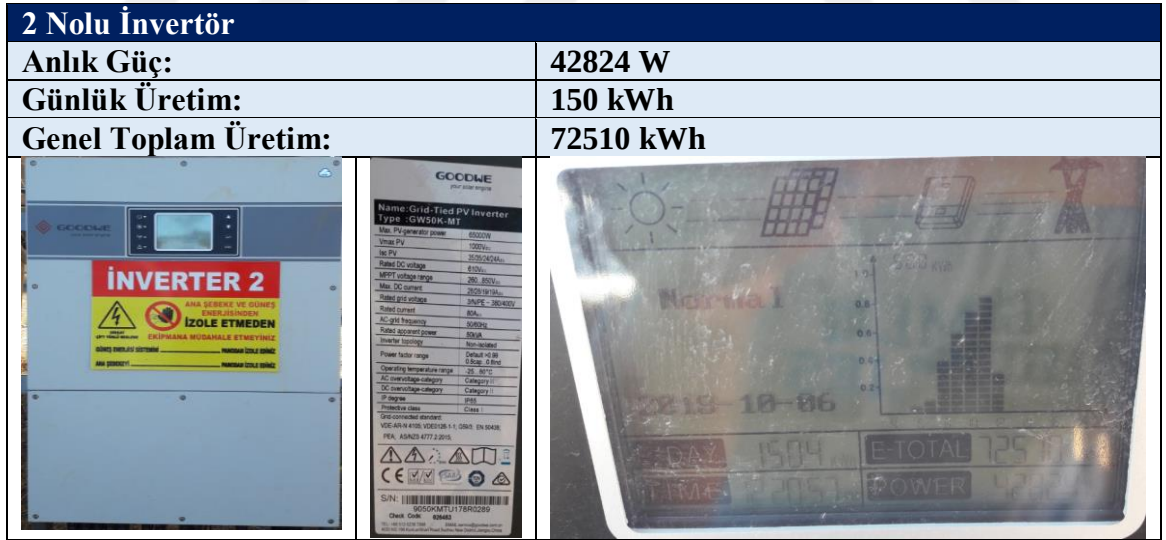
Şekil 4.2.İnvertörün Etiketi

## 4.2. İnvvertörlerin Üretim Değerleri

Sahada bulunan 20 adet invvertörler üzerinden üretim değerleri alınmıştır. Santralin performansının incelenebilmesi için mevcut üretim değerleri tespit edilmiştir. Her invvertörün anlık güç, günlük üretilen enerji ve toplam üretmiş olduğu enerji belgelenmiştir. Şekil 4.3 ile Şekil 4.22 arasında İnvvertörlerin üretim değerleri görülmektedir.

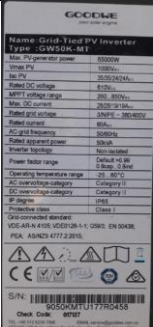
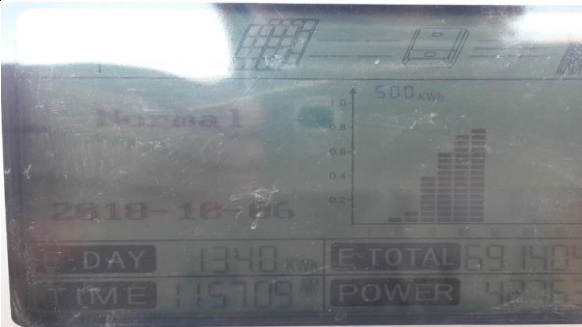


Şekil 4.3. İnvvertör üretim değeri-1



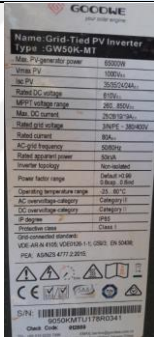
Şekil 4.4. İnvvertör üretim değeri-2

| 3 Nolu İnvörtör      |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 42763 W   |
| Günlük Üretim:       | 134 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 69140 kWh |

Şekil 4.5. İnvörtör üretim değeri-3

| 4 Nolu İnvörtör      |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 42865 W   |
| Günlük Üretim:       | 166 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 73306 kWh |

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

Şekil 4.6. İnvörtör üretim değeri-4

| 5 Nolu İnvörtör      |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 42492 W   |
| Günlük Üretim:       | 154 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 70598 kWh |



**İNVERTER 5**

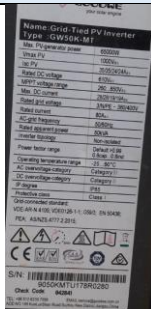
ANLAŞILAN VE GÜNEŞ ENERJİSİNİ DÖNÜŞTÜRÜŞÜ

**İZOLE ETMEDEN**

ELEKTRİK KURULMAMALI VE YERİNE KURULMAMALI

YERİNE KURULMAMALI

YERİNE KURULMAMALI



**Name: Grid-Tied PV Inverter**  
**Type: GW5000-M1**

Model: GW5000-M1

Input power: 5000W

Input voltage: 220VAC

Input frequency: 50/60Hz

Output power: 5000W

Output voltage: 220VAC

Output frequency: 50/60Hz

Efficiency: >97%

Power factor: 0.99

Operating temperature range: -25 ~ 60°C

Altı ay garanti

Ürün bilgileri

Ürün adı: GW5000-M1

Ürün kodu: GW5000-M1

Ürün boyutu: 180x180x100mm

Ürün ağırlığı: 1.5kg

Ürün fiyatı: 150.000 TL

Ürün garantisi: 6 ay

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

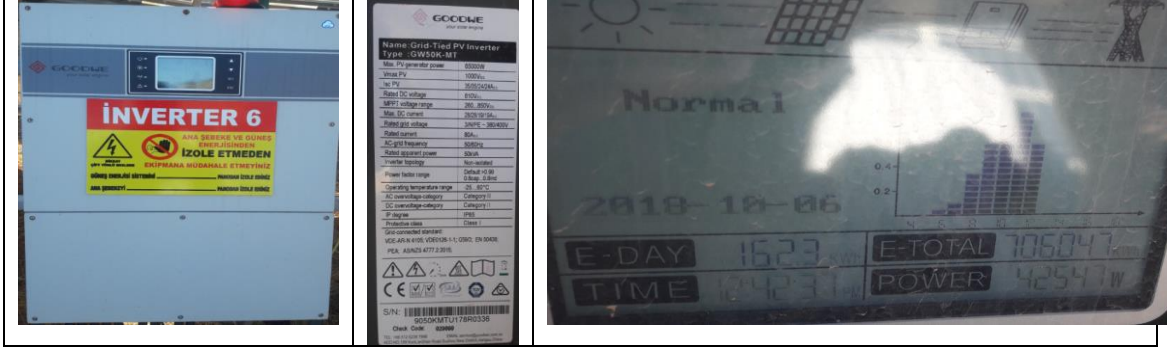
Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

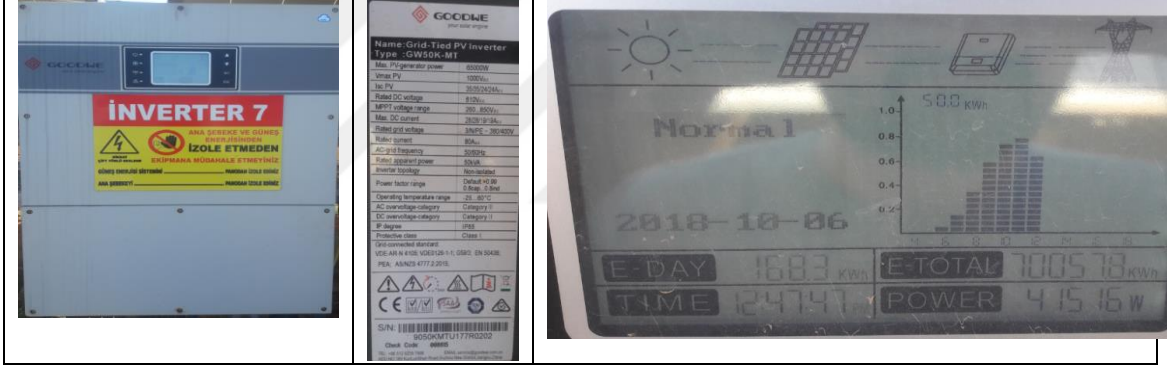
Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koşulları

Ürün garanti koşulları: Ürün garanti koş

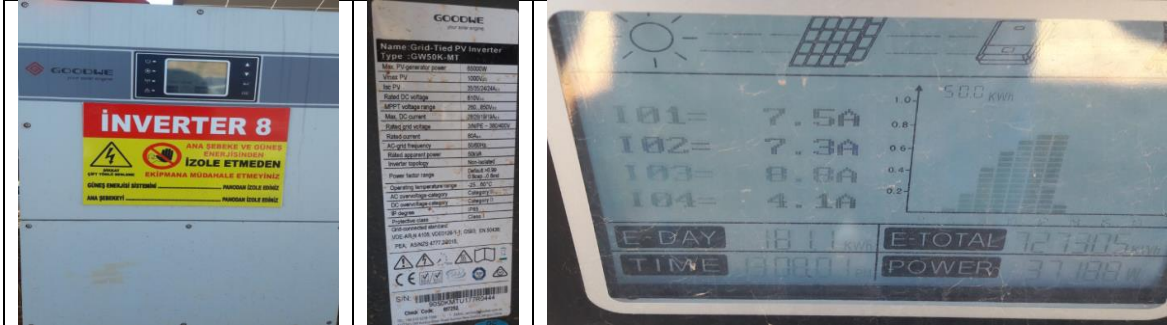
Şekil 4.7. İnvörtör üretim değeri-5

| 6 Nolu İnvertör                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Anlık Güç:                                                                         | 42547 W   |
| Günlük Üretim:                                                                     | 162 kWh   |
| Genel Toplam Üretim:                                                               | 70604 kWh |
|  |           |

Şekil 4.8. İnvertör üretim değeri-6

| 7 Nolu İnvertör                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Anlık Güç:                                                                          | 51517 W    |
| Günlük Üretim:                                                                      | 168 kWh    |
| Genel Toplam Üretim:                                                                | 700568 kWh |
|  |            |

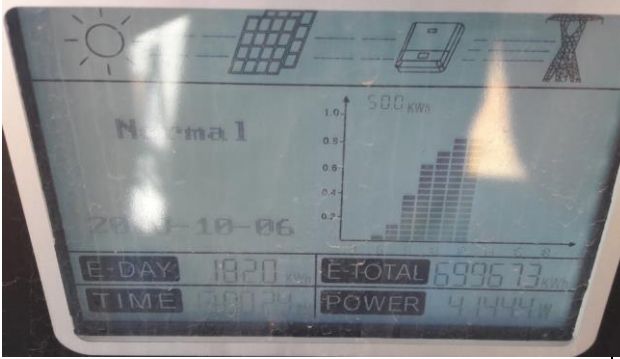
Şekil 4.9. İnvertör üretim değeri-7

| 8 Nolu İnvertör                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Anlık Güç:                                                                           | 37188 W   |
| Günlük Üretim:                                                                       | 181 kWh   |
| Genel Toplam Üretim:                                                                 | 72730 kWh |
|  |           |

Şekil 4.10. İnvertör üretim değeri-8

| 9 Nolu İnvörtör      |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 41444 W   |
| Günlük Üretim:       | 182 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 69967 kWh |

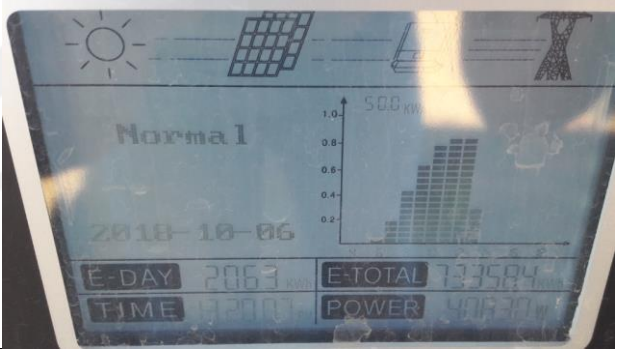




Şekil 4.11. İnvörtör üretim değeri-9

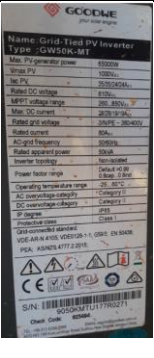
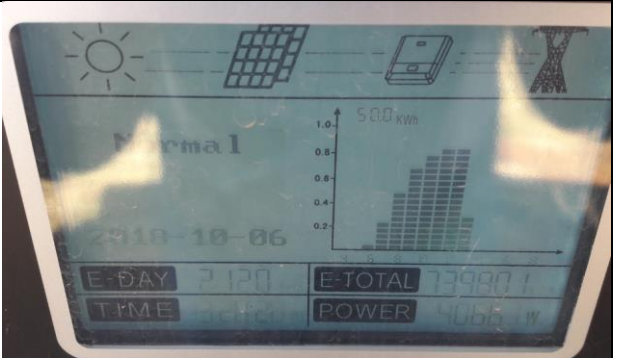
| 10 Nolu İnvörtör     |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 40830 kW  |
| Günlük Üretim:       | 206 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 73358 kWh |



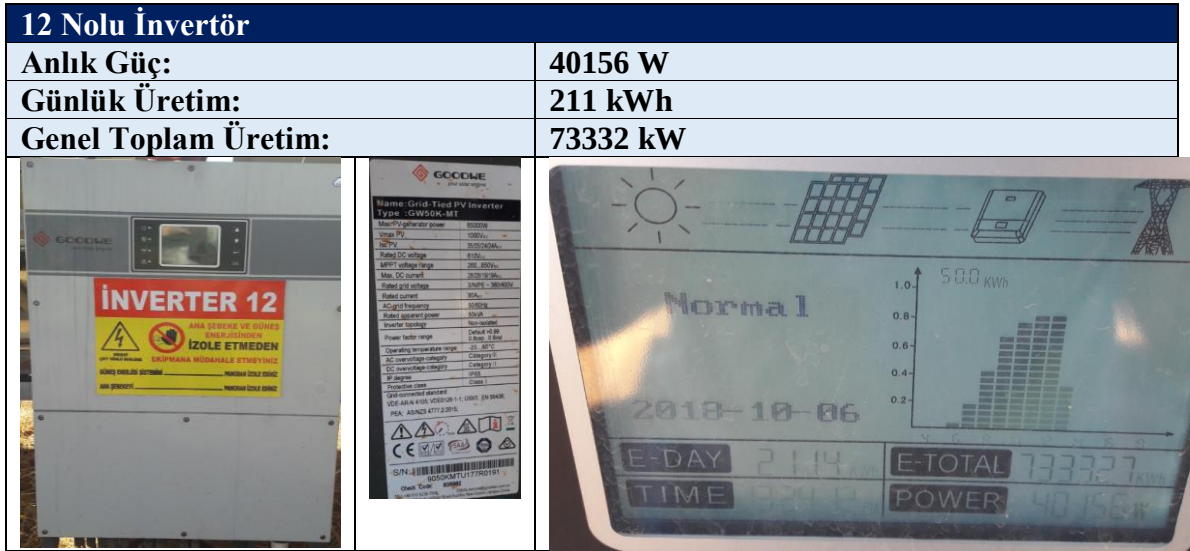


Şekil 4.12. İnvörtör üretim değeri-10

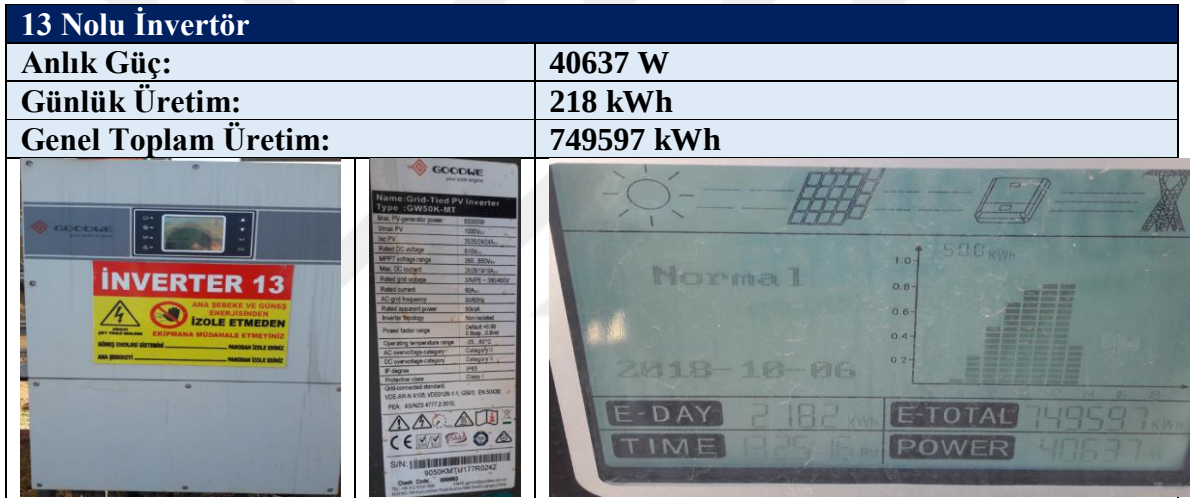
| 11 Nolu İnvörtör     |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 40661 W   |
| Günlük Üretim:       | 212 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 73980 kWh |

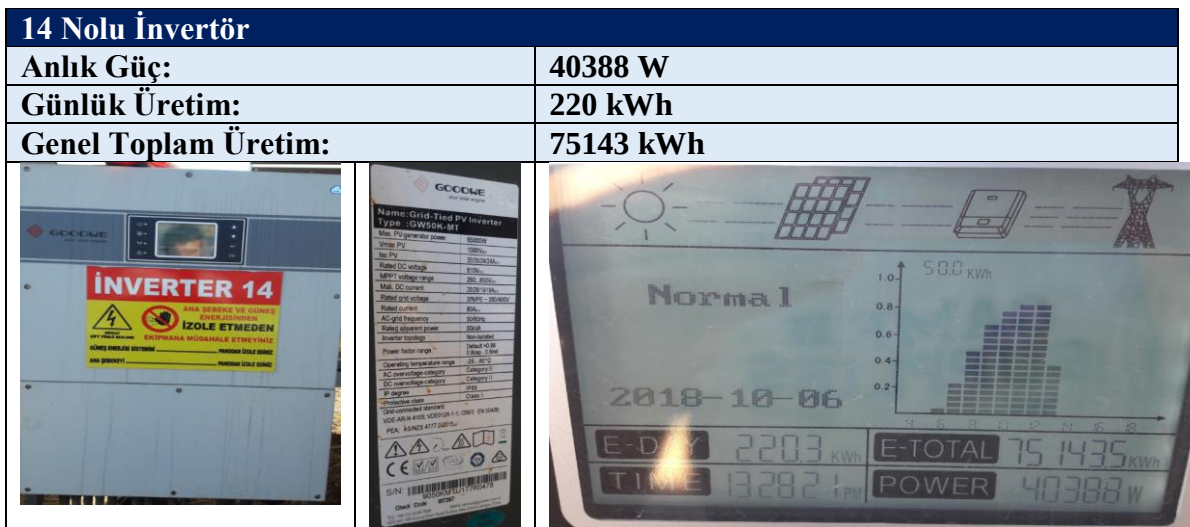
Şekil 4.13. İnvörtör üretim değeri-11



Şekil 4.14. İnvertör üretim değeri-12



Şekil 4.15. İnvertör üretim değeri-13

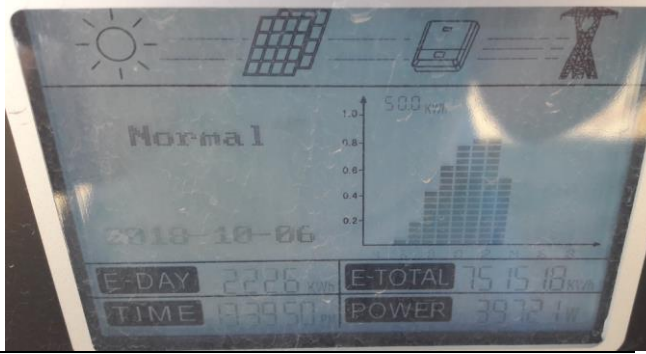


Şekil 4.16. İnvertör üretim değeri-14



| 18 Nolu İnvörtör     |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 39721 W   |
| Günlük Üretim:       | 222 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 75151 kWh |

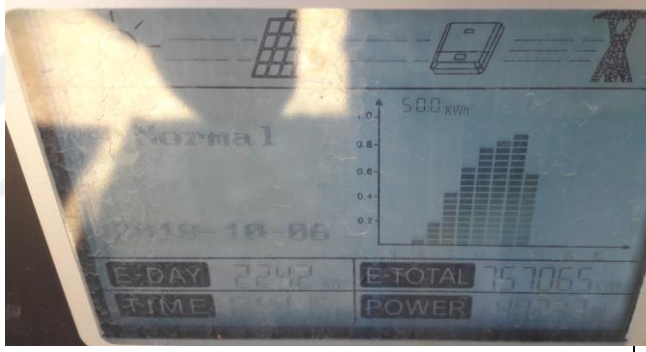




Şekil 4.20. İnvörtör üretim değeri-18

| 19 Nolu İnvörtör     |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 40237 W   |
| Günlük Üretim:       | 224 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 75706 kWh |

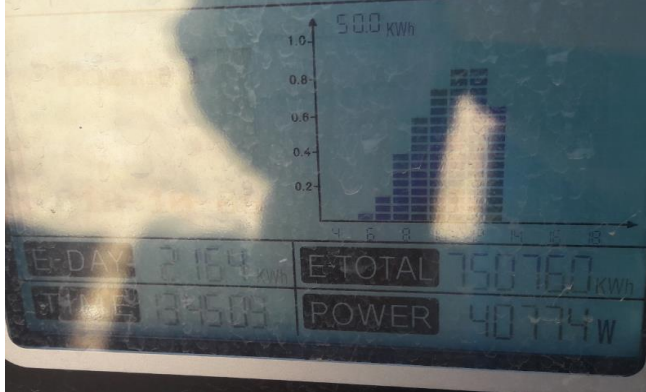




Şekil 4.21. İnvörtör üretim değeri-19

| 20 Nolu İnvörtör     |           |
|----------------------|-----------|
| Anlık Güç:           | 40774 kW  |
| Günlük Üretim:       | 216 kWh   |
| Genel Toplam Üretim: | 75076 kWh |





Şekil 4.22.İnvörtör üretim değeri-20

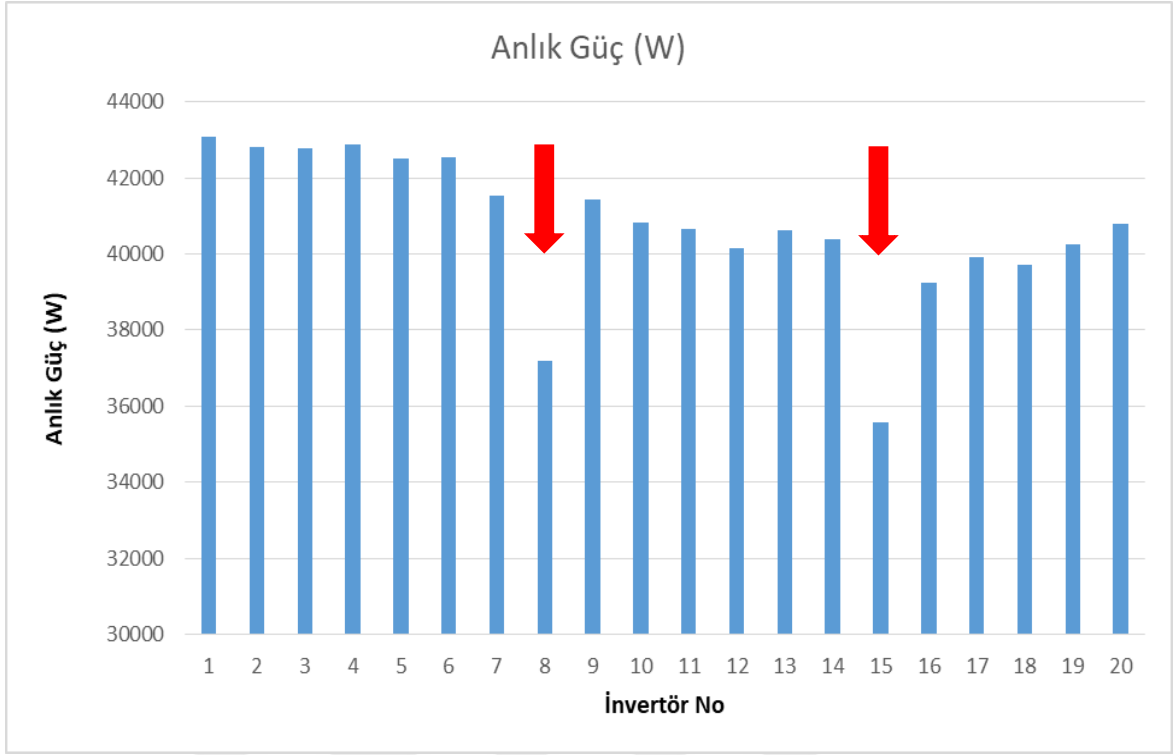
#### 4.2.1.Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapılan incelemede anlık üretim ortalamasının 41242 W, Günlük üretim ortalamasının 191,1 kWh ve Genel toplam üretimin ortalamasının 69710,2 kWh olduğu tespit edilmiştir. Üretim ortalamaları beklenenin çok altındadır. Anlık, günlük ve genel toplam üretimin farklılık göstermesi sistemin dengeli çalışmadığının göstergesidir. İnvertörler üzerinden alınan üretim değerleri karşılaştırılmıştır.

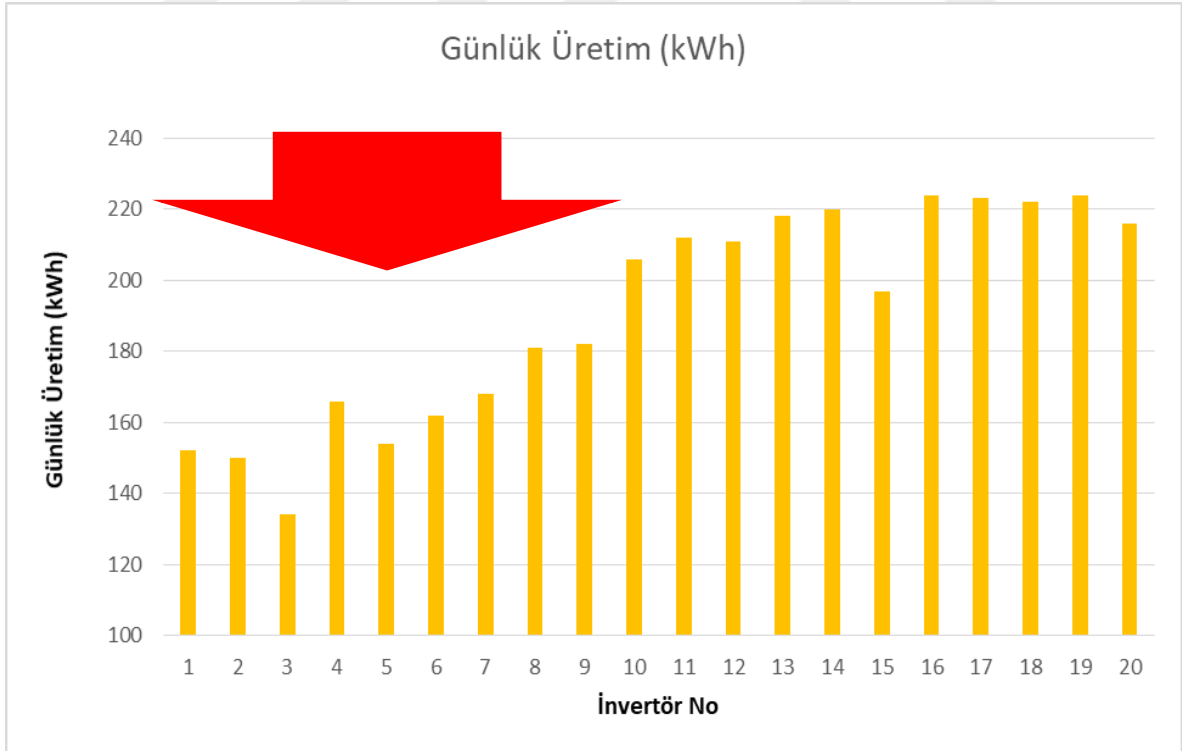
Çizelge 4.2. Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması

| İnvertör No | Anlık Güç (W) | Günlük Üretim (kWh) | Toplam Üretim (kWh) |
|-------------|---------------|---------------------|---------------------|
| 1           | 43061         | 152                 | 71746               |
| 2           | 42824         | 150                 | 72510               |
| 3           | 42763         | 134                 | 69140               |
| 4           | 42865         | 166                 | 73306               |
| 5           | 42492         | 154                 | 70598               |
| 6           | 42547         | 162                 | 70604               |
| 7           | 41517         | 168                 | 70056               |
| 8           | 37188         | 181                 | 72730               |
| 9           | 41444         | 182                 | 69967               |
| 10          | 40830         | 206                 | 73358               |
| 11          | 40661         | 212                 | 73980               |
| 12          | 40156         | 211                 | 73332               |
| 13          | 40637         | 218                 | 74959               |
| 14          | 40388         | 220                 | 75143               |
| 15          | 35564         | 197                 | 67055               |
| 16          | 39254         | 224                 | 74903               |
| 17          | 39911         | 223                 | 74884               |
| 18          | 39721         | 222                 | 75151               |
| 19          | 40237         | 224                 | 75706               |
| 20          | 40774         | 216                 | 75076               |

Anlık güç incelendiğinde 8 ve 15 numaralı invertörlerin az ürettiği görülmektedir. Bu invertörlerin elektrik bağlantıları kontrol edilmelidir. 20 invertörün ortalama anlık gücü 40701,6 W olup, invertör üretimleri arasında küçük farklılıklar olması normaldir. Ancak %10 civarı üretim farklılığı normal değildir. Şekil 4.23’de İnvertörlerin anlık üretimleri görülmektedir.

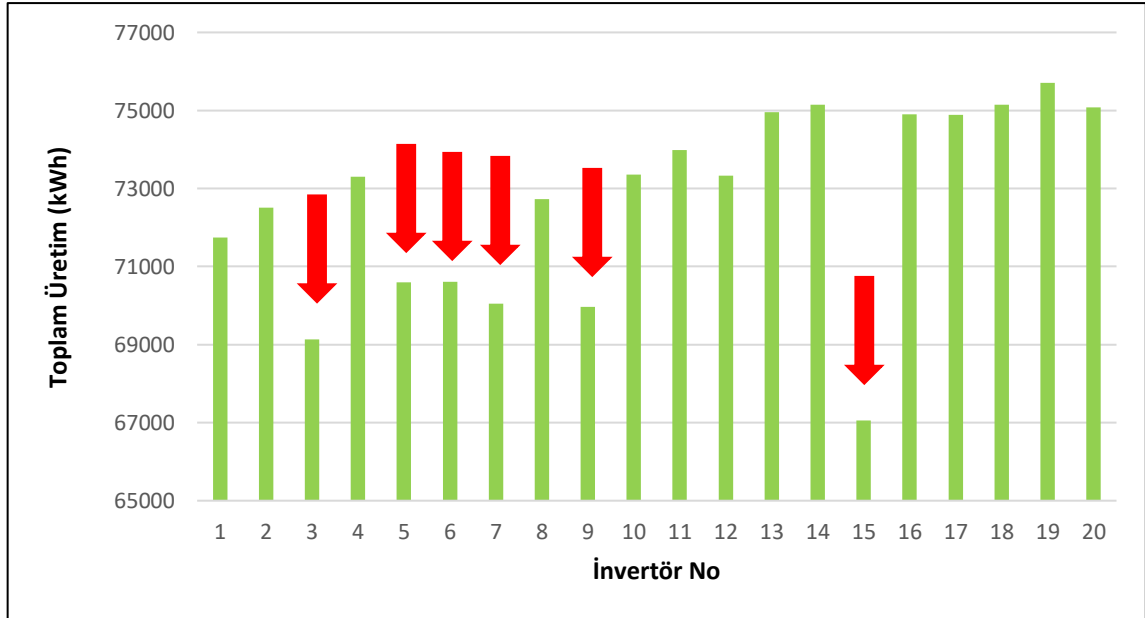


Şekil 4.23.İnvertörlerin Anlık Üretimleri

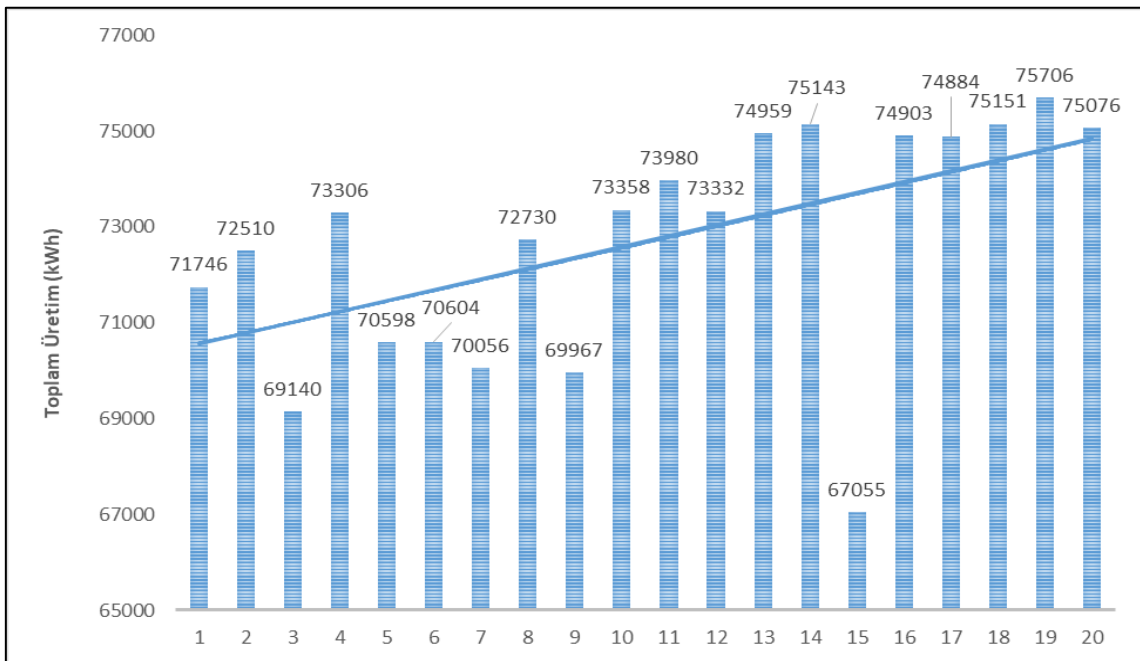


Şekil 4.24.İnvertörlerin Günlük Üretimleri

Bu invertörlerin gölgeleme sorunu vardır. Şekil 4.24’de invertörlerin günlük ürettiği enerji miktarları görülmektedir. Anlık güç ölçümü gölgeleme sorunu olmayan saat 13:00’de olduğu için dizilerde olabilecek bir arızaya işaret etmektedir. Günlük üretimdeki farklılık ise günün farklı saatlerinde oluşan gölgeleme sorunundan olmaktadır. Günlük üretim incelendiğinde 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 numaralı invertörlerin az ürettiği görülmektedir. Günlük Üretim ortalaması 191,1 kWh olup, 3.invertör 134 kWh üretmiştir.



Şekil 4.25. İnvvertörlerin Toplam Üretimleri



Şekil 4.26. İnvvertörlerin Ürettiği Enerjiler

İnvertörlerin toplam üretim ortalaması 72710,2 kWh olup, toplam üretim incelendiğinde invertörler arasında önemli üretim farklılıkları olduğu görülmektedir. Özellikle 3, 5, 6, 7, 9 ve 15 numaralı invertörlerin az ürettiği görülmektedir. Tesis toplam 1.454.204 kWh üretim yapmıştır. Şekil 4.25 ve Şekil 4.26 de invertörlerin ürettiği toplam enerjiler görülmektedir.

#### 4.2.2. Performans Değerlendirilmesi:

Yapılan incelemede veriler invertör üzerinden alınmıştır. İnvertörlerin toplam üretimleri incelendiğinde 9.13.14 ve 18 nolu invertörlerin üretiminin düşük olduğu görülmektedir. Bu invertörlerin 51 ay içerisinde arızalanmış ve değiştirildiği düşünülerek bu invertörler için ortalama 120 MWh üretim değeri alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Performans değerlendirmesi

| <i>İnvertör No</i> | <b>Toplam Üretim (kWh)</b> | <b>Olması Gereken Üretim (kWh)</b> | <b>Eksik Üretim (kWh)</b> | <b>Eksik Üretim (\$)</b> |
|--------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1                  | 71746                      | 79500                              | 7754                      | 1031                     |
| 2                  | 72510                      | 79500                              | 6990                      | 930                      |
| 3                  | 69140                      | 79500                              | 10360                     | 1378                     |
| 4                  | 73306                      | 79500                              | 6194                      | 824                      |
| 5                  | 70598                      | 79500                              | 8902                      | 1184                     |
| 6                  | 70604                      | 79500                              | 8896                      | 1183                     |
| 7                  | 70056                      | 79500                              | 9444                      | 1256                     |
| 8                  | 72730                      | 79500                              | 6770                      | 900                      |
| 9                  | 69967                      | 79500                              | 9533                      | 1268                     |
| 10                 | 73358                      | 79500                              | 6142                      | 817                      |
| 11                 | 73980                      | 79500                              | 5520                      | 734                      |
| 12                 | 73332                      | 79500                              | 6168                      | 820                      |
| 13                 | 74959                      | 79500                              | 4541                      | 604                      |
| 14                 | 75143                      | 79500                              | 4357                      | 579                      |
| 15                 | 67055                      | 79500                              | 12445                     | 1655                     |
| 16                 | 74903                      | 79500                              | 4597                      | 611                      |
| 17                 | 74884                      | 79500                              | 4616                      | 614                      |
| 18                 | 75151                      | 79500                              | 4349                      | 578                      |
| 19                 | 75706                      | 79500                              | 3794                      | 505                      |
| 20                 | 75076                      | 79500                              | 4424                      | 588                      |
| <i>Toplam</i>      | <b>1.454.204</b>           | <b>1.590.000</b>                   | <b>135.796</b>            | <b>18.061</b>            |

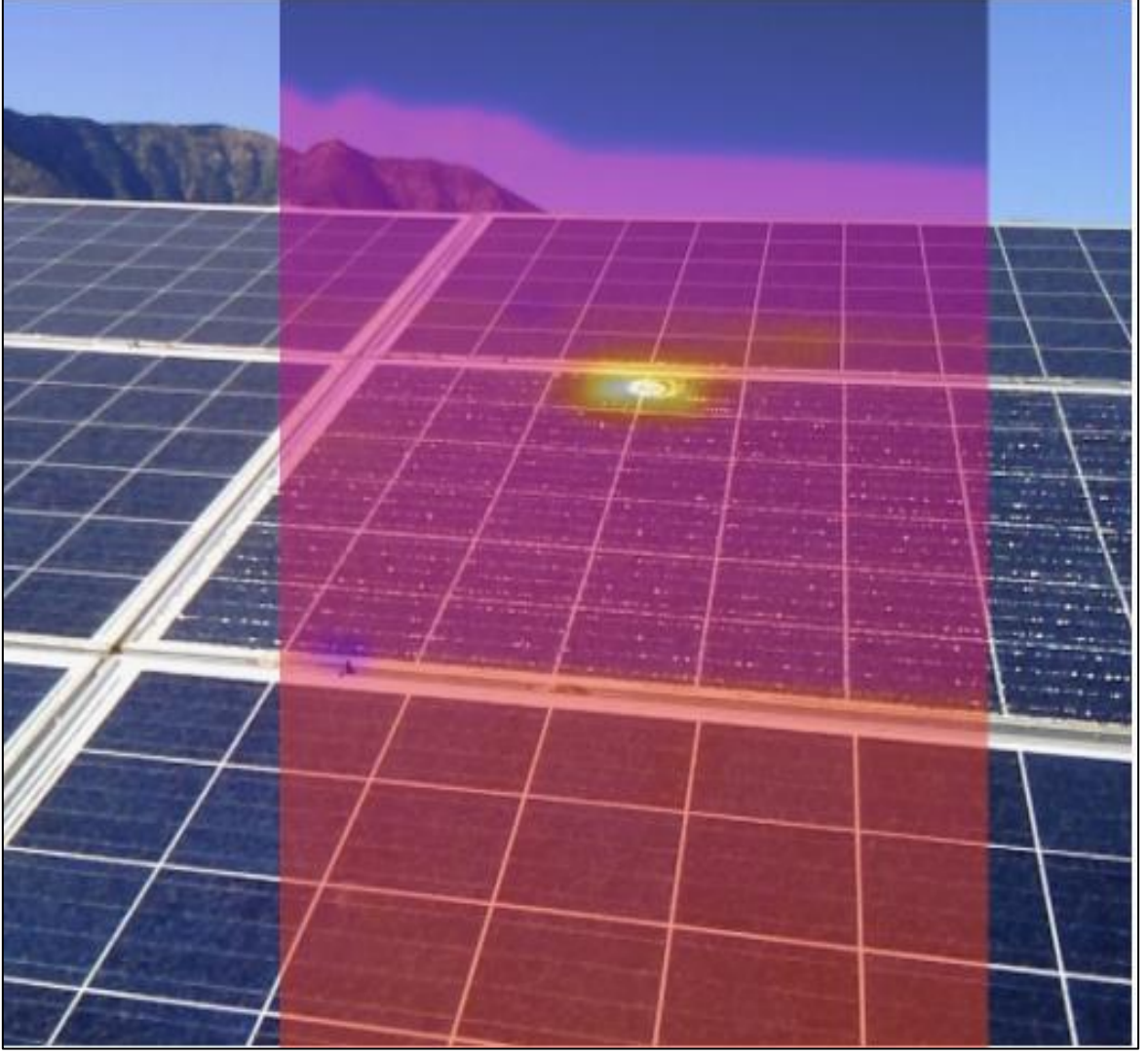
Çizelge 4.3’de invertörlerin performans değerlendirmesi görülmektedir. Santralin toplam üretimi 1.454.204 kWh olup beklenen üretim 1.590.000 kWh’dir. Santral 135.796 kWh az üretim yapmıştır. Bu üretimin kaybının yaklaşık mali değeri 18.061 \$’dır. Santral üretmesi gerekenden %9,5 daha az üretmiştir. Çizelge 4.4’de üretim kaybı yüzdeleri görülmektedir. 3 nolu invertör %15, 15 nolu invertör %18,6 daha az üretmiştir. Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi santrallerinin verimli çalışması bu tür santrallerin çoğalması açısından önemlidir. Ancak yapılan incelemelerde güneş enerjisi santrallerinin birçoğunun düşük performans ile çalıştığı görülmüştür. Eksik üretimde en önemli rolü yanlış mühendislik uygulamaları almaktadır.

Çizelge 4.4. Üretim Kaybı

| <i>İnvertör No</i> | <i>Üretim Kaybı (%)</i> |
|--------------------|-------------------------|
| 1                  | 10,8                    |
| 2                  | 9,6                     |
| 3                  | 15,0                    |
| 4                  | 8,4                     |
| 5                  | 12,6                    |
| 6                  | 12,6                    |
| 7                  | 13,5                    |
| 8                  | 9,3                     |
| 9                  | 13,6                    |
| 10                 | 8,4                     |
| 11                 | 7,5                     |
| 12                 | 8,4                     |
| 13                 | 6,1                     |
| 14                 | 5,8                     |
| 15                 | 18,6                    |
| 16                 | 6,1                     |
| 17                 | 6,2                     |
| 18                 | 5,8                     |
| 19                 | 5,0                     |
| 20                 | 5,9                     |
| <i>Toplam</i>      | 9,5                     |

#### 4.3.Paneller Üzerindeki Arızalı Hücreler

Yapılan incelemede Fotovoltaik panellerde önemli ölçüde arızalı hücre olduğu tespit edilmiştir. Termal kamera ile sahada bulunan 3960 adet PV panel test edilmiş ve ölü hücre olan paneller bulunmuştur.

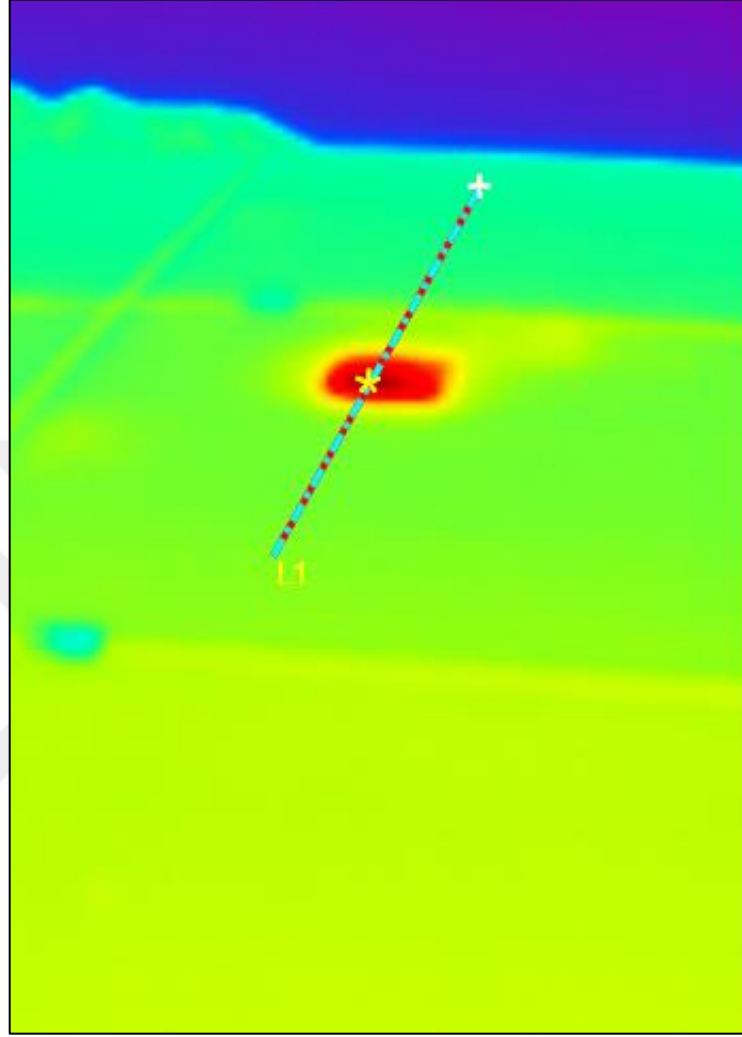


Şekil 4.27.Kırılmış Panelin Termal Görüntüsü

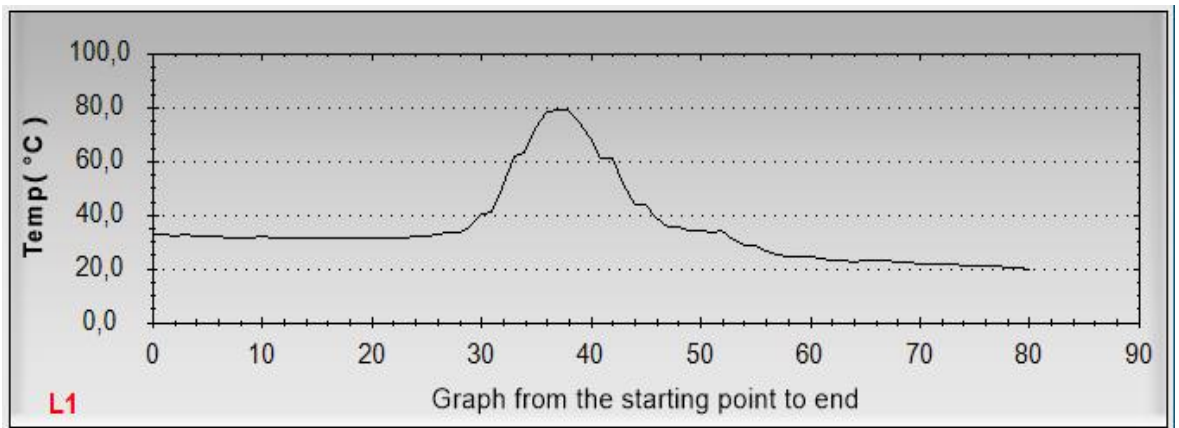
Yapılan incelemede Fotovoltaik panellerden birisinin kırıldığı tespit edilmiştir. Kırık panelin ölü hücresinde yaklaşık 80°C sıcaklık ölçülmüştür. Bu panelin ve bu panele seri bağlı bulunan 20 panelin üretim kaybı söz konusudur. Şekil 4.27’de kırık panelin termal görüntüsü ve fotoğrafı görülmektedir.

Şekil 4.28’de kırığın termal incelemesi görülmektedir. Görüntü üzerinde yapılan incelemede L1 çizgisi üzerindeki sıcaklıklar incelenmiş ve değişim Şekil 4.29’de

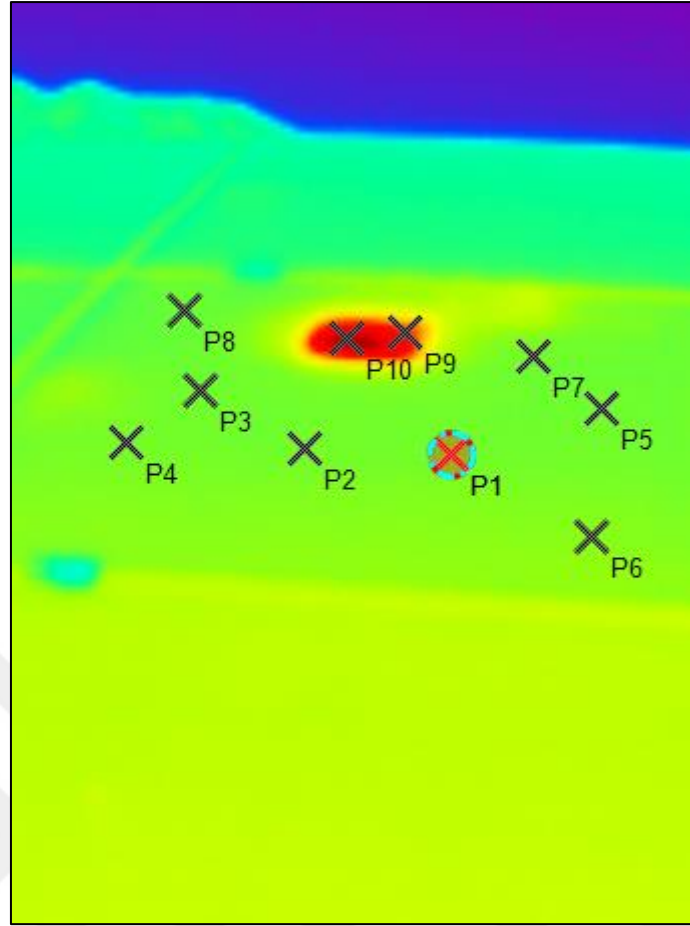
görülmektedir. Sıcaklık 30°C civarında değişmesine rağmen hasarlı hücre üzerinde yaklaşık 80°C'ye çıkmaktadır.



Şekil 4.28.Kırığın Çizgisel Termal İncelemesi



Şekil 4.29.L1 Hattı üzerinde Sıcaklığın Değişimi



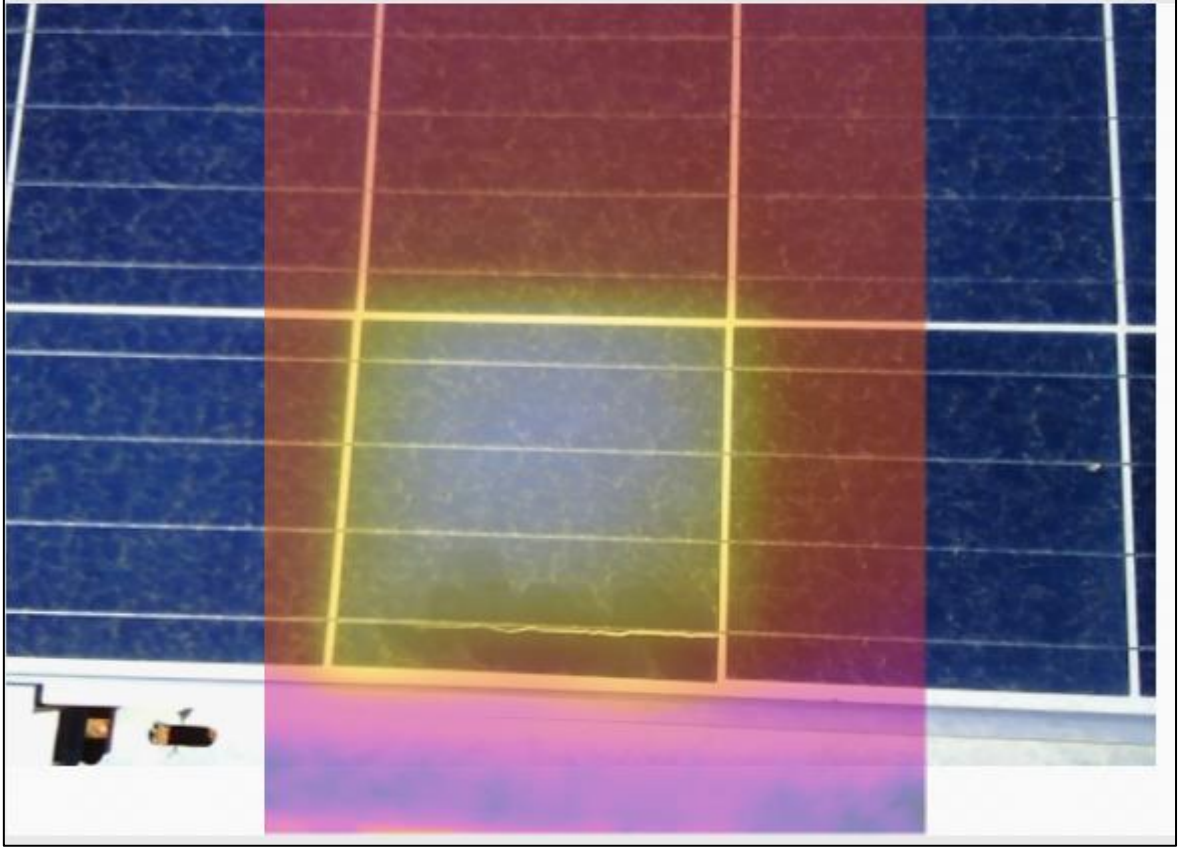
Şekil 4.30.Kırığın Noktasal Termal İncelemesi

Şekil 4.30’da kırığın noktasal termal incelemesi görülmektedir. Görüntü üzerinde yapılan incelemede P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7ve P8 noktalarındaki sıcaklık 30°C civarında değişmesine rağmen P9 üzerinde 62,6 °C ve P10 78,6°C’ye ölçülmüştür.

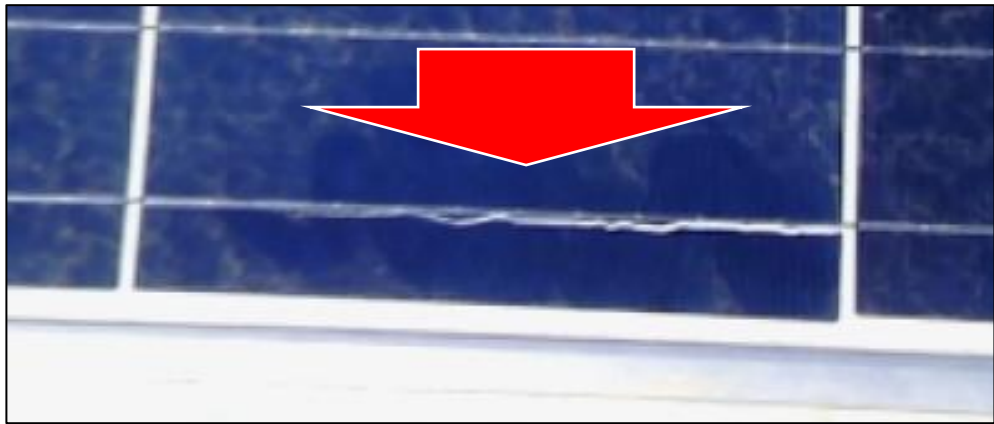
Çizelge 4.5.Noktasal Sıcaklık Ölçümleri

| Nokta | Sıcaklık |
|-------|----------|
| P1    | 31,4°C   |
| P2    | 31,5°C   |
| P3    | 31,1°C   |
| P4    | 31,7°C   |
| P5    | 31,1°C   |
| P6    | 32,7°C   |
| P7    | 31,5°C   |
| P8    | 30,2°C   |
| P9    | 62,6°C   |
| P10   | 78,6°C   |

Bir başka panelde kılcal hücre kırığı tespit edilmiştir. Gözle görülmesi zor olan kılcal çatlak tespit edilmiştir. Şekil 4.31’de ve Şekil 4.32’de kılcal hücre çatlağı görülmektedir. Bu kılcal çatlak da üretim kaybına neden olmaktadır.

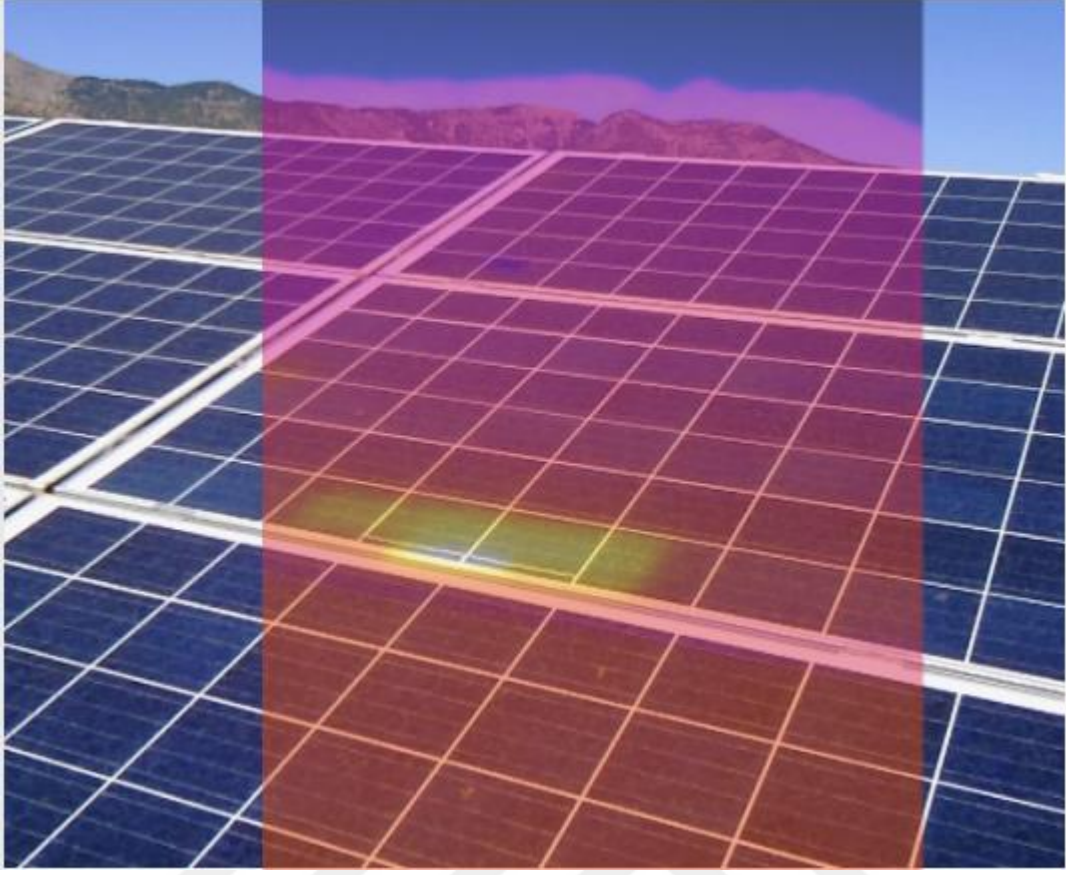


Şekil 4.31.Kılcal Hücre Kırığı Termal Görüntüsü

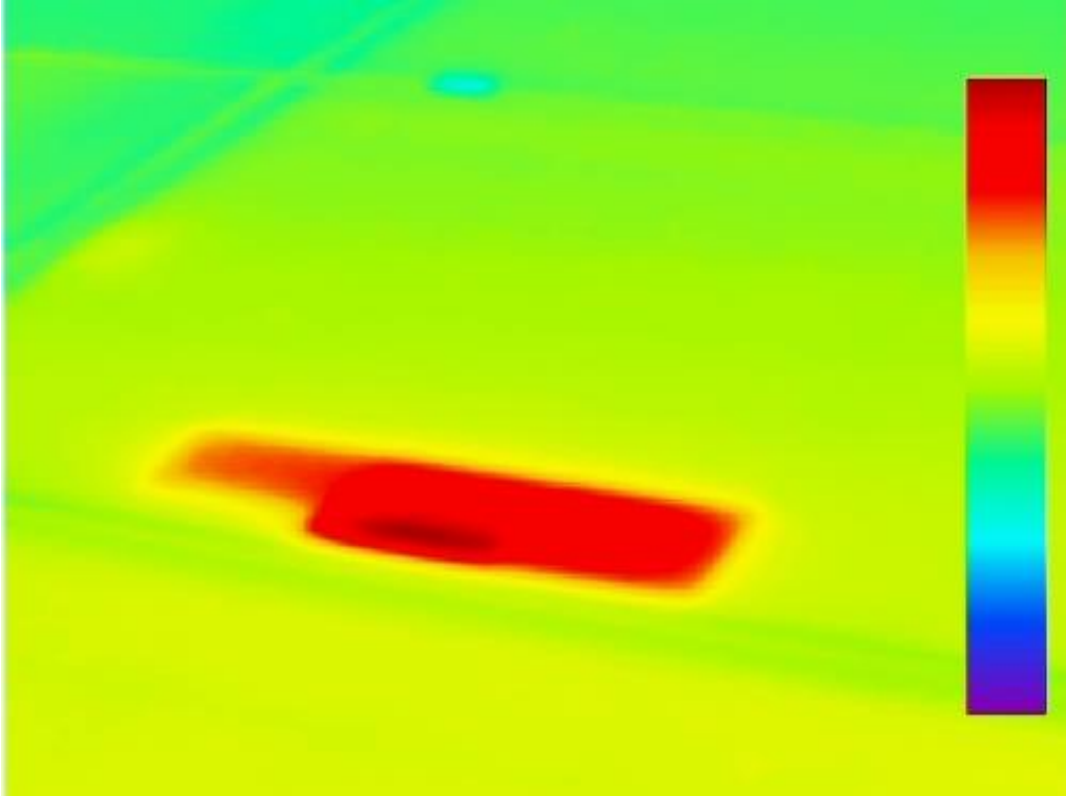


Şekil 4.32. Kılcal Hücre Kırığı

Sahada yapılan incelemeler de Bir başka panelde kılcal hücre kırıkları tespit edilmiştir. Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35’de kılcal hücre çatlağı olan PV panel görülmektedir. Bu kılcal çatlak da üretim kaybına neden olmaktadır.



Şekil 4.33.Kılcal Çatlak olan PV Panel

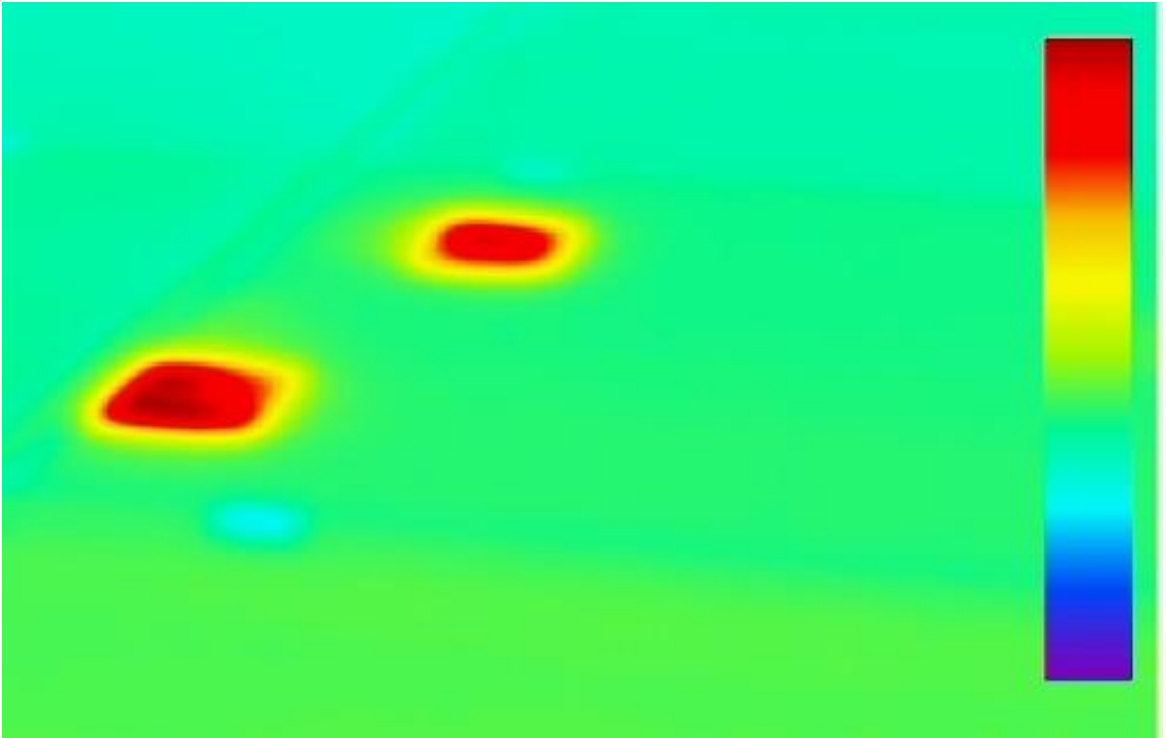


Şekil 4.34. Kılcal Çatlak olan PV Panel (Termal Görünüm)

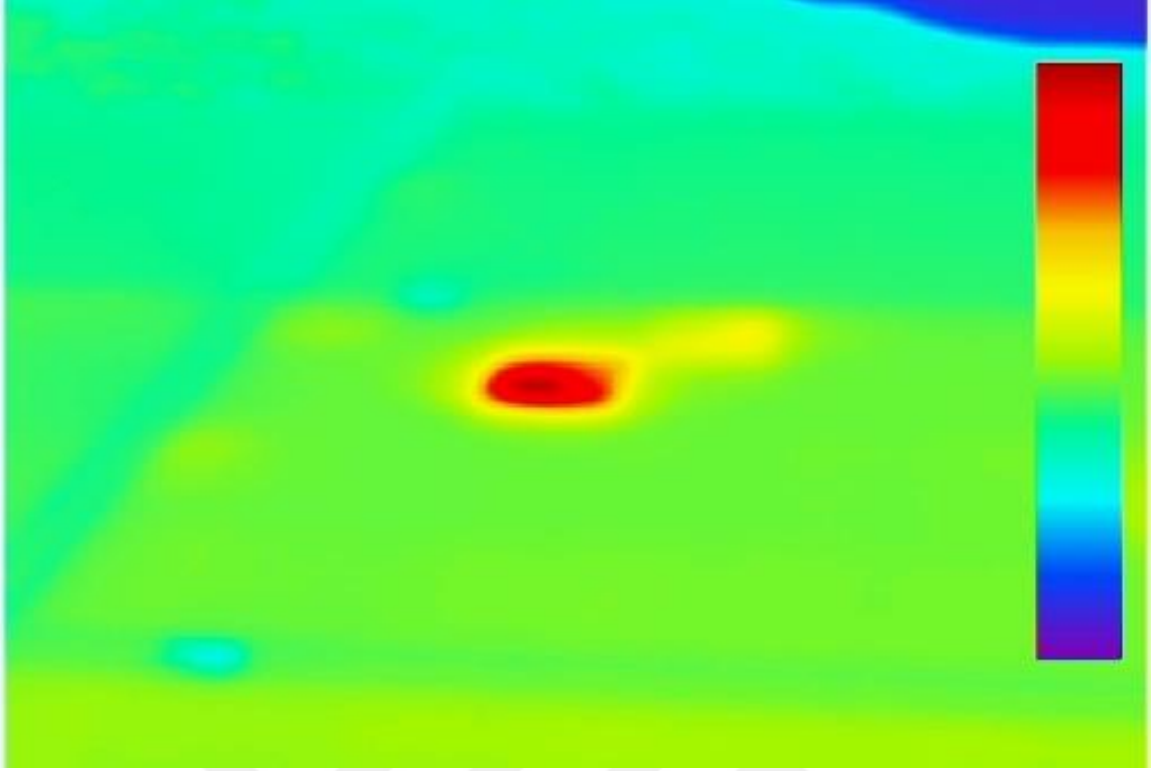


Şekil 4.35. Kılcal Çatlak olan PV Panel (Alttan Görünüm)

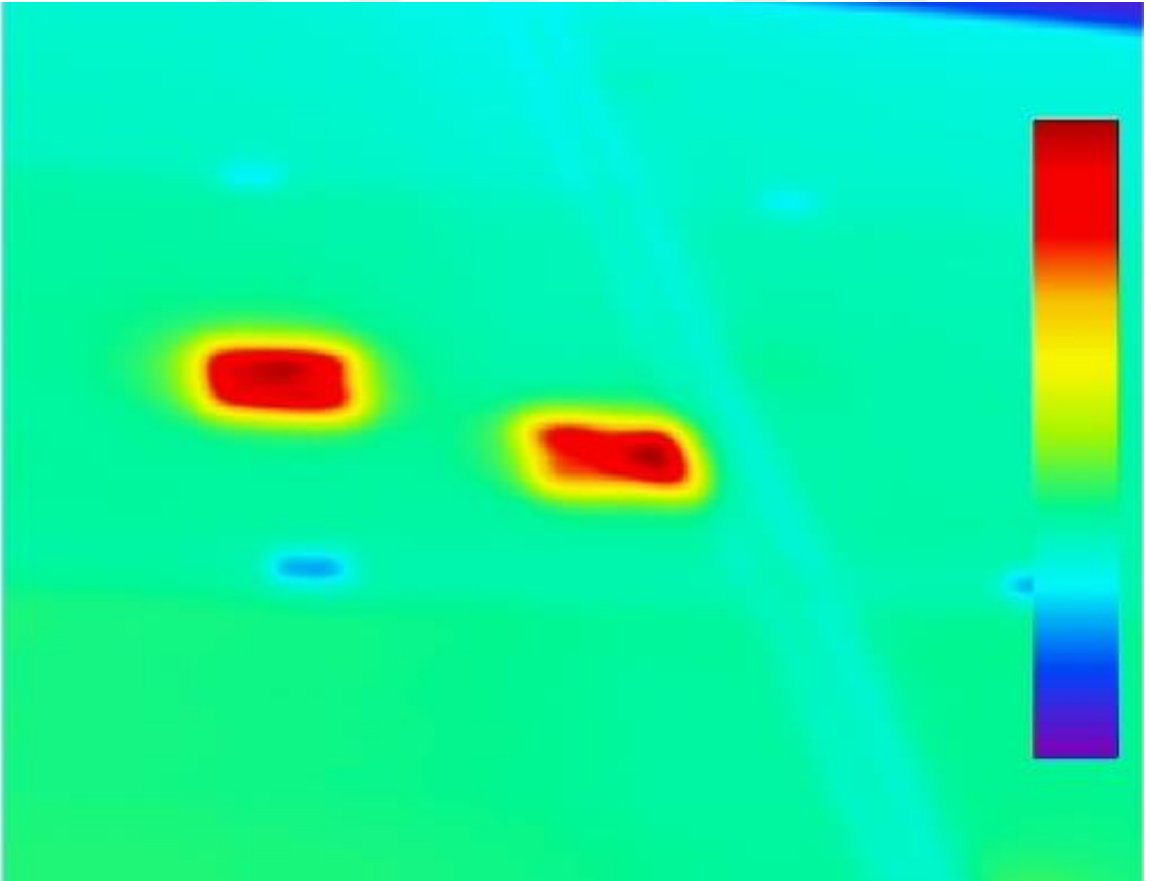
Sahada yapılan incelemeler de 12 adet PV panelde arıza tespit edilmiştir. Bu paneller ve bunlara seri bağlı olan panellerin üretim kaybı söz konusudur. Şekil 4.36, Şekil 4.37 ve Şekil 4.38’de ölü hücresi bulunan PV Paneller görülmektedir.



Şekil 4.36. Ölü Hücresi Bulunan PV Panel-1



Şekil 4.37. Ölü Hücresi Bulunan PV Panel-2



Şekil 4.38. Ölü Hücresi Bulunan PV Panel-3

#### 4.4. Panel Açısı

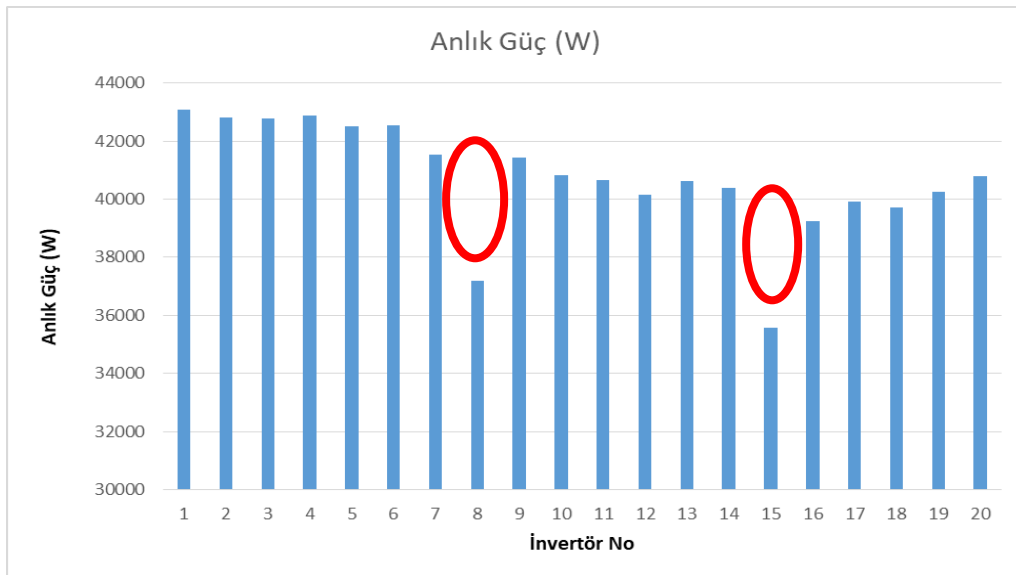
Kahramanmaraş için ideal üretim için gerekli açı 30o civarında olmasına rağmen bu santralde panel açıları 20-21 derecedir. Açı düşüklüğünden dolayı da üretim kaybı söz konusudur.



Şekil 4.39. Panel Açısı Ölçümü

#### 4.5. Çalışmayan Diziler Sorunu

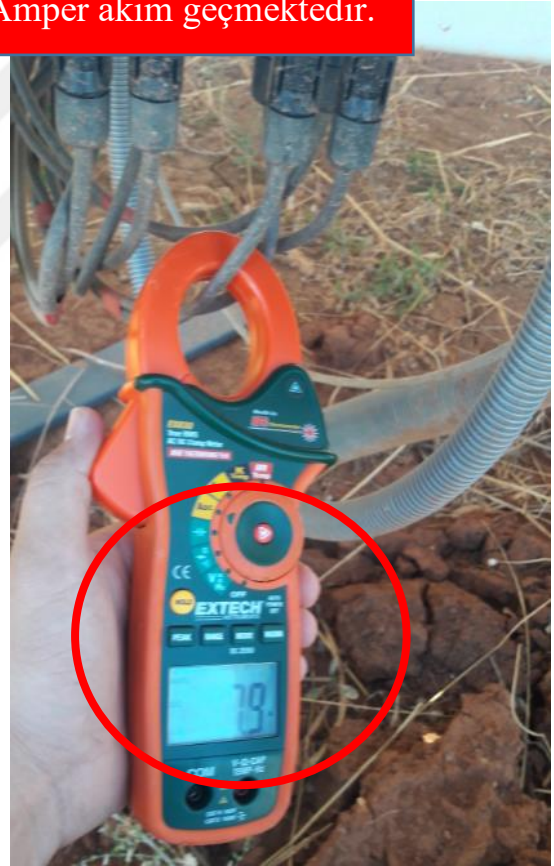
Yapılan ölçümlerde 8 ve 15 numaralı invertörlerin birer dizilerinin çalışmadığı tespit edilmiş olup, ilgili invertörlerin üretim değerlerinin düşük olması da yapılan ölçümün doğruluğunu göstermektedir.



Şekil 4.40. Çalışmayan Dizilerin Tespiti



Aynı invertörün 1 dizisinden 7,9 Amper akım geçerken diğerinden 0,3 Amper akım geçmektedir.



Şekil 4.41.Arızalı Dizi Tespiti-1



Aynı invertörün 1 dizisinden 7,9 Amper akım geçerken diğerinden 0,3 Amper akım geçmektedir.



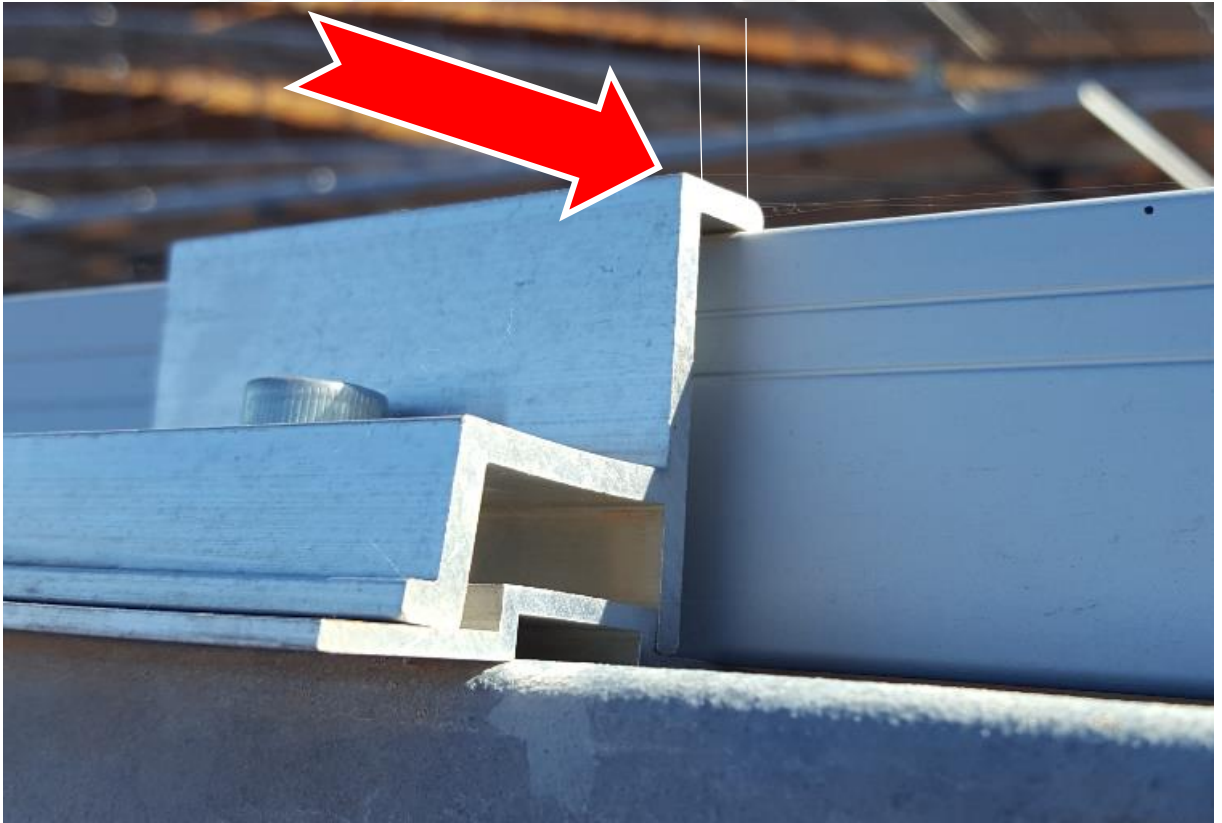
Şekil 4.42. Arızalı Dizi Tespiti-2

Anlık güç incelendiğinde 8 ve 15 numaralı invertörlerin az ürettiği görülmektedir. Bu invertörlerin elektrik bağlantıları kontrol edilmelidir. 20 invertörün ortalama anlık gücü 40.701,6 W olup, invertör üretimleri arasında küçük farklılıklar olması normaldir. Ancak %10 civarı üretim farklılığı normal değildir. Pens ampermetre ile yapılan ölçümlerde 8 ve 15 numaralı invertörlerin 1 er dizisinden az akım geçtiği tespit edilmiştir. Şekil 4.41’de 8 numaralı invertörün çalışmayan dizisi ve Şekil 4.42’de 15 numaralı invertörün çalışmayan dizisi görülmektedir. Bu diziler yaklaşık 5 kW gücünde olup, sadece bu dizilerden dolayı olan saatlik kayıp 10 kW civarındadır. Yaz aylarında aylık kayıp 2.170 kW’tır.

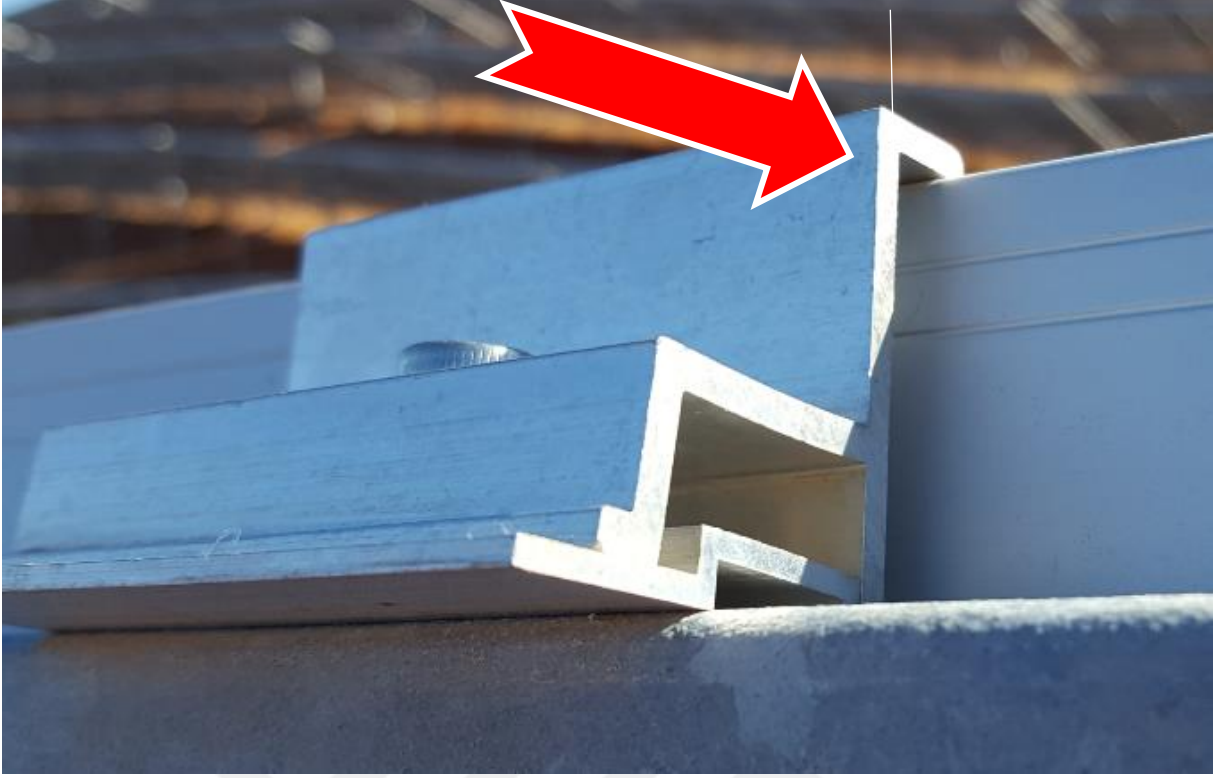
#### **4.6.Konstrüksiyon Hataları**

##### **4.6.1.Panel Tutucular**

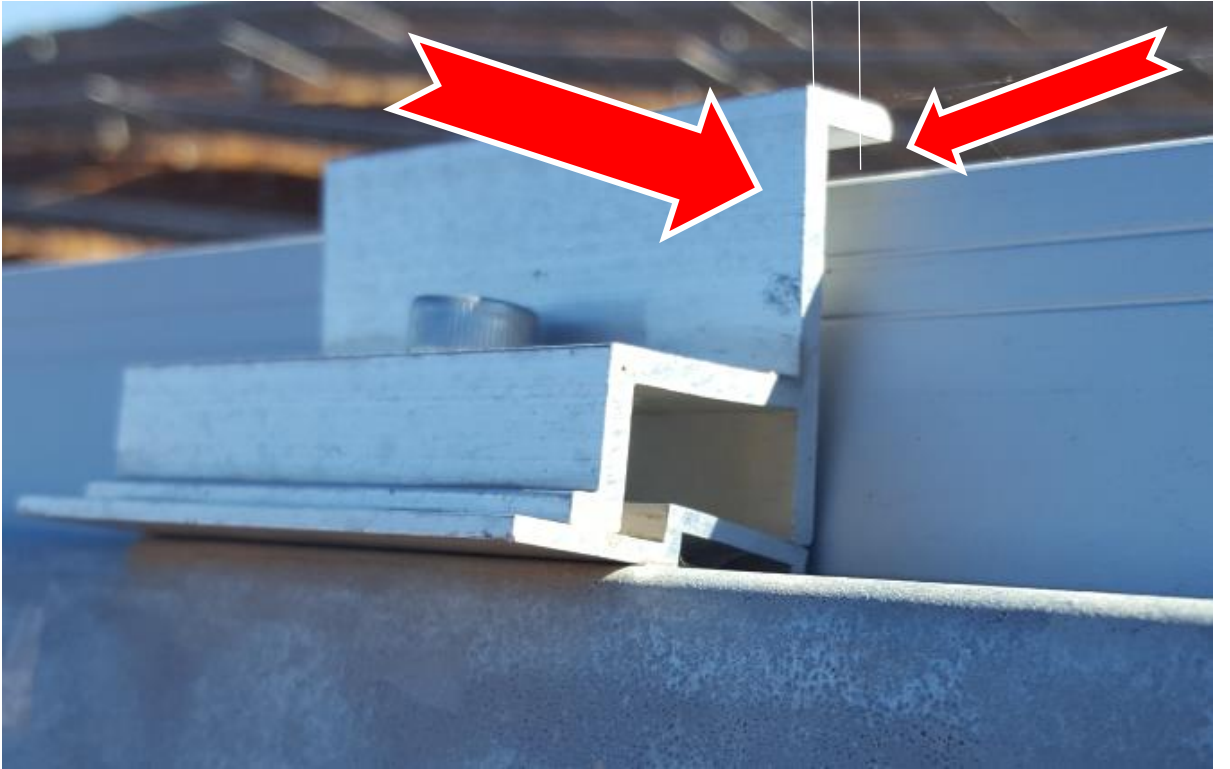
Panel tutucuların düzgün montajlanmamıştır. Panelleri çelik konstrüksiyona tutturan panel tutucular yerine tam oturtulmamıştır. Kuvvetli rüzgâr durumunda panellerin uçması söz konusudur. Sahada hatalı montajlanmış panel tutuculara örnek olarak Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45 gösterilebilir.



Şekil 4.43.Hatalı Montajlanmış Panel Tutucu Örnek-1



Şekil 4.44. Hatalı Montajlanmış Panel Tutucu Örnek-2



Şekil 4.45. Hatalı Montajlanmış Panel Tutucu Örnek-3

#### 4.6.2.Gevşek Vidalar

Sıkılmamış vidalar mevcuttur. Çelik konstrüksiyonda sıkılmamış vidalar vardır.



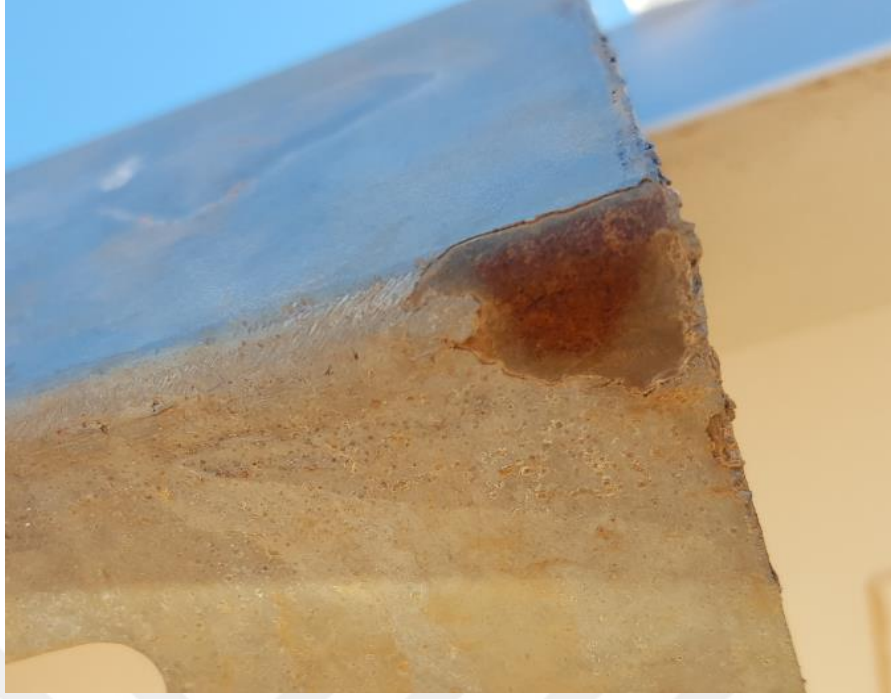
Şekil 4.46.Gevşek Vida

#### 4.6.3. Çelik Konstrüksiyonda Korozyon

Çelik konstrüksiyonda paslanma başlamıştır. Şekil 4.47 ve Şekil 4.48’de paslanma örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.47.Paslanma Örneği-1



Şekil 4.48. Paslanma Örneği-2

#### 4.7. Sehpanın Yerden Yüksekliği

Bazı sehpaların önü yere çok yakın yapılmıştır. Bitkilerin gölgesi düşebileceği gibi kar yağması durumunda öne biriken kar panellere zara verecektir. Sehpanın önü standartlarda 50-70 cm arasında yerden yüksek olmalıdır.



Şekil 4.49.Yere Çok Yakın Sehpa

#### 4.8. Topraklama Hatası

Topraklama şeridi sehpanın ayağına temas etmemektedir. Dolayısıyla topraklama şeridi vazife yapmamaktadır. Şekil 4.50 ve Şekil 4.51’de topraklama hatası örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.50. Topraklama Hatası Örneği-1



Şekil 4.51. Topraklama Hatası Örneği-2

#### 4.9. Gölgeleme Sorunu

Günlük üretim incelendiğinde 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 numaralı invertörlerin az ürettiği görülmektedir. Bu invertörlerin bağlı olduğu panellerde gölgeleme sorunu vardır. Şekil 4.52 ve Şekil 4.53’de gölgeleme olan paneller görülmektedir.



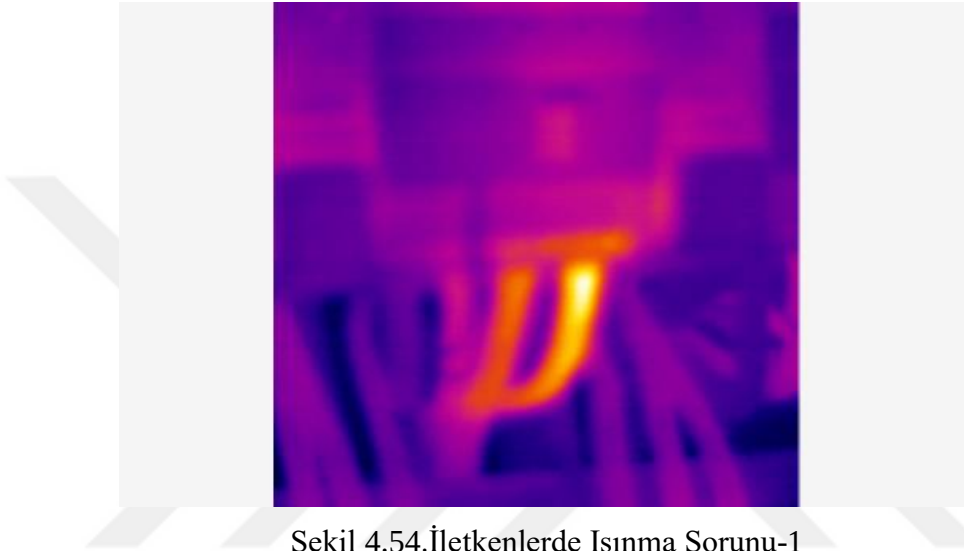
Şekil 4.52. Gölgeleme Sorunu Örneği-1



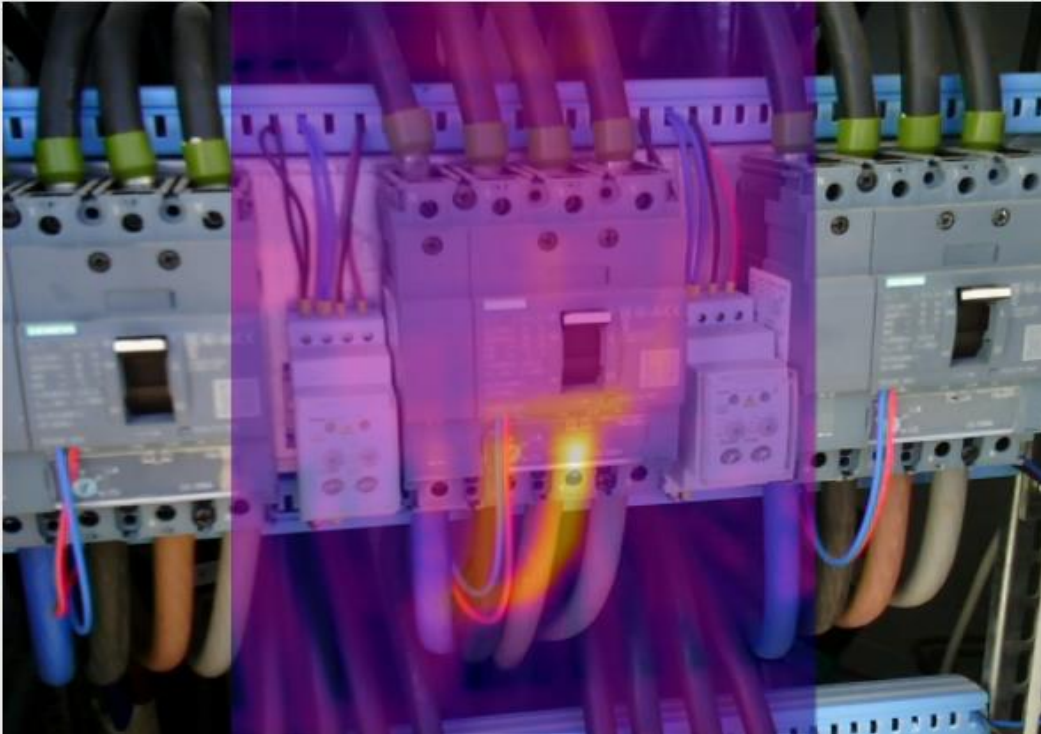
Şekil 4.53. Gölgeleme Sorunu Örneği-2

#### 4.10. Ana Dağıtım Panosunda İletkenlerde Isınma Sorunu

Ana dağıtım panosunda bazı iletkenlerde ısınma sorunu tespit edilmiştir. Aynı kesitli başka iletkenlerde ısınma olmadığı için sorunun kesit düşüklüğünden değil işçilik hatasından olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.54 ve Şekil 4.55’de ısınma sorunu olan iletkenler görülmektedir.

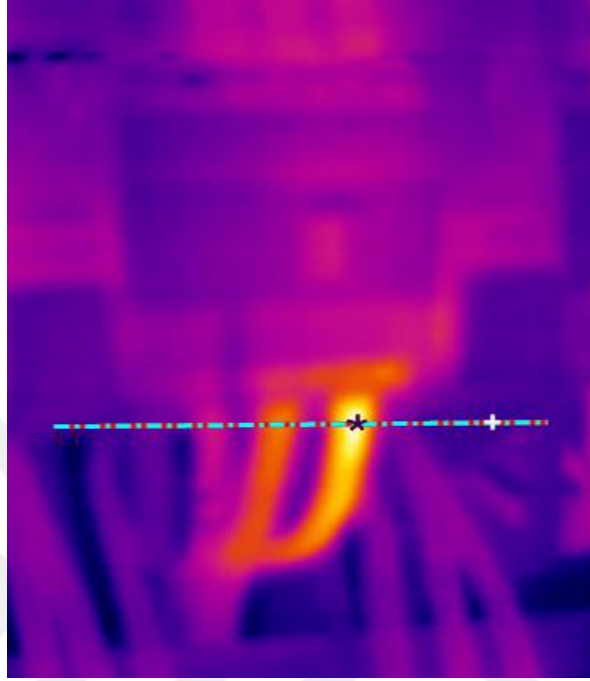


Şekil 4.54.İletkenlerde Isınma Sorunu-1

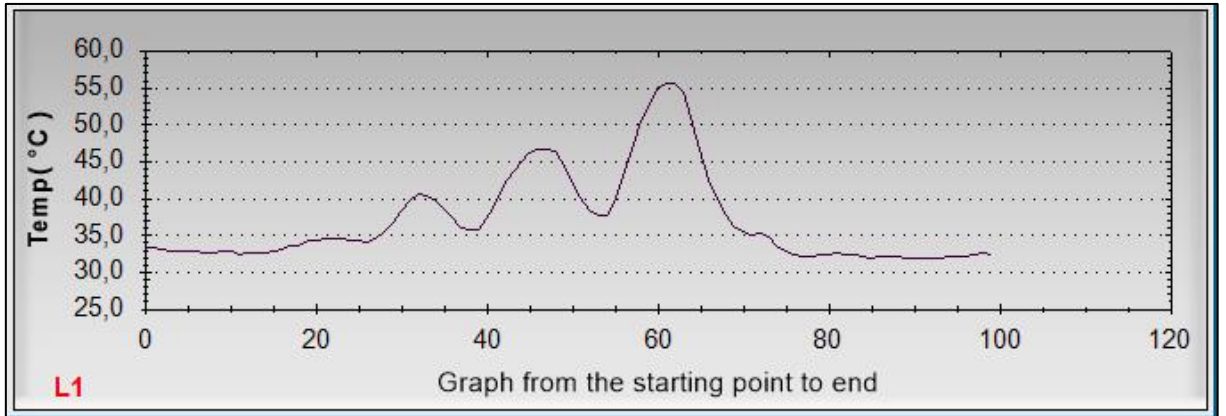


Şekil 4.55. İletkenlerde Isınma Sorunu-2

Şekil 4.56’da çizgisel olarak termal kamera ile sıcaklık ölçümü yapılmış ve Şekil 4.57’de görülüşü gibi iletken sıcaklıklarının 1.faz için 41°C, 2.faz için 47°C ve 3 faz için 56°C olarak ölçülmüştür. İletken sıcaklıklarının bu kadar farklı olması normal değildir.



Şekil 4.56.Çizgisel Ölçüm



Şekil 4.57.Çizgisel Sıcaklık Değişimi

#### 4.11. DC Yükleme

Santral 1029,6 kWp (DC) 999,6 kWe (AC) güce sahiptir. DC yükleme düşüktür. Santralin DC gücü ideal olarak 1195 kWp olmalıydı. Santral %16 daha az yüklenmiştir. Bu durum üretimi olumsuz etkilemektedir.

#### 4.12.Genel Fotoğraflar



Şekil 4.58.İncelenen Güneş Enerjisi Santralinden Görüntüler-1



Şekil 4.59. İncelenen Güneş Enerjisi Santralinden Görüntüler-2

## 5. DEPOLAMALI, ŞEBEKE BAĞLANTILI HİBRİT FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI VE PERFORMANS ANALİZİ

Ülkemizde kullanılan mevcut fotovoltaik güneş enerji sistemleri genellikle şebeke bağlantılı yâda şebeke bağlantısız sistemlerdir. Ancak hem şebeke bağlantılı hem öz tüketimli hem de depolamalı sistemler gelişen teknolojiyle beraber yaygınlaşacaktır.

### 5.1. Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit 9,82 kWp gücünde Fotovoltaik Sistem

Lokasyon olarak Baunatal (Enlem: 51,253; Boylam: 9.401), Almanya da kurulu 9,82 kWp gücünde Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit Fotovoltaik Sistem verileri detaylı olarak analiz edilmiştir. 13.05.2016 tarihinde devreye alınmış olan sistem yıllık yaklaşık 8.838 kWh enerji üretmektedir. Sistemde 42 adet 230 W Aleo marka solar panel, 6.400 Wh SMA Lithium-Ion akü, 9 kW SMA Sunny Tripower 9000TL-20 akıllı invertör kullanılmıştır. Şekil 5.1’de seçilen depolamalı güneş enerjisi sisteminin konumu görülmektedir.



Şekil 5.1. Sistemin lokasyonu

Baunatal Almanya da kurulu 9,82 kWp gücünde Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit Fotovoltaik Sistem verileri sunny portal üzerinden incelenmiştir. 13.05.2016 tarihinden itibaren tüm veriler kaydedilmiştir. Sistemde 42 adet 230 W Aleo Solar panel, 6.400 Wh SMA Lithium-Ion akü, 9 kW SMA Sunny Tripower 9000TL-20 akıllı invertör kullanılmıştır. Sistemin performansı için 05.05.2018 Cumartesi günü enerji dengesi incelenmiştir. Sistem şebeke bağlantılı olmasına rağmen depolamalı bir sistemdir.

Depolamalı sistem enerji kalitesine destek verdiği gibi enerji kesintisi durumunda avantaj oluşturmaktadır. Ayrıca mevcut sistemlerde saatlik mahsuplaşma olduğu için enerjinin pahalı olduğu puant saatlerde enerji satın alınması ve enerjinin ucuz olduğu saatlerde şebekeye enerji verme durumu söz konusudur. Depolamalı sistem tamamen şebeke destekli olarak, güneş enerjisinden daha fazla faydalanma fırsatı sunmaktadır.

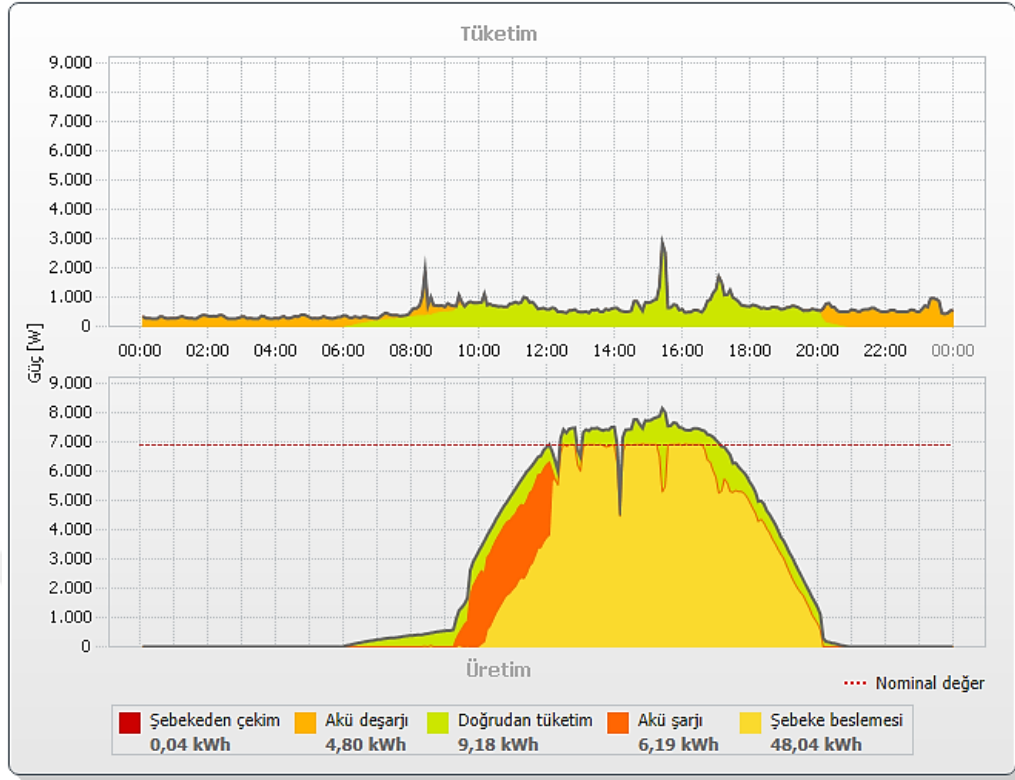


Şekil 5.2. Depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemi

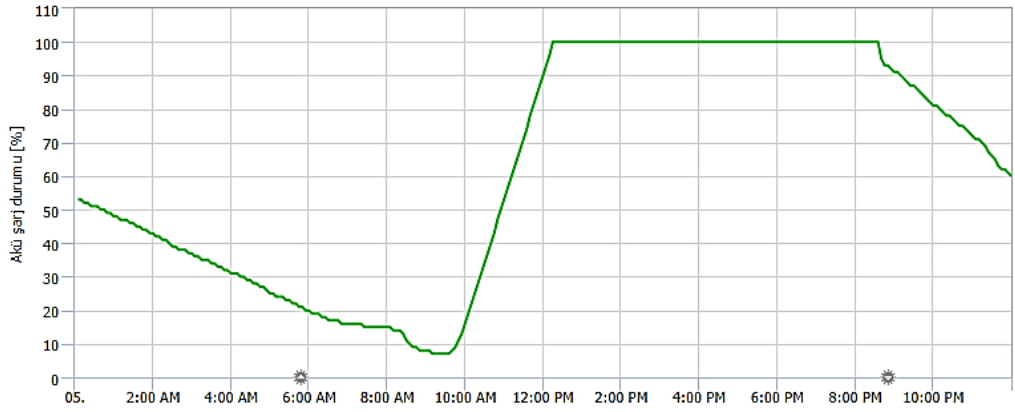
#### 5.1.1. Deneyisel Sonuçlar ve Performans Analizi

05.05.2018 cumartesi günü toplam 14,02 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,04 kWh'lik kısmı şebekeden 4,80 kWh'lik kısmı aküden ve 9,18 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 63,41 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 9,18 kWh kısmı doğrudan tüketilmiş, 6,19 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 48,04 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.3'te 05.05.2018 cumartesi günü için enerji dengesi görülmektedir. Şekil 5.4'te aynı gün için akü şarj durumu verilmiştir. Grafik incelendiğinde özellikle öğle saatlerinde güneş ışınımının daha yoğun olduğu zamanlarda akü şarj durumu %100 olarak seyretmektedir. Güneş ışınımının olmadığı zamanlarda ise akü deşarj durumu gerçekleşmektedir. Enerji ihtiyacı aküden karşılanmaktadır.

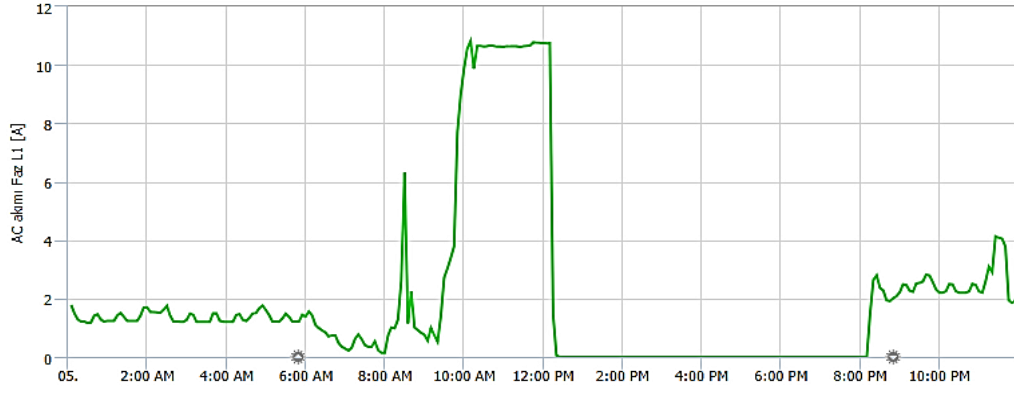
Şekil 5.5'te 05.05.2018 cumartesi, aynı gün için kurulmuş olan sisteme ait AC akım değişimleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde özellikle sabah 10 ile öğlen 12 arasında 10 A değerinin üzerinde bir akım olduğu gözlemlenmektedir. Öğleden sonra ise bu akım değeri 0'a çok yakındır. Şekil 5.6'da ise AC gerilim değerleri verilmiştir. AC gerilim değerleri stabil şekilde 230 V civarlarında seyretmiştir. Fotovoltaik sistemlerde gerilim değerinden çok üretimi direkt etkileyen akım değerleridir.



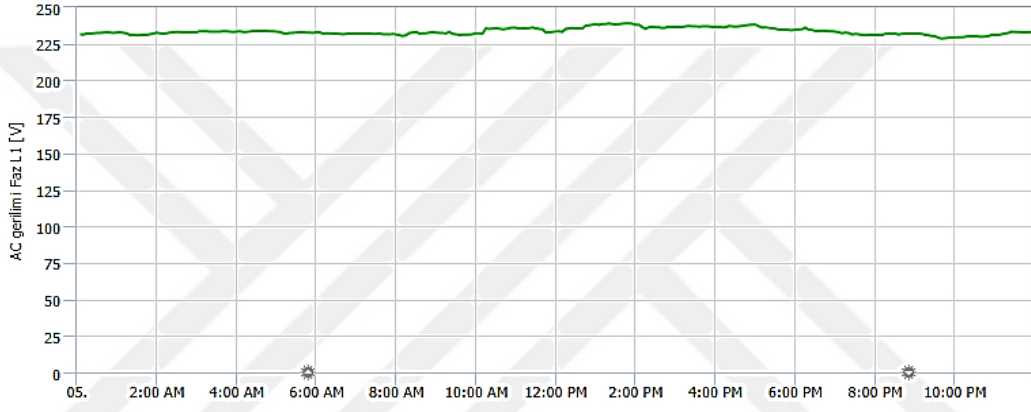
Şekil 5.3.05.05.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi



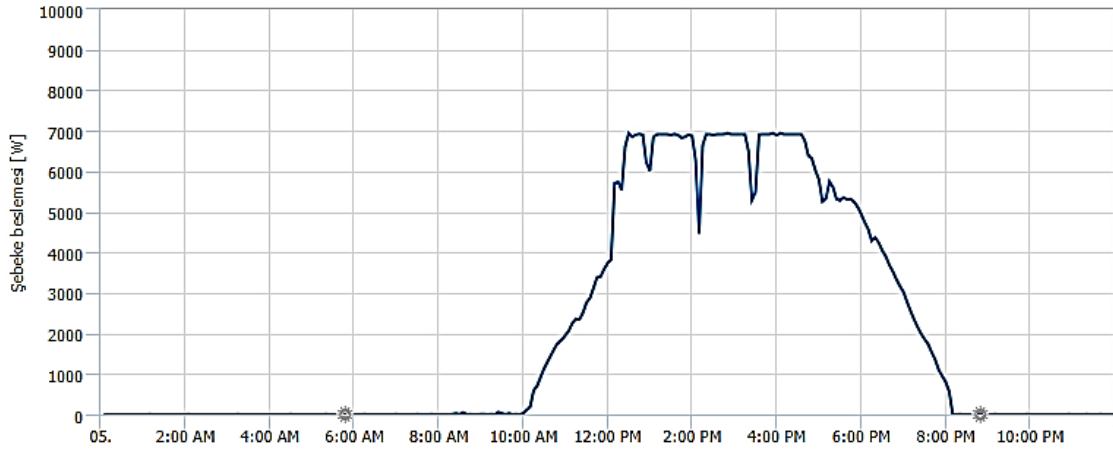
Şekil 5.4. 05.05.2018 Cumartesi günü için akü şarj durumu



Şekil 5.5. 05.05.2018 Cumartesi günü için akü deşarjı AC Akım değişimi

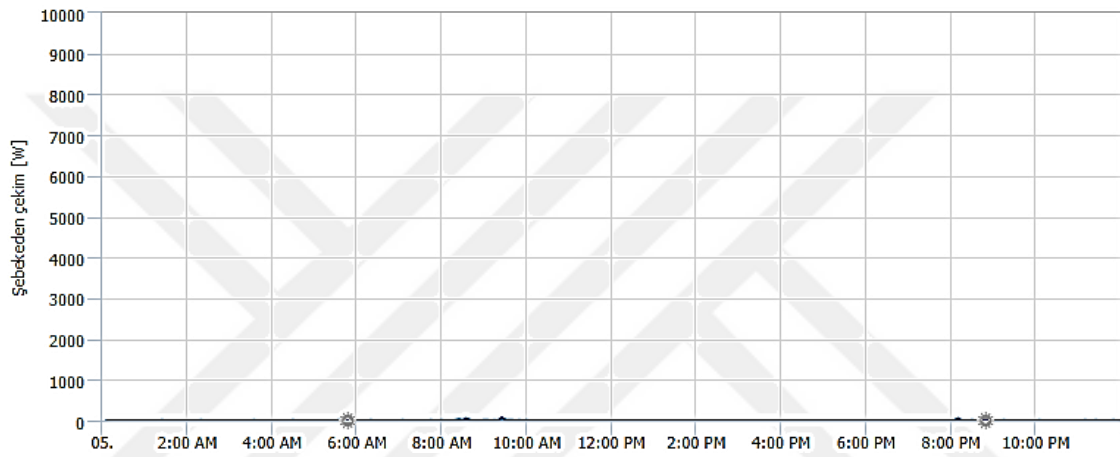


Şekil 5.6. 05.05.2018 Cumartesi günü için AC Gerilim değişimi

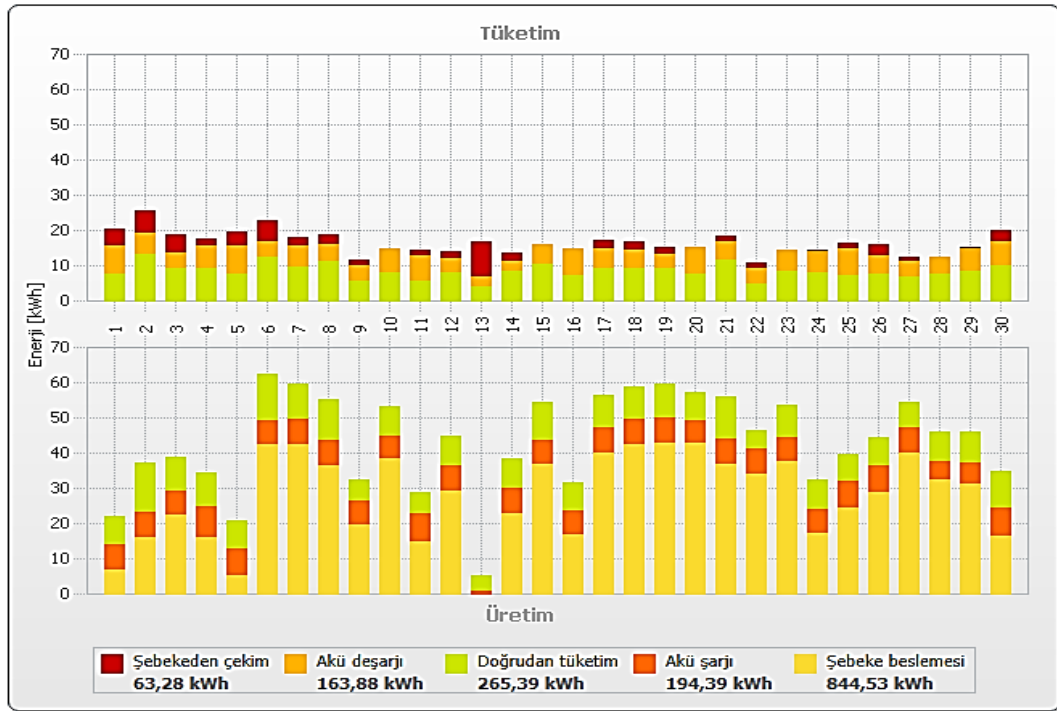


Şekil 5.7. 05.05.2018 Cumartesi günü için Şebeke besleme durumu

Şekil 5.7’de ise 05.05.2018 Cumartesi günü için şebeke besleme durumu gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre özellikle güneş ışınımının yoğun olduğu sabah 10 ile akşam 8 saatleri arasında fotovoltaik sistemin ürettiği elektrik enerjisi gözlemlenmektedir. Zaman zaman meydana gelen bu saatler arasındaki düşümler bulutlanmadan ötürü kaynaklanmaktadır. Bu saatlerde tepe değeri 7 kW değerlerinde seyretmiştir. Şekil 5.8’de ise şebekeden besleme durumu gösterilmektedir. Sistem öğle zamanları hem akü şarjı yaparken hem de şebekeye elektrik üretmiştir. Gece, güneş ışınımının olmadığı zamanlarda ise sistem aküden deşarj yaparak beslenmiştir.



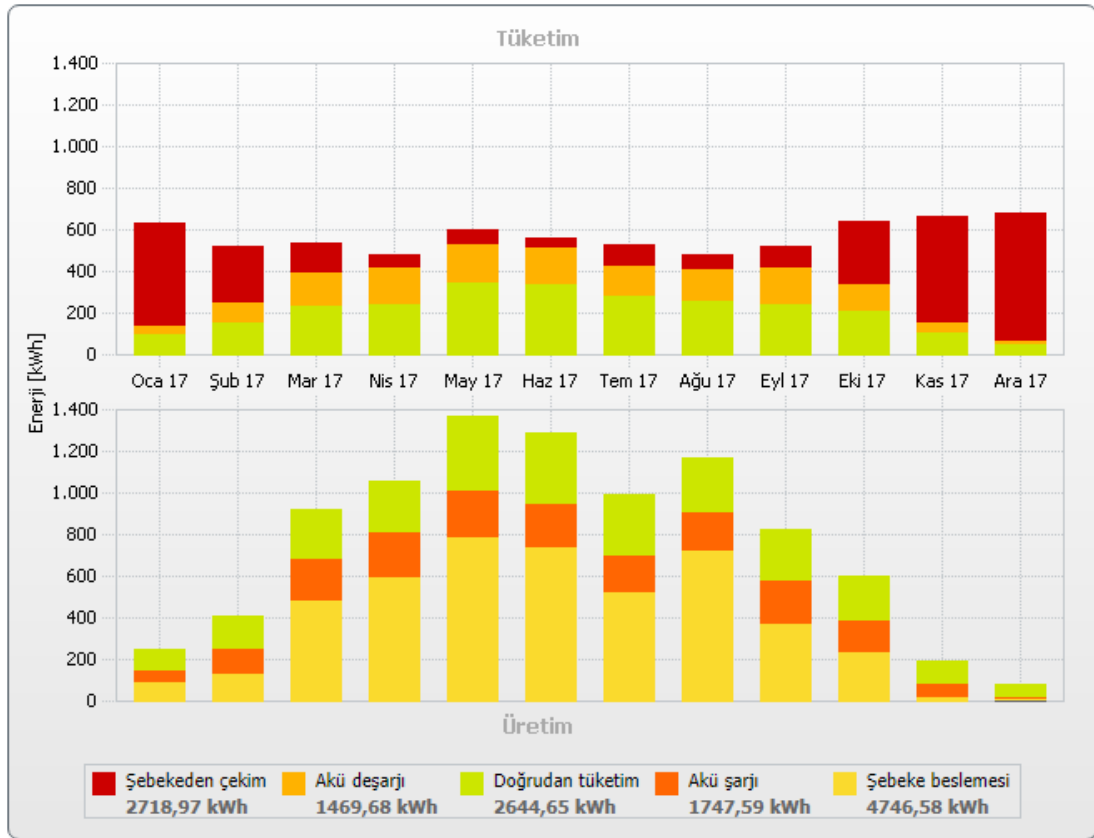
Şekil 5.8. 05.05.2018 Cumartesi günü için Şebekeden besleme durumu



Şekil 5.9. Nisan ayı için enerji dengesi

Şekil 5.9’da Nisan ayı için detaylı olarak enerji dengesi gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Nisan ayı için şebekeden toplamda 63,28 kWh’lık bir enerji çekildiği görülmektedir. Sistem kendi içerisinde ise akü şarjı için 194,39 kWh harcamış, 265,39 kWh doğrudan tüketim gerçekleştirmiş ve ayrıca şebekeye fazla ürettiği 844,53 kWh enerji vermiştir. Yani sistem hem doğrudan kendi öz tüketimi için enerji üretmiş, hem güneş ışınımının olmadığı zamanlarda aküden enerji kullanmak için akü şarjı gerçekleştirmiş, hem bu dengenin dışında yeterli olmayan zamanlarda şebekeden enerji almış hem de farklı zamanlarda şebekeye enerji vermiştir. Tam olarak hibrit bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5.10’da 2017 yılı için detaylı olarak enerji dengesi gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre 2017 yılı için şebekeden toplamda 2718,97 kWh’lık bir enerji çekildiği görülmektedir. Sistem kendi içerisinde ise akü şarjı için 1747,59 kWh harcamış, 2644,65 kWh doğrudan tüketim gerçekleştirmiş ve ayrıca şebekeye fazla ürettiği 4746,58 kWh enerji vermiştir. Tam olarak hibrit bir sistem gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.10. 2017 yılı için enerji dengesi

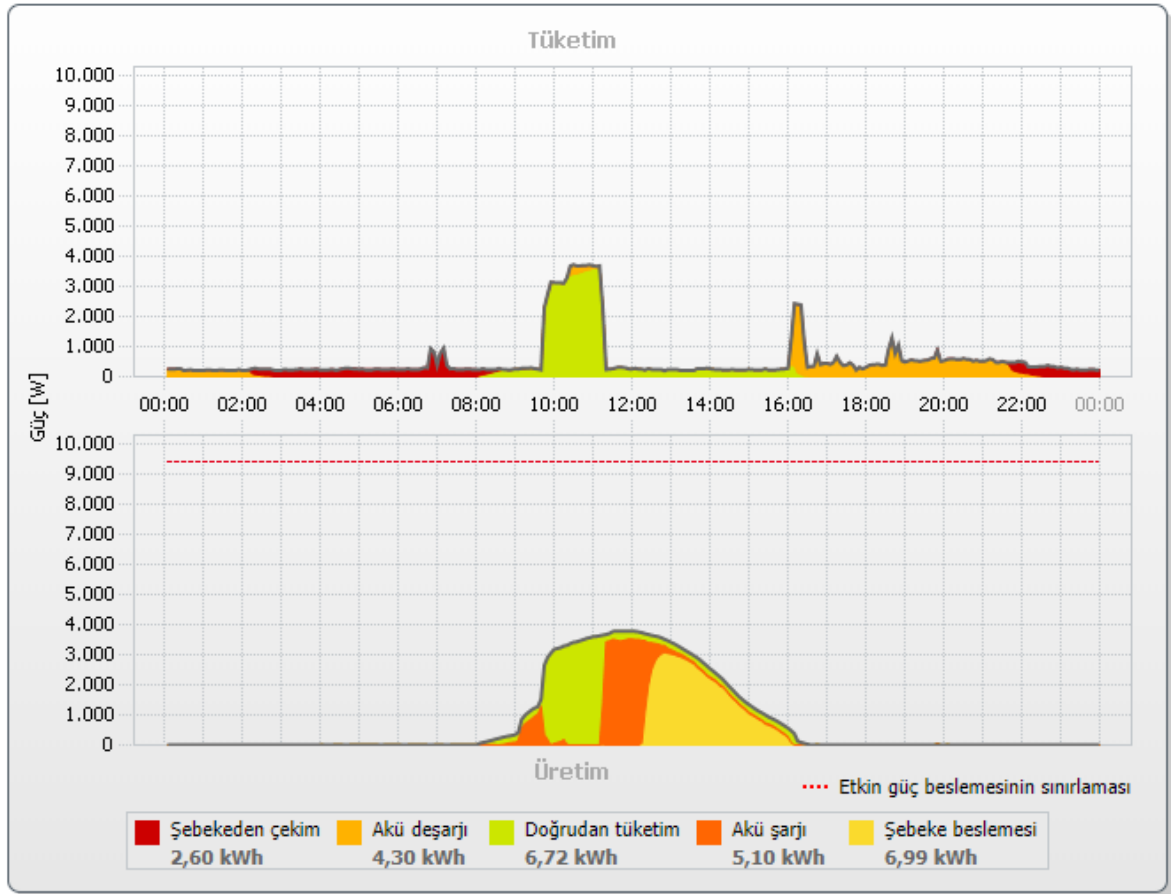
## 5.2. Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit 13,455 kWp gücünde Fotovoltaik Sistem

Lokasyon olarak Helsa (Enlem: 51,231; Boylam: 9.69), Almanya da kurulu 13,455 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistem verileri detaylı olarak

analiz edilmiştir. 24.08.2012 tarihinde devreye alınmış olan sistem yıllık yaklaşık 11.033 kWh enerji üretmektedir. Sistemde 69 adet 195 W Risen marka solar panel, 5.088 Wh SMA Lithium-Ion akü, 12 kW SMA Sunny Tripower 12000TL-10 akıllı invertör kullanılmıştır.

### 5.2.1. Deneysel Sonuçlar ve Performans Analizi

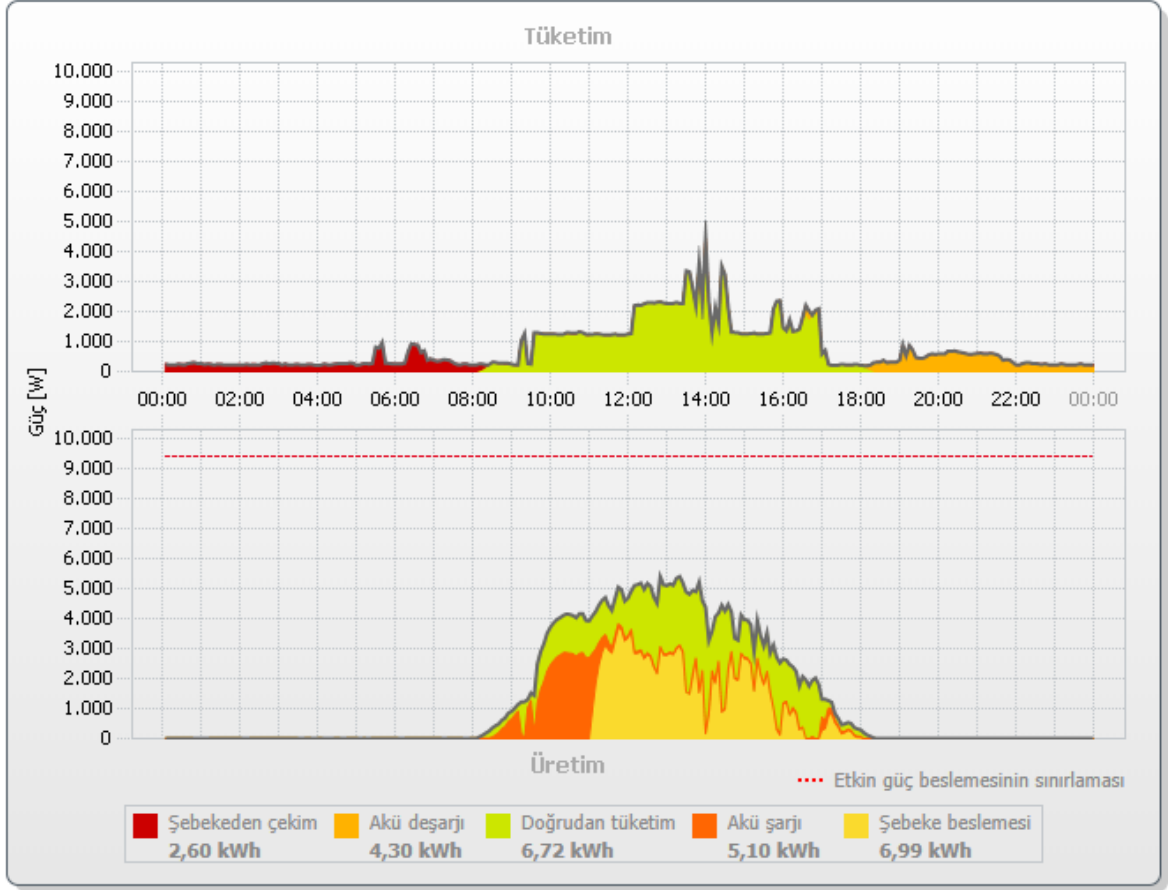
15.11.2018 perşembe günü toplam 13,62 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 2,60 kWh'lik kısmı şebekeden 4,30 kWh'lik kısmı aküden ve 6,72 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 18,60 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 6,72 kWh kısmı doğrudan tüketilmiş, 5,10 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 6,99 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.11'de 15.11.2018 perşembe günü için enerji dengesi görülmektedir.



Şekil 5.11. 15.11.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi

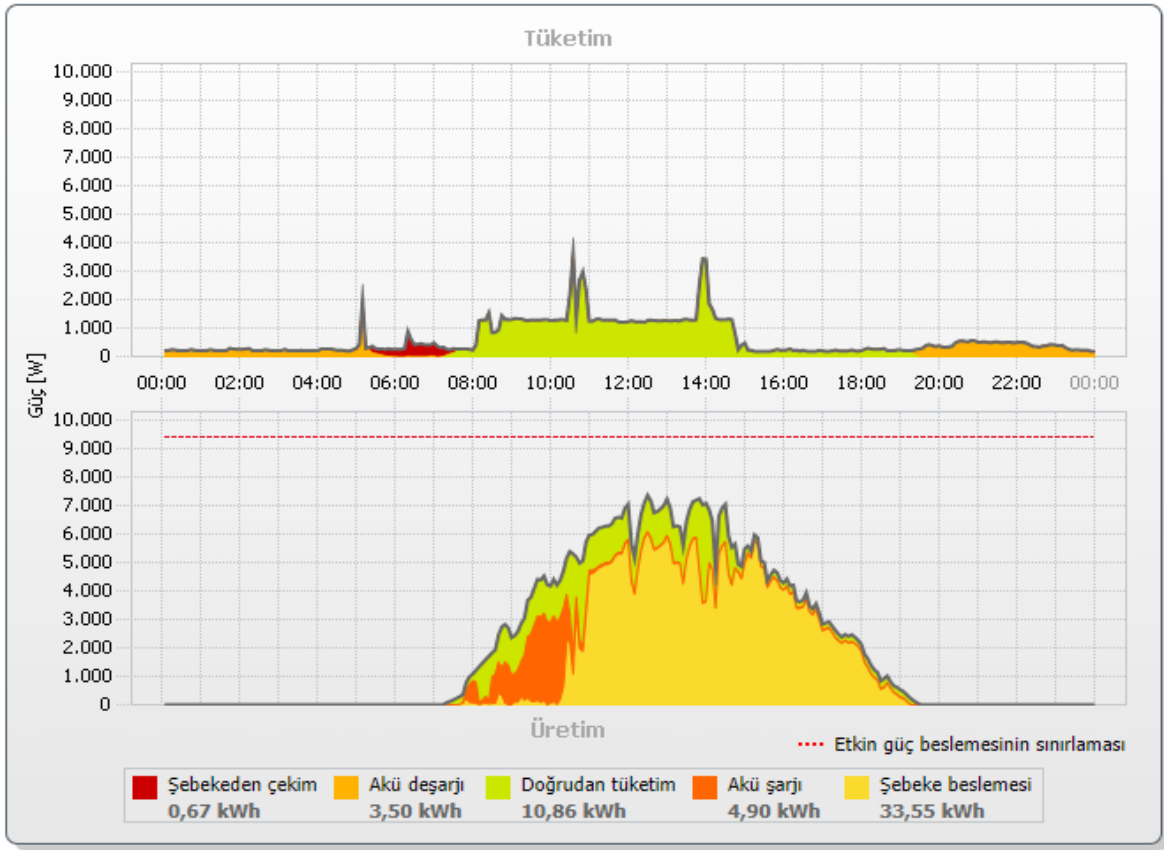
15.10.2018 pazartesi günü toplam 19,34 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 2,75 kWh'lik kısmı şebekeden 2,70 kWh'lik kısmı aküden ve 13,89 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 31,06 kWh enerji üretmiş

bu enerjinin 13,89 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 5,20 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 12,26 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.11’de 15.10.2018 pazartesi günü için enerji dengesi görülmektedir.

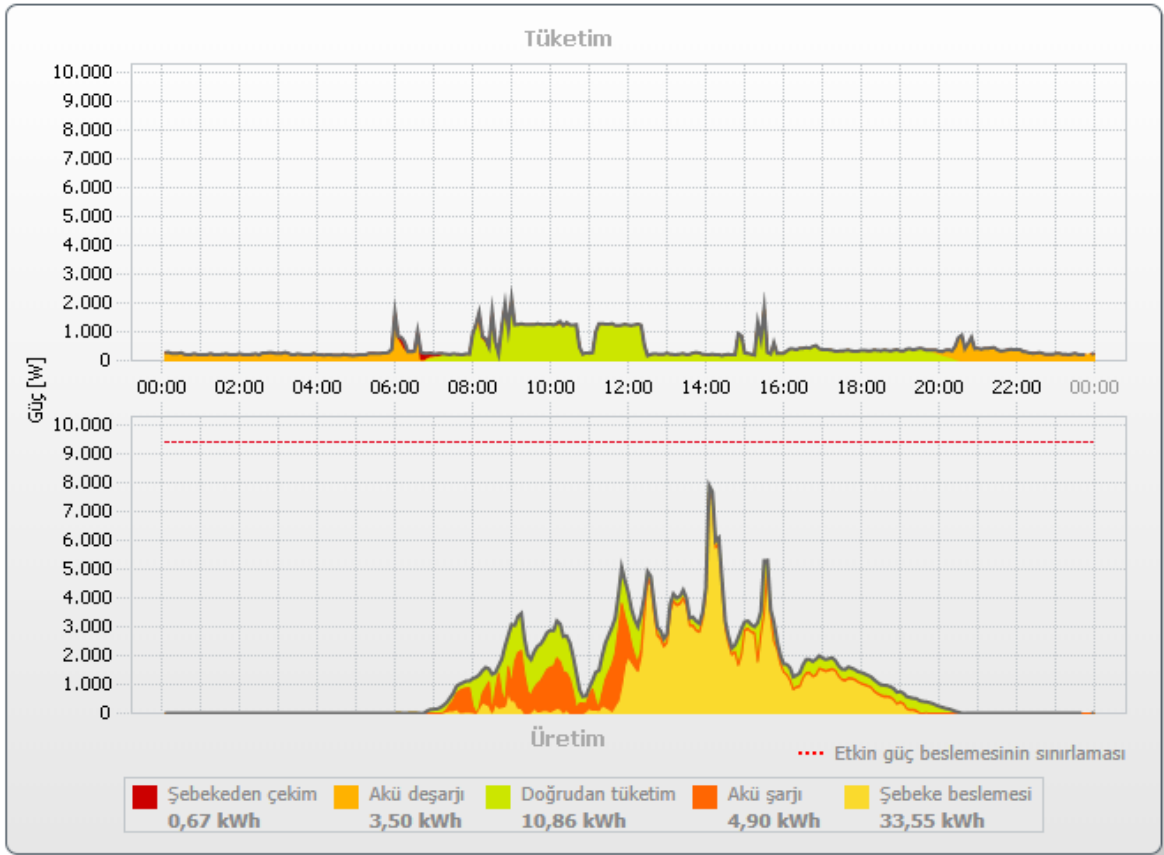


Şekil 5.12. 15.10.2018 pazartesi günü için enerji dengesi

15.09.2018 cumartesi günü toplam 15,03 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,67 kWh’lik kısmı şebekeden 3,50 kWh’lik kısmı aküden ve 10,86 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 49,18 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 10,86 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 4,90 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 33,55 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.13’te 15.09.2018 cumartesi günü için enerji dengesi görülmektedir.



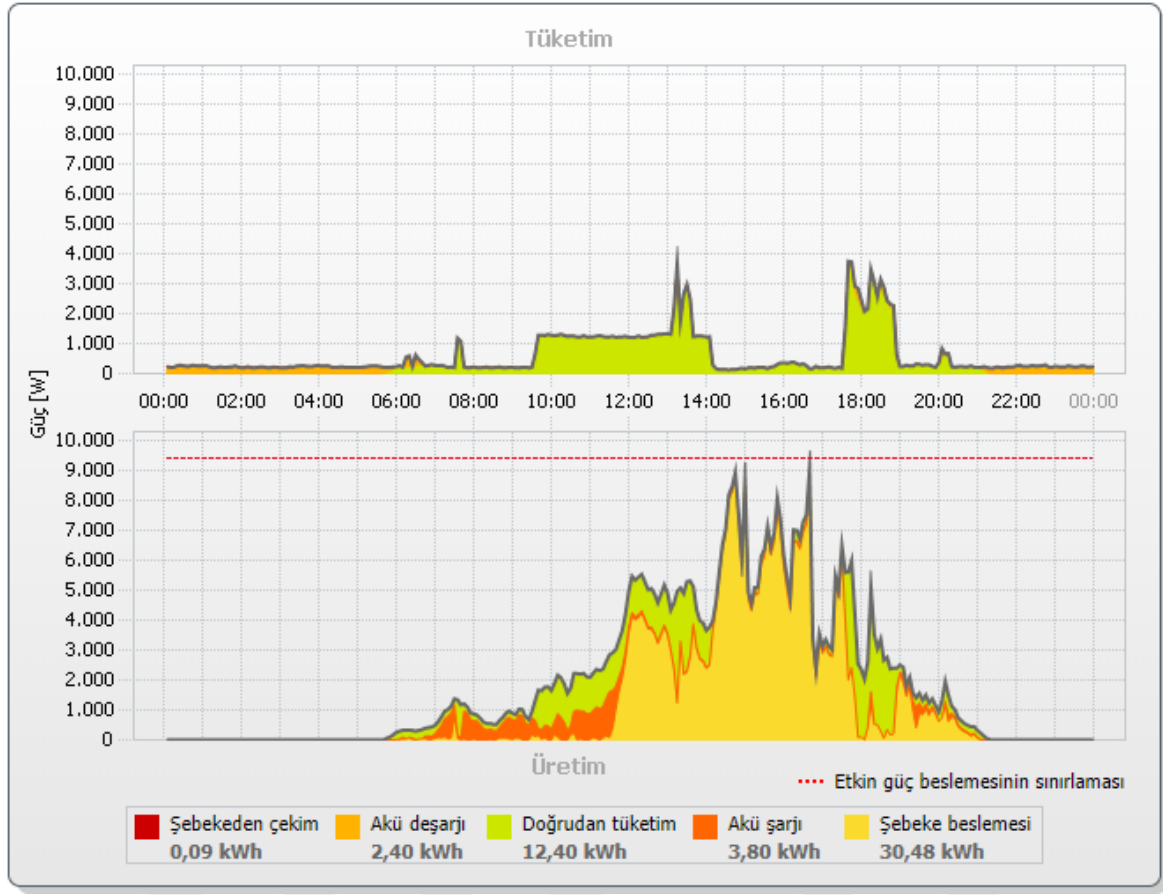
Şekil 5.13. 15.09.2018 Cumartesi günü için enerji dengesi



Şekil 5.14. 15.08.2018 Çarşamba günü için enerji dengesi

15.08.2018 çarşamba günü toplam 11,68 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,24 kWh'lik kısmı şebekeden 3,40 kWh'lik kısmı aküden ve 8,04 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 29,89 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 8,04 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 4,80 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 17,20 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.14'te 15.08.2018 çarşamba günü için enerji dengesi görülmektedir.

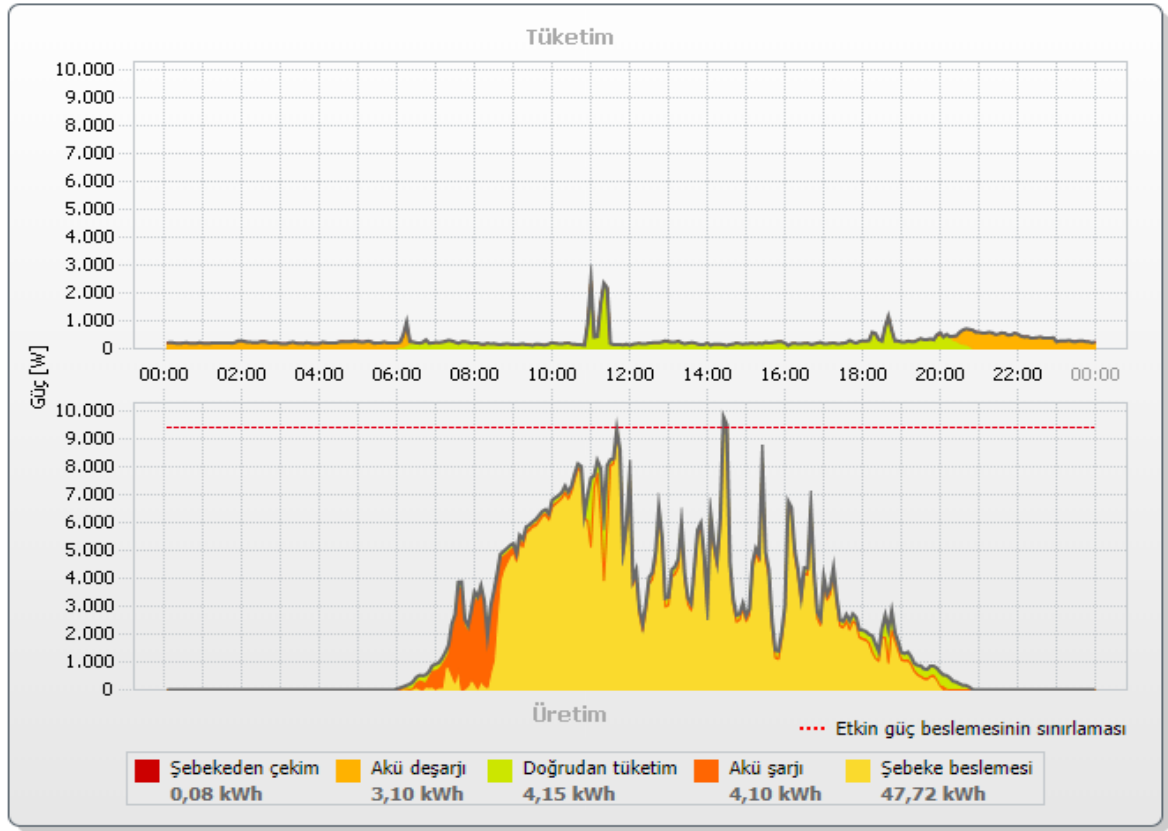
Şekil 5.15. 15.07.2018 Pazar günü için enerji dengesi



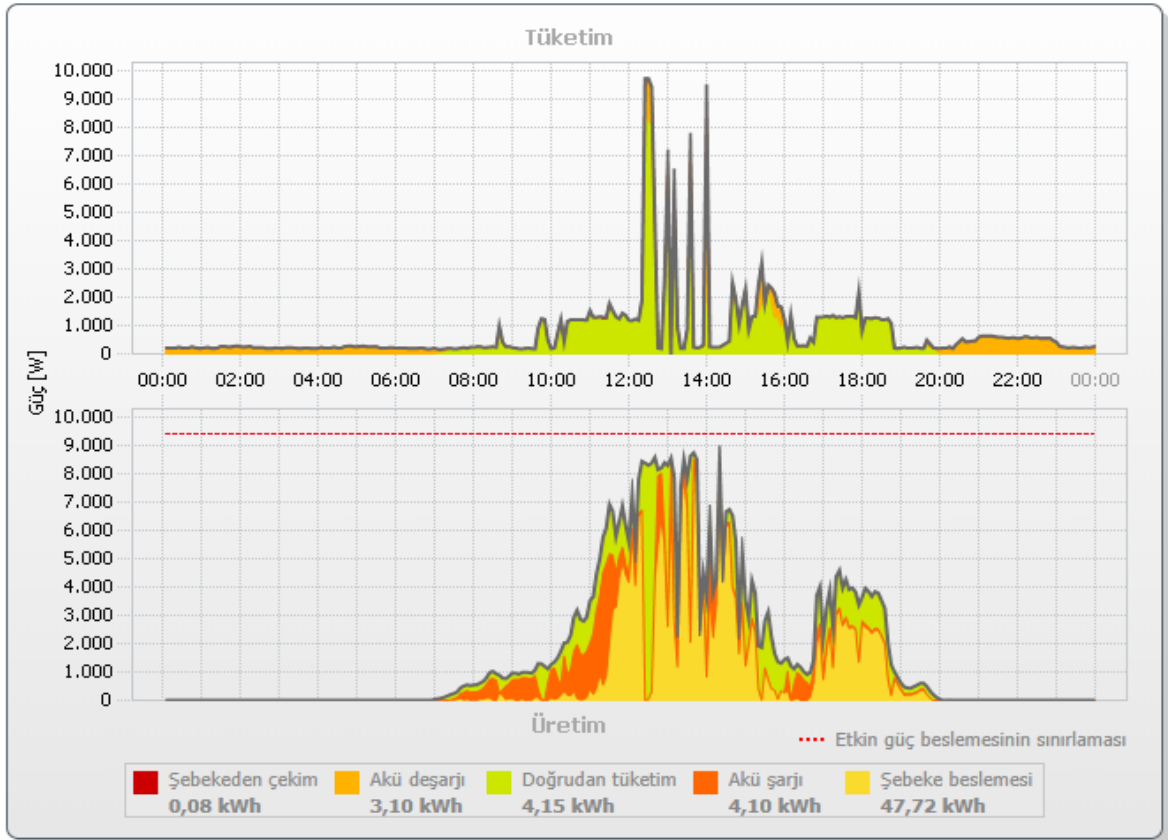
Şekil 5.16. 15.06.2018 Pazar günü için enerji dengesi

15.06.2018 cuma günü toplam 14,89 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,09 kWh'lik kısmı şebekeden 2,40 kWh'lik kısmı aküden ve 12,40 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 46,48 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 12,40 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 3,80 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 30,48 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.16'da 15.06.2018 pazar günü için enerji dengesi görülmektedir.

15.05.2018 salı günü toplam 7,33 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,08 kWh'lik kısmı şebekeden 3,10 kWh'lik kısmı aküden ve 4,15 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 55,84 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 4,15 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 4,10 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 47,72 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.17 'de 15.05.2018 salı günü için enerji dengesi görülmektedir.

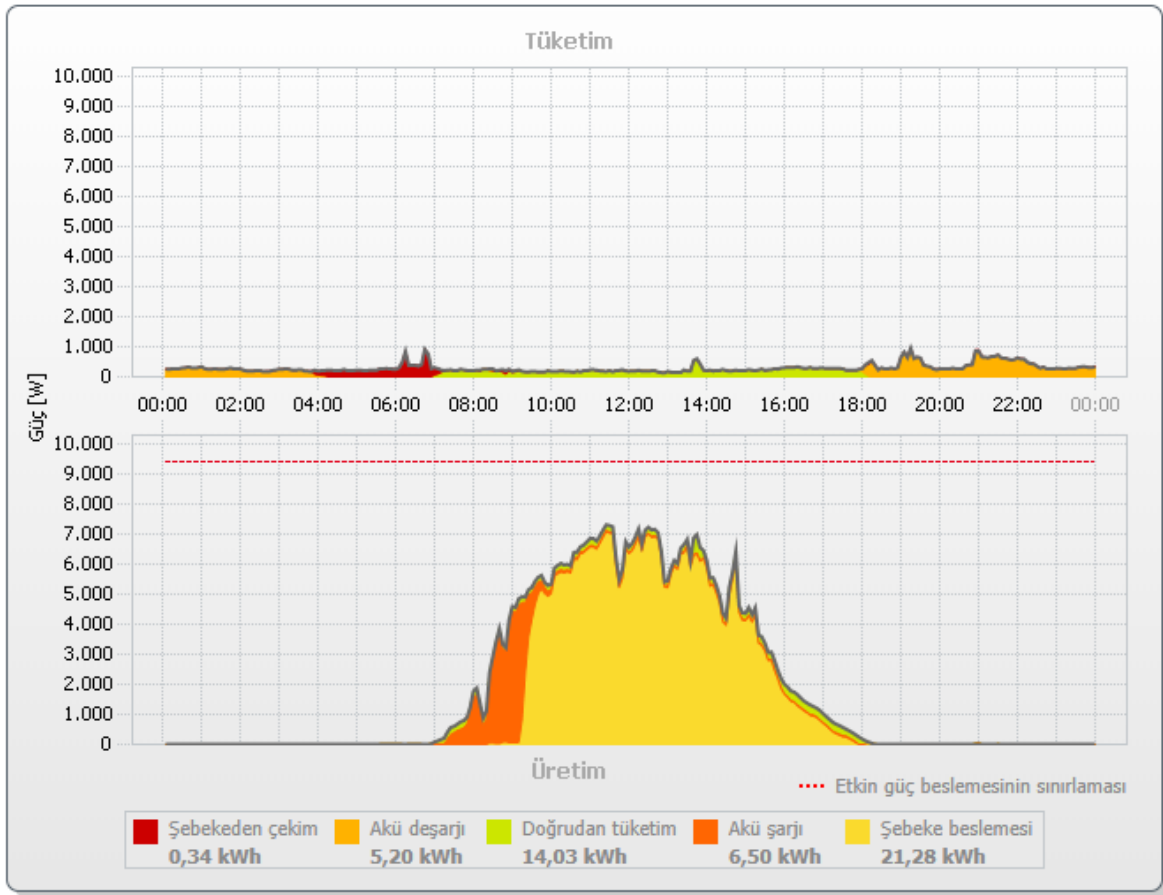


Şekil 5.17. 15.05.2018 Salı günü için enerji dengesi



Şekil 5.18. 15.04.2018 Pazar günü için enerji dengesi

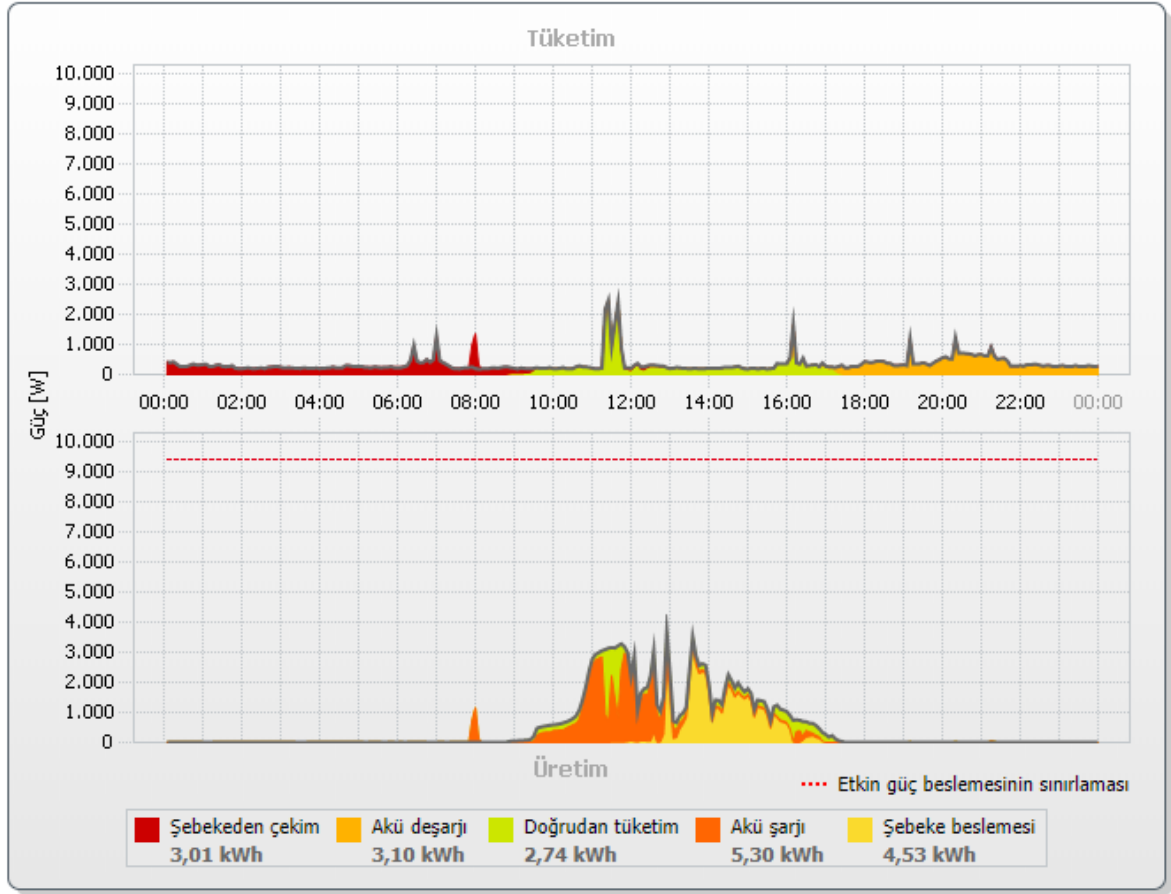
15.04.2018 pazar günü toplam 19,56 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,34 kWh’lik kısmı şebekeden 5,20 kWh’lik kısmı aküden ve 14,03 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 41,44 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 14,03 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 6,50 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 21,28 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.18’te 15.04.2018 pazar günü için enerji dengesi görülmektedir.



Şekil 5.19. 15.03.2018 Perşembe günü için enerji dengesi

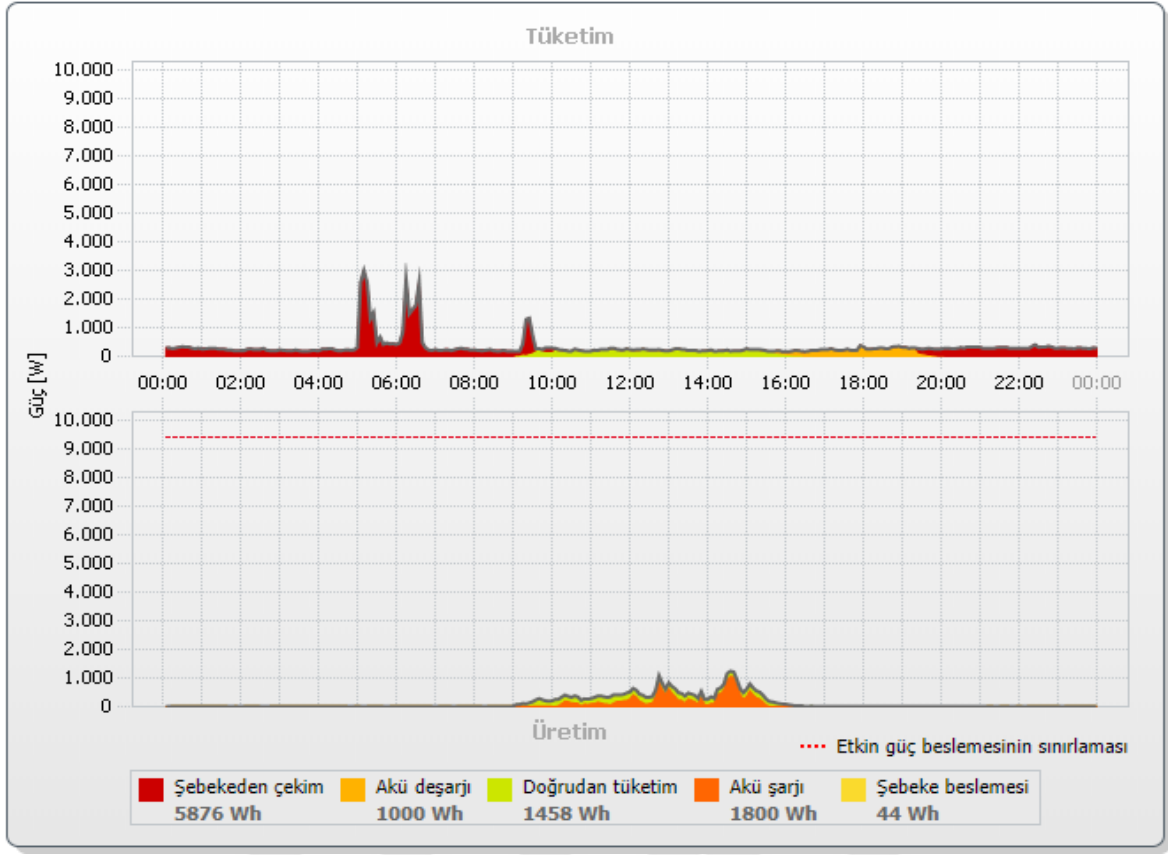
15.03.2018 perşembe günü toplam 7,35 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 1,14 kWh’lik kısmı şebekeden 3,70 kWh’lik kısmı aküden ve 2,51 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 45,18 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 2,51 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 5,00 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 37,84 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.19’da 15.03.2018 perşembe günü için enerji dengesi görülmektedir.

15.02.2018 perşembe günü toplam 8,85 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 3,01 kWh’lik kısmı şebekeden 3,10 kWh’lik kısmı aküden ve 2,74 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 12,08 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 2,74 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 5,30 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 4,53 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.20’te 15.02.2018 perşembe günü için enerji dengesi görülmektedir.

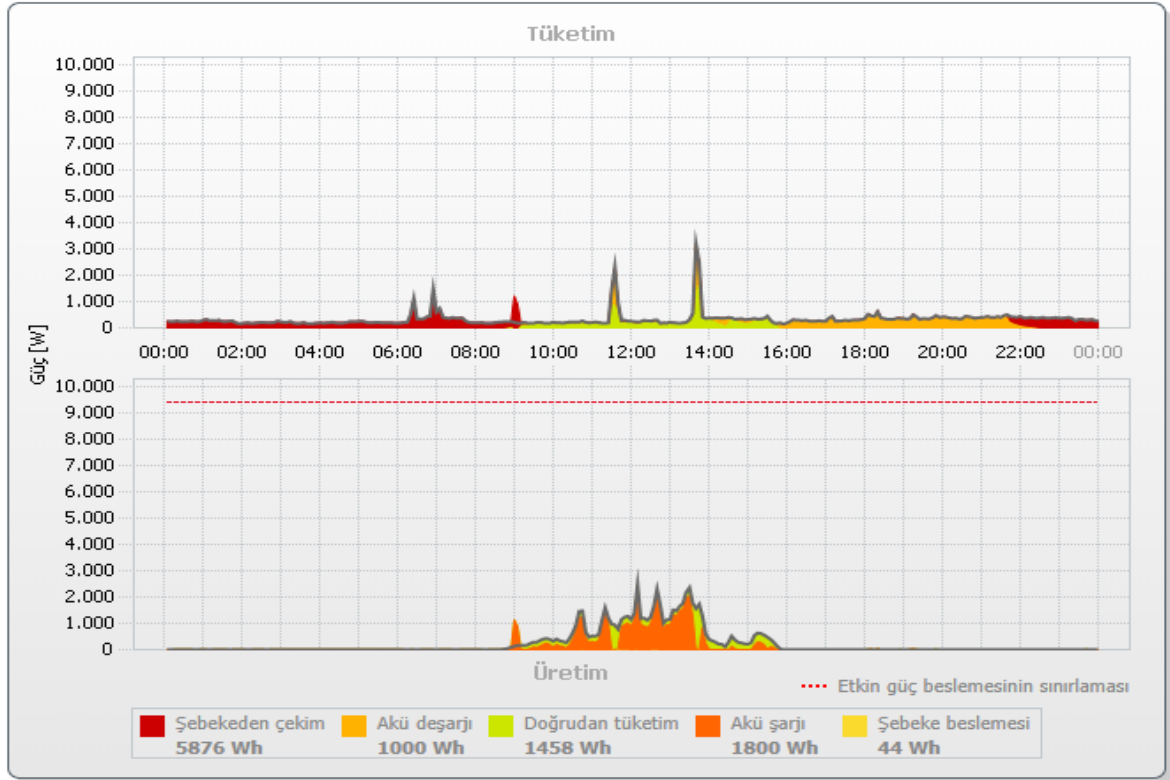


Şekil 5.20. 15.02.2018 Perşembe günü için enerji dengesi

15.01.2018 pazartesi günü toplam 8,33 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 5,87 kWh’lik kısmı şebekeden 1,00 kWh’lik kısmı aküden ve 1,46 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 3,04 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 1,46 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,80 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 0,05 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.21’te 15.01.2018 pazartesi günü için enerji dengesi görülmektedir.



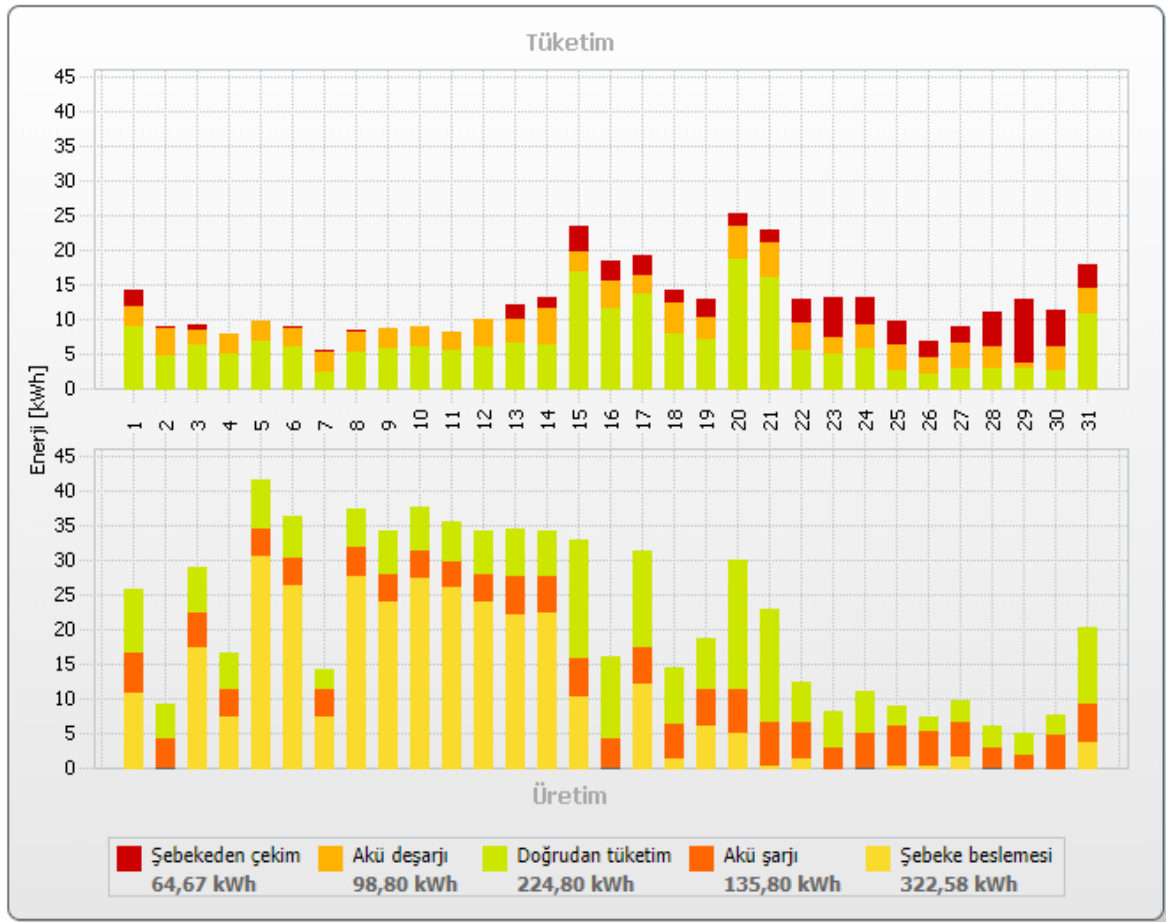
Şekil 5.21. 15.01.2018 Pazartesi günü için enerji dengesi



Şekil 5.22. 15.12.2017 Cuma günü için enerji dengesi

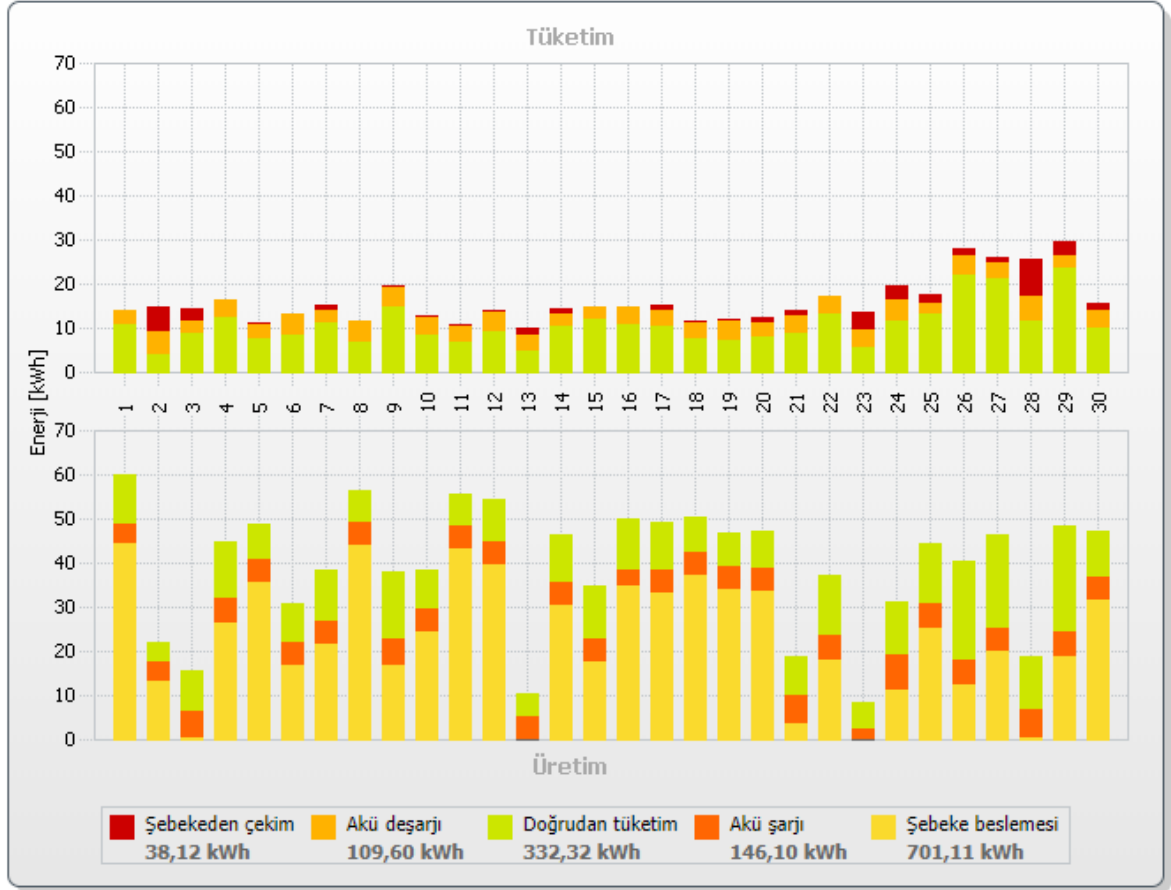
15.12.2017 cuma günü toplam 8,43 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 3,60 kWh'lik kısmı şebekeden 2,80 kWh'lik kısmı aküden ve 2,02 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı gün PV paneller toplam 5,63 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 2,02 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 4,00 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 0,10 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.22'te 15.01.2018 cuma günü için enerji dengesi görülmektedir.

2018 Ekim ayında 388,26 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 64,67 kWh'lik kısmı şebekeden 98,80 kWh'lik kısmı aküden ve 224,80 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 672,65 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 224,80 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 135,80 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 322,58 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.23'te 2018 Ekim ayı için enerji dengesi görülmektedir.



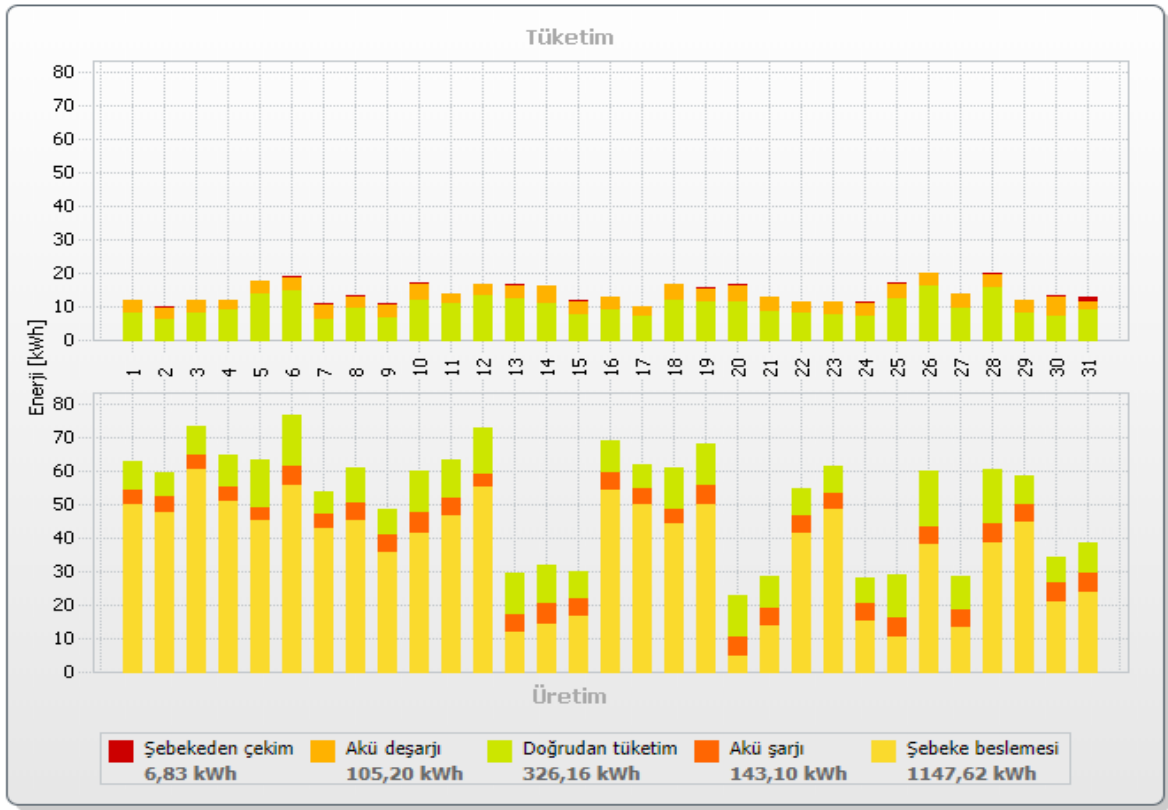
Şekil 5.23.Ekim 2018 ayı için enerji dengesi

2018 Eylül ayında 480,04 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 38,12 kWh’lik kısmı şebekeden 109,60 kWh’lik kısmı aküden ve 332,32 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 1171,48 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 332,32 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 146,10 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 701,11 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.24’te 2018 Eylül ayı için enerji dengesi görülmektedir.

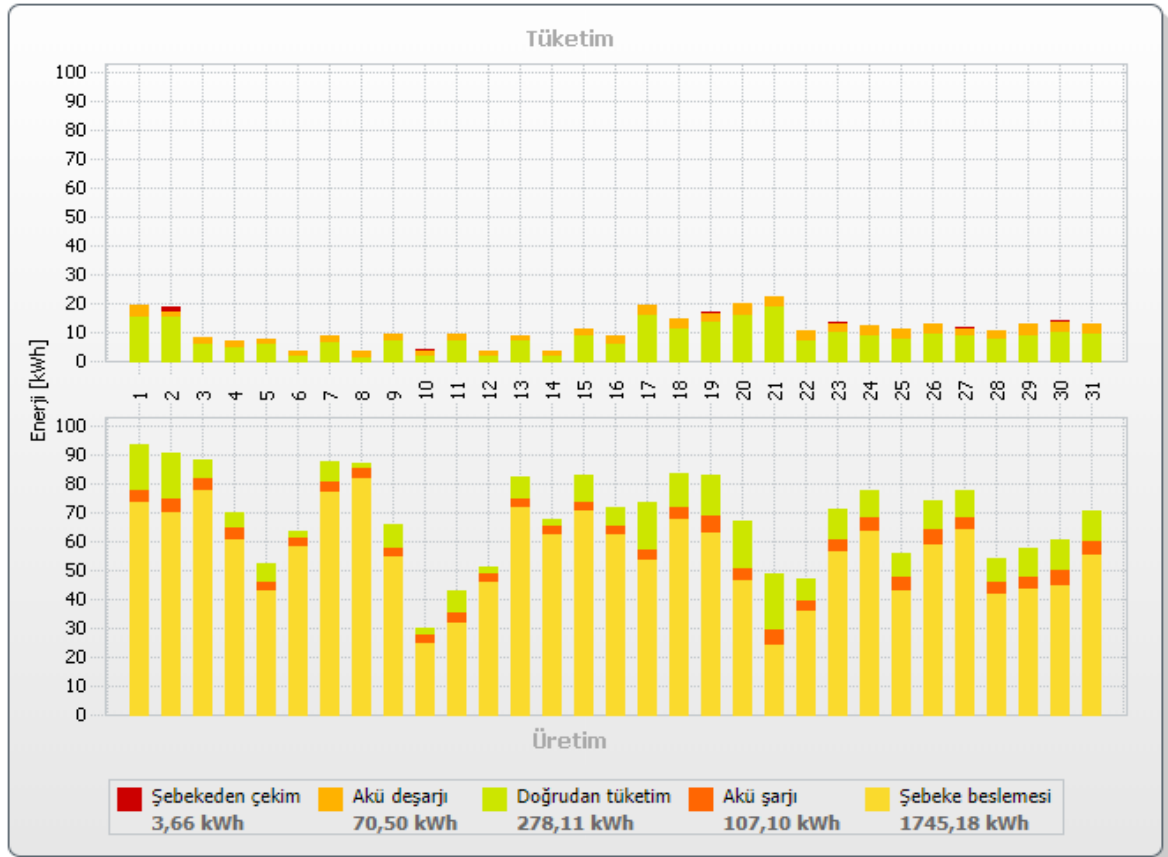


Şekil 5.24. Eylül 2018 ayı için enerji dengesi

2018 Ağustos ayında 438,19 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 6,83 kWh’lik kısmı şebekeden 105,20 kWh’lik kısmı aküden ve 326,16 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 1610,83 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 326,16 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 143,10 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 1147,62 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.25’te 2018 Ağustos ayı için enerji dengesi görülmektedir.

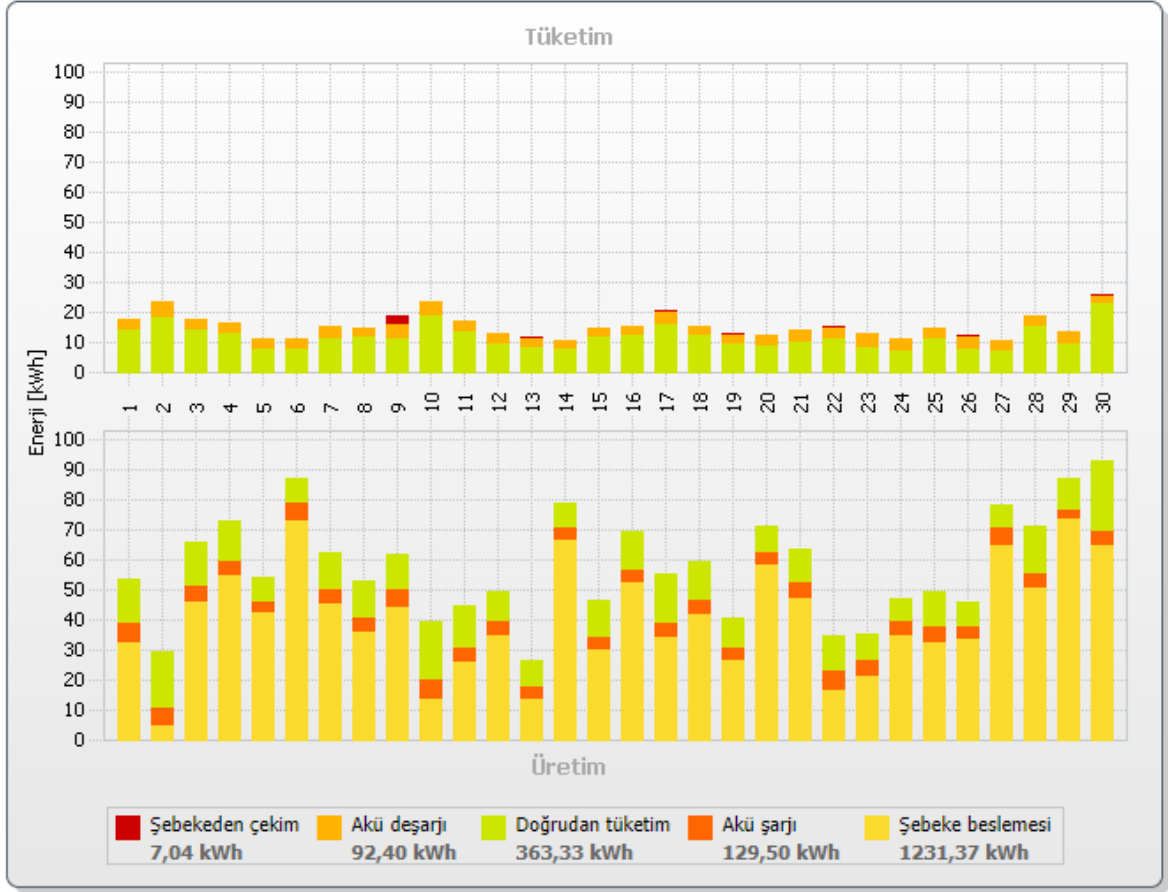


Şekil 5.25. Ağustos 2018 ayı için enerji dengesi



Şekil 5.26. Temmuz 2018 ayı için enerji dengesi

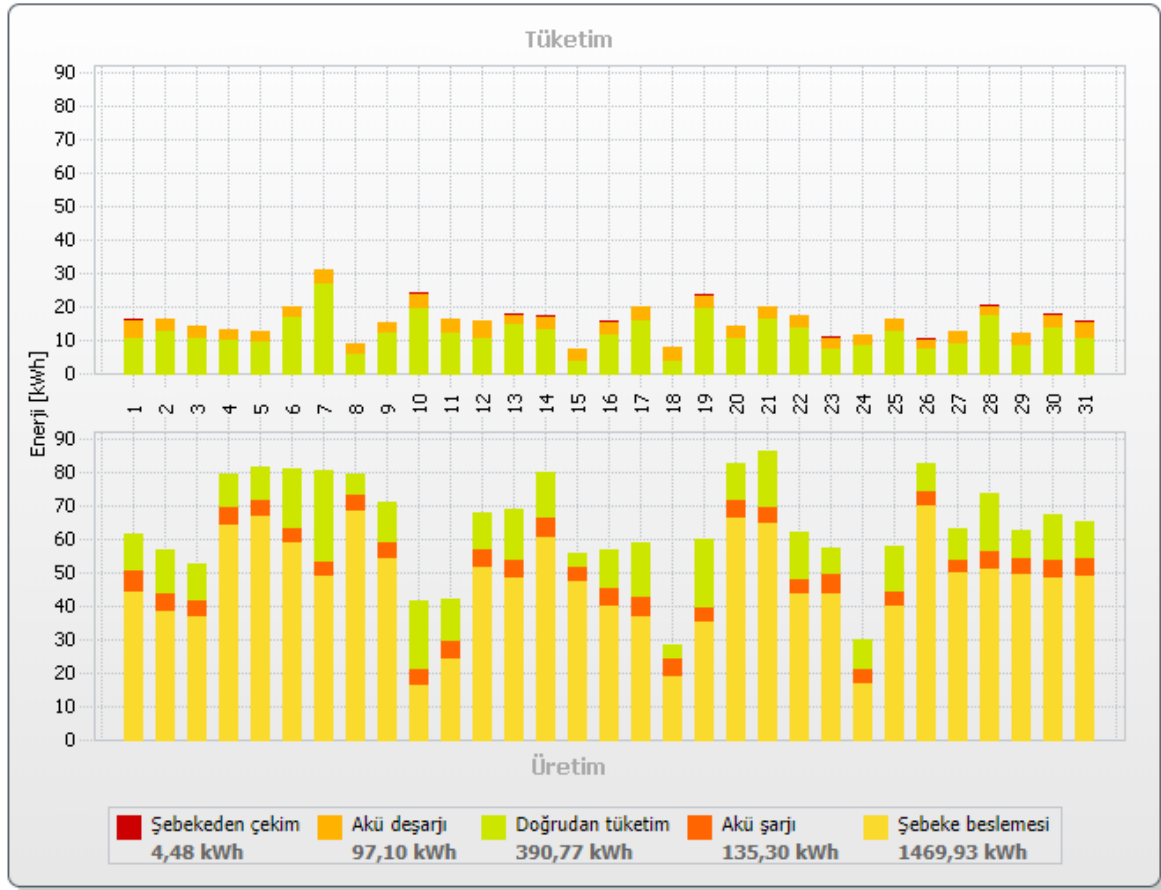
2018 Temmuz ayında 352,27 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 3,66 kWh’lik kısmı şebekeden 70,50 kWh’lik kısmı aküden ve 278,11 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 2126,44 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 278,11 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 107,10 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 1745,18 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.26 ’te 2018 Temmuz ayı için enerji dengesi görülmektedir.



Şekil 5.27. Haziran 2018 ayı için enerji dengesi

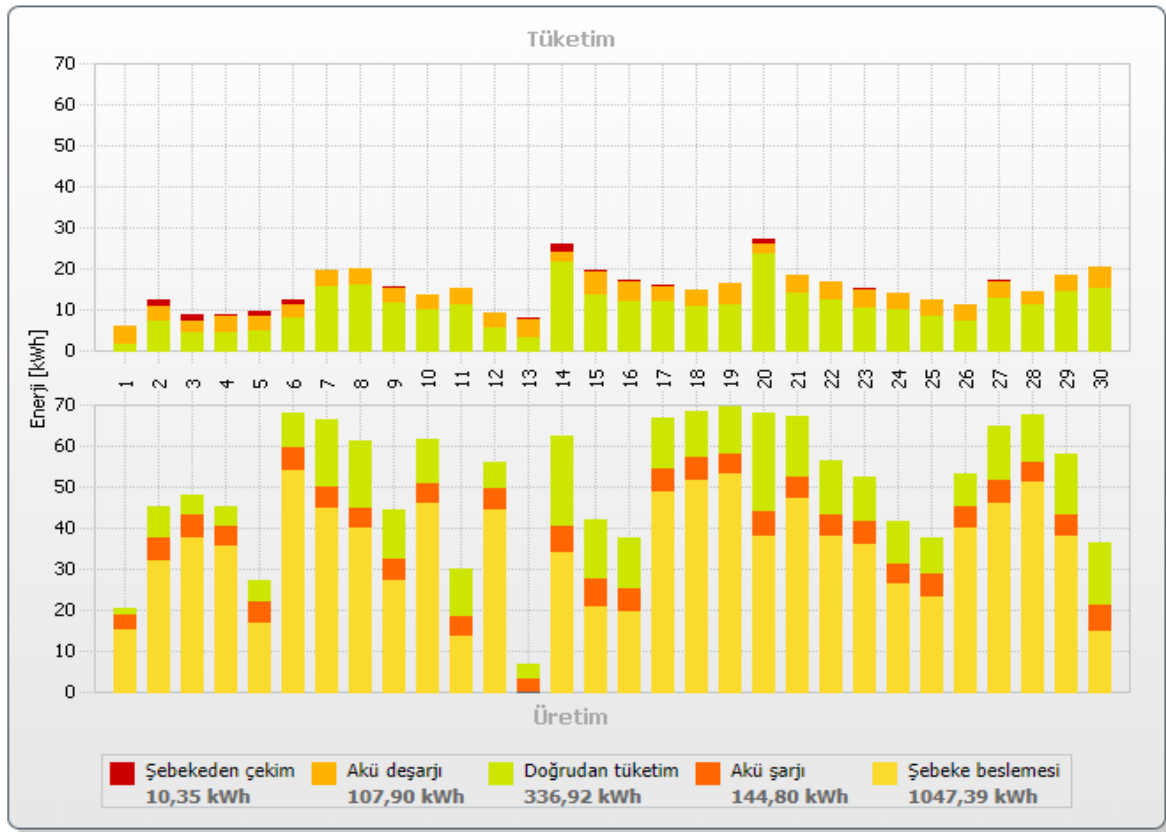
2018 Haziran ayında 462,77 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 7,04 kWh’lik kısmı şebekeden 92,40 kWh’lik kısmı aküden ve 363,33 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 1720,93 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 363,33 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 129,50 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 1231,37 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.27’te 2018 Haziran ayı için enerji dengesi görülmektedir.

2018 Mayıs ayında 492,35 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 4,48 kWh'lik kısmı şebekeden 97,10 kWh'lik kısmı aküden ve 390,77 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 1991,97 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 390,77 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 135,30 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 1469,93 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.28'te 2018 Mayıs ayı için enerji dengesi görülmektedir.

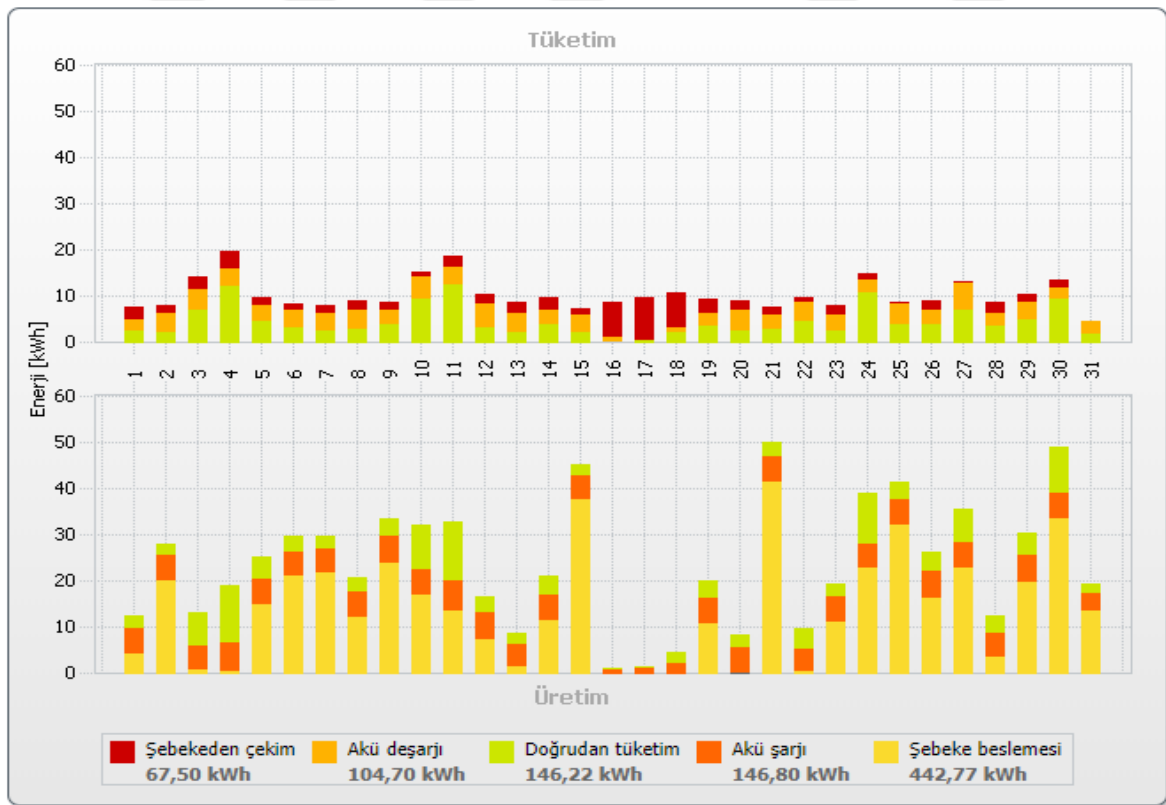


Şekil 5.28. Mayıs 2018 ayı için enerji dengesi

2018 Nisan ayında 455,17 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 10,35 kWh'lik kısmı şebekeden 107,90 kWh'lik kısmı aküden ve 336,92 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 1523,94 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 336,92 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 144,80 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 1047,39 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.29'te 2018 Nisan ayı için enerji dengesi görülmektedir.

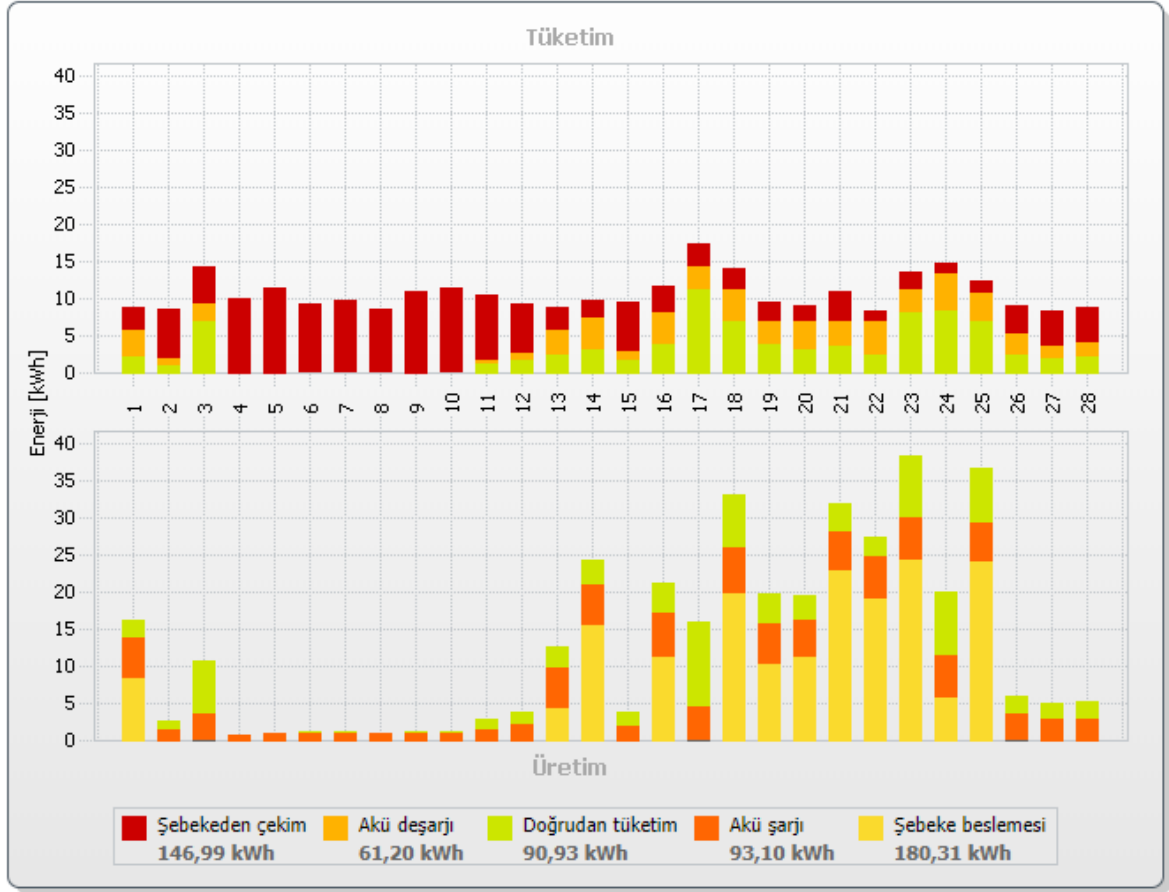


Şekil 5.29. Nisan 2018 ayı için enerji dengesi



Şekil 5.30. Mart 2018 ayı için enerji dengesi

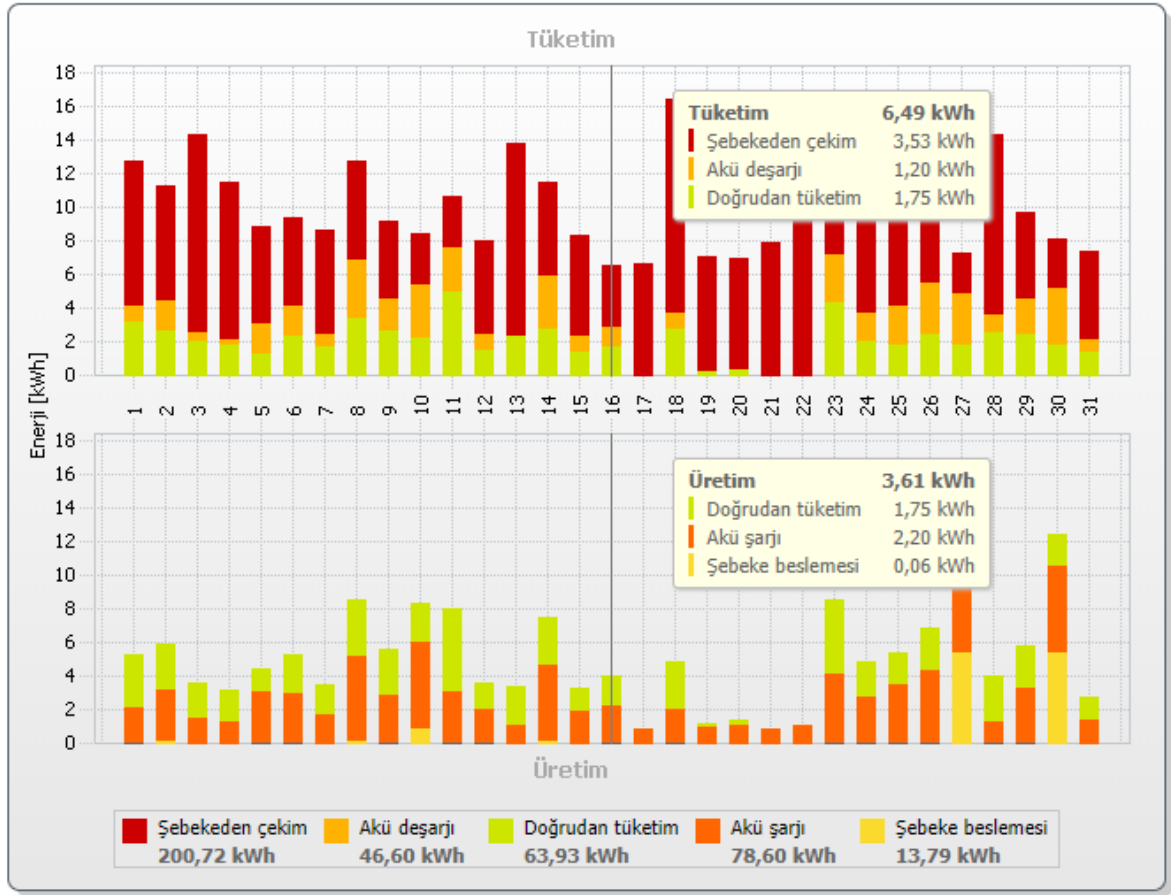
2018 Mart ayında 318,43 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 67,50 kWh’lik kısmı şebekeden 104,70 kWh’lik kısmı aküden ve 146,22 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 726,06 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 146,22 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 146,80 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 442,77 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.30’te 2018 Mart ayı için enerji dengesi görülmektedir.



Şekil 5.31. Şubat 2018 ayı için enerji dengesi

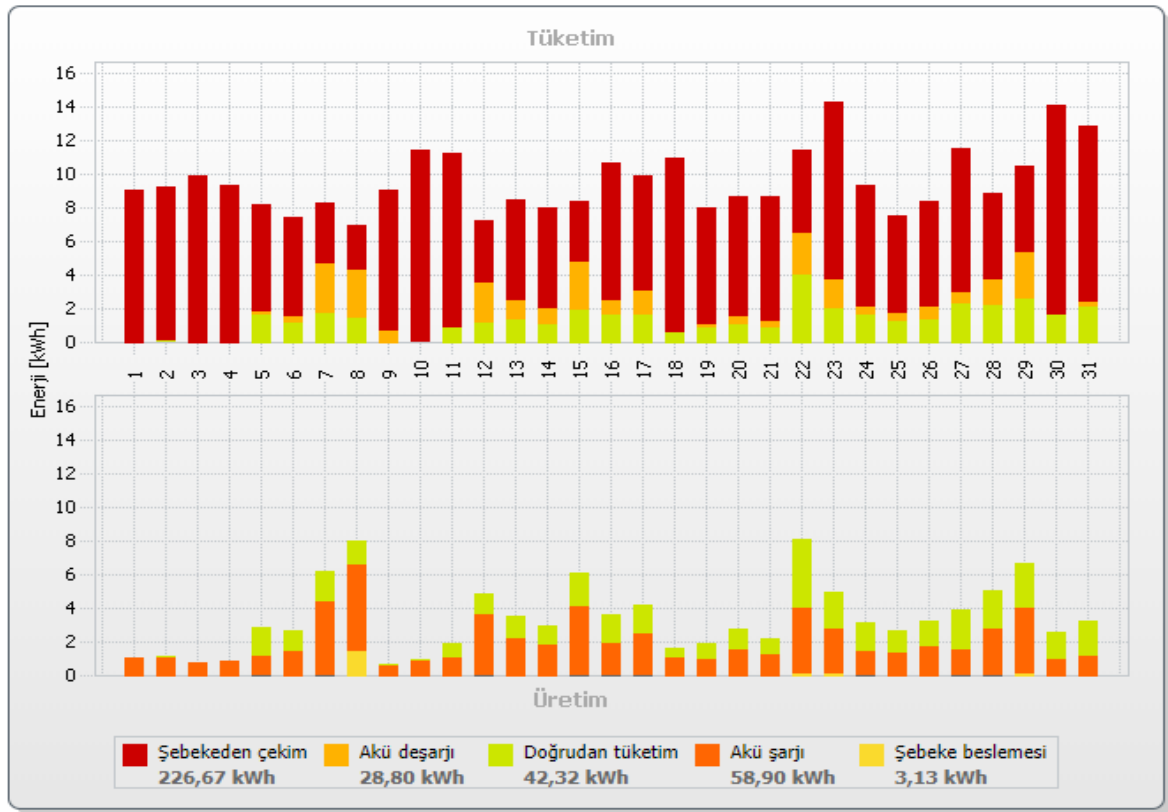
2018 Şubat ayında 299,12 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 146,99 kWh’lik kısmı şebekeden 61,20 kWh’lik kısmı aküden ve 90,93 kWh’lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 350,31 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 90,93 kWh’lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 93,10 kWh’lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 180,31 kWh’lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.31’te 2018 Şubat ayı için enerji dengesi görülmektedir.

2018 Ocak ayında 311,25 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 200,72 kWh'lik kısmı şebekeden 46,60 kWh'lik kısmı aküden ve 63,93 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 139,27 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 63,93 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 78,60 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 13,79 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.32'te 2018 Ocak ayı için enerji dengesi görülmektedir.

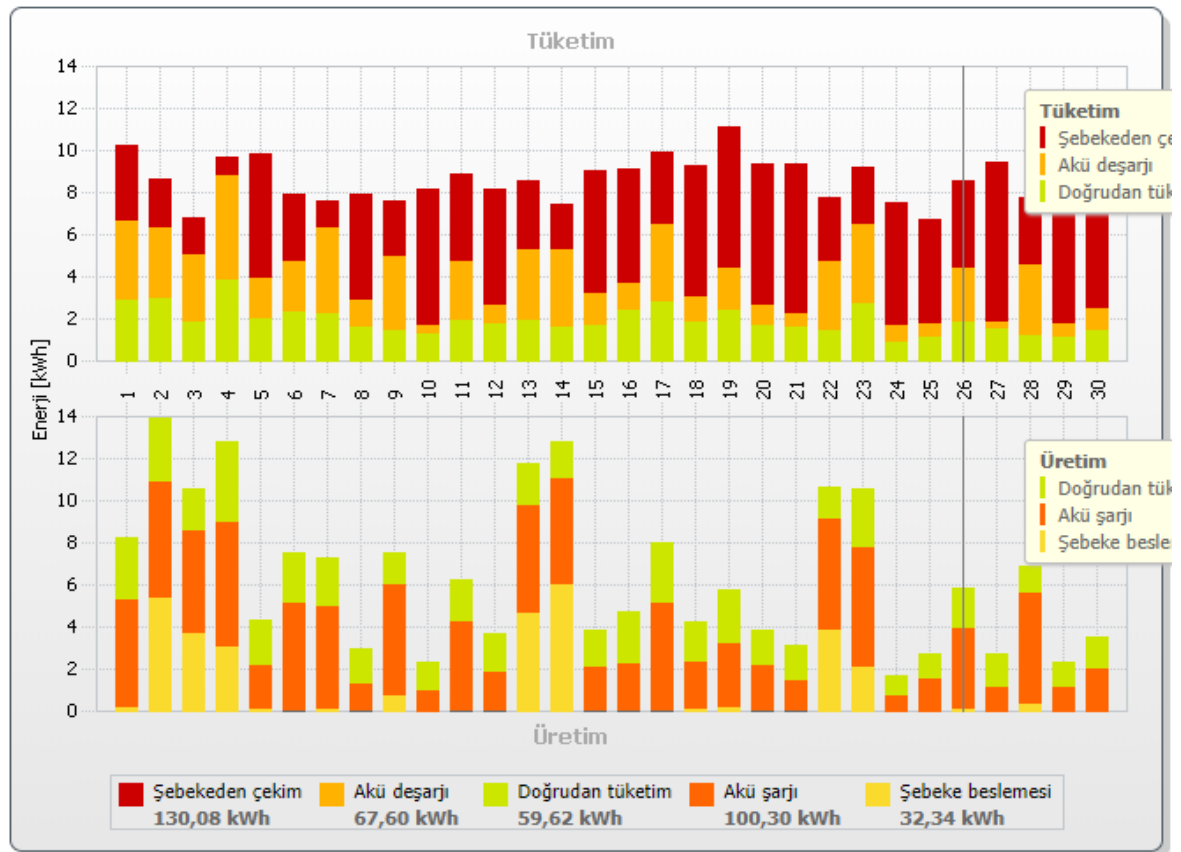


Şekil 5.32. Ocak 2018 ayı için enerji dengesi

2017 Aralık ayında 297,79 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 226,67 kWh'lik kısmı şebekeden 28,80 kWh'lik kısmı aküden ve 42,32 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 85,31 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 42,32 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 58,90 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 3,13 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.33'te 2017 Aralık ayı için enerji dengesi görülmektedir.



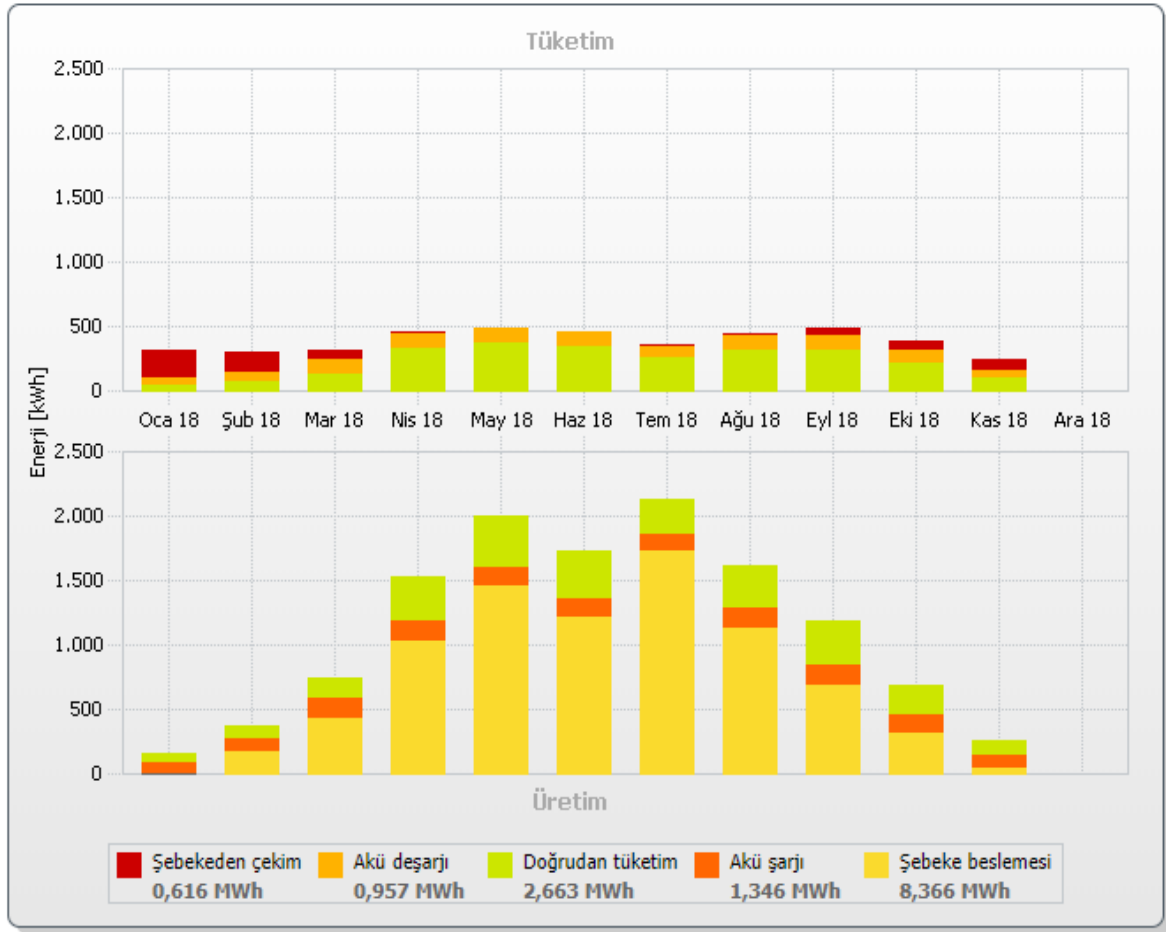
Şekil 5.33. Aralık 2017 ayı için enerji dengesi



Şekil 5.34. Kasım 2017 ayı için enerji dengesi

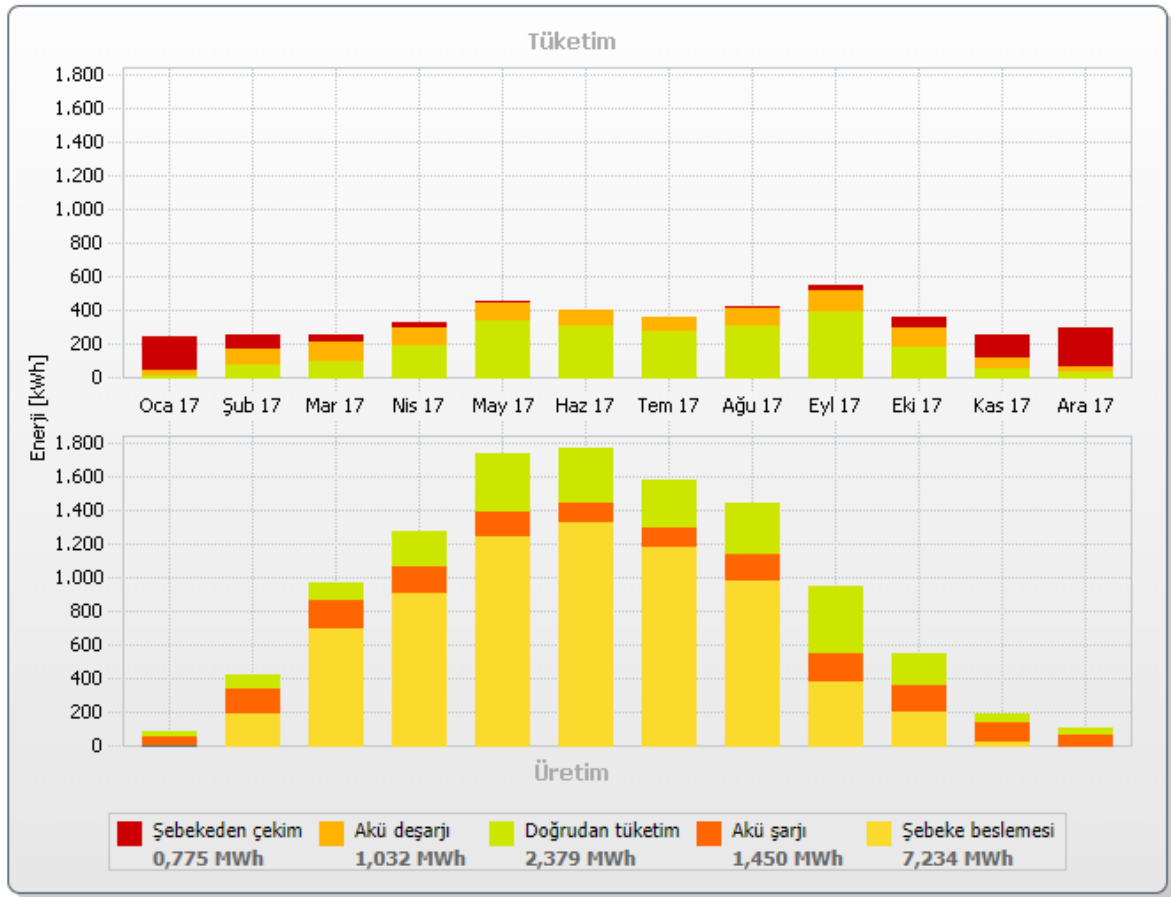
2017 Kasım ayında 257,30 kWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 130,08 kWh'lik kısmı şebekeden 67,60 kWh'lik kısmı aküden ve 59,62 kWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Aynı ay PV paneller toplam 178,91 kWh enerji üretmiş bu enerjinin 59,62 kWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 100,30 kWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 32,34 kWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.34'te 2017 Aralık ayı için enerji dengesi görülmektedir.

2018 yılında 4,236 MWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,616 MWh'lik kısmı şebekeden 0,957 MWh'lik kısmı aküden ve 2,663 MWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Öz yeterlilik oranı %85'dir. Aynı yıl PV paneller toplam 12,285 MWh enerji üretmiş bu enerjinin 2,663 MWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,346 MWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 8,366 MWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.35'te 2018 yılı için enerji dengesi görülmektedir.



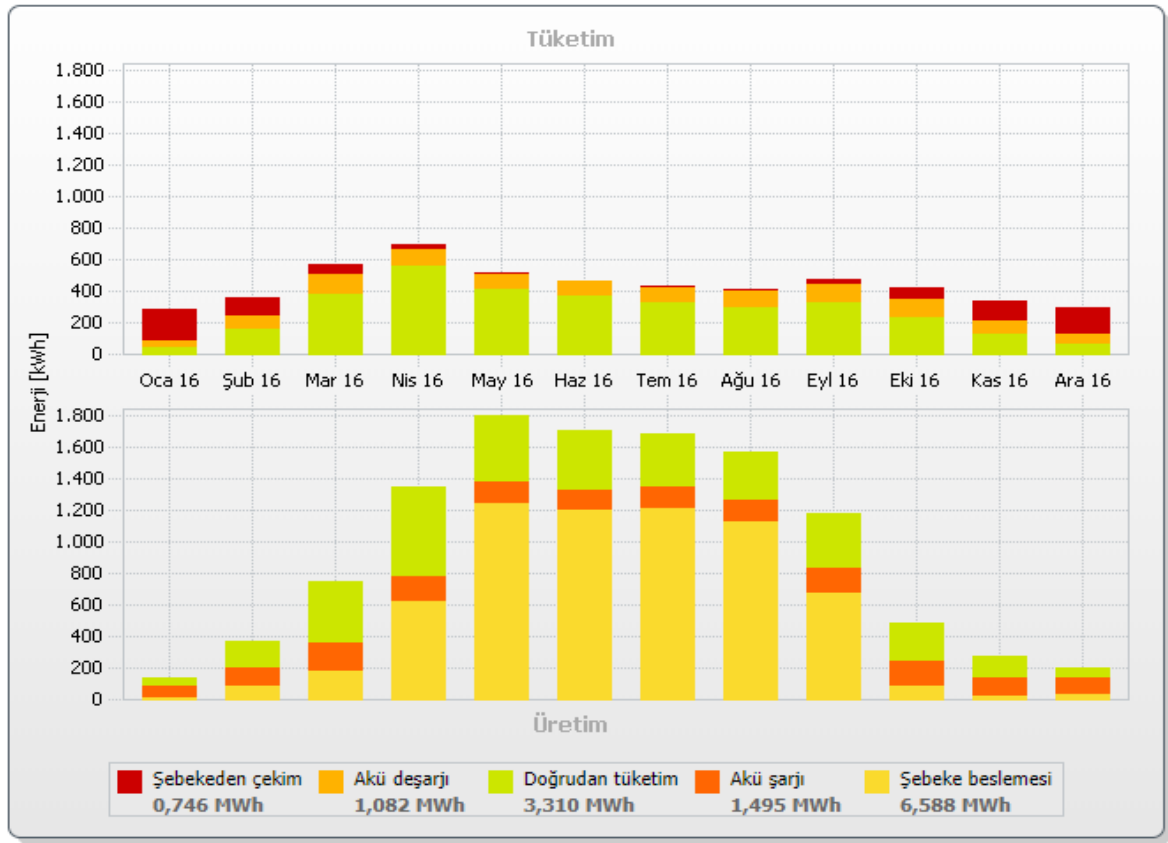
Şekil 5.35. 2018 yılı için enerji dengesi

2017 yılında 4,186 MWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,775 MWh'lik kısmı şebekeden 1,032 MWh'lik kısmı aküden ve 2,379 MWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Öz yeterlilik oranı %81'dir. Aynı yıl PV paneller toplam 10,946 MWh enerji üretmiş bu enerjinin 2,379 MWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,450 MWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 7,234 MWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.36'te 2017 yılı için enerji dengesi görülmektedir.

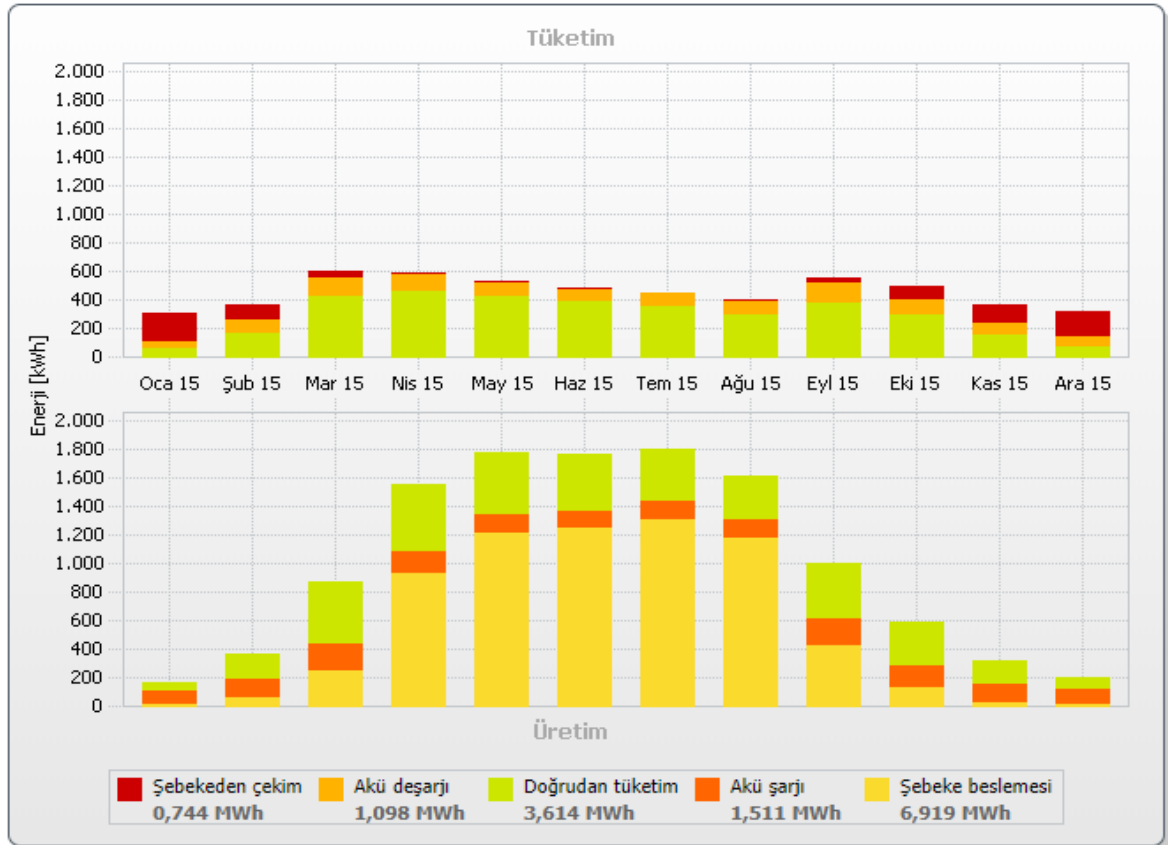


Şekil 5.36. 2017 yılı için enerji dengesi

2016 yılında 5,138 MWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,746 MWh'lik kısmı şebekeden 1,082 MWh'lik kısmı aküden ve 3,310 MWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Öz yeterlilik oranı %85'dir. Aynı yıl PV paneller toplam 11,393 MWh enerji üretmiş bu enerjinin 3,310 MWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,495 MWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 6,588 MWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.37'te 2016 yılı için enerji dengesi görülmektedir.



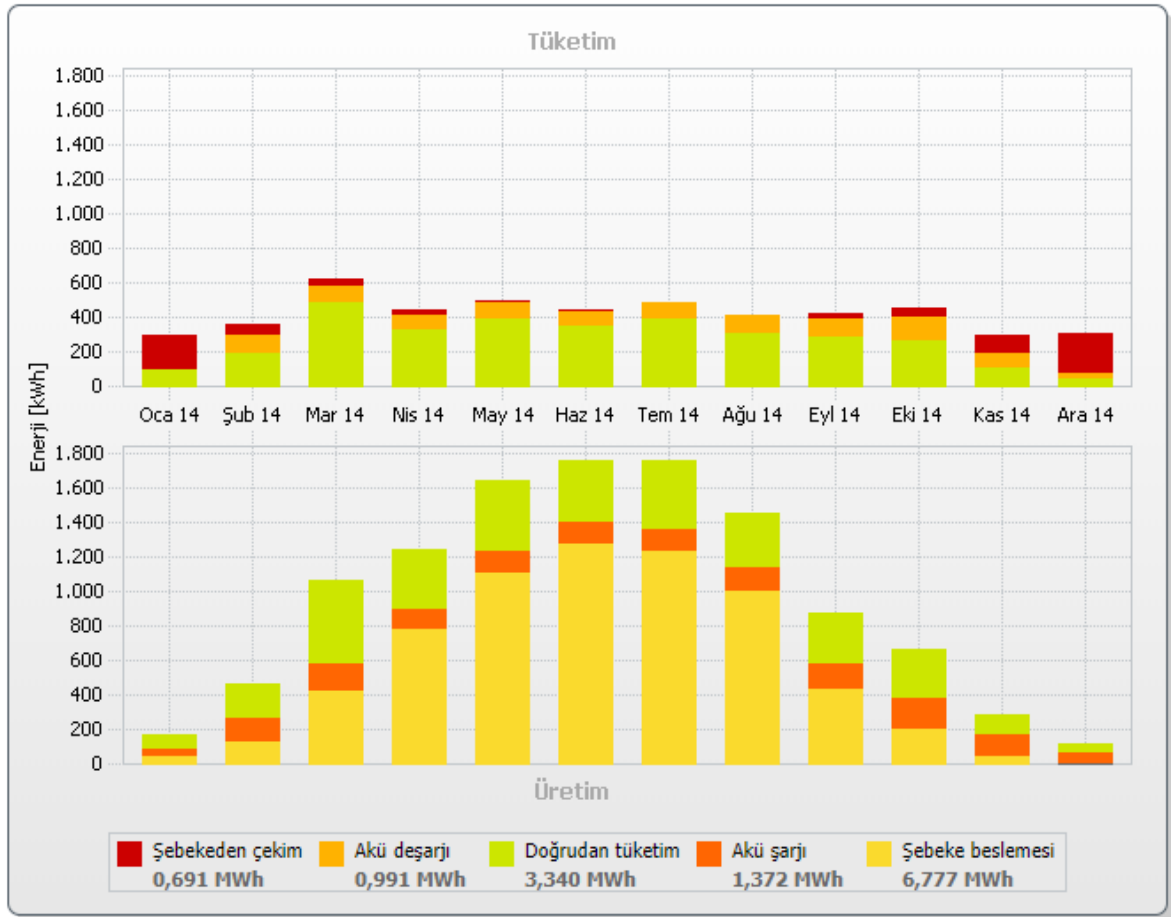
Şekil 5.37. 2016 yılı için enerji dengesi



Şekil 5.38. 2015 yılı için enerji dengesi

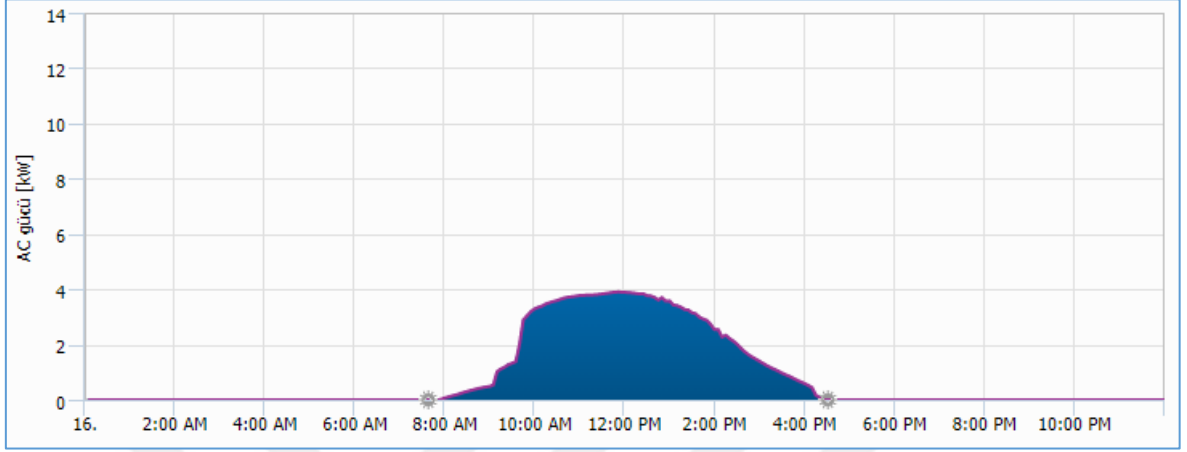
2015 yılında 5,456 MWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,744 MWh'lik kısmı şebekeden 1,098 MWh'lik kısmı aküden ve 3,614 MWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Öz yeterlilik oranı %86'dır. Aynı yıl PV paneller toplam 11,850 MWh enerji üretmiş bu enerjinin 3,614 MWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,511 MWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 6,919 MWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.38'te 2015 yılı için enerji dengesi görülmektedir.

2014 yılında 5,022 MWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,691 MWh'lik kısmı şebekeden 0,991 MWh'lik kısmı aküden ve 3,340 MWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Öz yeterlilik oranı %86'dır. Aynı yıl PV paneller toplam 11,374 MWh enerji üretmiş bu enerjinin 3,340 MWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,372 MWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 6,777 MWh'lik enerji şebekeye verilmiştir. Şekil 5.39'te 2014 yılı için enerji dengesi görülmektedir.

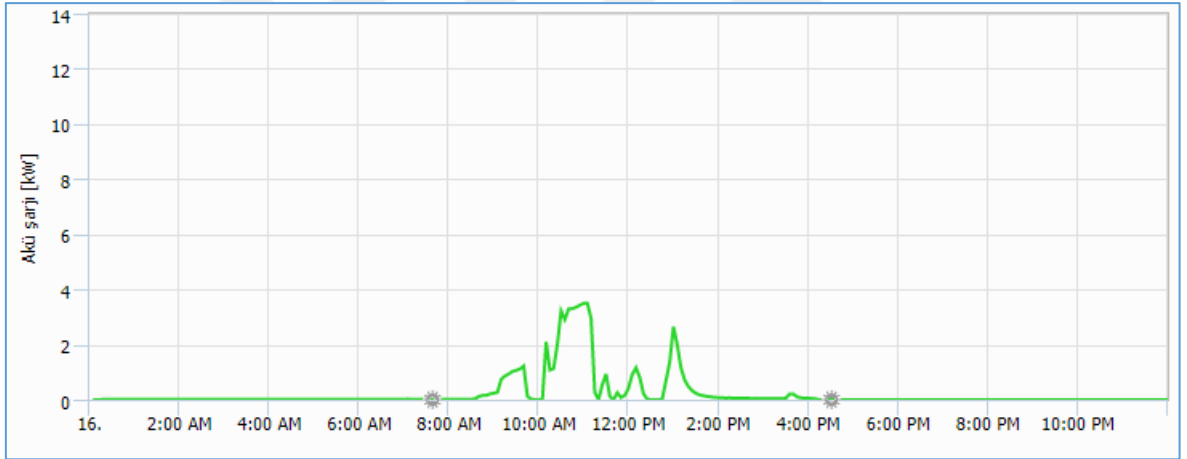


Şekil 5.39. 2014 yılı için enerji dengesi

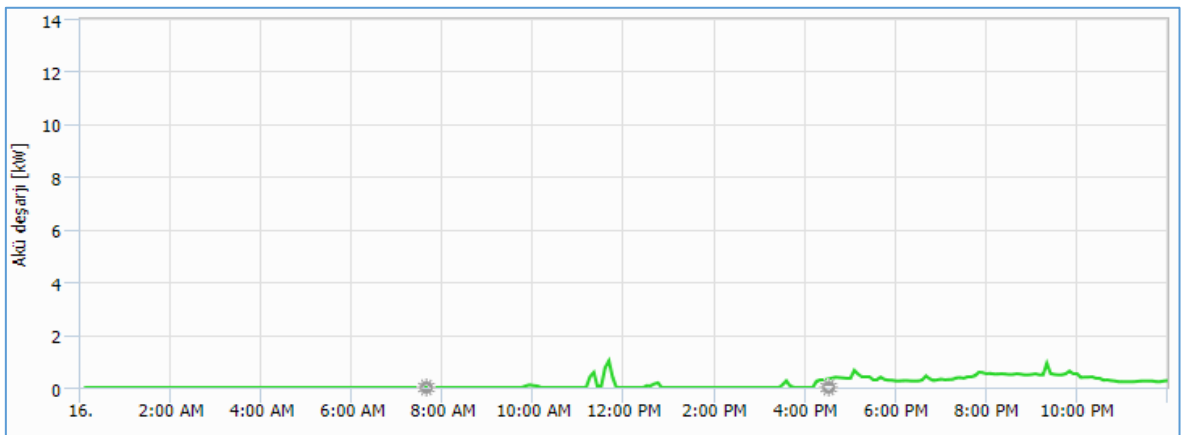
16 Kasım 2018 Cuma günü AC güç değişimi Şekil 5.40’da, akü şarjı güç değişimi Şekil 5.41’de, akü deşarjı güç değişimi Şekil 5.42’de, şebeke beslemesi güç değişimi Şekil 5.43’de ve şebekeden çekilen güç değişimi Şekil 5.44’de görülmektedir.



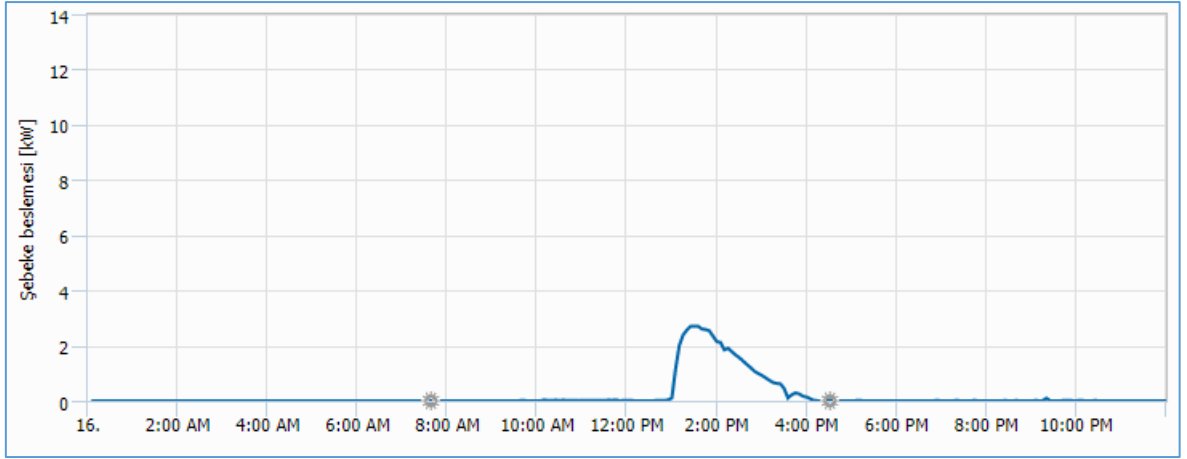
Şekil 5.40.AC Güç Değişimi-16 Kasım 2018



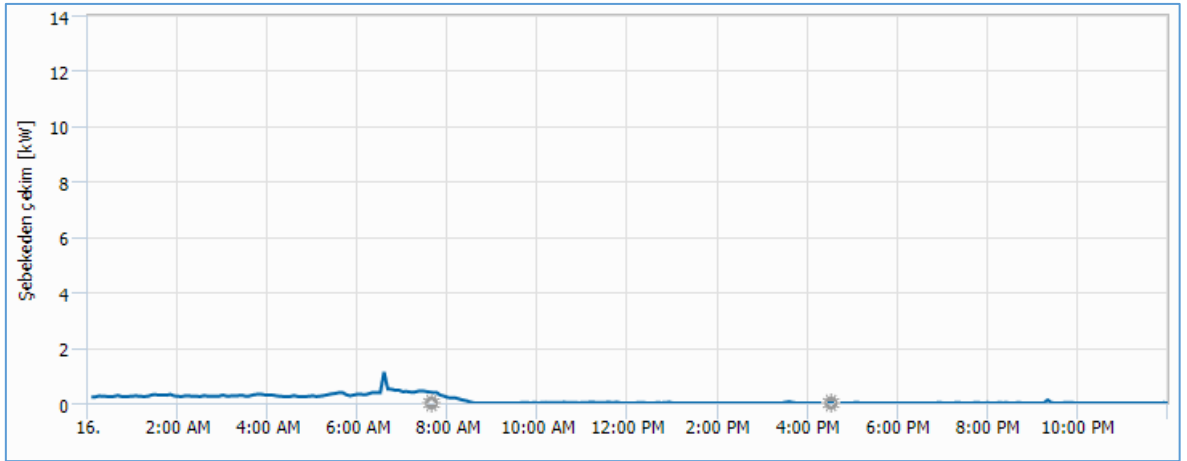
Şekil 5.41.Akü Şarjı Güç Değişimi-16 Kasım 2018



Şekil 5.42. Akü Deşarjı Güç Değişimi-16 Kasım 2018

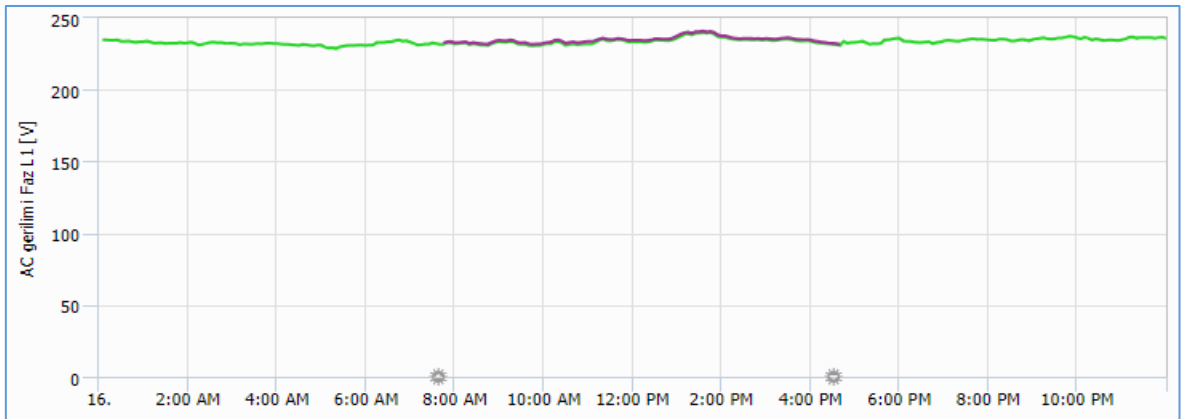


Şekil 5.43. Şebeke Beslemesi Güç Değişimi-16 Kasım 2018

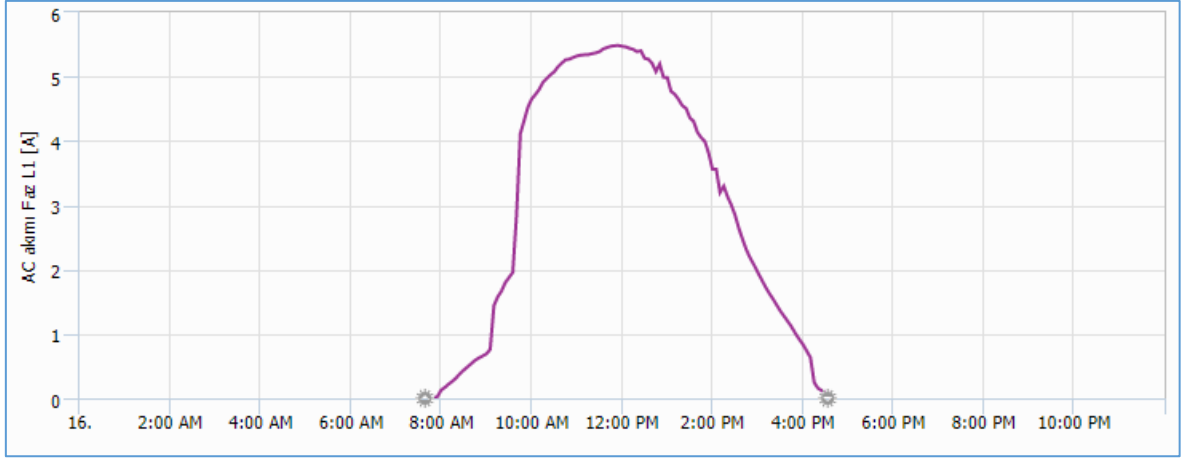


Şekil 5.44. Şebekeden Çekilen Güç Değişimi-16 Kasım 2018

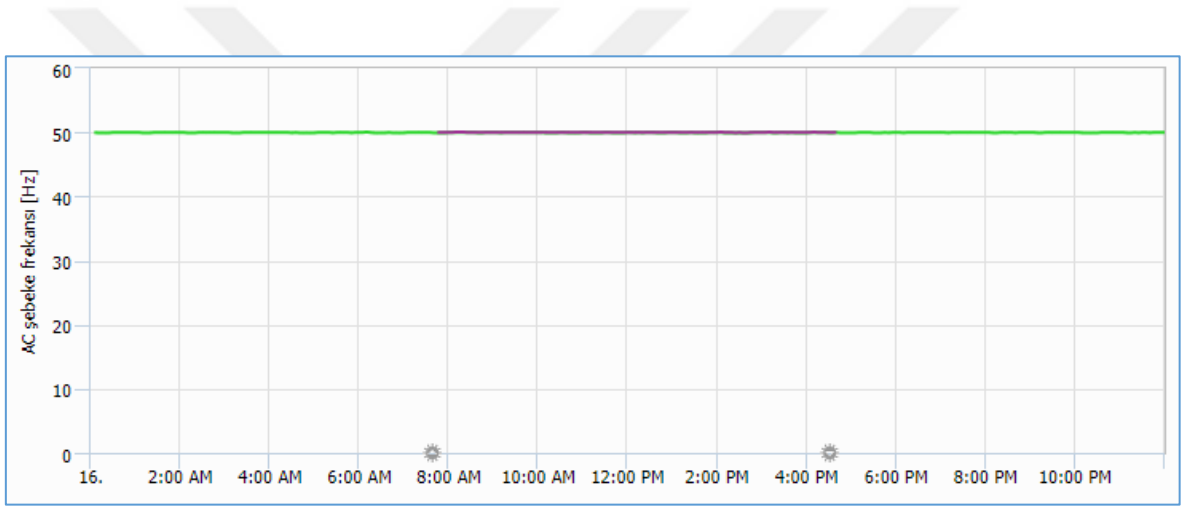
16 Kasım 2018 Cuma günü AC gerilimin değişimi Şekil 5.40'da, AC akım değişimi Şekil 5.46'da, AC frekans değişimi Şekil 5.47'de, DC giriş gücü değişimi Şekil 5.48'de ve DC giriş gerilimi değişimi Şekil 5.49'da görülmektedir.



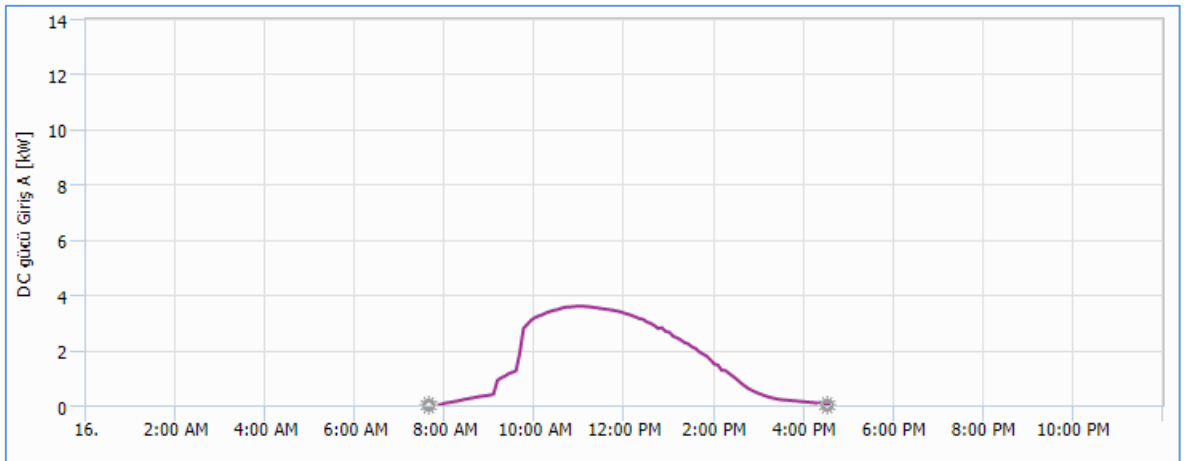
Şekil 5.45. AC gerilimin değişimi-16 Kasım 2018



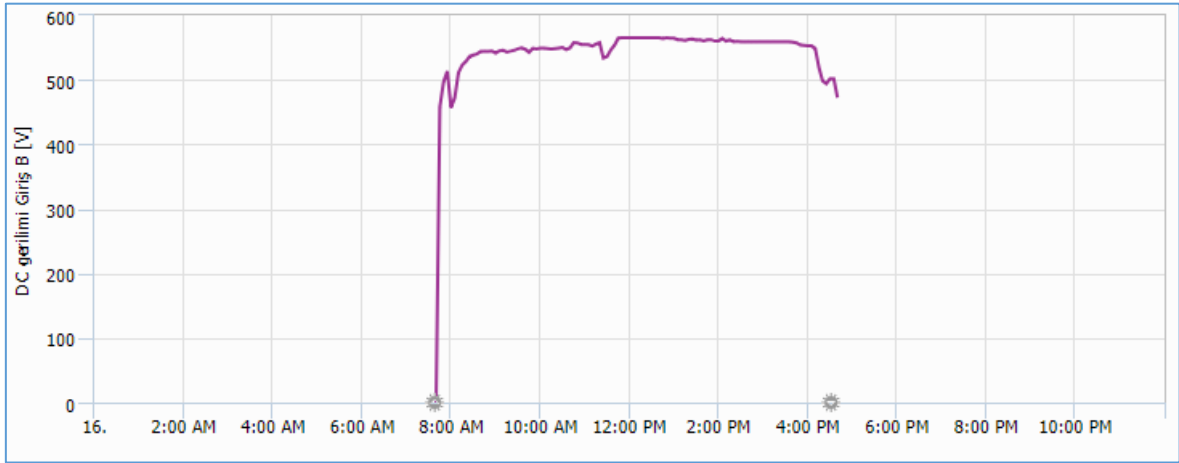
Şekil 5.46. AC akım değişimi-16 Kasım 2018



Şekil 5.47. AC frekans değişimi-16 Kasım 2018

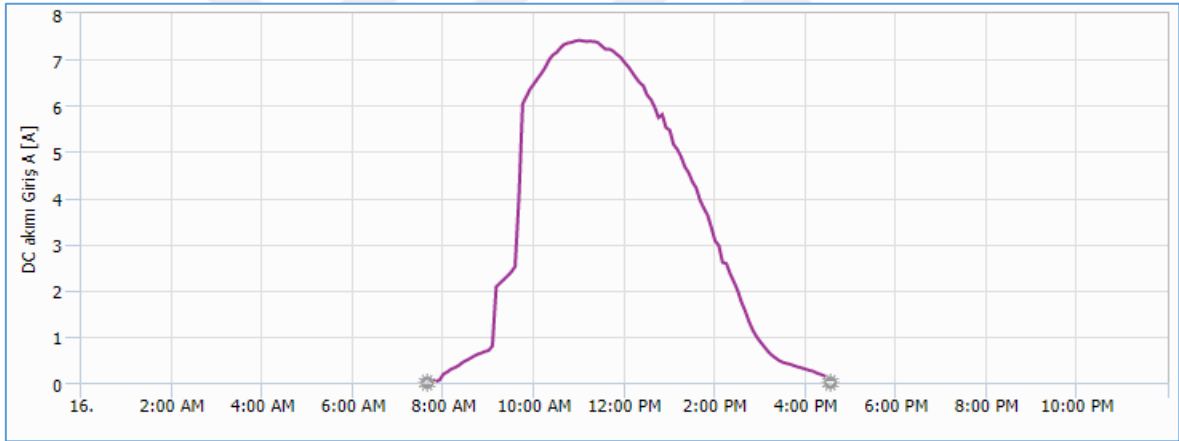


Şekil 5.48.DC giriş gücü değişimi-16 Kasım 2018

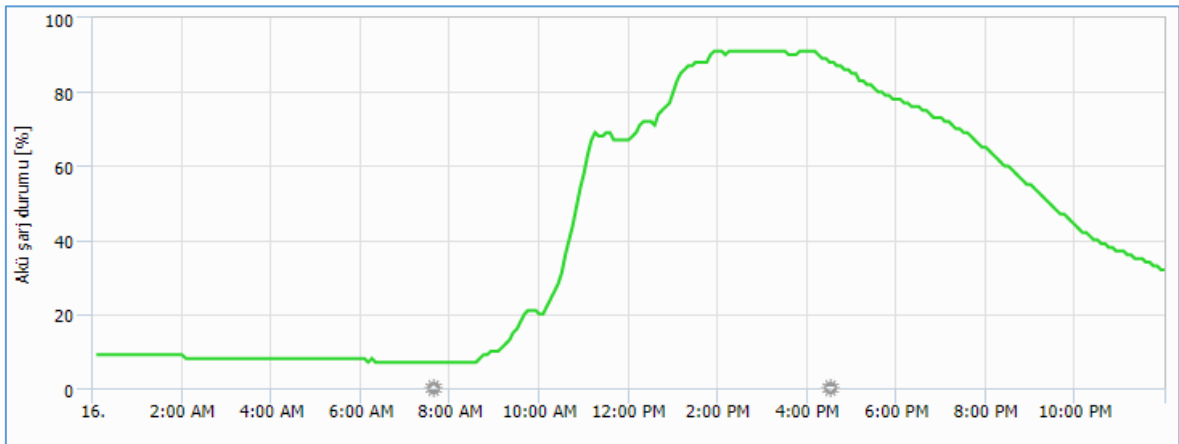


Şekil 5.49. DC giriş gerilimi değişimi-16 Kasım 2018

16 Kasım 2018 Cuma günü DC giriş akımı değişimi Şekil 5.50’de, Akü şarj durumu değişimi Şekil 5.51’de görülmektedir.



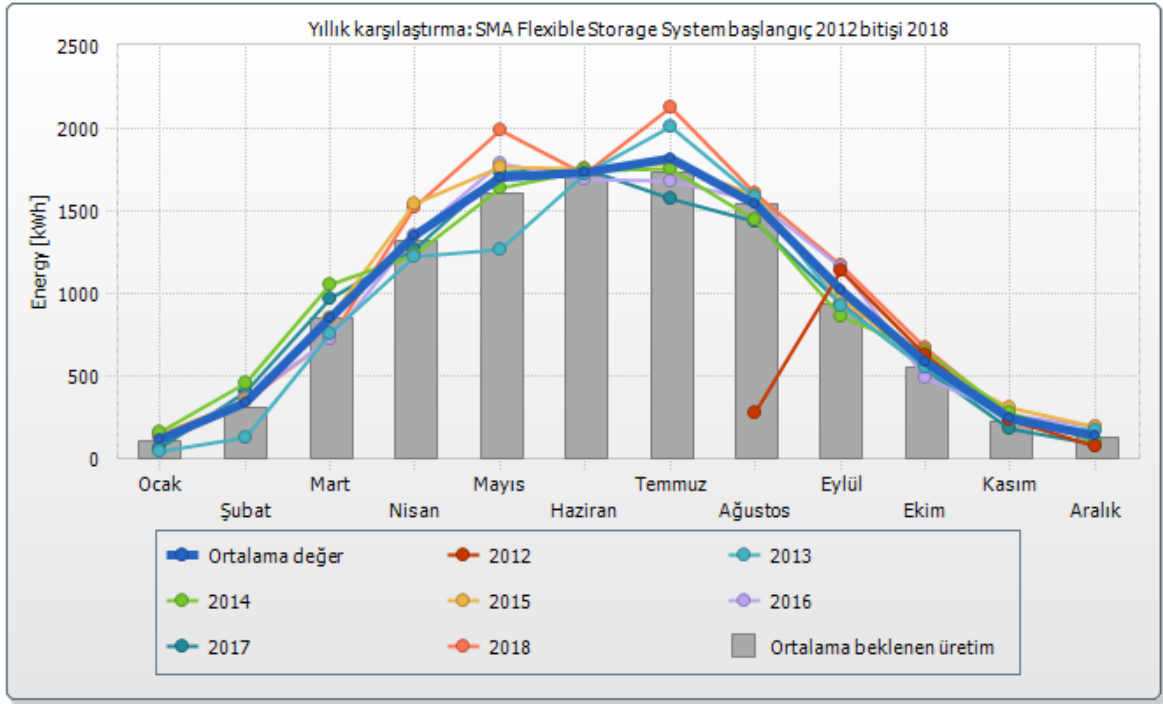
Şekil 5.50. DC giriş akımı değişimi-16 Kasım 2018



Şekil 5.51. Akü şarj durumu değişimi-16 Kasım 2018

Lokasyon olarak Helsa (Enlem: 51,231; Boylam: 9.69), Almanya da kurulu 13,455 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistem verileri detaylı olarak analiz edilmiştir. Sistemde 69 adet 195 W Risen marka solar panel, 5.088 Wh SMA Lithium-Ion akü, 12 kW SMA Sunny Tripower 12000TL-10 akıllı invertör kullanılmıştır. Şekil 5.52’de ve Çizelge 5.1’de 13,455 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemin yıllık karşılaştırması görülmektedir.

’de 13,455 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemin yıllık karşılaştırması görülmektedir.



Şekil 5.52.Yıllık karşılaştırma

Çizelge 5.1.Yıllık Karşılaştırma

| Energy [kWh]    | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan   | Mayıs   | Haziran | Temmuz  | Ağustos | Eylül   | Ekim   | Kasım  | Aralık | Toplam   |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|----------|
| 2012            |        |        |        |         |         |         |         | 278,85  | 1136,07 | 628,32 | 228,99 | 77,2   | 2349,44  |
| 2013            | 45,79  | 122,94 | 758,78 | 1227,54 | 1269,03 | 1721,52 | 2008,31 | 1580,4  | 925,51  | 550,96 | 223,98 | 175,11 | 10609,9  |
| 2014            | 163,54 | 455,06 | 1058,2 | 1234,85 | 1633,02 | 1742,65 | 1750,05 | 1446,73 | 866,86  | 646,66 | 273,01 | 103,83 | 11374,5  |
| 2015            | 152,87 | 348,47 | 855,14 | 1541,35 | 1769,95 | 1758,5  | 1789,18 | 1590,45 | 971,34  | 574,07 | 304,98 | 193,48 | 11849,8  |
| 2016            | 124,29 | 361,52 | 728,19 | 1347,28 | 1787,32 | 1696,38 | 1675,63 | 1566,04 | 1162,01 | 486,98 | 262,8  | 194,36 | 11392,8  |
| 2017            | 65,11  | 407,73 | 964,6  | 1262,03 | 1729,93 | 1760,37 | 1575,85 | 1436,92 | 939,9   | 539    | 178,91 | 85,31  | 10945,7  |
| 2018            | 139,27 | 350,31 | 726,06 | 1523,94 | 1991,97 | 1720,93 | 2126,44 | 1610,83 | 1171,48 | 672,65 | 251,03 |        | 12284,9  |
|                 |        |        |        |         |         |         |         |         |         |        |        |        | 70806,86 |
| Ortalama değer  | 115,1  | 341    | 848,5  | 1356,2  | 1696,9  | 1733,4  | 1820,9  | 1538,6  | 1024,7  | 585,5  | 245,4  | 138,2  | 11444,5  |
| Yıllık bölüm    | 1,01%  | 2,98%  | 7,41%  | 11,85%  | 14,83%  | 15,15%  | 15,91%  | 13,44%  | 8,95%   | 5,12%  | 2,14%  | 1,21%  | 100,00%  |
| Beklenen üretim | 110,33 | 308,93 | 849,55 | 1323,97 | 1610,83 | 1710,13 | 1732,2  | 1544,63 | 937,81  | 551,66 | 220,66 | 132,4  | 11033,1  |

## 6. TÜRK TELEKOM GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

### 6.1. Telekomünikasyon Vericilerinde Depolamalı, Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistemlerin Performans Analizi

Telekomünikasyon, fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin kullanıldığı alanlardan biridir. Modern telekomünikasyon ekipmanlarının azaltılmış güç tüketimi, maliyetleri düşen fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri ile ekonomik hale gelmiştir.

Ayrıca şebekeden bağımsız olması kırsal telekomünikasyon sistemlerinde önemli bir sorunu çözmektedir. Şebekeden uzak bölgelerde bulunan vericiler güneş enerjisi ile ekonomik olarak enerji sorununu çözmektedirler.

Telekomünikasyon projeleri için güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve kurulumu önemlidir. Optimum verimde hesaplanmayan sistemler beklenmeyen hava koşullarında yetersiz kalabilir ve önemli haberleşme arızalarına neden olabilir.

Ayrıca, insansız bir istasyona kurulan bir telekomünikasyon güneş enerjisi sistemi son derece güvenilir olmalıdır. Hava koşullarına ve en az insan müdahalesine ihtiyaç duyacak şekilde çalışması gereklidir. Sistem tasarlanırken aşağıdaki parametreler göz önünde bulundurulur.

- Sistem boyutlandırma ve bileşen eşleme
- Yük kaybı olasılığının en aza indirilmesi
- Katılımsız operasyon ve çok az servis
- Yüksek kaliteli bileşenlerin seçimi
- Aşırı sert hava koşullarında çalışma (Düşük kış sıcaklıkları, kar örtüsü, kuvvetli rüzgârlar, nem vb.)

Haberleşme ağlarının kapsamı her geçen gün artmaktadır. İnsan yoğunluğunun ve şebekenin olmadığı bölgelerde de haberleşme ihtiyacı vardır. Tüm kırsal alanları kapsayacak telekomünikasyon alt yapısı ancak güneş enerjisi sistemleri ile ekonomik olmaktadır.

Bu artan bağlantı talebine hizmet etmek için, telekomünikasyon vericileri kuleleri ağı dünyanın uzak bölgelerine yayıldı. Kuleler, şebekenin bulunmadığı uzak bölgelere (dağlık, orman ve ormanlar, çöller) veya elektrik şebekeleriyle ilgili kararsız şebeke kaynaklarının bulunduğu bölgelere yerleştirilebilir. Sonuç olarak, bu bölgelerdeki Telekom kuleleri altyapı şirketleri, bir güç kaynağı olarak dizel jeneratörlerine uzun süredir güvenmektedir. Ancak dizel jeneratörler daha düşük bir verimlilik seviyesinde çalışırlar, daha fazla maliyetli hale gelirler ve yüksek CO<sub>2</sub> emisyonları üretirler. Güneş enerjisi seçenekleri de dâhil olmak üzere pil tabanlı bir çözüm, işletme giderlerini % 35 oranında azaltabilir. Bu Telekom

kulelerinden bazıları da istikrarlı bir şebeke beslemesi olan bölgelerde faaliyet göstermektedir, ancak Telekom kulesinin nerede konumlandırıldığına bakılmaksızın, kule operatörleri yüksek enerji faturalarının kaçınılmaz acı noktasıyla karşı karşıyadır.

## **6.2. Telekomünikasyonda Güneş Enerjisi Kullanılmasının Avantajları**

### **6.2.1. Güvenilirlik**

Bağımsız uygulamalarda, ustalıkla tasarlanmış ve uygun şekilde monte edilmiş bir fotovoltaik sistemler gevirli sistemlerdir. Güneş elektrifikasyon sistemlerinin hareketli parçaları yoktur ve bu nedenle çok az bakım gereklidir. Ayrıca, mevcut olmayan yakıt bağımlılığına bağlı olarak operasyonda güvenilirlik artar.

### **6.2.2. Kolaylık ve Esneklik**

Güneş enerjisi sistemleri, herhangi bir bölgeye taşınması nispeten kolay olan küçük, hafif bileşenlerden oluşur. Fotovoltaik sistemler her lokasyona kolaylıkla taşınabilir ve modüler sistemlerdir. Yol, elektrik şebekesi gibi alt yapı ihtiyacı yoktur. Bu nedenlerden dolayı, güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı, tekrarlayıcı istasyonlar için tamamen ücretsiz bir yer seçimi sağlar.

### **6.2.3 Modülerite**

Güneş enerjisi sistemleri belirli bir telekomünikasyon sistemine göre tasarlanmış olmasına rağmen, yeni ihtiyaçlara da cevap verebilecek esnekliğe sahiptir. Sistem yapılacak ilavelerle güçlendirilebilir. Fotovoltaik sistemler modüler bileşenlerden oluşur ve istasyonlar, sistemin hayati parçalarının sökülmesinden veya değiştirilmesinden bağımsız olarak genişletilebilir.

### **6.2.4. Ekonomi**

Bir dağ zirvesine kurulu bir verici istasyon telekomünikasyon sinyalleri açısından daha geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu sayede, gerekli olan yerel istasyon sayısı, genel maliyetlerde bariz avantajlar ve geleneksel güç kaynaklarının kullanımından kaynaklanan dolaylı maliyetlerle en aza indirgenmiştir. Sonuç olarak güneş enerjisi ile çalışan bir verici istasyon daha ekonomik olmaktadır.

### **6.2.5. Hibridizasyon**

Güneş enerjisi sistemleri, rüzgâr, akü, jeneratör ve hatta şebeke ile hibrid olarak çalışabilir. Bu özellik sistemin devamlılığı açısından önemlidir.

### 6.3. Güneş Enerjili Telekomünikasyon Sistemi: Kahramanmaraş Örneği

Sulutarla Kahramanmaraş (Enlem: 37.62629649 Boylam: 36.92422807 Rakım: (1367) da bulunan Türk Telekom verici istasyonu güneş enerjisi ile çalışmaktadır. Şekil 6.1’de Sulutarla Kahramanmaraş da bulunan güneş enerjili Türk Telekom verici istasyonunun konumu görülmektedir.



Şekil 6.1. Güneş Enerjili Telekomünikasyon Sistemi Örneği Lokasyonu

Elektrik şebekesinden ve Şehir merkezinden oldukça uzak olan 1367 rakımda bulunan Sulutarla Kahramanmaraş güneş enerjili Türk Telekom verici istasyonu Şekil 6.2’de görülmektedir.

Sabit tesis akülerin’ de gelişen teknoloji ile beraber diğer akülerde olduğu gibi tam bakımsız ve kapalı alanlarda çalışmaya uygun akü ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla OPzV – VRLA tipten olan jel akü üretimine de başlanmıştır. Ani güç kesintilerinin sistemde sebep olabileceği kapanış ve duruşları engellemek için kullanılan OPzV jel akümülatörleri blok ve hücre olarak imal edilir. Separatör ve alaşım yapısı ile az bakım gerektirmezler, 20 yıl ve üzeri uzun ömre sahiptirler. 100 Ah – 3000 Ah kapasiteleri arasında olup, içyapıları ve kullanım alanları monobloklarla aynıdır. OPzV jel akümülatörlerimiz 1200 – 1500 Şarj – Deşarj devresine dayanıklıdır.



Şekil 6.2.Sulutarla Kahramanmaraş Güneş Enerjili Telekomünikasyon Sistemi

Sistemde 24 adet 350 Ah OPzV jel akü kullanılmıştır. Her bir akü 2,25 V olup seri bağlanmışlardır. Toplam akü voltajı 54 V'dur. Sistemde kullanılan akü Şekil 6.3'de görülmektedir.



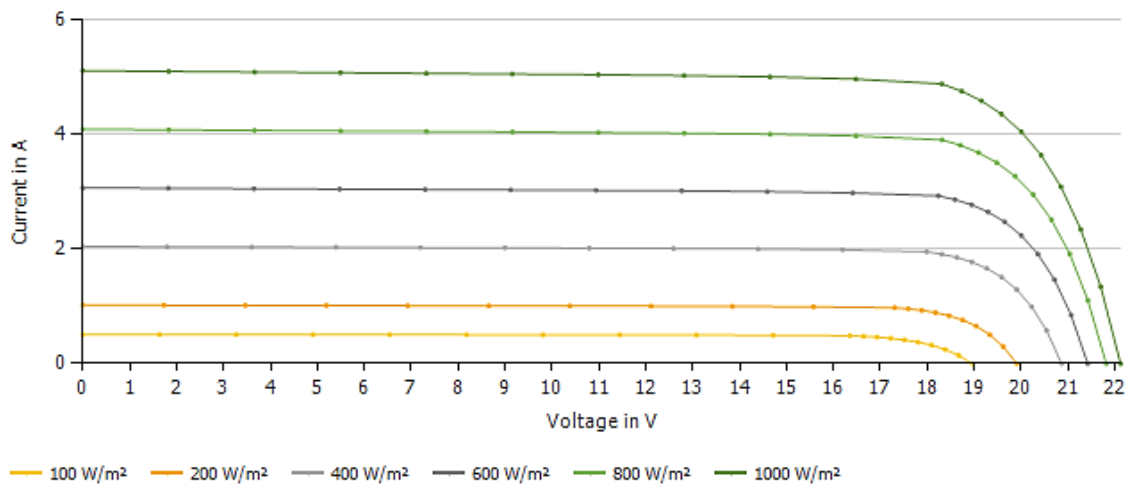
Şekil 6.3. Kullanılan OPzV Jel akü

Fotovoltaik panel gücü 85 W olup, sistemde mono kristal hücreli 12 adet solar panel kullanılmıştır. Çıkış voltajı 21,6 V olup, 3 seri, 4 paralel yapılmıştır. Telekomünikasyon vericisinde kullanılan depolamalı, şebeke bağlantısız fotovoltaik sistem de kullanılan PV panelin özellikleri Çizelge 6.1’de görülmektedir.

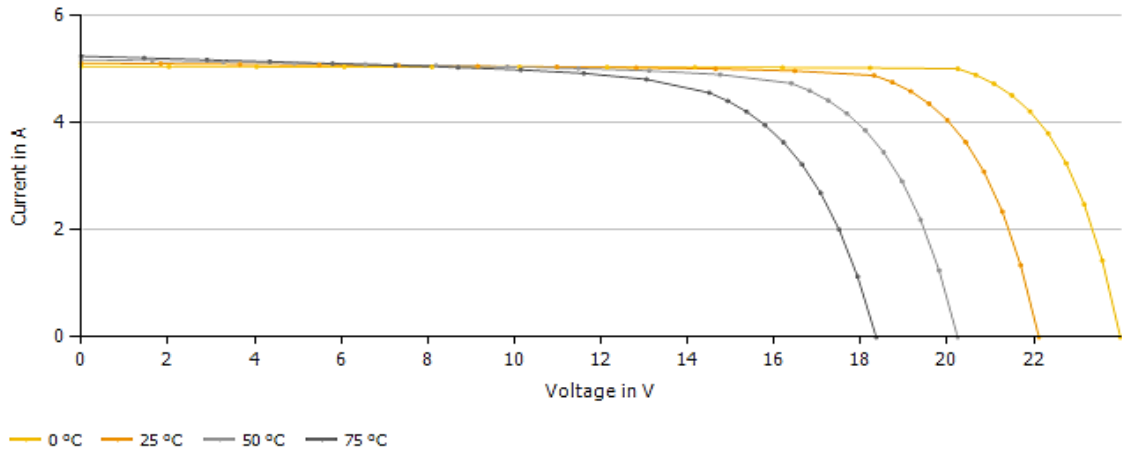
Çizelge 6.1.PV Panelin özellikleri

|                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| Nominal Güç ( $P_{ncm}$ )       | 85WP              |
| Çıkış Voltajı ( $U_{mpp}$ )     | 21.6V             |
| Çıkış Akımı ( $I_{mpp}$ )       | 3,72A             |
| Açık Devre Voltajı ( $U_{pc}$ ) | 26.8V             |
| Kısa Devre Akımı ( $I$ )        | 4.83A             |
| Solar Hücrelerin Boyutu         | 125 x 125mm       |
| Tolerans                        | $\pm 5\%$         |
| Ağırlık                         | 19kg              |
| Boyut                           | 1210 x 540 x 28mm |

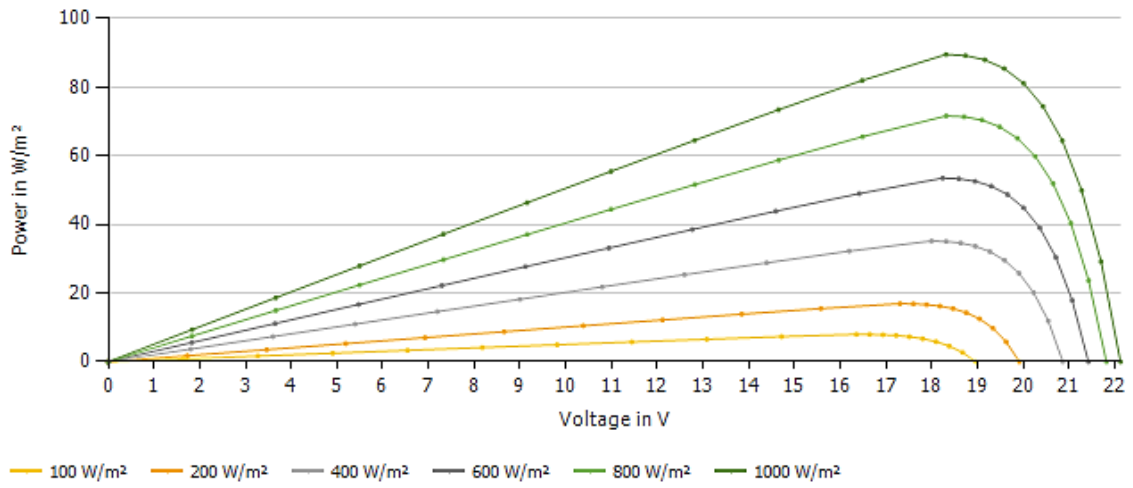
PV panelin karakteristikleri incelendiğinde çalışma voltajının fazla değişmediği görülmektedir. Çalışma voltajı 18,6 v ile 24 V arasında değişmektedir. Fotovoltaik panelin akım ve gerilimin ışınlıma göre değişimi Şekil 6.4’de, fotovoltaik panelin akım ve gerilimin sıcaklığa göre değişimi Şekil 6.5’da, fotovoltaik panelin güç ve gerilimin ışınlıma göre değişimi Şekil 6.6’da, fotovoltaik panelin güç ve gerilimin sıcaklığa göre değişimi Şekil 6.7’de görülmektedir. Sıcaklığın üretime olumsuz etkisi özellikle güç-gerilim karakteristiğinde görülmektedir.



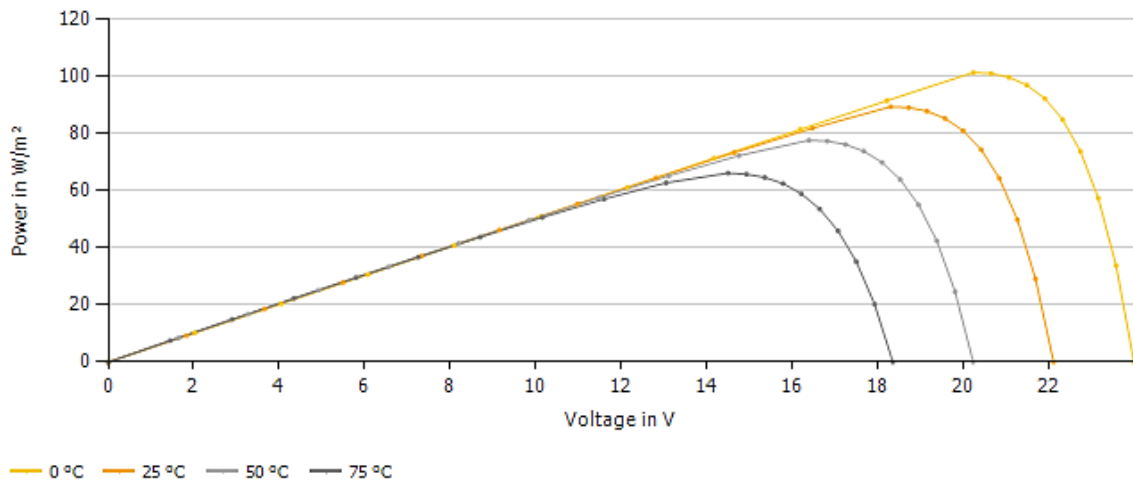
Şekil 6.4. Fotovoltaik panelin akım ve gerilimin ışınlıma göre değişimi



Şekil 6.5. Fotovoltaik panelin akım ve gerilimin sıcaklığa göre değişimi

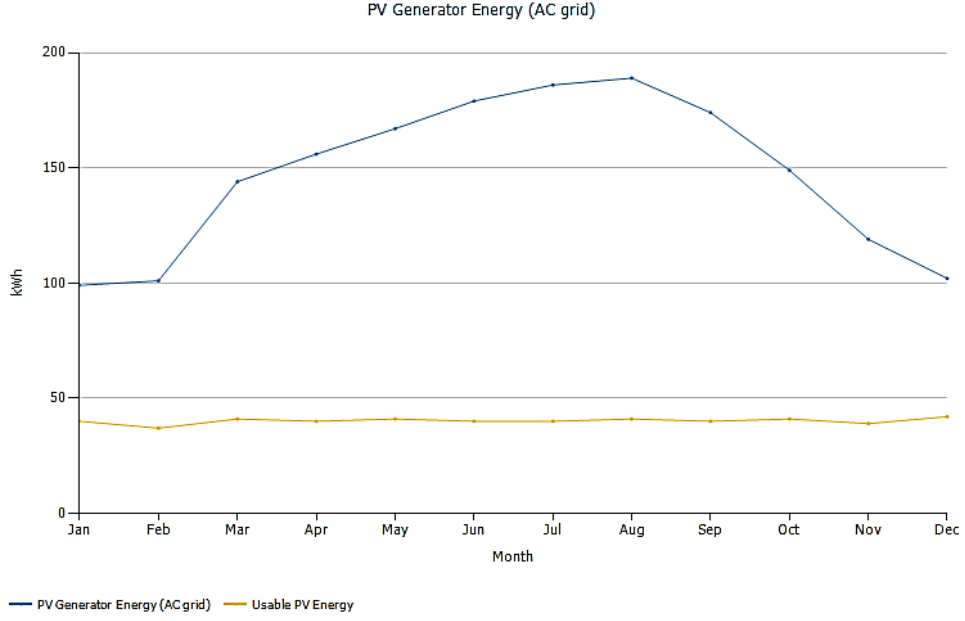


Şekil 6.6. Fotovoltaik panelin güç ve gerilimin ışınlığa göre değişimi

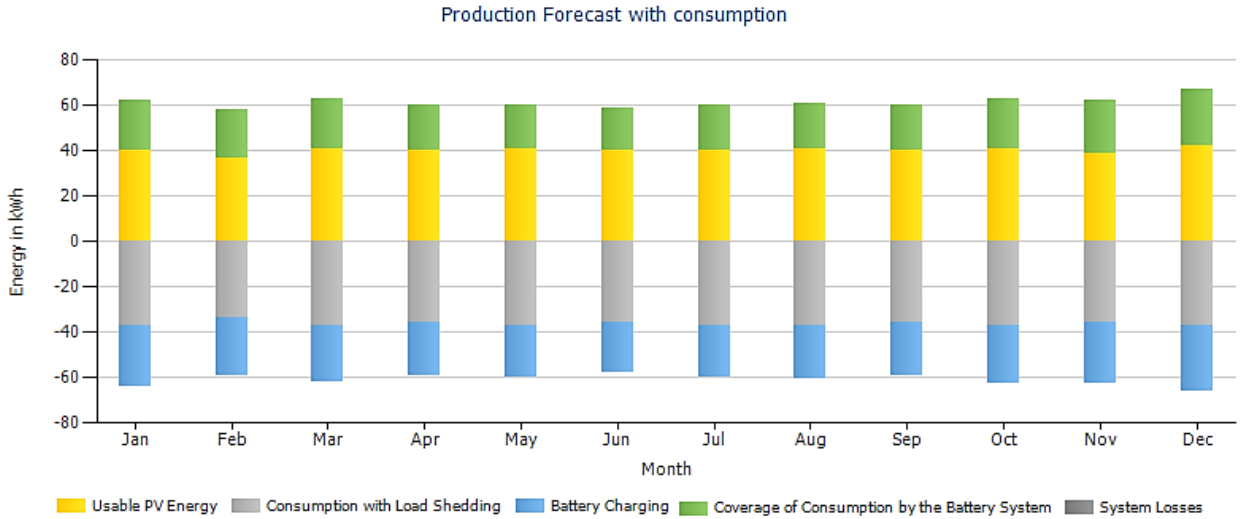


Şekil 6.7. Fotovoltaik panelin güç ve gerilimin sıcaklığa göre değişimi

Sistem yıllık 1763 kWh enerji üretecektir. PV sistemin üretmiş olduğu enerjinin aylık değişimi Şekil 6.8’de görülmektedir. PV sistemin enerji dengesi Şekil 6.9’de görülmektedir.



Şekil 6.8.PV sistemin üretmiş olduğu enerjinin aylık değişimi



Şekil 6.9.PV sistemin enerji dengesi

Toplam 1,08 kWp gücünde olan şebeke bağlantısız solar sistem yaklaşık 7,8 m<sup>2</sup> alan kaplamakta ve yıllık 1763 kWh enerji üretmektedir. Sistemin Performance ratio su %81 dir.

Şebekeden uzak bölgelerde bulunan vericiler güneş enerjisi ile ekonomik olarak enerji sorununu çözmektedirler. Telekomünikasyon projeleri için güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve kurulumu önemlidir. Optimum verimde hesaplanmayan sistemler beklenmeyen hava koşullarında yetersiz kalabilir ve önemli haberleşme arızalarına neden olabilir.

#### 6.4. Türk Telekom Güneş Enerjisi Sistemleri

PV paneller fotonlarda bulunan enerjiyi fotovoltaiik prensiplere bağlı olarak, olarak, elektrik akımına çevirirler. Türk Telekom sisteminde 48 V'luk nominal gerilim elde etmek amacıyla, mono kristal yapıda 12 V gerilime sahip paneller kullanılmaktadır. 48 V, için, 4 adet güneş paneli, güneş sehpaları üzerinde birbirleriyle seri olarak bağlanmıştır. Çizelge 6.2'de Türk Telekom'un kullandığı PV paneller görülmektedir

Çizelge 6.2.Türk Telekom'un kullandığı PV Paneller

| Firma  | Panel Marka | Panel Gücü | Boyut         |
|--------|-------------|------------|---------------|
| CRC    | CHINALAND   | 150 W      | 1480x670x35mm |
| İnform | CHINER      | 90 W       | 1194x540x35mm |
| İnform | HILIGHT     | 130 W      | 1470x680x35mm |

Sistemin akü voltajı, akü tipi ve hava sıcaklığına bağlı olarak 52,8 V ile 53,5 V arasında değişim göstermektedir. Normal şartlarda güneş enerjisi sisteminin ürettiği akü şarj voltajı ile doğrultucunun ayarlanmış olduğu 53,5 V potansiyel fark sistemin, güneş enerji sisteminden yâda doğrultucudan besleneceğini belirleyen bir unsurdur. Şekil 6.10 ve Şekil 6.11'de Türk Telekom güneş santralinde kullanılan şarj regülatörleri görülmektedir.

Solar modüllerden elde edilen enerjinin bataryalara depolanması için şarj regülatörleri kullanılmaktadır. Güneş panellerinde oluşan voltaj güneşin gün içindeki durumuna göre değiştiği için şarj regülatörleri olmadan, batarya şarjları yapılamaz. Şarj regülatörleri, enerjinin regüle edilmesi ve batarya şarj durumun kontrolü için kullanılmaktadır. Üzerinde mikro kontrolör ve yazılım sayesinde güneşe, bataryalara ve yük durumuna bakarak sistem için en ideal çalışma modunu otomatik olarak seçer.

East marka MPPT'li Solar Şarj Kontrolörü (LCD / LED 5 A ~ 60 A) kullanılmıştır.



Şekil 6.10. Türk Telekom Güneş Santrali Şarj Regülatörleri-1

#### Şarj regülatörünün özellikleri

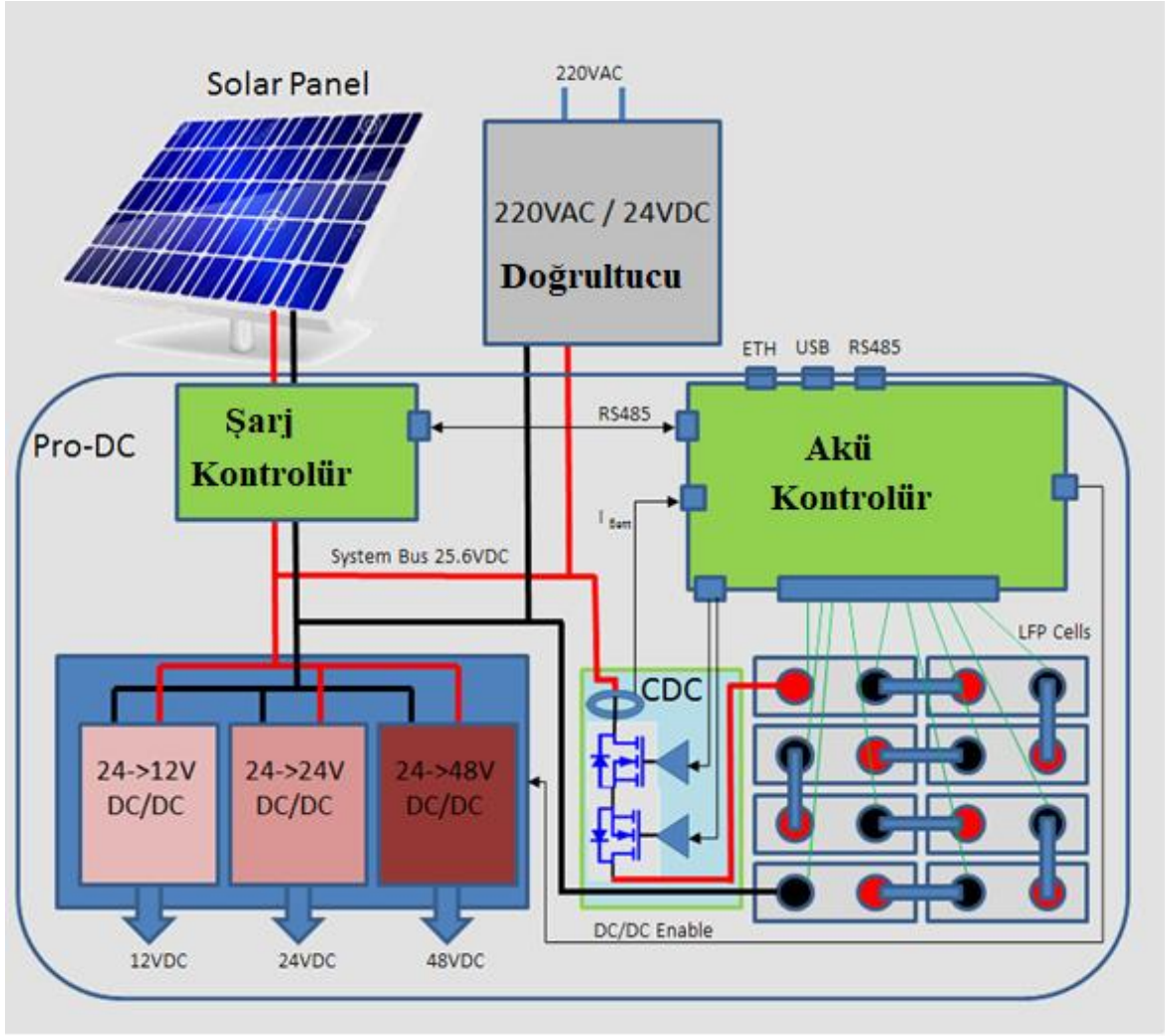
- Katılımsız: PV otomatik başlatma ve otomatik şarj etme
- Yüksek verimli MPPT: Çoklu Güç Noktası İzleyici (MPPT) , güneş paneli dizisinin çıkış gücünün maksimum durumda olmasını sağlar, % 20 ~% 30 enerji dönüşümünü iyileştirme
- Yüksek güvenilirlik: Ürünün istikrarlı ve güvenilir olmasını sağlamak için “MPPT + SOC” çift akıllı optimize edilmiş şarj kontrolünü sağlamak için gelişmiş mikroişlemci
- Akıllı şarj yönetimi: Etkin pil şarjını ve pil ömrünü sağlamak için şarj modunu sabit akım ve sabit voltajla birleştirme.



Şekil 6.11. Türk Telekom Güneş Santrali Şarj Regülatörleri-2

- Pil korumaları: Pilin çalışma durumunu otomatik olarak test etme.
- Yüksek verimlilik: Sistem çalışma verimliliğini etkin bir şekilde geliştiren düşük güç tüketimi MOSFET ve PWM yumuşak anahtar ve senkron redresör teknolojisini
- Akıllı: Aydınlatma tanıma ile otomatik başlatma (isteğe bağlı) - sistem, sis, yağmur, gece vb. Gibi yetersiz güneş ışığı durumunda otomatik olarak yükü başlatabilir
- Korumalar: Aşırı şarj / aşırı deşarj, kısa devre, aşırı yük, ters bağlantı, TVS yıldırım koruma vb
- Güçlü uyarılana bilirlilik (isteğe bağlı): Şarj voltajı, lityum pil ve kurşun-asit bataryaya uyum sağlayacak şekilde ayarlanabilir
- İletişim (isteğe bağlı): iletişim ve gerçek zamanlı izleme için RS232 ve kuru kontak portu
- Sıcaklık telafisi (isteğe bağlı) : Harici batarya grubunun ortam sıcaklığının test arayüzü kullanılabilir. Pil şarj voltajı, pilin ortam sıcaklığına göre gerçek zamanlı olarak ayarlanabilir

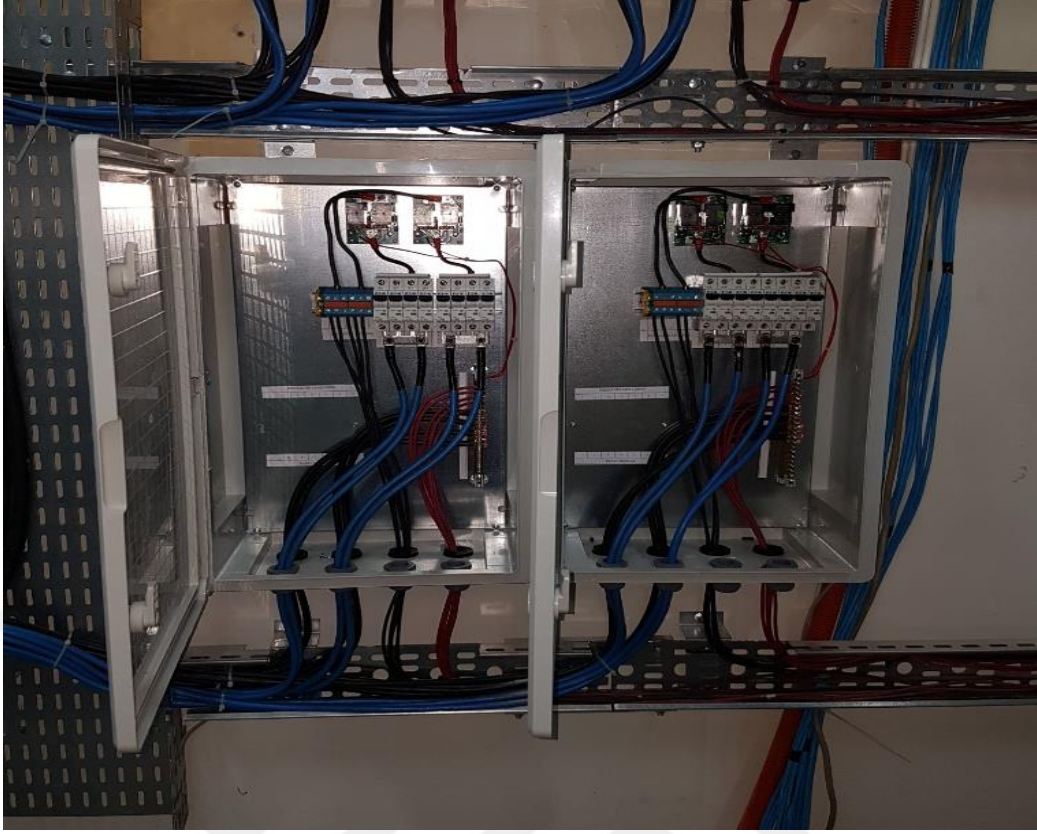
Şekil 6.12’de Türk Telekom güneş santrali bağlantı şeması örneği görülmektedir.



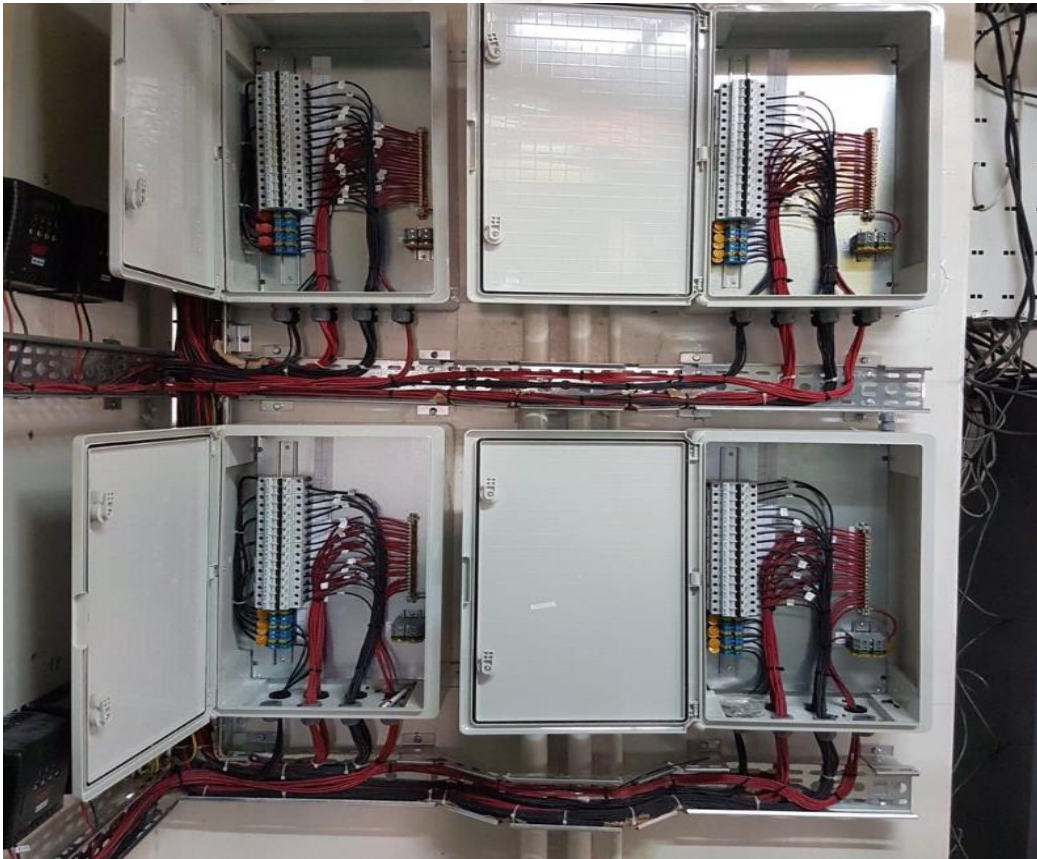
Şekil 6.12. Türk Telekom Güneş Santrali Bağlantı Şeması Örneği

Şekil 6.13, Şekil 6.14 'de Türk Telekom güneş santralinde kullanılan DC toplama panoları görülmektedir. Şekil 6.15, Şekil 6.16 ve Şekil 6.17'da Türk Telekom güneş santralinde kullanılan DC dağıtım panoları görülmektedir.

Şekil 6.18 ve Şekil 6.19'de DC sigortalar görülmektedir. Şekil 6.20'de kablo tavalar görülmektedir. Şekil 6.21, Şekil 6.22 ve Şekil 6.23 'de Türk Telekom güneş santrali görüntüleri görülmektedir.



Şekil 6.13. DC toplama panosu-1



Şekil 6.14.DC toplama panosu-2



Şekil 6.15. DC dağıtım panosu-1



Şekil 6.16. DC dağıtım panosu-2



Şekil 6.17.DC dağıtım panosu-3



Şekil 6.18.DC Sigortalar-1



Şekil 6.19. DC Sigortalar-2



Şekil 6.20.Kablo Tavalı



Şekil 6.21. Türk Telekom santral görüntüleri-1



Şekil 6.22. Türk Telekom santral görüntüleri-2



Şekil 6.23. Türk Telekom santral görüntüleri-3

### 6.5. Türk Telekom Güneş Enerjisi Sistemleri Üretim Değerleri

Türk Telekom 47 ilde güneş enerjisi ile çalışan santral sayısını 1200'e çıkarmayı hedeflemektedir. Güneş enerjisi panellerini ilk kez 1992 yılında kullanmaya başlayan Türk Telekom, yılda 864.000 kWh elektriği güneş enerjisinden üretmektedir. Türk Telekom Adana, Osmaniye, Hatay, Gaziantep ve Mersin de bulunan güneş enerjisi santrallerinin Ocak 2018 ile Ağustos 2018 arasındaki aylık üretim değerleri Çizelge 6.3'de görülmektedir.

Çizelge 6.3. Türk Telekom güneş enerjisi santrallerinin üretim değerleri

| İL        | İLÇE       | MERKEZ       | GES ÜRETİM (kWh) |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------|------------|--------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |            |              | OCAK             | ŞUBAT    | MART     | NİSAN    | MAYIS    | HAZİRAN  | TEMMUZ   | AĞUSTOS  |
| ADANA     | SEYHAN     | YEŞİLEVLER   | 501,09           | 1.152,27 | 1.324,14 | 1.720,16 | 1.058,55 | 1.934,80 | 1.752,39 | 1.739,59 |
| ADANA     | ÇUKUROVA   | MAHFESİĞMAZ  | 554,79           | 729,99   | 938,16   | 1.250,15 | 1.328,26 | 1.320,13 | 1.210,79 | 1.298,51 |
| ADANA     | SEYHAN     | F.ÇAKMAK     |                  |          |          | 211,94   | 1.059,83 | 1.155,79 | 1.041,41 | 1.143,23 |
| ADANA     | POZANTI    | GÜLEK R/L    |                  |          |          |          | 212,37   | 196,76   | 241,25   | 293,24   |
| OSMANİYE  | MERKEZ     | M.AKİF ERSOY |                  |          |          |          | 2.426,00 | 1.953,00 | 2.306,50 | 2.319,50 |
| OSMANİYE  | HASANBEYLİ | İNTİLLİ R/L  |                  |          |          |          | 590,00   | 441,00   | 524,00   | 545,00   |
| HATAY     | KIRIKHAN   | KIRIKHAN     |                  |          |          |          | 4.375,57 | 3.394,95 | 4.074,89 | 4.110,48 |
| GAZİANTEP | NURDAĞI    | NURDAĞI      |                  |          |          |          | 1.400,40 | 1.339,90 | 1.417,30 | 1.921,40 |
| GAZİANTEP | ŞEHİTKÂMİL | MERVEŞEHİR   |                  |          |          |          |          |          |          | 2.757,00 |
| MERSİN    | YENİŞEHİR  | BARBAROS     |                  |          |          |          | 1.387,14 | 1.490,95 | 1.710,67 | 1.617,76 |

## 7. SONUÇ

Haberleşme ağlarının kapsamı her geçen gün artmaktadır. İnsan yoğunluğunun ve şebekenin olmadığı bölgelerde de haberleşme ihtiyacı vardır. Tüm kırsal alanları kapsayacak telekomünikasyon alt yapısı ancak güneş enerjisi sistemleri ile ekonomik olmaktadır. Şebekeden uzak bölgelerde bulunan vericiler güneş enerjisi ile ekonomik olarak enerji sorununu çözmektedirler.

Telekomünikasyon, fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin kullanıldığı alanlardan biridir. Modern telekomünikasyon ekipmanlarının azaltılmış güç tüketimi, maliyetleri düşen fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri ile ekonomik hale gelmiştir.

Ayrıca şebekeden bağımsız olması kırsal telekomünikasyon sistemlerinde önemli bir sorunu çözmektedir. Şebekeden uzak bölgelerde bulunan vericiler güneş enerjisi ile ekonomik olarak enerji sorununu çözmektedirler.

Telekomünikasyon projeleri için güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve kurulumu önemlidir. Optimum verimde hesaplanmayan sistemler beklenmeyen hava koşullarında yetersiz kalabilir ve önemli haberleşme arızalarına neden olabilir.

Sabit tesis akülerin’ de gelişen teknoloji ile beraber diğer akülerde olduğu gibi tam bakımsız ve kapalı alanlarda çalışmaya uygun akü ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla OPzV – VRLA tipten olan jel aküler geliştirilmiştir. OPzV jel akümülatörleri blok ve hücre olarak imal edilir. Separatör ve alarım yapısı ile az bakım gerektirmezler, 20 yıl ve üzeri uzun ömre sahiptirler. 100 Ah – 3000 Ah kapasiteleri mevcuttur.

Türk Telekom 47 ilde güneş enerjisi ile çalışan santral sayısını 1200’e çıkarmayı hedeflemektedir. Güneş enerjisi panellerini ilk kez 1992 yılında kullanmaya başlayan Türk Telekom, yılda 864.000 kWh elektriği güneş enerjisinden üretmektedir. Türk Telekom Adana, Osmaniye, Hatay, Gaziantep ve Mersin de bulunan güneş enerjisi santralleri incelenmiş ve performans artışı sağlanmıştır.

Şebeke bağlantılı, depolamalı fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin analiz edilmesi için PVSYST, PVSOL, TRNSYS gibi yazılımlar ile modellemeler yapıldı, laboratuvarında uygulamalar yapıldı, Kahramanmaraş’ta bulunan Güneş enerjisi santrallerinde incelemeler ve saha çalışmaları yapıldı. Türk Telekom güneş enerjisi santrallerinde incelemeler ve verim artışı yapıldı.

Şebekeden bağımsız bir PV sistem, akü, invertör, regülatör ve panel bağlantıları yapılarak TRNSYS ile modellenmiş ve simülasyon sonuçları kaydedilmiştir. TRNSYS’in

simülasyon sonuçlarını ayrıntılı bir şekilde hesapladığı ve gerçek sistem ile karşılaştırıldığında doğruluk payının yüksek olduğu tarafımızca tespit edilmiştir.

Yapılan modelleme ve saha çalışmalarından elde edilen sonuçlar;

Kahramanmaraş da bulunan ve modellenen fotovoltaik santralin azimut açısı değişimi ile beraber ürettiği enerjinin değişimi incelenmiştir. 0 °C azimut açısı değerinde 10.000 kWh değerinde fazla bir üretim gerçekleştirildiği görülürken, doğu-batı ekseninde bir 180 °C azimut açısı değerine konumlandırma yapıldığında üretim değeri yaklaşık 6.000 kWh değerlerine kadar düştüğü tespit edilmiştir.

En ideal fotovoltaik santralin 0 °C azimut açısı değerine sahip bir santral olacağı tespit edilmiştir.

Modül tarafından üretilen ısı, modülün çalışma noktasına, modülün ve solar hücrelerin optik özelliklerine ve PV modülündeki güneş hücrelerinin paketleme yoğunluğuna bağlıdır. Yaptığımız çalışmada sehpa çeşitlerinin, güneş paneli sisteminin performans değerleri üzerine etkisi aylara göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Arazi sehpa tipi güneş paneli sisteminin yıllık ortalama performans oranı %86, düz çatı üzeri sehpa güneş paneli sisteminin performans oranı %84, çatı üzeri sıfır montaj güneş paneli sisteminin performans oranı %80, çatı üzerine yakın montaj güneş paneli sisteminin performans oranı %83, çatıya paralel konstrüksiyon güneş paneli sisteminin performans oranı %83 civarlarında olmaktadır.

Lokasyon olarak Baunatal, Almanya da kurulu 9,82 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemin performans analizi yapılmıştır. 2017 yılı için enerji dengesi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2017 yılı için şebekeden toplamda 2718,97 kWh'lik bir enerji çekildiği görülmektedir. Sistem kendi içerisinde ise akü şarjı için 1747,59 kWh harcamış, 2644,65 kWh doğrudan tüketim gerçekleştirmiş ve ayrıca şebekeye fazla ürettiği 4746,58 kWh enerji vermiştir. Tam olarak hibrit bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Lokasyon olarak Helsa, Almanya da kurulu 13,455 kWp gücünde depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistem verileri detaylı olarak analiz edilmiştir. 2018 yılında 4,236 MWh enerji tüketilmiştir. Bu enerjinin 0,616 MWh'lik kısmı şebekeden 0,957 MWh'lik kısmı aküden ve 2,663 MWh'lik kısmı doğrudan güneş enerjisinden karşılanmıştır. Öz yeterlilik oranı %85'dir. Aynı yıl PV paneller toplam 12,285 MWh enerji üretmiş bu enerjinin 2,663 MWh'lik kısmı doğrudan tüketilmiş, 1,346 MWh'lik kısmı akü şarjı için kullanılmış ve 8,366 MWh'lik enerji şebekeye verilmiştir.

Depolamalı PV sistemlerde en önemli sorun akülerde oluşmaktadır. Mühendislik hatası sonucu yanlış hesaplanan akü kapasiteleri ve akülerin dış ortamdan etkilenmesi nedeniyle akülerden istenilen performans alınamamaktadır.

Birden çok hücrenin/bataryanın seri ve/veya paralel bağlandığı sistemlerde, bataryaların birbirine eşdeğer şarj ve deşarj olabilmelerini sağlamak, toplam enerjinin efektif kullanılması ve batarya ömrünün uzaması açısından önem arz etmektedir

Akülerin teker teker ölçülmesi ve sıralı sistem çalıştırılması akü performansını artırmaktadır. Akülerin şarj, deşarj akımları ve ortamın sıcaklık kontrolü akü kontrol sistemleri tarafından yapılmaktadır.

Kahramanmaraş'ta bulunan Güneş enerjisi santrallerinde yapılan incelemelerde santrallerde üretim kaybı ve mühendislik hataları tespit edilmiştir. Kahramanmaraş'ta bulunan güneş enerjisi santrallerinin %30'unda önemli ölçüde üretim kaybına neden olan mühendislik hataları vardır. Üretim kaybının %13 gibi çok önemli oranlara ulaştığı tespit edilmiştir.

Depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistem verileri detaylı olarak analiz edilmiş ve sistemin öz yeterlilik oranının %85 olduğu hesaplanmıştır. Depolamalı, şebeke bağlantılı hibrit fotovoltaik sistemlerin; maliyetlerinin düşmesi, şebeke kararlılığı ve kullanım konforu açısından yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Fotovoltaik güneş enerjisi enerji sistemlerinin telekomünikasyonda kullanımı önemli bir ihtiyacı karşılamaktadır. Telekomünikasyon sistemlerinde doğru mühendislik uygulamaları ile depolama ve fotovoltaik sistemlerde performans artışı sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Ajder, A. (2011). *Fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri için optimum eğim açısının hesaplanması*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.20s.
- Akbari, H., Browne, M. C., Ortega, A., Huang, M. J., Hewitt, N. J., Norton, B., & McCormack, S. J. (2018).
- Akkurt, F. (2012). *Güneş Enerjisi Kaynaklı Ejektörlü Soğutma Sisteminin Performansının Deneysel İncelenmesi*. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Anabilim Dalı, Doktora Tezi.32s.
- Aktaş, A. (2016). *Şebeke bağlantılı fotovoltaik tabanlı batarya ve ultrakapasitörlü hibrit sistemin akıllı enerji yönetimi*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.16s.
- Aktaş, M. (2016). *Düşük güçlü fotovoltaik enerji üretimi için maksimum güç noktasını takip eden algoritmanın geliştirilmesi*. Düzce: Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.21s.
- Aladağ, İ. (2017). *Matlab/Simulink programı kullanılarak örnek bir fotovoltaik sistemin modellenmesi*. Osmaniye: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.30s.
- Altınışik, U. (2016). *Su soğutma ile fotovoltaik panellerin verimliliğinin artırılması*. Siirt: Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.33s.
- Andersen, J. (2015). *Modelling and Optimisation of Renewable Energy Systems*. Department of Economics and Business Aarhus University Denmark, Doktora Tezi.
- Ardağ, Y. (2012). *Güneş pili karakteristiklerinin incelenmesi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.41s.
- Asghari, I. (2018). *Gri Kurt Optimizasyonu Algoritmasına Dayalı*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.13s.
- Aykar, C. (2016). *Türkiye Ege bölgesi güneş enerjisi potansiyeli tekno-ekonomik analizi*. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.38s.
- Bacher, P. (2012). *Models for efficient integration of solar energy*. Technical University of Denmark Informatics and Mathematical Modelling, Doktora Tezi. 34s.
- Bajpai, P., & Dash, V. (2012). Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications+: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 5(2926–2939).

- Bayram, S. (2015). *Güneş enerjisi uygulaması: Gebze yöresinde bir fabrika fizibilitesi*. İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Proje ve Yapım Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.25s.
- Bilü, A. C. (2018). *Fotovoltaik sistemlerin fizibilitesi için yeni bir arayüzün geliştirilmesi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Tesisleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.52s.
- Bozkurt, İ. (2012). *Güneş Toplaçları Ve Havuzdan Oluşan Entegre Bir Sistemin Performansının İncelenmesi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Doktora Tezi.69s.
- Canan, A. (2017). *Karabük Üniversitesi kampüs alanında rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelinin izlenmesi*. Karabük: Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.45s.
- Cengiz, M. S. (2016). *Stirling motorlu güneş takip sisteminin tasarımı ve fotovoltaik panel sistemiyle verim yönünden karşılaştırılması*. Malatya: İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.31s.
- Ceylan, O. (2017). *Fotovoltaik programlarının simülasyon sonuçlarının doğruluğunun incelenmesi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.20s.
- Ceylan, Y. (2016). *Türkiye'nin güneşlenme potansiyelinin analizi ve güneş enerjisinin enerji politikasındaki yeri*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.29s.
- Cindarik, A. (2016). *Beytepe Güneş Evi'ndeki fotovoltaik sistemin performansının incelenmesi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.30s.
- Çekirdek, M. (2017). *Fotovoltaik güç santrallerinin tekno-ekonomik analizi: Türkiye örneği*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 26s.
- Çetinçalı, M. O. (2017). *Düzce ili şartlarında güneş enerjisi ile akıllı tarımsal sulama uygulaması*. Düzce: Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 26s.
- Demirdelen, T. (2016). *Büyük ölçekli fotovoltaik sistem bağlantısı için modüler kaskat çok seviyeli dönüştürücü tabanlı şönt melez aktif güç filtresinin modellemesi ve analizi*. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.15s.
- Durgut, T. (2014). *Güneş panel sistemi için farklı bir metod geliştirilmesi*. Edirne: Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.14s.

- Dündar, U. U. (2016). *Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için risk değerlendirme rehberi*. Ankara: Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 38s.
- Erdoğan, E. (2011). *Güneş pillerinin teorik ve deneysel olarak incelenmesi*. Tunceli: Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.22s.
- Fadel, D. M. (2017). *Düşük güçlü fotovoltaik sistemler için bir inverter tasarımı ve uygulaması*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Tesisleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.23s.
- Ferreira, A., Kunh, S. S., Fagnani, K. C., Tiago A. De Souza, C. T., Santos, G. R., & Coimbra-Araújo, C. H. (2018). 81.
- Gallardo-Saavedra, S., Gallardo-Saavedra, L. H.-C., Hernández-Callejo, L., & Oscar Duque-Perez, O. D.-P. (2018). 93.
- Gazibey, Y. (2012). *Türkiye için fotovoltaik güneş enerjisi teknoloji yol haritası*. Ankara: Kara Harp Okulu Komutanlığı, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Teknoloji Yönetimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi.15s.
- Girgin, M. H. (2011). *Bir fotovoltaik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, Karaman bölgesinde 5 MW'lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.16s.
- Güleç, H. G. (2017). *Fotovoltaik uygulamalarda arduino kontrollü batarya şarj uygulaması*. Karabük: Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.19s.
- Gürbüz, D. (2018). *Kir ve tozlanmanın fotovoltaik sistem verimi üzerindeki etkisi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.36s.
- Gürel, S. (2015). *Fotovoltaik Panellerin Çeşitleri Ve Ölçümleri*. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Laboratuvarı, Deney Föyü.
- Gürgen, K. Ç. (2016). *Aydın'daki bir yapının elektrik enerjisi gereksiniminin fotovoltaik sistemler ile karşılanma olanakları*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.29s.
- Habibullah, M. (2016). *Rüzgar-fotovoltaik- biyogaz hibrit güç sistemlerinin akıllı mikro şebekelerde kullanımının kontrol ve dizaynı*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.22s.
- Harmancı, U. (2016). *Uğur Harmancı, Fotovoltaik panel beslemeli alternatif akım (AA) pompa motoru için sürücü devre tasarımı ve simülasyonu*. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.30s.

- Haydaroğlu, C. (2017). *Dicle Üniversitesi güneş enerjisi santralının performans analizi*. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.23s.
- Hedef, N. (2017). *Güneş enerjisi çatı uygulamaları için bir matematiksel model önerisi*. Ankara: Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 25s.
- İnternet05, *Güneşten Gelen Işınlara Atmosferin Etkisi*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü: <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=7>, w. (2018). Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet06, *Solar Radiation in Space*. pveducation: <http://pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/solar-radiation-in-space>, w. (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet25, *Pros and Cons of Off Grid, Grid Tie and Hybrid PV Systems*. [www.solaronlineschool.com](http://www.solaronlineschool.com/pros-and-cons-of-grid-grid-tie-and-hybrid-pv-systems): <http://www.solaronlineschool.com/pros-and-cons-of-grid-grid-tie-and-hybrid-pv-systems>. w. (2018). Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet43. *Declination Angle*. pveducation.org: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/declination-angle>. (2018). Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet54. <https://www.enerji.gen.tr/dunyada-gunes-enerjisi>. (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet55. <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php> (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet55. <https://i.pinimg.com/originals/7a/7c/ab/7a7cabe81e04051d46584490b8a0fa51.png> (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet56. *Dogaka*. [http://www.dogaka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.dogaka.gov.tr\\_834\\_KT8G54DS\\_kmaras-gunes-web.pdf](http://www.dogaka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.dogaka.gov.tr_834_KT8G54DS_kmaras-gunes-web.pdf) (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet57. [https://mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon\\_iller.aspx?il=kahramanmaraş](https://mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=kahramanmaraş) (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet58. [https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/modelclimate/kahramanmara%C5%9F\\_t%C3%BCrkiye\\_310859](https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/modelclimate/kahramanmara%C5%9F_t%C3%BCrkiye_310859) (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İnternet60. *GEPA*. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx> (2018) Erişim tarihi: 15.05.2018
- İşler, Y. S., & Salihmuhsin, M. (2016). Yenilenebilir Enerji Kaynakları için Yazılım Araçlarının Sınıflandırılması: International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16).
- İşler, Y. S., & Salihmuhsin, M. (2016). İstanbul Şartlarında 10 kWp Optimum Verimli Fresnel Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü Tasarımı ve Maliyet Analizi: International Conference on Renewable Energy Technologies and Applications (RETA'16).

- Kafumba, J. A. (2017). *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Malawi'nin güneş enerjisi potansiyeli üzerine bir değerlendirme*. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Bölgesel Kalkınma İktisadi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 19s.
- Kahraman, Ö. (2016). *Fotovoltaik elektrik santral yaygınlığının güvenlik kısıtlı ünite devreye alma üzerindeki etkisi ve fotovoltaik enerji sınırlandırılmasını azaltmak için bir yaklaşım*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 13s.
- Kallioğlu, M. A. (2014). *Niğde İli İçin Yatay Düzleme Gelen Günlük Tüm, Yayılı Ve Direkt Güneş Işınımını Hesaplama Modeli Geliştirilmesi*. Niğde: Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi. 17s.
- Kalogirou, S. (2009). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. California: Academic Press is an imprint of Elsevier (ISBN 13: 978-0-12-374501-9).
- Karaca, G. (2017). *Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinin performansının incelenmesi: Muğla örneği*. Muğla: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 29s.
- Karaca, V. (2016). *Ev ve işyerleri için rüzgâr ve fotovoltaik otonom hibrit güç sistemlerinde enerji uygulaması*. Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 30s.
- Kasaeian, A., Tabasi, S., Ghaderian, J., & Hossein Yousefi. (2018). 91.
- Kayri, İ. (2017). *Güneş Panelleri İle Üretilen Enerjinin Ortam Bilgileri Kullanılarak Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini*. Elazığ: Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 32s.
- Keser, U. (2010). *Elektrik üretiminde güneş enerjisi kullanımı yatırımlarının finansal modellemesi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bölümü İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 33s.
- Kırcıoğlu, O. (2017). *Fotovoltaik sistemlerde maksimum güç noktası izleyebilen iki fazlı sepic dönüştürücü tasarımı ve uygulaması*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 38s.
- Kırimer, B. (2016). *Fotovoltaik uygulamalar için sarmaşık yapıllı flyback dönüştürücü tabanlı bir evirici tasarımı ve uygulaması*. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 31sn
- Kiriş, B. (2016). *Uzay kafes çatı sistemlerinde fotovoltaik panellerden genetik algoritma ile maksimum elektrik enerjisi elde edilmesi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 26s.

- Kirişci, H. A. (2017). *Okmeydanı Kentsel Dönüşüm Projesinin fotovoltaik sistemler açısından incelenmesi*. İstanbul: Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Deprem Mühendisliği Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.11s.
- Koçbulut, G. (2017). *Fotovoltaik güneş hücresinin güneş ışıınımı ölçüm cihazı olarak tasarımı*. Karabük: Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 38s.
- Köklü, T. (2017). *Fotovoltaik sistemlerin uzaktan izlenmesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 39s.
- Köprü, M. A. (2016). *Fotovoltaik sistemlerde kablo kayıplarının incelenmesi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.29s.
- Küçükilhan, G. (2017). *Fotovoltaik güç sistemlerinin modellenmesi ve şebekeye etkilerinin incelenmesi*. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.22s.
- Maltaş, M. (2017). *Manisa ili için 1 MW güneş enerjisi santrali fizibilitesi*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.49s.
- Muhtaroglu, K. T. (2012). *Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren çevre dostu sistemin tasarlanması*. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.49s.
- Mutluay, B. (2016). *Bir fotovoltaik güç santrali tasarımının sistem simülasyonu ve teknoekonomik fizibilitesi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 44s.
- Nuhoğlu, S. (2017). *Tek eksen güneş takipli fotovoltaik sistem tasarımı ve Konya için örnek bir uygulama*. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.41s.
- Obut, Z. (2016). *Göksun ilçesinde güneş enerjisi santrali kurulacak alanların CBS yöntemi ile belirlenmesi, Kahramanmaraş* . Kahramanmaraş: Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.17s.
- Ongun, İ. (2017). *İzmir iklim şartları için fotovoltaik evirici ağırlıklı verim modeli*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 31s.
- Ölmez, Y. C. (2017). *Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi ve Karapınar bölgesine kurulması planlanan güneş enerjisi santralının şebekeye etkisi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 36s.

- Özkaya, B. (2018). *Fotovoltaik sistemlerde yeniden düzenleşim için sezgisel yöntemlerin uygulanması*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.29s.
- Parhızkar, H. (2015). *Güneş enerjisinin tarımsal uygulamalarda kullanılması*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.19s.
- Parmaksız, H. (2017). *Raspberry Pi ile fotovoltaik panellerin elektriksel verilerinin gerçek zamanlı izlenmesi*. Bilecik: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.33s.
- Peren, V. (2016). *Fotovoltaik su pompalama sistemi tasarımı ve modellenmesi*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 46s.
- Poşpoş, P. (2017). *Fotovoltaik uygulamalar için yüksek frekans transformatörlü DA-DA çevirgeç tasarımı ve gerçekteştirilmesi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 39s.
- Rezaei, R. (2016). *Şebekeden bağımsız çalışan bir fotovoltaiksistemin gerilim kontrolü*. Ankara: Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 27s.
- Rodríguez-Urrego, Daniella ve Rodríguez-Urrego, Leonardo. 2018. 92, Photovoltaic energy in Colombia: Current status, inventory, policies and future prospects : Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018.
- Saloux, E. T. (2011). Explicit model of photovoltaic panels to determine voltages and currents at the maximum power point. Solar Energy.
- Sevim, H. (2017). *Fotovoltaik teknolojilerin Türkiye açısından yatırım değerlendirmesi Tire Organize Sanayi Bölgesi örneği*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.16s.
- sosyalnet. (2018, 7 8). *Güneş Işınlarının Atmosferde Dağılışı*. sosyalnet: [www.sosyalnet.com/2008/12/25/g-iar-atmosferde-da/](http://www.sosyalnet.com/2008/12/25/g-iar-atmosferde-da/), Erişim tarihi: 15.05.2018
- Şerbetli, S. (2016). *Fotovoltaik panellerde güç üretiminin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve verilerin saklanması*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.38 s.
- Tahtacı, Ç. (2018). *Güneş enerjisi ile beslenen akıllı duraklarda enerji yönetimi*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.29s.
- Tamrakar, V. G. (2015). Study of characteristics of single and double diode electrical equivalent circuit models of solar PV module. Pune, India: In International Conference on Energy Systems and Applications, IEEE.

- Toygar, U. (2017). *Fotovoltaik güneş panellerinin yüzey sıcaklıklarını tespit yöntemlerinin karşılaştırılması ve yeni model sunulması*. Rize: Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 10s.
- Varga, Z. B. (2007). *Economic Examination of The Utility of the Renewable Sources in Hungary; with a Special Focus on the exploitation of Biomass and Solar Energy*. University of Kaposvár Faculty of Economic Sciences Doctoral School of Economic and Management Sciences, Doktora Tezi. 22s.
- Yalçın, A. F. (2014). *Güneş enerjisi ile elektrik üreten güneş takipli dikey perde tasarımı ve analizi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sistem Dinamiği ve Kontrol Bilim Dalı, Yüksek Lisans tezi. 21s.
- Yücel, Y. (2016). *Güneş enerjisinden yararlanmak amacı ile fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanımı*. İstanbul: İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 19s.
- Zadeh, M. M. (2018). *Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerde güç kalitesinin deneysel analizi ve değerlendirilmesi*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 15s.
- Zıba, S. (2017). *Fotovoltaik üretim sistemlerinin şebekeye ve maliyetlere etkisinin incelenmesi*. Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 12s.

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler     |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Adı, Soyadı          | Yavuz Selim İŞLER         |
| Uyruğu               | T.C                       |
| Doğum Tarihi ve Yeri | 26.10.1981 / Afşin        |
| Medeni Hali          | Evli                      |
| Telefon              | 0506 771 99 27            |
| E-posta              | yavuzselimisler@yahoo.com |

| Eğitim        |                                      |                  |
|---------------|--------------------------------------|------------------|
| Derece        | Eğitim Birimi                        | Mezuniyet Tarihi |
| Lisans        | KSÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği | 2005             |
| Yüksek Lisans | KSÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği | 2008             |
|               |                                      |                  |

| İş Deneyimi |                                      |             |
|-------------|--------------------------------------|-------------|
| Yıl         | Yer                                  | Görev       |
| 2005-2007   | KSÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği | Ar. Gör.    |
| 2007 -      | Türk Telekom                         | Ekip Lideri |
|             |                                      |             |

## Yayınlar

- İşler Y. S., Salihmuhsin M.,(2018). Depolamalı, Şebeke Bağlantılı Hibrit Fotovoltaik Sistemin Performans Analizi. II. International Scientific and Vocational Studies Congress pp. 787, ISBN: 978-605-82164-2-6
- İşler Y. S., Salihmuhsin M., (2018). Azimut Açısının Güneş Enerjisi Santralinde Üretime Etkisini Modellenmesi ve Performans Analizi. II. International Scientific and Vocational Studies Congress pp. 788, ISBN: 978-605-82164-2-6
- İsler Y.S., Salihmuhsin M.,(2016). Categorization of Software Tools for Renewable Energy Sources, International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16) March 19-20, Kilis, TURKEY
- İşler Y. S., Salihmuhsin M.,. (2016). İstanbul Şartlarında 10 kWp Optimum Verimli Fresnel Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü Tasarımı ve Maliyet Analizi : International Conference on Renewable Energy Technologies and Applications (RETA'16), 2016.
- İsler Y.S., Salihmuhsin M, (2018). Performance Analysis of Storage, Grid Connected Hybrid Photovoltaic System. INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND VOCATIONAL JOURNAL. International Scientific and Vocational Studies Journal JF - Journal JO - JOR SP - 118 EP - 124 VL - 2 IS - 2 SN - 2618-5938- M3 - UR - Y2 - 2018 ER
- İşler Y. S., Salihmuhsin M., (2019). “Güneş Enerjisi Santrallerinde Sehpa Seçiminin Performansa Etkisinin Analiz Edilmesi Ve Sıcaklık Etkisi”. El-Cezeri Journal of Science and Engineering. 6/1 (Ocak 2019) :97-107. <https://doi.org/10.31202/ecjse.459080>
- İsler Y.S., Salihmuhsin M. (2019). “Stand-Alone Photovoltaic Systems for Telecommunication Stations, a Case Study for Kahramanmaraş, Turkey”. International Journal of Scientific and Technological Research. Vol 4, No.8, 2018 ISSN 2422-8702
- İşler Y. S., Salihmuhsin M., (2018)“Şebekeden Bağımsız PV Sistemin TRNSYS ile Gerçek Zamanlı Modellenmesi”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21 (1): 66-76.