

**T.C.  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**GÜNEŞ PANELİ VERİLERİNİN DC ENERJİ HATTI  
ÜZERİNDEN UZAKTAN İZLENMESİ VE VERİMLİLİĞE  
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BERAT UZUN**

**BOLU, TEMMUZ - 2019**

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**GÜNEŞ PANELİ VERİLERİNİN DC ENERJİ HATTI**  
**ÜZERİNDEN UZAKTAN İZLENMESİ VE VERİMLİLİĞE**  
**ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BERAT UZUN**

**BOLU, TEMMUZ - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Berat UZUN** tarafından hazırlanan “**GÜNEŞ PANELİ VERİLERİNİN DC ENERJİ HATTI ÜZERİNDEN UZAKTAN İZLENMESİ VE VERİMLİLİĞE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda 08.07.20019 tarihinde savunularak **Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

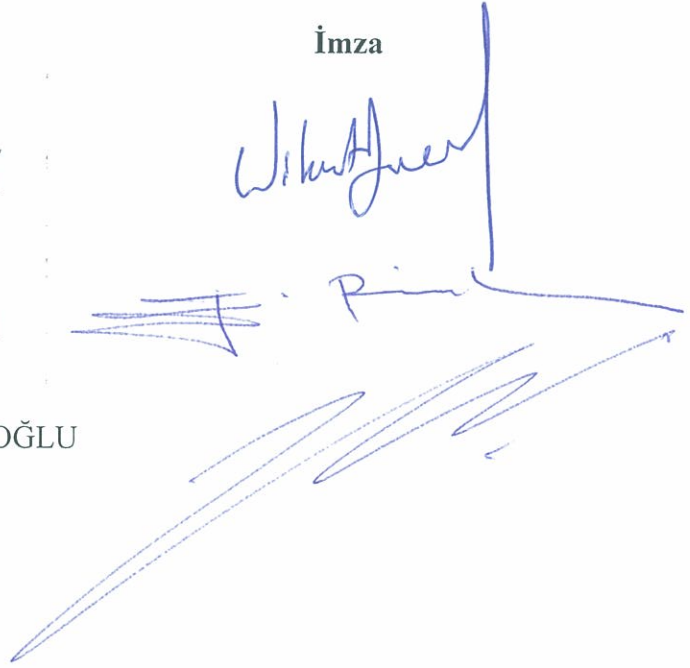
### Jüri Üyeleri

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Nihat DALDAL  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Prof. Dr. Erdal BEKİROĞLU  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi A. Reşit KAVSAOĞLU  
Karabük Üniversitesi

### İmza



Prof. Dr. Ömer ÖZYURT .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü **Y.**



**Eşime ve çocuklarıma,**

## ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

Bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

  
Berat UZUN

## ÖZET

**GÜNEŞ PANELİ VERİLERİNİN DC ENERJİ HATTI ÜZERİNDEN  
UZAKTAN İZLENMESİ VE VERİMLİLİĞE ETKİLERİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BERAT UZUN  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ NİHAT DALDAL)**

**BOLU, TEMMUZ - 2019**

Güneş ve rüzgâr gibi etkenlerden elde edilen enerjilerin üretimleri zamana ve dış faktörlere göre değişim göstermektedir. Stabil bir enerji üretimi için üreteçlerin devamlı olarak izlenmesi, yönetilebilmesi ve şehir şebekesi ile uyumlu çalışması gerekmektedir. Günümüzde güneş ve rüzgâr enerji üretim tesislerini entegre şekilde kullanabilmek için Akıllı enerji sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde kaynakların üretim seviyeleri ve verimleri izlenebilir, gerektiğinde yönetilebilir hale getirilmiştir. Akıllı enerji sistemlerinde, mevcut enerji hattının kullanılması ve donanım maliyetlerinin az olmasından dolayı Enerji hattı üzerinden haberleşme (Power Line Communication, PLC) yöntemi tercih edilmektedir.

Bu çalışmada fotovoltaik panellerin verimini etkileyen faktörlerden Sıcaklık, Panel ısısı, Nem, Işık oranı, Panel akımı, Panel gerilimi gibi parametreler belirli zaman aralıklarında elde edilerek seri bilgi haline getirilmiştir. Elde edilen veriler oluşturulan FSK verici-alıcı ile mevcut fotovoltaik panel DC enerji hattı kullanılarak (Power Line Communication, PLC) yöntemiyle bilgisayar ortamına aktarılmış, veriler kaydedilmiştir. Python tabanlı yazılan yazılımla panel parametrelerinin grafikleri oluşturulmuş, elde edilen veriler analiz edilerek enerji üretimini etkileyen faktörler incelenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Enerji Hattı Üzerinden İletişim, Fotovoltaik Güneş Paneli, FSK Modülasyon ve Demodülasyon, Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK)

## **ABSTRACT**

### **REMOTE MONITORING OF SOLAR PANEL DATA ON DC POWER LINE AND ITS EFFECTS ON EFFICIENCY**

**MSC THESIS**

**BERAT UZUN**

**BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING  
(SUPERVISOR: ASSISTANT PROFESSOR NİHAT DALDAL)**

**BOLU, JULY - 2019**

The production of energy derived from the sun and wind varies according to time and external factors. In order to produce stable energy, the generators need to be continuously monitored, managed and run in harmony with the city grid. Today, intelligent energy systems have been developed to use solar and wind energy production plants as integrated. Thanks to these systems, production levels and yields of resources can be monitored and managed when necessary. In intelligent energy systems, the Power Line Communication (PLC) method is preferred because of the use of the existing energy line and the lack of equipment costs.

In this study, parameters such as ambient temperature, panel temperature, humidity, light ratio, panel current and panel voltage were obtained at certain time intervals and became serial information. The data were transferred to the computer environment using the DC power line (Power Line Communication, PLC) of the current photovoltaic panel with the FSK modulated transmitter and receiver, and the data was recorded. In this study, the PV panel power line has been used for communication. On the receiving side, the data received from the FSK demodulator was read by the microcontroller and the graphics of the panel parameters were created with Python-based writing software. The data obtained were analyzed and the factors affecting energy production were investigated.

**KEYWORDS:** Powerline Communication, Photovoltaic Solar Panel, FSK Modulation and Demodulation, Frequency-shift keying (FSK)

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÖZET</b> .....                                  | <b>vi</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....                         | <b>x</b>    |
| <b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....                       | <b>xi</b>   |
| <b>KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....         | <b>xii</b>  |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....                              | <b>xiii</b> |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....                              | <b>1</b>    |
| 1.1 Kaynak Araştırması .....                       | 2           |
| <b>2. BÖLÜM 2</b> .....                            | <b>6</b>    |
| 2.1 Güneş Enerjisi.....                            | 6           |
| 2.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli .....   | 7           |
| 2.3 Fotovoltaik Hücreler .....                     | 9           |
| 2.4 FV Panel Özellikleri ve Çeşitleri .....        | 12          |
| 2.4.1 Monokristal Fotovoltaik Panelleri .....      | 13          |
| 2.4.2 Polikristal Güneş Panelleri .....            | 15          |
| 2.4.3 Thin Film Güneş Panelleri.....               | 15          |
| 2.5 FV Hücresinin Tek Diyotlu Eşdeğer Devresi..... | 16          |
| 2.6 Power Line Communication (PLC) .....           | 18          |
| 2.6.1 Passport Yöntemi.....                        | 19          |
| 2.6.2 PowerPacket Yöntemi .....                    | 20          |
| 2.6.3 Kullanıldığı Alanlar .....                   | 20          |
| 2.7 Akıllı Şebeke Sistemleri .....                 | 22          |
| <b>3. BÖLÜM 3</b> .....                            | <b>24</b>   |
| 3.1 Fotovoltaik Panel .....                        | 24          |
| 3.2 Mikrodenetleyici Kartı (Arduino Uno).....      | 25          |
| 3.3 Akım Sensörü ACS712 .....                      | 26          |
| 3.4 Nem ve Sıcaklık sensörü .....                  | 27          |
| 3.5 BH1750 Işık Sensörü.....                       | 28          |
| <b>4. BÖLÜM 4</b> .....                            | <b>29</b>   |
| 4.1 Tasarlanan Sistemin Yapısı .....               | 29          |
| 4.2 FSK Modülatör Devresi.....                     | 30          |
| 4.3 FSK Demodülatör Devresi .....                  | 32          |
| 4.4 Sensör Devresi .....                           | 35          |
| 4.5 Alıcı Devresi .....                            | 36          |
| 4.5.1 Yük Özellikleri .....                        | 38          |
| 4.6 FV Panel Yazılımı .....                        | 38          |
| 4.6.1 Matplotlib .....                             | 39          |
| 4.6.2 Numpy .....                                  | 39          |
| 4.6.3 Pandas.....                                  | 39          |
| 4.6.4 Sistem Yazılımı .....                        | 40          |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. DENEYSEL SONUÇLAR</b> .....                                      | <b>42</b> |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....                                      | <b>44</b> |
| <b>7. KAYNAKLAR</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>8. EKLER</b> .....  | <b>48</b> |
| <b>EK A1 Verici Ünitesi Arduino Yazılımı</b> .....                     | <b>48</b> |
| <b>EK A2 Verici Devresi Datalogger Yazılımı</b> .....                  | <b>51</b> |
| <b>EK A3 Alıcı Ünitesi Arduino Yazılımı</b> .....                      | <b>53</b> |
| <b>EK A4 Canlı Grafik Oluşturan Python Kodları</b> .....               | <b>54</b> |
| <b>EK A5 Verileri Kullanarak Grafik Oluşturan Python Kodları</b> ..... | <b>57</b> |
| <b>9. ÖZGEÇMİŞ</b> .....   | <b>59</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1.1. Güneş Enerjisinin Dağılımı. ....   | 7  |
| Şekil 1.2. Türkiye Güneş Atlası. ....   | 8  |
| Şekil 1.3 Bolu İline Ait Güneş Radyasyon Haritası. ....                               | 8  |
| Şekil 1.4. BOLU Rad. Değerleri (KWh/m <sup>2</sup> -gün) ve Güneşlenme Süreleri. .... | 9  |
| Şekil 1.5. TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl). ....                 | 9  |
| Şekil 1.6. 2010-2015 Yılları Arasındaki FV Panel Maliyetleri. ....                    | 11 |
| Şekil 1.7. 2010-2018 Yılları Arasında Dünyada Kurulu FV Sistemlerin Gücü. ....        | 11 |
| Şekil 1.8. 2010-2018 Türkiye’de Kurulu FV Sistemlerin Gücü. ....                      | 12 |
| Şekil 1.9. Monokristal FV Hücresi. ....   | 13 |
| Şekil 1.10. Güneş Panelinin Yapısı. ....  | 14 |
| Şekil 1.11. Polikristal FV Hücre. ....  | 15 |
| Şekil 1.12. Thin Film FV Hücresi. ....  | 16 |
| Şekil 1.13. Tek Diyotlu FV Hücre Modeli. ....   | 17 |
| Şekil 1.14. Frequency Shift Keying (FSK). ....  | 19 |
| Şekil 1.15. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). ....                   | 20 |
| Şekil 1.16. HVDC Veriyolu Üzerindeki PLC Sistemi. ....                                | 23 |
| Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan PV Panel. ....  | 24 |
| Şekil 3.2. Arduino Uno Üst Görünüşü. ....   | 25 |
| Şekil 3.3. ACS 712 İç Yapısı ve Devresi. ....   | 26 |
| Şekil 3.4. Akım Sensörü Uygulama Devresi. ....  | 26 |
| Şekil 3.5. SHT3X Kılıfı ve İç Yapısı. ....  | 27 |
| Şekil 3.6. BH1750 Işık Sensörü Blok Şeması ve Kılıfı. ....                            | 28 |
| Şekil 4.1. Tasarlanan Sistemin Blok Şeması. ....                                      | 29 |
| Şekil 4.2. FSK Modülasyon Sinyali. ....   | 30 |
| Şekil 4.3. FSK Modülasyon Devresi. ....   | 30 |
| Şekil 4.4. Verici Devresinde Oluşturulan FSK sinyali. ....                            | 31 |
| Şekil 4.5. FSK Verici Baskı Devresi. ....   | 31 |
| Şekil 4.6. FSK Demodülatör Devresi. ....  | 32 |
| Şekil 4.7. FSK Alıcı Baskı Devresi. ....  | 33 |
| Şekil 4.8. Verici Bilgi Sinyali (CH1) ile Alıcı Bilgi Sinyali (CH2). ....             | 34 |
| Şekil 4.9. Bobinlerin İletim Kanalına Etkisi. ....                                    | 34 |
| Şekil 4.10. Sistemin Sensör Devresi. ....   | 35 |
| Şekil 4.11. Verici Ünitenin İç ve Dış Görünüşü. ....                                  | 36 |
| Şekil 4.12. Alıcı Devresi Blok Şeması. ....   | 36 |
| Şekil 4.13. Alıcı Devresi İç Yapısı. ....   | 37 |
| Şekil 4.14. Alıcı Ünitesi. ....   | 37 |
| Şekil 4.15. Yük Olarak Kullanılan Reosta. ....  | 38 |
| Şekil 4.16. FV Panel Yazılımı Blok Şeması. ....                                       | 40 |
| Şekil 4.17. TXT Dosyadaki Zaman ve Sensör Bilgileri. ....                             | 41 |
| Şekil 4.18. Sensör Verileri ile Oluşturulan Grafik Pencereleeri. ....                 | 41 |
| Şekil 5.1. Güç ve Işığın Günlük Değişimleri. ....                                     | 42 |
| Şekil 5.2. Nem ve Işığın Günlük Değişimleri. ....                                     | 43 |
| Şekil 5.3. Panel ve Ortam Sıcaklığının Güç Üzerine Etkisi. ....                       | 43 |
| Şekil 5.4. 3 farklı günde üretilen güç değerleri. ....                                | 43 |

# ÇİZELGE LİSTESİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>Çizelge 3.1.</b> Kullanılan polikristal panel parametreleri. .... | 24           |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Arduino Uno Parametreleri. ....                  | 25           |
| <b>Çizelge 3.3.</b> SHT3X parametreleri.....                         | 27           |
| <b>Çizelge 3.4.</b> BH1750 Işık sensörü parametreleri. ....          | 28           |
| <b>Çizelge 4.1.</b> Modülatör devresi parametreleri.....             | 31           |
| <b>Çizelge 4.2.</b> Demodülatör devresi parametre hesapları. ....    | 33           |



## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

|             |   |
|-------------|---|
| <b>A</b>    | : Amper   |
| <b>FSK</b>  | : Frequency Shift Keying                            |
| <b>IEEE</b> | : Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| <b>GES</b>  | : Güneş Enerji Santrali                             |
| <b>HVDC</b> | : High Voltage Direct Current                       |
| <b>OFDM</b> | : Orthogonal Frequency Division Multiplexing        |
| <b>PCB</b>  | : Printed Circuit Board                             |
| <b>PLC</b>  | : Power Line Communication                          |
| <b>PL</b>   | : Power Line  |
| <b>PV</b>   | : Photovoltaic                                      |
| <b>TDM</b>  | : Time Devition Multiplex                           |
| <b>UART</b> | : Universal Asynchronous Receiver-Transmitter       |
| <b>V</b>    | : Volt  |

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐması sűresince her tűrlű konuda yardımını esirgemeyen tez danıŐmanım Dr. ŐĐr. Őyesi Nihat DALDAL'a, tecrűbelerinden yararlandığım Prof.Dr. Kemal POLAT'a, elektronik kısımlarda ve tasarım aŐamalarında yardımlarını esirgemeyen çalıŐma arkadaşlarım Alper AKAY, Murat ARICAN ve Yener YŪZŪAK'a, kurumunun çatısında PV Panelin kurulmasına izin veren, her tűrlű desteĐi esirgemeyen Bolu Bilim ve Sanat Merkezi Műdűrű Dr. Ferdi KILIÇ'a teŐekkűr ederim.

Ayrıca yazım hatalarını dűzeltmemde yardımcı olan canım eŐim Gűnűl UZUN'a çok teŐekkűr ederim.



## Tezin Yapısı

Bu tez çalışması aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

**1. Giriş:** Bu bölümde tezin konusu ile ilgili genel bilgiler, problemin tanımı, tez çalışmasının amacı ile bilgiler verilmektedir. Tez konusu ile ilgili yapılan çalışmaların incelendiği bölümde fotovoltaik panel verimini etkileyen faktörler, Power Line Communication, mikrodenetleyici ve sensörler konularında yapılan literatür taraması sonuçları verilmektedir.

**2. Bölüm:** Bu bölümde çalışma konusu ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Literatür taraması sırasında elde edilen bilgiler yorumlanarak Güneş enerjisi, güneş paneli ve enerji hattı üzerinden iletişim (PLC) konularını daha iyi anlaşılmasını sağlayacak bilgiler sunulmuştur.

**3. Bölüm:** Bu bölümde tez konusu kapsamında tasarlanan sistemde kullanılan sensörlerin, cihazların ve elektronik sistemlerin yapısı ve teknik özellikleri hakkında bilgilere yer verilmiştir.

**4. Bölüm:** Bu bölümde tez konusu kapsamında oluşturulan sistemin yapısı, FSK modülatör FSK demülatör, sistemin alıcı devresi, sistemin verici devresi ile ilgili açıklayıcı bilgilere yer verilmektedir.

**5. Deneysel Sonuçlar** – Oluşturulan PLC sistem vasıtasıyla alınan veriler bilgisayarda işlenip değerlendirilecektir. Oluşturulacak grafikler analiz edilecektir.

**6. Sonuç ve Öneriler** – Elde edilen sonuçların yorumlandığı ve geliştirilecek yeni sistemler için önerilere yer verilen bölümdür.

# 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ve dünya nüfusunun devamlı olarak artması enerjiye olan ihtiyacın da artması anlamına gelmektedir. Günümüz dünyasında konvansiyonel enerjinin kaynağı olan fosil yakıtların azalması, temiz ve güvenilir enerjinin daha da önemli hale gelmesine neden olmaktadır. Gelişmiş ülkeler ortaya çıkan enerji ihtiyaçlarını gidermek için enerji konusunda politikalar geliştirmeyi ve temiz enerjinin toplam enerji üretimindeki payını arttırmayı hedeflemişlerdir.

Günümüzde doğa dostu yeşil enerji kavramı ile özdeşleşen güneş ve rüzgâr enerjisi bol ve sınırsız olması sebebiyle üretim tesisleri verimlilik konusunda sürekli gelişim göstermektedir. Güneş enerji sistem teknolojilerinin özellikle son 20 senede büyük bir gelişim göstermiş ve üretim tesisleri giderek çoğalmıştır. Rüzgâr enerji sistemlerinin daha eski bir teknoloji olmasından dolayı günümüzdeki üretim paylarının daha fazla olduğunu söyleyebiliriz.

Rüzgâr enerji sistemlerinin güneş enerji sistemlerine göre büyük dezavantajlarından biri, rüzgâr oluşumunun tahmin edilememesidir. Güneşin konumu, ne zaman hangi derece ile ışık yaymasının öngörülebilir olması rüzgâr enerji sistemlerine göre daha az hata payı ile üretim yapmasına olanak sağlamaktadır.

Güneş ve rüzgâr gibi etkenlerden elde edilen enerjilerin üretimleri zamana göre değişim göstermektedir. Stabil bir enerji üretimi için devamlı olarak izlenmesi ve yönetilebilmesi gerekmektedir. Enerji hattı üzerinden haberleşme (PLC) yöntemi, mevcut enerji hattını kullanması ve donanım maliyetinin az olmasından dolayı Akıllı üretim sistemlerinde tercih edilmektedir.

Bu çalışmada Fotovoltaik panellerin verimi etkileyen faktörlerden Sıcaklık, Panel ısısı, Nem, Işık oranı, Panel akımı, Panel gerilimi gibi parametreleri ölçülecek daha sonra elde edilen bilgiler mevcut enerji hattı kullanılarak bilgisayar ortamına taşınarak kayıt altına alınacak ve Python tabanlı yazılan yazılımla grafikleri oluşturulacaktır. Elde edilen veriler analiz edilerek enerji üretimini etkileyen faktörler incelenecektir.

## 1.1 Kaynak Araştırması

Fotovoltaik sistemleri etkileyen faktörler, güç hattı üzerinde haberleşme PLC (Power Line Communication), Arduino ve sensörler konularında yapılan araştırmalarda birçok bilimsel çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalardan önemli görülenler aşağıda özetlenmiştir.

Kabalıcı vd (2010) Bu çalışmada, son yıllardaki teknolojik gelişmelerle daha popüler bir hâl alan ve uygulama alanları genişlemekte olan enerji hattı haberleşmesi incelenmiştir. Çalışmada öncelikle enerji hattı haberleşmesinin ortaya çıkış amacı, ilk uygulamaları ve tarihi gelişimi incelenmiştir. Ardından Türkiye’de kullanılmakta olan enerji hatları ve özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bir iletim ortamı olarak enerji hattının kullanılması durumunda karşılaşılan ve enerji hattı haberleşmesinin en önemli sorunları olan değişken empedans, büyük miktardaki gürültü ve zayıflama sorunları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çok geniş ölçekli tümleşik devre tasarımı ve sayısal işaret işleme alanlarındaki son gelişmeler enerji hattı haberleşmesindeki sorunların çözümünde yeni avantajlar sağlamaktadır.

Daldal (2013) Enerji hattı üzerinden yapılan ölçümler ile hat empedansının frekansa göre değişimi grafiksel olarak elde edilmiş ve haberleşmede sinyal frekansının önemi ortaya konmuştur. Bu çalışmada enerji hattı üzerinden haberleşmek için farklı yaklaşımlar geliştirilerek düşük maliyetli basit haberleşme sistemleri tasarlanmış ve üç farklı haberleşme uygulaması gerçekleştirilerek farklı mekanlarda denenmiştir. Yapılan ilk uygulamada hattın sıfır geçiş anında sinyal gönderimi gerçekleştirilmiş, ikinci uygulamada 3 fazda haberleşme sağlamak için FSK uygulaması gerçekleştirilmiş, son uygulamada ise değişken frekans ile haberleşmenin özel hazırlanan bir yazılımla gerçekleşmesi sağlanmıştır. Yazılım ile kontrol, donanım elemanlarının en aza indirgenmesine fırsat sağlamıştır.

Dubey vd (2013) Bu projede, çalışma sıcaklığı ve fotovoltaik modül yapısının kristal yapıları fotovoltaik modüllerinin elektriksel performansı üzerindeki etkisi hakkında araştırmalar yapmışlardır. Ortaya çıkan bulgularda And Dağları, Himalaya bölgesi ve Antarktika gibi rakımı yüksek bölgelerde PV modül veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Coğrafi konumun, ışık seviyesinin ve ortam



sıcaklığının PV sistem performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Napoli vd (2014) oluşturulan sistemde, seri bağlı fotovoltaik modüller ile DC veriyolunda bir güç hattı iletişimi (PLC) gerçekleştiren yenilikçi bir topoloji sunulmuştur. Yenilikçi tasarımda, alıcı-vericiler aynı referans voltajını paylaşmasa bile DC veriyolu üzerinden iletişim sağlanmaktadır. Ayrıca, fotovoltaik sistemin performansını etkilemeyen bir devre çözümü önerilmektedir. Devre, harici besleme veya pil ihtiyacını tamamen ortadan kaldıran etkili bir enerji toplama besleme aşaması ile sağlanır. Ticari üretim yapan bir sistem üzerinde tasarlanan alıcı-verici vasıtasıyla elde edilen deneysel sonuçlar, önerilen topolojinin sağlamlığını ve güvenilirliğini göstermektedir.

Gang-Neng Sung vd (2015) Bu çalışmada klasik PLC sisteminin çalışmasında verici ile alıcı arasındaki kanalda oluşan gürültü ve diğer etkenlerden arındırmak amacıyla iki fazlı iletişim sistemi zaman bölmeli çoğullama (time division multiplexing) TDM tekniği kullanılmıştır. Kanala eklenen bir anahtar vasıtasıyla belirli zaman aralıklarında enerji kesilerek kablo hattına sadece sinyal gönderilmiştir. Basit bir sistem tasarlanarak bilginin iletilmesi sağlanmıştır.

Han vd (2015) bu makale, düşük maliyetli bir güç hattı iletişimine (PLC) dayanan kullanıcı dostu bir PV izleme sistemi önermektedir. Maliyet azaltma için, PLC modülü bir iletişim modemi olmadan geliştirilmiştir. Ayrıntılı izleme için, PLC modülleri her PV modülüne monte edilir; veri kaydedici, her PV modülünün ve PV invertörün izlenen verilerini toplar. Kullanıcı dostu erişim için, tasarlanan akıllı uygulama grafiksel toplanan verileri göstermek için kullanılır. Saha testinde, geliştirilen PV izleme sistemi on altı 400 W PV modülünden oluşan gerçek bir PV sisteminde test edilmiştir. Kullanıcılar akıllı bir cihaz aracılığıyla tüm PV sisteminin durumunu anlayabilirler. Bu çalışmanın PV sistem performansını koruyarak yerleşim alanlarında enerji maliyetini düşürmesi beklenmektedir.

H.Ochiai , H.Ikegami (2016) Büyük ölçekli bir PV işletmesinde arızalı PV panellerinin tanımlanması, panel düzeyinde sağlamlık kontrolleri gerektirir. Yapılan çalışmada, her panelin ayrı ayrı izlenmesi için tasarlanmış seri bağlı PV paneller (PPLC-PV) için bir darbe güç hattı iletişimi önerilmektedir. Ayrıca, dört tip PPLC-PV vericisi ve herhangi bir özel modem gerek kalmadan, az sayıda kapasitör,

indüktör, diyot ve transistörden oluşan bir alıcı önerilmektedir. Özellikle çeşitli konfigürasyonlara sahip 20 PV panel kullanarak veri iletişimi test edilmiştir.

Duc Ma vd.(2016) DC-PLC tabanlı izleme sistemi ile PV gücünü ölçerek PV modülünün performansını ve verimliliğini değerlendiren yönetim sistemi tasarlanmıştır. Bu çalışmada, düşük maliyetli PV modülü izleme sistemi için DC-PLC yöntemini kullanarak ve bir ölçüm cihazı ve iletişim modemi oluşturulmuştur. İletişim performansı için dijital filtre ve çoklu taşıyıcı iletişimi uygulanmıştır. Tasarlana DC-PLC Modem, simülasyon ve deneylerle doğrulanmıştır.

Eke vd (2017) Çalışmada ışık spektrumunun fotovoltaik modüllerin dış mekan performansa etkileri araştırılmıştır. Işınım seviyesi ve çalışma sıcaklığı aynı olsa bile, fotovoltaik modüllerin mevsimler arasındaki performans farkı, fotovoltaik modül tipine bağlı olarak %15'e kadar çıkabildiği gösterilmiştir. Mevsimsel spektral ışınım dış ortamda fotovoltaik modül performansı ve önceki çalışmalar üzerindeki etkileri özetlenmiştir. Spektrum özellikleri, yararlı fraksiyon ve ortalama Foton enerjisi için kullanılan spektrum göstergeleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu çalışma aynı zamanda PV performansı üzerindeki spektrum etkilerini göstermekte ve bu etkiyi araştıran mevcut çalışmaları özetlemektedir.

Soyer (2017) Yapılan çalışmada elektrik enerjisi üretimi için kullanılan fotovoltaik panellerin ürettiği akım, gerilim, güç ve eş zamanlı ışınım-sıcaklık değerleri zamana bağlı olarak Secure Digital (SD) Memory Card içerisine depolanmıştır. Sensörler yardımı ile ölçülen ışınım, sıcaklık değerleri ve fotovoltaik panelin çıkışından elde edilen akım ve gerilim değerleri veri toplama kartına uygulanarak buradan elde edilen referans değerleri Arduino (mikrodenetleyici kartı) girişlerine verilmiştir. Ölçülen değerler SD hafıza kartı içerisine kaydedilerek bilgisayar ortamında oluşturulan yazılımla gerekli grafikler oluşturulmuştur.

Haydaroğlu (2017) Ortaya konulan çalışmada Dicle Üniversitesi tarafından eğitim, üretim ve analiz yapabilmek maksatı ile kurulan 250 kWp gücündeki fotovoltaik enerji santralinin simülasyonu PVsyst simülasyon programı ile yapılmıştır. Ayrıca IEC 61724 standardında performansı analizi yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ile verimde etkisi olabilecek kurulum açısı, gölgelenme, panel verimliliği gibi parametrelerin üretilen enerji oranına etkisi belirlenmiştir. Bunun

yanında simülasyon sonuçları ile santralin bir yıllık üretim bilgileri karşılaştırılmıştır.

Tahri vd (2018) İki tür fotovoltaik modül teknolojisine dayanan şebekeye bağlı fotovoltaik sistemleri değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışma, Japonya'nın kuzeyindeki Tsukuba'da, Ulusal İleri Endüstriyel Bilim ve Teknoloji Enstitüsü'nde kurulan dört adet panel üzerinde yapılmıştır. Polikristal yapılı iki panel (mc-Si) ve ince film teknolojisine dayanan diğer iki panel, bakır indiyum selenyum: (CIS) kullanılmıştır. Dış ortamda olası tüm değişikliklerin bir değerlendirmesini yapmak için izleme verileri bir yıl boyunca toplanmıştır. Çalışmanın amacı, şebekeye bağlı PV sisteminin özelliklerini, davranışını ve çevresel parametrelere duyarlılığını tanımlamaktır. Şebekeye bağlı dört PV sisteminin dış mekan performans değerlendirmesinde çeşitli parametreler kullanılmıştır; performans oranı, sıcaklık kayıpları, nihai verim, referans verim, üretilen AC enerji ve sistem verimi. Mc-Si teknolojisine dayanan şebekeye bağlı PV sistemlerinin CIS tabanlı sistemlerden çok daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur.

Mc-Si modüllerine dayalı sistemlerin yıllık ortalama günlük performans oranları, CIS modülüne dayalı sistemlere göre yaklaşık % 5.53, yıllık ortalama günlük AC enerji üretimi ise CIS'den yaklaşık % 42.85 daha yüksek bulunmuştur.

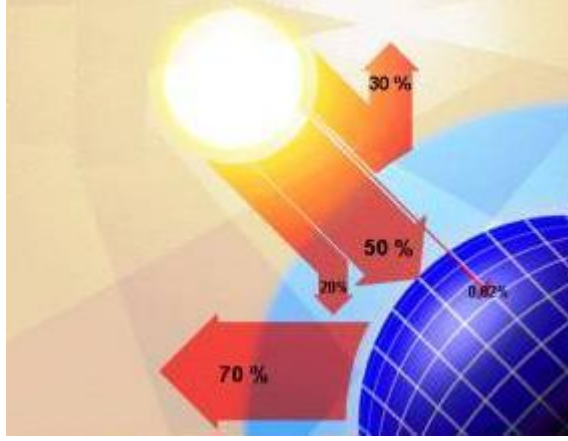
Şimsek (2018) Yapılan çalışmada ışınım ve performans parametrelerinin, verimliliği etkileyen faktörlerin hesaplanması için kullanılacak metotlara yer verilmiştir. Gölbaşı GES ve Torbalı GES tesislerinde incelemeler yaparak verim konusunda en fazla kayıp oranının ısı kayıp olduğu vurgulanmıştır.

## 2. BÖLÜM 2

Bu bölümde çalışma konusu ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Literatür taraması sırasında elde edilen bilgiler yorumlanarak Güneş enerjisi, güneş paneli ve enerji hattı üzerinden iletişim (PLC) konularını daha iyi anlaşılmasını sağlayacak bilgiler sunulmuştur.

### 2.1 Güneş Enerjisi

Güneş yapı itibariyle hidrojen ve helyumdan oluşan bir gaz topudur. Büyüklüğünden dolayı oluşan basınç ve sıcaklıkla oluşan Nükleer Füzyon ile adlandırılan tepkimeyle hidrojen çekirdekleri helyum çekirdekleri dönüşür, bu dönüşüm sırasında büyük bir ışıma enerjisi çıkmaktadır. Ortaya çıkan enerji dünya dışında  $1360 \text{ W/m}^2$  olmasına rağmen, atmosferin etkisiyle yer yüzeyine ulaşan enerji miktarı  $0-1110 \text{ W/m}^2$  arasında olmaktadır. Yeryüzüne gelen enerjinin çok küçük kısmı bile insanlığın kullandığı enerjiden çok fazladır. Güneş enerjisi ile ilgili faaliyetler 1975'lerden sonra ivme kazanmıştır. Bu alanda kullanılan teknolojinin ilerlemesi ve maliyetin düşmesinden dolayı dünyanın her tarafında kullanılabilir hale gelmiştir. Güneş ile Dünya arasında 150 milyon km mesafe bulunmaktadır. Güneşten Dünya'mıza gelen enerji, Dünya'da bir yılda harcanan enerjinin yaklaşık 20 bin katıdır. Güneş enerjisinin tümü yer yüzeyine gelemez, Şekil 1.1'de görüldüğü gibi %30 civarı atmosfer tabakasına çarparak geri yansıma yapar. Işınım enerjisinin yaklaşık %50'si atmosferi aşarak yer yüzeyine gelebilmektedir.

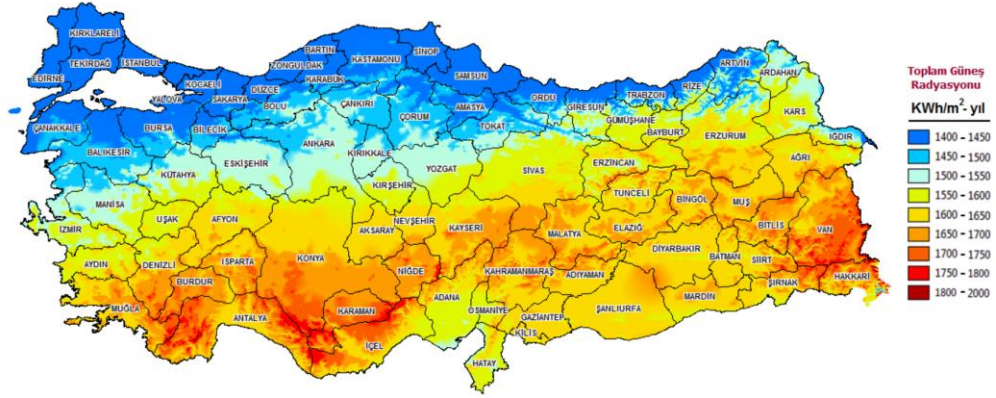


**Şekil 2.1.** Güneş Enerjisinin Dağılımı.

Yer yüzeyine ulaşabilen güneş enerjisi sayesinde dünyamızın sıcaklığı artar ve yaşam için gerekli şartlar sağlanır. Okyanus akıntıları ve rüzgârların oluşması ısınmanın bir sonucudur. Gelen güneş enerjinin %20'si bulutlarda ve atmosferde tutulmaktadır. Yeryüzüne gelen enerjinin %1 civarı fotosentez işlemi için bitkiler tarafından kullanılmaktadır. Fotosentez işleminde bitkiler, ışıkla beraber karbondioksit ve su kullanmakta sonuçta oksijen ve şeker üretilmesini sağlamaktadır. Fotosentez, dünyamızda yaşamın oluşmasında en önemli etkenlerden biridir. Güneş enerjisi nükleer enerji hariç bütün enerjilerin kaynağı sayılmaktadır. (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018).

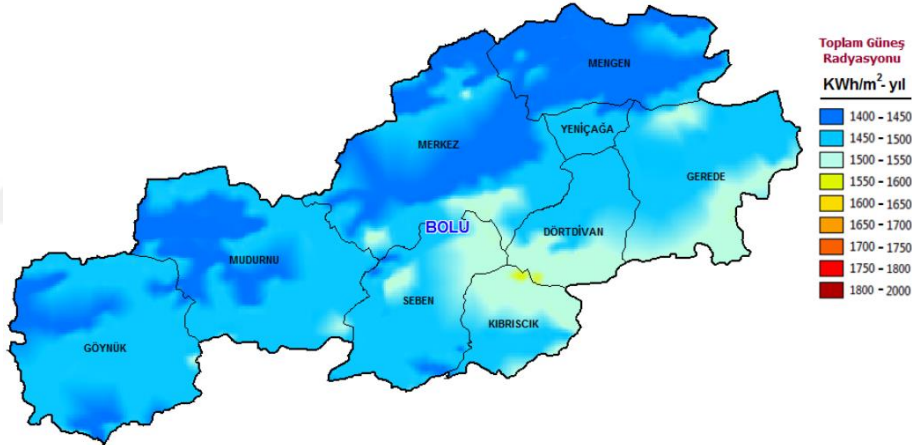
## 2.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye güneş enerjisi bakımından şanslı sayılacak bir konumdadır. Her bölgesinde enerji üretim potansiyeli barındırmaktadır. Ülkemize gelen yıllık ortalama güneş Işınımı oranı  $1304 \text{ kWh/m}^2$  değerindedir, ayrıca ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2624 saattir. Bu bilgiler ışığında günlük  $3,6 \text{ kWh/m}^2$  güç ve günde yaklaşık 7,2 saat güneşlenme değerleri çıkmaktadır. Bir yıl üzerinde hesapladığımızda yaklaşık 110 gün güneşlenme süresi elde edilir. Ülkemiz günlük 9,8 milyon TEP (ton eşdeğer petrol) üzerinden 26,2 milyon TEP enerji potansiyeline sahiptir. Ülkemizin yüz ölçümünün %17'si tüm yıl, %63'ü ise 10 ay süresince güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilir. Şekil 1.2'de Türkiye'nin güneş atlası gösterilmiştir.



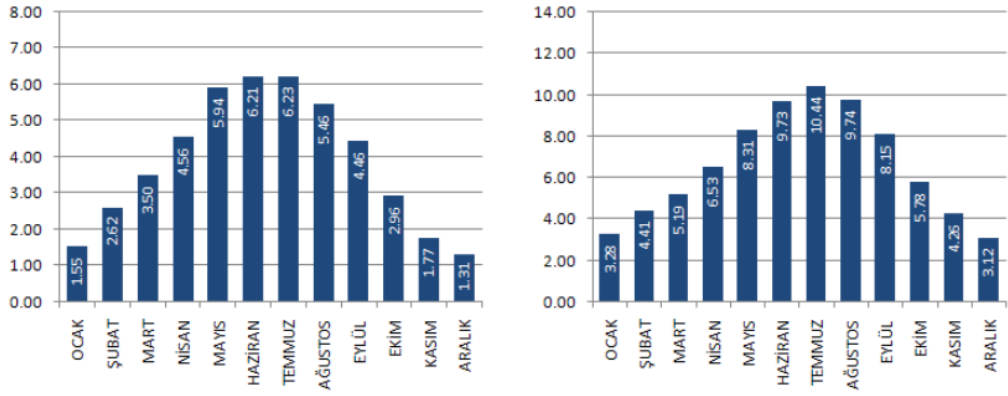
Şekil 2.2. Türkiye Güneş Atlası.

FV sistemimiz Bolu Bilim Sanat Merkezinde bulunmaktadır. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi Bolu yıllık  $1450-1500 \text{ KWh/m}^2$  güneş radyasyon almaktadır.

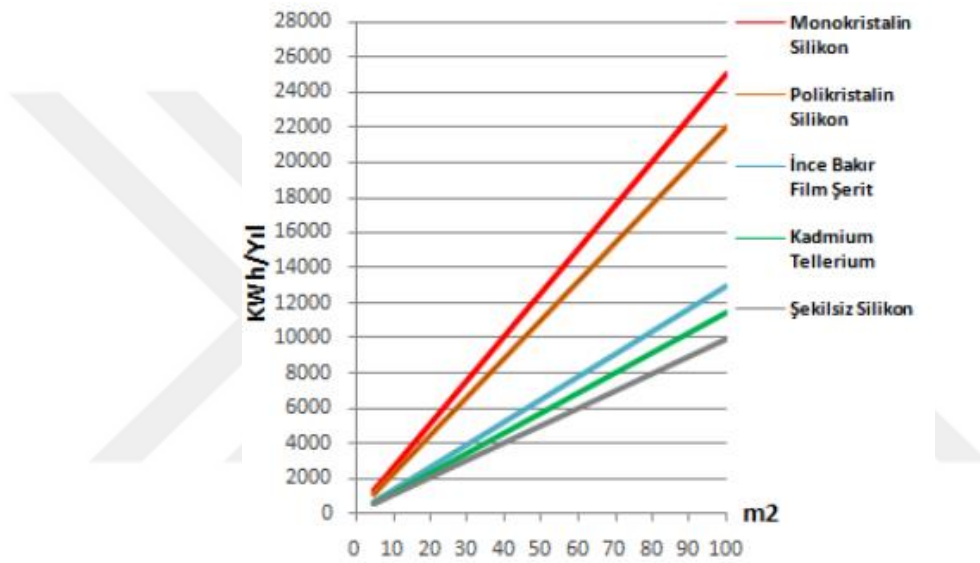


Şekil 2.3 Bolu İline Ait Güneş Radyasyon Haritası.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünden 2018 yılında Bolu için alınan radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri Şekil 1.4'de gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında değerlerin en yüksek Aralık ve Ocak aylarında ise en düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.4. BOLU Rad. Değerleri (KWh/m2-gün) ve Güneşlenme Süreleri.



Şekil 2.5. TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl).

### 2.3 Fotovoltaik Hücreler

Güneş pilleri olarak da adlandırılan **fotovoltaikler (PV)** güneş ışığını doğrudan elektrige dönüştüren elektronik cihazlardır. Modern güneş pilinin ilk örneklerini eski hesap makinelerinde görmek mümkündür. Güneş pilleri 1954'te Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Bell Telephone Laboratories'de icat edildiler. Bugün PV, en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji teknolojilerinden biridir ve gelecekteki küresel elektrik üretim sistemlerinde önemli bir rol oynamaya hazırdır.

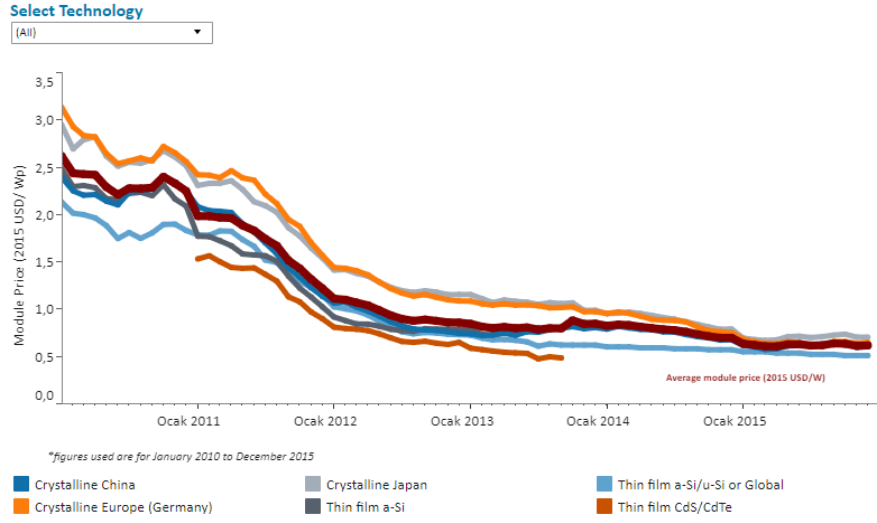
PV sistemleri ticari ölçekte elektrik sağlamak için birleştirilebilir veya kişisel kullanım için daha küçük yapılandırmalarda düzenlenebilir. Mini şebekelere güç sağlamak için solar PV kullanımı, özellikle mükemmel güneş enerjisi kaynaklarına sahip gelişmekte olan ülkelerde, enerji nakil hatlarının yakınında yaşamayan insanlara elektrik erişimi sağlamak için mükemmel bir yoldur. Türkiye’de PV tipine göre üretilebilecek enerji Şekil 1.5’te görülmektedir.

Güneş panelleri üretmenin maliyeti son on yılda çarpıcı bir şekilde düşmüştür, bu da onları yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda çoğu zaman en ucuz elektrik formu haline getirmiştir. Güneş panelleri yaklaşık 30 yıllık bir ömre sahiptir ve imalatta kullanılan malzemenin türüne bağlı olarak verimleri farklılık gösterir (<https://www.irena.org/solar>, 2018).

Dünyadaki birçok yatırım şirketi güneş enerji sistemlerine yatırım yapmaktadır. Ayrıca bu şirketler EPC (Engineering, Procurement, Construction) hizmetleri ve enerji satışından büyük gelirler kazanmaktadırlar. Güneş enerji sistemlerine AR-GE yatırımları her geçen gün artmakta olup devletler ve özel şirketler mali olarak büyük destekler sağlamaktadırlar. Günümüzde güneş enerji sistemleri içerisinde en fazla ilgiyi çeken ve kurulumu en çok yapılan teknoloji fotovoltaik teknolojisidir. Teknolojinin gelişmesi ve rekabet ortamının artması ile beraber Şekil 1.6’da gösterildiği gibi fotovoltaik sistemleri oluşturan kristal fotovoltaik modüllerin 2010 senesindeki maliyeti 3 Dolar seviyesinde iken 2015 senesinde 0.3 Dolar’a kadar düşmüştür.

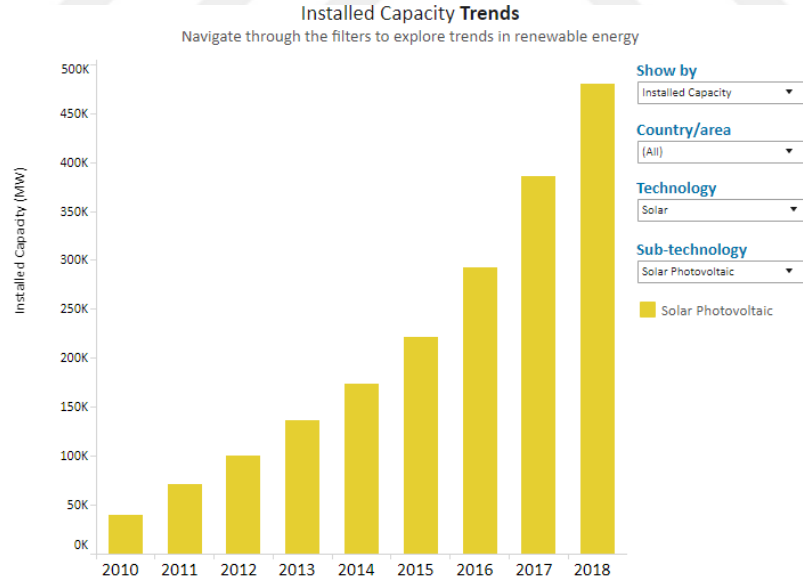


### Solar PV Module Prices\* 2010 to 2015: -75% to -80%

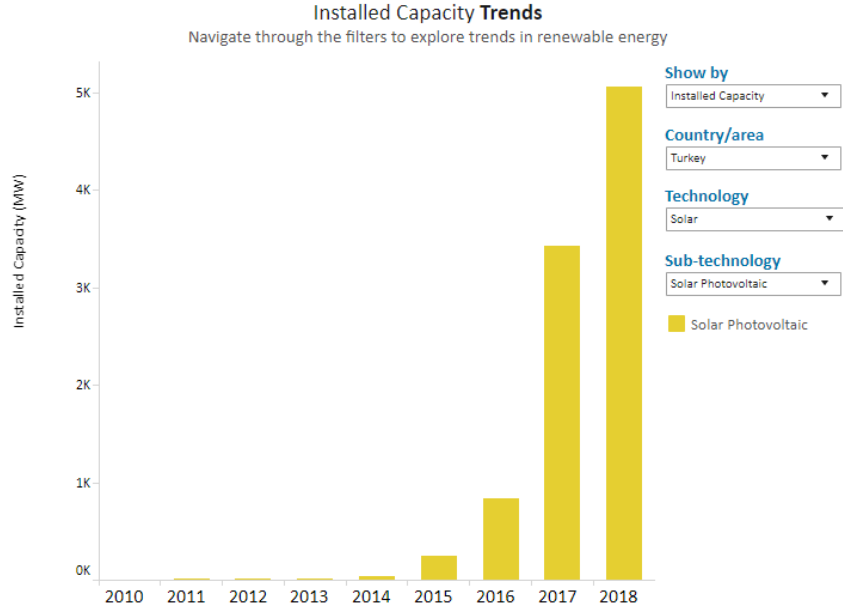


**Şekil 2.6.** 2010-2015 Yılları Arasındaki FV Panel Maliyetleri.

Dünya Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre 2018 yılında dünyada kurulu FV sistem kapasitesi yaklaşık 500.000 MW, ülkemizde ise 5MW olduğu görülmektedir. Şekil 1.7’de Dünyada, Şekil 1.8’de Ülkemizde 2010-2018 yılları arasında kurulu FV sistemlerin istatistikleri yer almaktadır.



**Şekil 2.7.** 2010-2018 Yılları Arasında Dünyada Kurulu FV Sistemlerin Gücü.



**Şekil 2.8.** 2010-2018 Türkiye’de Kurulu FV Sistemlerin Gücü.

Fotovoltaik teknolojisinin devamlı gelişmesiyle beraber verimlilik konusu ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu konuda birçok üniversite ve özel şirket araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmaktadır. Güneş enerjisi tesislerinin verimliliğinin artması için Fotovoltaik sistemlerin verimliliğini etkileyen faktörlerin tespiti ve analiz edilmesi önem arz etmektedir.

## 2.4 FV Panel Özellikleri ve Çeşitleri

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber güneş paneli üretiminde onlarca farklı madde kullanılmaya başlanmıştır. Güneş hücreleri dilimlere ayrılmış tek silikon tabakadan, bir taşıyıcı üzerinde oluşturulmuş çoklu kristal veya ince (thin) film şeklinde üretilmektedir. En çok kullanılan malzemeler:

- Kalın kristal malzeme: Kristal silisyum, galyum arsenik (GaAs).
- İnce film malzeme: Amorf silisyum, kadmiyum sülfür (CdS), kadmiyum tellür (CdTe), bakır indium diselenoid (CuInSe<sub>2</sub>).

Monokristal yada polikristal güneş panelleri, PV sisteminde aynı işlevi görür: güneşten enerji toplar ve elektriğe dönüştürürler. Her ikisi de güneş panelleri için

kullanılan silikondan yapılmıştır, çünkü silikon bol, çok dayanıklı bir maddedir. Birçok güneş paneli üreticisi hem monokristal hem de polikristal paneller üretir.

İki teknoloji arasındaki temel fark, kullandıkları silikon güneş pili tipidir: monokristal güneş panelleri, tek bir silikon kristalinden yapılan güneş hücrelerine sahipken, polikristal güneş panelleri, birçok silikon parçasından eritilmiş güneş hücrelerine sahiptir.

#### 2.4.1 Monokristal Fotovoltaik Panelleri

Monokristal güneş panelleri genellikle birinci sınıf bir güneş ürünü olarak düşünülür. Monokristal panellerin temel avantajları daha yüksek verim, daha uzun ömür ve estetikdir.

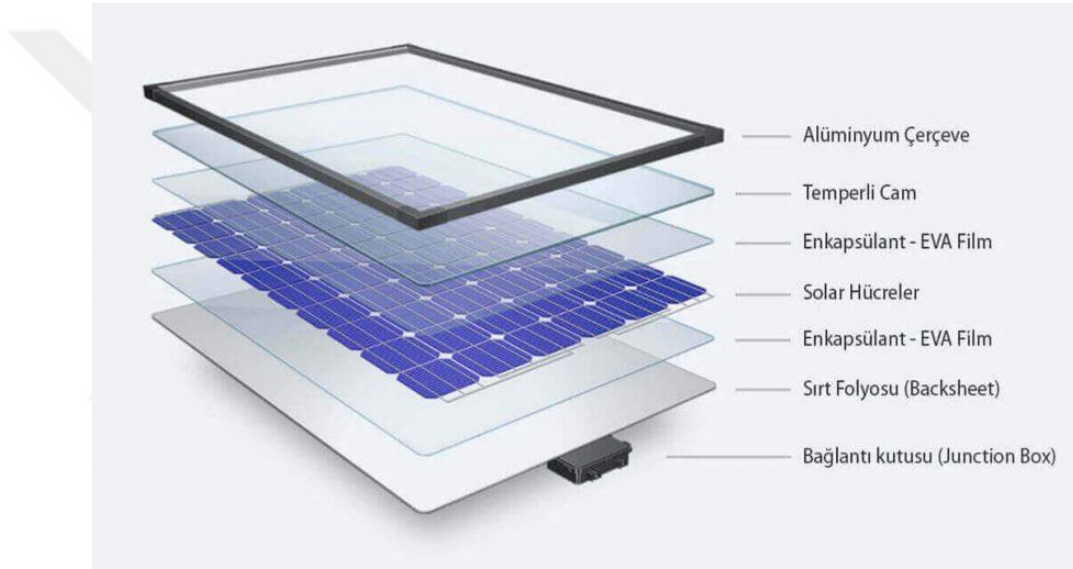
Monokristal güneş pilleri yapmak için silikon, çubuklara ayrılır ve ince rondela şeklinde kesilir. Bu tip hücrelere, kullanılan silikonun tek kristalli silikon olduğunu belirtmek için “monokristal” adı verilir. Hücre tek bir kristalden oluştuğundan, elektrik akışı üreten elektronların hareket etmesi için daha fazla alana sahiptir. Şekil 1.9’da Monokristal FV hücrenin üretim aşamaları görülmektedir.



Şekil 2.9. Monokristal FV Hücresi.

Monokristal güneş hücreleri yüksek verim oranlarına sahiptirler. Laboratuvar ölçümlerinde %22, üretimde ise %12-13 civarı verim oranlarına ulaşmaktadır. PV modüller birçok bileşenin katman katman yerleştirilmesi ile meydana gelmektedir.

En alt katman, diğer katmanlar için sıcaktan az etkilenen bir yalıtım malzemesinden yapılır. İkinci katman ise plastik ince bir levhadan yapılmaktadır. (Ethylevinylacetat kopolimer). Üçüncü katmanda, elektriksel bağlantıları yapılmış fotovoltaik hücrelerden meydana gelmektedir. Dördüncü katmanda ise, tekrar Ethylevinylacetat kopolimer plastik malzeme konmaktadır. Üst katmanda hafif ve temperlenmiş cam bulunmaktadır. Üst üste konarak montajı yapılmış ünite yüksek basınç ve sıcaklık verilerek birbirine yapışması sağlanır. Sıcaklık sayesinde Ethylevinylacetat plastik maddesi eriyerek katmanları tek katman haline getirmektedir. En Son işlem Şekil 1.10'da görüldüğü gibi alüminyum çerçeve eklenerek modül şekline gelmektedir (Çiftçi, 2016).



**Şekil 2.10.** Güneş Panelinin Yapısı.

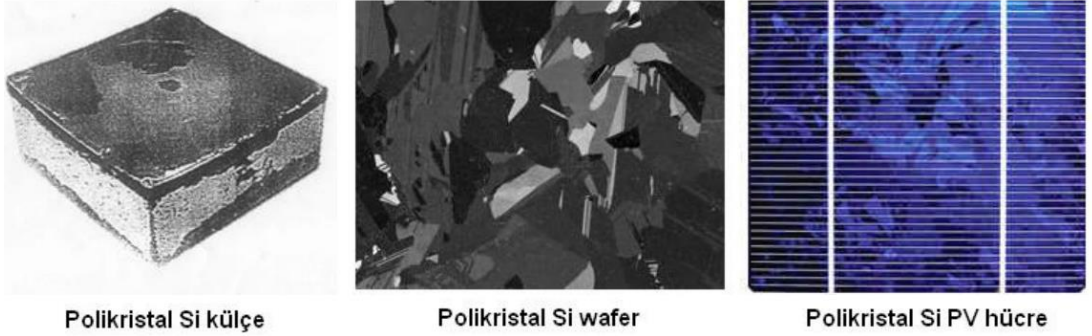
Yüksek başlangıç maliyeti ve kırılabilirlik, monokristal güneş panellerinin en büyük dezavantajlarıdır. Monokristal silikon, önemli silikon israfını içeren Czochralski işlemi kullanılarak üretilir.

Monokristal güneş panelleri genellikle ticari ve konut projeleri gibi büyük ölçekli güneş uygulamaları için kullanılır. Daha küçük ölçekli uygulamalar için düşük güçlü (5, 10, 25, 40, 80, 130 W) monokristal güneş panelleri kullanılmaktadır. Dizüstü bilgisayarları, dijital kameraları, telefonları şarj etmek, mikrodalga veya buzdolabı gibi cihazlara güç vermek için kullanılabilir.

## 2.4.2 Polikristal Güneş Panelleri

Polikristal güneş panelleri genellikle monokristal seçeneklerden daha düşük verime sahiptir, ancak avantajları daha düşük bir fiyat noktasıdır. Ek olarak, polikristal güneş panelleri, monokristal panellerin siyah tonu yerine mavi renk tonuna sahip olma eğilimindedir.

Polikristal güneş panelleri de silikondan yapılmıştır. Bununla birlikte, tek bir silikon kristali kullanmak yerine, üreticiler panelin hücrelerini oluşturmak için birçok silikon parçasını eritirler. Polikristal güneş panelleri aynı zamanda “çok kristalli” veya çok kristalli silikon olarak da adlandırılır. Şekil 1.11’de polikristal hücrenin üretim aşamaları görülmektedir. Her hücrede çok sayıda kristal olduğundan, elektronların hareket etmesi için daha az serbestlik vardır. Sonuç olarak, polikristal güneş panelleri, monokristal panellerden daha düşük verimlilik oranlarına sahiptir. Polikristal FV paneller, deneysel ortamda %18, ticari amaçlı kullanılan modüllerde ise % 14 gibi verim oranlarına sahiptir.

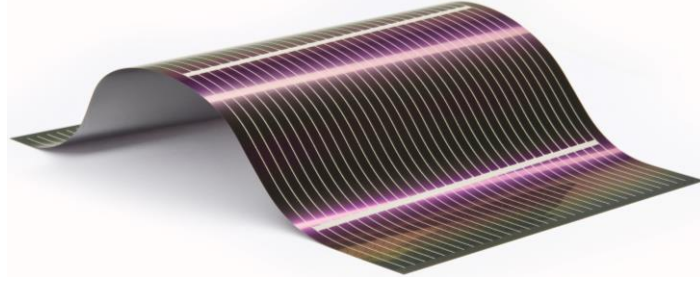


Şekil 2.11. Polikristal FV Hücre.

## 2.4.3 Thin Film Güneş Panelleri

Işınları emme özelliği yüksek maddeler ince tabakalar halinde Thin film güneş hücrelerinin yapımında kullanılmaktadır. Şekil 1.12’de thin film hücresi görülmektedir. Amorf silisyum güneş pillerinin ışık emme katsayısı kristal silisyum güneş pillerinin katsayısından 19 kat daha büyük bir değere sahiptir. Dalga boyu

katsayısı 0,7 mikrondan küçük bir alandaki güneş radyasyonu 1 mikron kalınlığında amorf silisyum ile absorbe edebilirken, kristal silisyumda ise aynı radyasyonu absorbe edebilmek için 500 mikron kalınlığında malzeme kullanılması lazımdır. dolayısıyla amorf yapılı fotovoltaik hücrelerde az malzeme ihtiyacı olur ve montajı kolay olmasından kaynaklı avantaj sağlamaktadır.



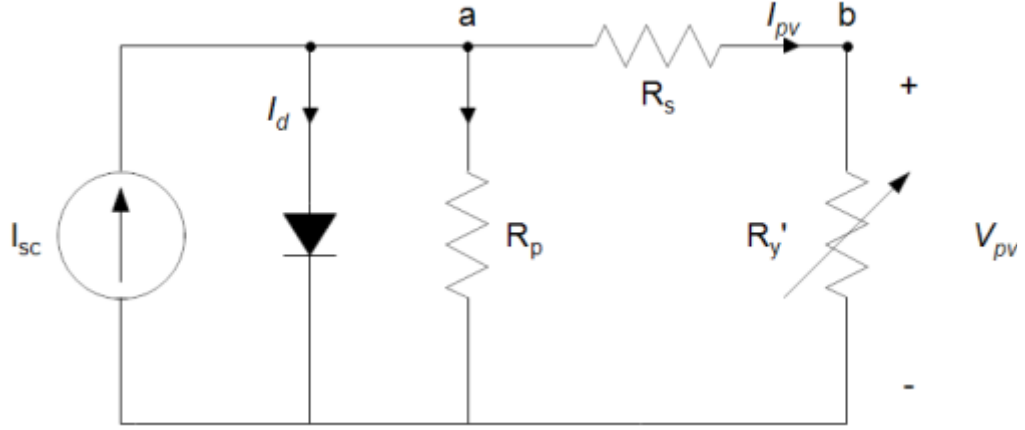
**Şekil 2.12.** Thin Film FV Hücresi.

Son yıllarda Thin film teknolojisi üzerine yatırımlar artmaktadır. Günümüzde %7 gibi bir Pazar payına sahiptir. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi ile Pazar payının artması beklenmektedir. Laboratuvar ortamında verimlerin % 7 - % 14 arasında olduğu gözlenmiştir. Veriminin düşük olması yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel sayılmaktadır. Boyutlarında ve kullanım kolaylığından dolayı uzay teknolojilerinde özellikle tercih edilmektedir. Atmosfer dışındaki verim oranları % 30'a yakın bir değerdir (Boz, 2011).

Thin Film yapımında Amorf Silisyum (a-Si), Kadmiyum Tellür (CdTe), bakır indium-diselenoid (CuInSe<sub>2</sub>), kullanılır. Kadmiyum tellür sağlık açısından zararlı maddeler içerdiğinden dolayı tercih edilmemektedir.

## **2.5 FV Hücresinin Tek Diyotlu Eşdeğer Devresi**

Tek diyotlu eşdeğer devresi, 5 parametrelili model olarak isimlendirilir. Eşdeğer devresinin parametreleri  $I_{sc}$ ,  $I_s$ ,  $R_s$ ,  $R_p$  ve  $n$  dir. Burada,  $I_{sc}$  FV hücre tarafından üretilen akımı,  $R_s$  hücredeki iç direnci ve bağlantı dirençlerini,  $R_p$  direnci de paralel kaçak akım direncini temsil etmektedir.  $I_s$  ve  $n$  diyota ilişkin büyüklüklerdir.



Şekil 2.13. Tek Diyotlu FV Hücre Modeli.

Denklem 1 Diyota ilişkin uç denklem

$$I_d = I_s \left( e^{\frac{qVa}{nkT}} - 1 \right)$$

Bu denklemde,  $I_s$  diyot ters satürasyon akımını;  $q$ , bir elektron yükünü;  $n$ , diyot ideallik faktörünü;  $k$ , boltzman sabitini;  $T$  ise Kelvin cinsinden çalışma sıcaklığını ifade etmektedir.

$R_y$  ile ifade edilen, panel tarafına indirgenmiş direnç değeridir.

- Bu yük direncinin değeri, panelin çalışma noktasını belirler.
- Diyotun uç denkleminde dolayı, devre lineer değildir.

Güneş pilleri p-n yarı iletkenlerinin ince bir katman haline getirilerek birleştirilmesinden oluşur. Karanlıkta FV hücre çıkış I-V karakteristiği diyot karakteristiğine çok benzer. Hücreye ışık geldiğinde fotonlar sayesinde elektron hareketi dolayısı ile akım sağlanır. Şekilde tek diyotlu FV hücre modeli görülmektedir.

## 2.6 Power Line Communication (PLC)

Son zamanlarda iletişim sistemlerine olan ihtiyacın artması, araştırma topluluklarının genel olarak enerji hattı üzerinden haberleşme (PLC) olarak adlandırılan sistemlere ilgi duymasını sağlamıştır. Bu teknoloji özellikle radyo spektrumunun kısıtlı olduğu veya yayılma kaybının yüksek olduğu yeraltı, metal duvarlı binalar gibi alanlarda ön plana çıkmaktadır (Rabie, 2015,p.13).

Powerline Communication (Elektrik Hattı Üzerinden Haberleşme), elektrik iletimi maksatıyla kullanılan iletkenleri aynı zamanda veri iletişimi için kullanan bir sistemdir. Birkaç yüz Hz'den birkaç yüz MHz'ye kadar frekans sinyalleri kullanır. Powerline Communication sistemleri extra kablolarla ihtiyaç duyulmadan network oluşturulması düşüncesini baz alır. AC (50 Hz, 60 Hz) veya DC güç altyapıları kullanılabilir. Elektrik şebekesinin evin her yerinde olması ve bütün cihazların elektriğe ihtiyaç duymasından dolayı yakın bir priz ile ağ bağlantısı veya veri iletişimi için PLC teknolojisini ön plana çıkarmaktadır.

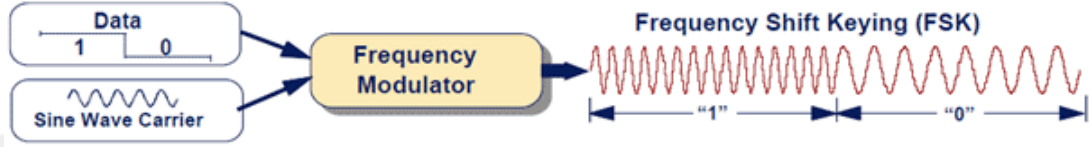
Bunun yanında güç hatları enerji iletimi için yapıldığından haberleşme kanalı olarak kullanılmak istenildiğinde birçok zorluklar ortaya çıkmıştır. Düzenleme ve Standardizasyon çalışmalarının neticesiz olması, paylaşımlı ortam, elektrik dağıtım şebekelerinin haberleşme içinde uygun olarak oluşturulmamış olması ve enerji hatlarının değişken yapısını zorluklardan birkaç tanesi olarak sayabiliriz (Gonca, 2007, p.3).

PLC sistemleri, bilgi sinyalinin modülasyon işleminden geçirilerek taşıyıcı bir sinyal yardımıyla elektrik hatları üzerinden göndererek haberleşme yapmaktadır. Gürültü ve sinyal bozulmalarını engellemek için farklı modülasyon teknikleri tasarlanmıştır. Elektrik şebekesine bağlı aygıtlar ile modülasyon ve demülasyon işlemi yapılmaktadır. Oluşturulan PLC sinyali ile Alternatif akım sinyalinin frekansları farklı olduğu için akım ile sinyal birbirine karışmadan iletilebilmektedir. Passport ve PowerPacket yöntemleri ile kablo üzerinden ağ kurmak mümkün olmaktadır.



### 2.6.1 Passport Yöntemi

Intelogis firması priz vasıtasıyla iletişim teknolojisinde ilk olarak Passport teknolojisi Frequency Shift Keying (FSK) yöntemini tercih etmekteydi. Passport yöntemde dijital sinyaller 1 ve 0 için iki farklı frekans kullanılmaktadır. Tercih edilen frekanslar hatta oluşan gürültülerin frekanslarının biraz üstünde dar bir bant genişliği içerisinde yer almaktadır. Şekil 1.14’de FSK modülatör çıkışındaki sinyal görülmektedir.



Şekil 2.14. Frequency Shift Keying (FSK).

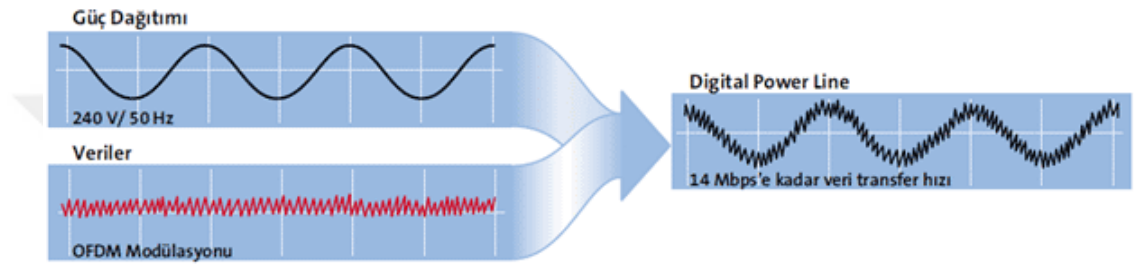
Passport yönteminde, kablo üzerinde oluşan elektriksel dalgalanmadan etkilenmesi ve birden fazla cihazın aynı anda kullanılmasında performansın düşmesi dezavantaj sayılmaktadır. Farklı frekansların kullanımı yerine sadece 2 frekans kullanılması bir dış etki altında kaldığında frekansların bozulmasına ve veri iletiminin kesilmesine yol açıyordu. Dolayısıyla verinin tekrar istenmesi, verinin tekrar yollanması ağ üzerinde performans düşüklüğü yapıyordu. Üretici firma elektrik prizi ve bilgisayar arasına hat güçlendirici güç şeritleri koyarak gürültüyü azaltmaya çalışmıştır.

Bu yöntemin diğer bir kötü yönü ise bilgilerin şifreleme yapılmadan gönderilmesidir. Bu şekilde veri güvenliği konusunda zayıf bir yönü bulunmaktadır. Güvenli bir ağ için bütün bilginin şifrelenmesi gerekmektedir.

Bunun yanında çalışma gerilimi olarak 110 V kullanılması, eski kabloların performansı çok düşürmesi, bağlantı hızının 500 Kb/s gibi düşük bir oranda kalması passport yönteminin yaygınlaşmasının önündeki dezavantajları olarak sayabiliriz.

## 2.6.2 PowerPacket Yöntemi

PowerPacket teknolojisi Intellon firmasının Passport sisteminin dezavantajları ortadan kaldırmak için geliştirdiği bir tekniktir. PowerPacket tekniği 4 MHz ile 20 MHz bant genişliğinde, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) frekans bölüşümlü çoğullama yöntemi diye adlandırılan bir modülasyon tekniği kullanır. 84 ayrı kanal kullanılır, veri paketleri eşzamanlı olarak birkaç taşıyıcı frekans boyunca her bir kanal üzerinden iletilir. Bu teknoloji ile veri aktarım hızı 14Mbps'e kadar yükselebilmektedir.



**Şekil 2.15.** Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

Aynı hat üzerinde birkaç cihazın aynı anda kullanılması ve kabloya yakın yüksek enerji kullanan cihazların olması elektromanyetik gürültünün oluşmasına sebep olabilir. Veri iletişimi için sadece 2 frekans kullanan Passport yönteminde bu durum sıkıntı yaratmasına rağmen PowerPacket yönteminde veri kaybına yol açmaz.

Her kanal parazitlere ve sıralı bilgi kaybına karşı PowerPacket sistemi tarafından takip edilmektedir. Bir gerilim darbesi veya gürültü, kanalın birini etkilerse SNR denilen sinyal gürültü oranını düşürerek iletim hızını yavaşlatır, bağlantıyı kesmez. Sistem hatalı kanala ait frekansı otomatik olarak değiştirerek veri iletiminin kesintisiz yapılmasını sağlar (Işıkdoğan, 2009).

## 2.6.3 Kullanıldığı Alanlar

Ev otomasyonu: Güç hattı iletişim teknolojisi, evdeki elektrik kablolarını bir iletim aracı olarak kullanabilir. PLC ev otomasyonunda, aydınlatma ve alarm sistemlerinde ya da sensörlerin uzaktan kumandası için kullanılan bir tekniktir. Bu,

öncelikle X10 Endüstri Standardı'na dayanmaktadır. 1975'ten beri geliştirilmektedir.

Ev Ağı ve İnternet Erişimi (Güç Hattı Üzerinden Geniş Bant, BPL): Evlerimizde bütün bilgisayarları bir birine bağlamak ve internet servisinden yararlanmak için mevcut güç hattı kullanılabilir. Her cihaz elektrikle çalıştığı için ve her odada priz bulunduğundan dolayı kurulumu çok basittir.

Power-line internet veya Powerband olarak da bilinen Powerband üzerinden genişbant (BPL), sıradan elektrik hatları üzerinden genişbant İnternet erişimi sağlamak için PLC teknolojisinin kullanılmasıdır. Bir bilgisayarın (veya başka bir cihazın) yüksek hızlı İnternet erişimine sahip olması için yalnızca bir BPL destekli modemi donanımını bir binadaki herhangi bir prize takması gerekir. Ayrıca ağa bağlanmak isteyen bilgisayarın enerji hattına alıcı donanımı takılmalıdır.

Otomotiv: Power-line teknolojisi, Veri, Ses, Müzik ve Video sinyallerinin Direkt Akım (DC) batarya güç hattı üzerinden dijital yollarla araç içi ağ iletişimini sağlar. Zorlu ve gürültülü ortamın üstesinden gelmek için tasarlanmış gelişmiş dijital iletişim teknikleri, küçük boyutlu bir silikon cihazda uygulanmaktadır. Bir güç hattı birden fazla bağımsız ağ için kullanılabilir.

Prototipler, CAN-bus, güç hattı üzerinden LIN-bus (DC-LIN) ve Yamar tarafından geliştirilen DC-bus gibi otomotiv uyumlu protokolleri kullanan araçlarda başarıyla işler. Otomotiv uygulamaları arasında Mekatronik (örneğin İklim kontrolleri, Kapı modülleri, İmmobilizatörler, Engel dedektörleri), Telematik ve Multimedya bulunur.

Özel Uygulamalar: Günümüzde özellikle elektrik dağıtım şirketleri tarafından kullanılmaya başlanan PLC teknolojisi, uzaktan sayaç okuma, kayıp kaçak oran tespiti, arıza ve sorunların bildirilmesi konusunda etkin bir paya sahiptir. Ayrıca akıllı üretim sistemlerinde farklı enerji kaynaklarının entegrasyonu ve verimlilik konularında haberleşme ihtiyacını gidermektedir (Yousuf, 2007).

## 2.7 Akıllı Şebeke Sistemleri

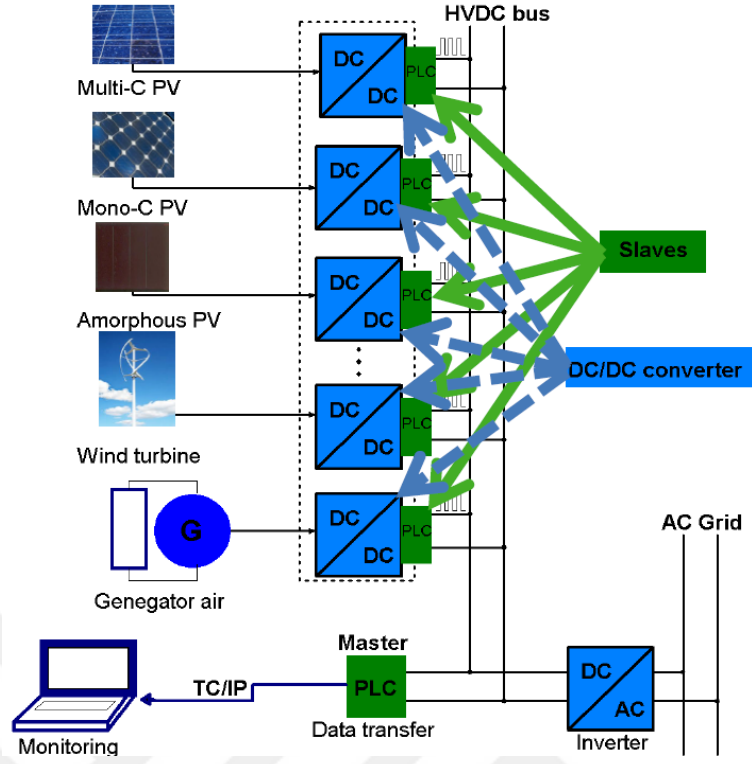
Elektrik şebekeleri ile bilgisayar ve ağ teknolojisinin entegre edilerek elde edilen şebeke sistemine “Akıllı Şebeke” (Smart Grid) denilmektedir.

Güç hattı iletişimi (PLC), mevcut güç kablolarını kullandığı için akıllı şebekeler için doğal bir iletişim teknolojisidir. Yüz yıldan fazla bir süredir, santraller ve trafo merkezleri arasında durum ve alarm mesajlarını aktarmak için güç şebekesi operatörleri tarafından genlik modülasyonlu (AM) taşıyıcı bazlı haberleşme kullanılmaktadır. Bu teknoloji, uzun dalga (LW) frekanslarında, örneğin; 24 kHz ile 500 kHz arasındadır. Birkaç yüz kilometre mesafeyi kapsayan uzun mesafeli bir sistem olmuştur (Lampe vd., 2016).

Bir akıllı şebekenin temel bileşenleri ve teknolojilerinden birisi olan Akıllı Üretim alanında son yıllarda teknolojik gelişmeler sağlanmıştır. Akıllı üretim şebekenin birçok noktasından alınan geri beslemeler ile enerji üretiminin optimize edilmesi; gerilimin, frekansın ve güç faktörünün otomatik olarak ayarlanabilmesi özelliklerine sahip güç üretimini sağlamak amacındadır.

Elektrik dönüşüm, dağıtımının yönetimi ve optimizasyonu konusunda akıllı şebeke sistemleri yeni bir yaklaşımdır. Akıllı şebeke sisteminin iletişim alt yapısı PLC güç hattı üzerinden haberleşme sağlamaktadır.

Enerji kaynaklarının dağınık mimari yapısından dolayı her kaynaktan elde edilen üretim bilgilerinin bir merkezde birleştirilmesi gerekir. Bu yeni yönetim sistemi enerji transferinde performans ve üretim istikrarını iyileştirilmesine olanak sağlar. Şekil 1.16’de HVDC veri yolu üzerindeki PLC sistemi görülmektedir.



Şekil 2.16. HVDC Veriyolu Üzerindeki PLC Sistemi.

### 3. BÖLÜM 3

Bu bölümde tez konusu kapsamında tasarlanan sistemde kullanılan sensörlerin, cihazların ve elektronik sistemlerin yapısı ve teknik özellikleri hakkında bilgilere yer verilmiştir.

#### 3.1 Fotovoltaik Panel



Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan PV Panel.

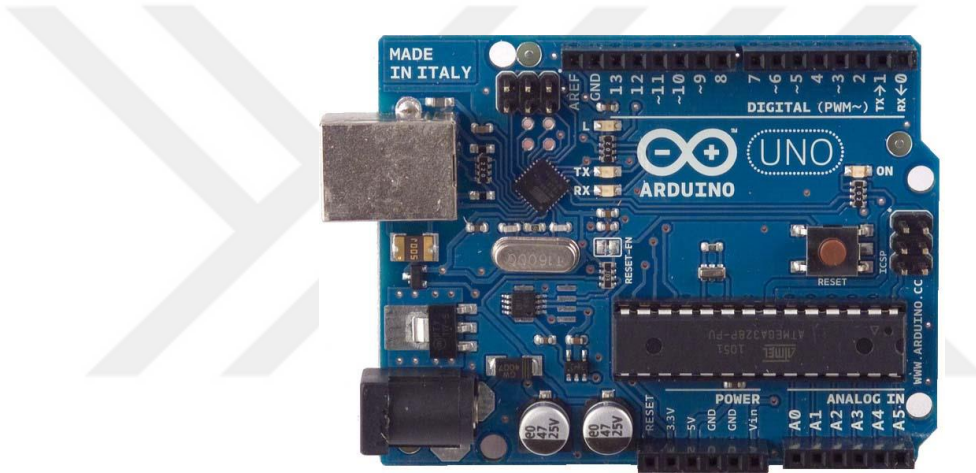
Kullanılan fotovoltaik panel ile 100W güç üretimi olan polikristal yapılu bir paneldir. Panelin görünüşü Şekil 3.1’de görülmektedir. Panel ile ilgili parametreler ise Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan polikristal panel parametreleri.

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>Model No</b>                | 100-36P   |
| <b>Maximum güç(Pmax)</b>       | 100 Wp    |
| <b>Maximum güç voltajı</b>     | 19.4 V    |
| <b>Maximum güç akımı</b>       | 5.16 A    |
| <b>Açık devre Voltajı(Voc)</b> | 22.9 V    |
| <b>Kısa devre Akımı(Isc)</b>   | 5.52 A    |
| <b>Maximum sistem voltajı</b>  | 1000 V DC |

### 3.2 Mikrodenetleyici Kartı (Arduino Uno)

Arduino bir G/Ç kartı ve Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından oluşan bir fiziksel programlama platformudur. Şekil 3.2’de kartın dış görünüşü verilmiştir. Arduino kartlarının donanımında bir adet Atmel AVR mikrodenetleyici (ATmega328, ATmega2560, ATmega32u4 gibi) ve programlama ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunur. Her Arduino kartında en azından bir 5 voltluk regüle entegresi ve bir 16MHz kristal osilatör (bazılarında seramik rezonatör) vardır. Çizelge 3.2’de Uno kartın parametreleri verilmektedir. Arduino kartlarında programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmaz, çünkü karttaki mikrodenetleyiciye önceden bir bootloader programı yazılıdır.



Şekil 3.2. Arduino Uno Üst Görünüşü.

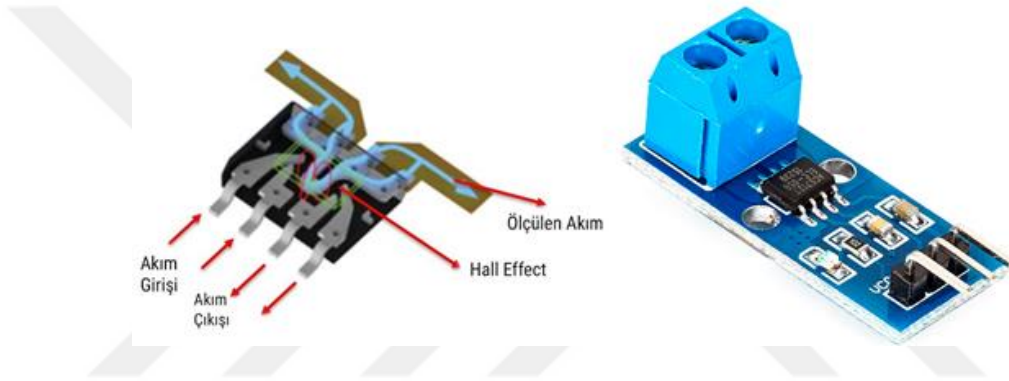
Çizelge 3.2. Arduino Uno Parametreleri.

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>Mikrodenetleyici:</b>     | ATmega328                |
| <b>Çalışma Gerilimi:</b>     | 5V                       |
| <b>Dijital G/Ç Pinleri:</b>  | 14 (6 tanesi PWM çıkışı) |
| <b>Analog Giriş Pinleri:</b> | 6                        |
| <b>Her G/Ç için Akım:</b>    | 40 mA                    |
| <b>Flash Hafıza:</b>         | 32 KB (ATmega328)        |
| <b>SRAM:</b>                 | 2 KB (ATmega328)         |
| <b>EEPROM:</b>               | 1 KB (ATmega328)         |
| <b>Saat Hızı:</b>            | 16 MHz                   |

### 3.3 Akım Sensörü ACS712

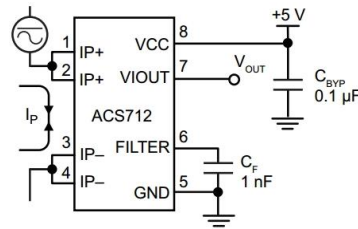
Allegro® firmasının ürettiği ACS712, ekonomik olması ve kararlı çalışması nedeniyle otomotiv gibi Endüstriyel alanlarda, AC veya DC akım algılama çözümlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Tipik uygulamalar arasında motor kontrolü, yük algılama ve yönetim, anahtarlamalı mod güç kaynakları ve aşırı akım hata koruması yer alır. Cihaz hassas, düşük ofsetli, doğrusal bir hall sensörüne sahiptir.

Ölçülmek istenilen akım, devre üzerindeki bakır yoldan geçirilir. Bu sırada geçirilen akım oranında manyetik bir alan oluşur. Bu manyetik alan şiddetine bağlı olarak çıkış gerilimi elde edilir.



Şekil 3.3. ACS 712 İç Yapısı ve Devresi.

Şekil 3.3'te görülebileceği üzere akımı 1-4 bacaklarından geçirip diğer tarafındaki 5-8 nolu bacaklara 5V-GND ve filtre kapasitörünü ekleyip direk olarak akımla lineer orantılı şekilde  $V_{out}$  pininden gerilimi okuyarak akım değerini elde edebilmektedir. Sensör DC akımda her iki yönde de akım ölçebilir. Bu özelliği sayesinde AC akımı da rahatlıkla ölçme özelliğine sahiptir. 5A, 20A, 30A olmak üzere 3 tip üretilmektedir. Sırasıyla 1 Amperlik bir akımı karşılık 66, 100, 185mV çıkış vermektedir. Şekil 3.4'te uygulama devresi görülmektedir.



Şekil 3.4. Akım Sensörü Uygulama Devresi.

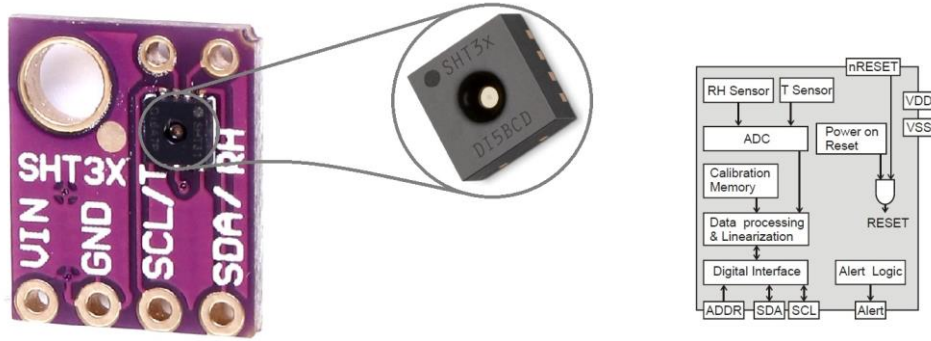


### 3.4 Nem ve Sıcaklık sensörü

Bu modül, esas olarak, SHT3X serisi sıcaklık ve nem sensörüne ait olan SHT31 sıcaklık ve nem sensörünü kullanır. Şekil 3.5'te sensörün kılıf ve iç yapısı görülmektedir. SHT2X serisinin sıcaklık ve nem sensörü ile karşılaştırıldığında, SHT3X serisi daha akıllı, daha güvenilir ve daha doğru sonuçlar verir. Daha güçlü işlevselliklere ve daha yüksek sinyal işleme kapasitelerine erişebilirler. Çizelge 3.3'te SHT3X parametrelerine yer verilmiştir. Aynı zamanda, SHT3X serisi, gelişmiş sinyal işleme, iki benzersiz ve kullanıcı tarafından seçilebilen I2C adresi, programlanabilir sıcaklık ve nem limitlerine sahip bir alarm modu ve 1 MHz'e kadar iletişim hızları gibi bazı yeni özellikler sunar.

**Çizelge 3.3.** SHT3X parametreleri.

|                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| Çalışma gerilimi:         | 3.3 - 5 V                       |
| Çıkış:                    | I2C çıkış arayüzü               |
| Nem Çalışma Aralığı:      | 0- 100% RH                      |
| Sıcaklık Çalışma Aralığı: | -40°C to 125°C (-40°F to 257°F) |
| Nem doğruluğu:            | ±2% RH (0 - 100% RH)            |
| Sıcaklık doğruluğu:       | ±0.2°C (-40°C to 90°C)          |
| Nem tepki süresi:         | 8 Saniye (tau63%)               |



**Şekil 3.5.** SHT3X Kılıfı ve İç Yapısı.

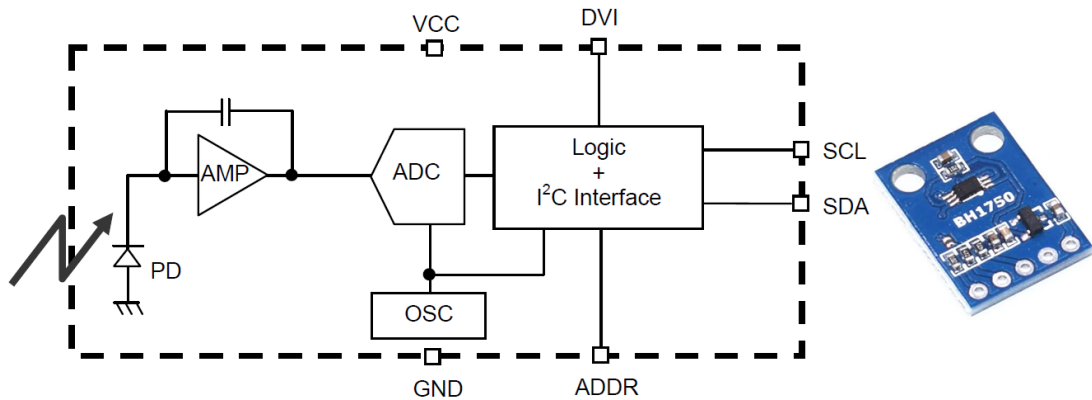
### 3.5 BH1750 Işık Sensörü

BH1750 I<sup>2</sup>C arabirimini kullanan 16 bit AD dönüştürücüsüne sahip dijital ışık şiddeti sensör modülüdür. Mobil telefon, LCD TV, dijital kamera gibi birçok cihazda geniş ölçüm spektrumuna (1-65535 lx) sahip olduğundan dolayı tercih edilmektedir. Bu modülden gelen veriler lüks cinsinden ışık yoğunluğudur. Çizelge 3.4'te Işık sensörüne ait parametreler verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** BH1750 Işık sensörü parametreleri.

|   |
|---|
| Çalışma Gerilimi: 3.3V ~ 6V   |
| 2 alternatif adrese sahip I <sup>2</sup> C veriyolu arabirimi               |
| Ect Spektral aralık yaklaşık olarak insan gözü tepkisidir                   |
| Geniş aralık ve Yüksek çözünürlük (1 ~ 65535 lx)                            |
| Işık kaynağı bağımlılığı azdır. (örn. Akkor Lamba. Floresan Lamba. Halojen) |
| Kızılötesi etkisi çok azdır.  |
| Küçük ölçüm toleransı (+/- 20%)   |

Modülde bulunan foto diyot insan gözüne yakın bir duyarlılık göstermektedir. Işık şiddetine oranına göre oluşan foto diyot akımı AMP tarafından yükseltilerek ADC birime gönderilmektedir. Gelen gerilimi ADC 16 bitlik dijital veriye çevirerek SCL, SDA portları ile Mikrodenetleyiciye göndermektedir. Şekil 3.6'da Işık sensörünün blok diyagramı ve kılıfı gösterilmektedir.



**Şekil 3.6.** BH1750 Işık Sensörü Blok Şeması ve Kılıfı.

## 4. BÖLÜM 4

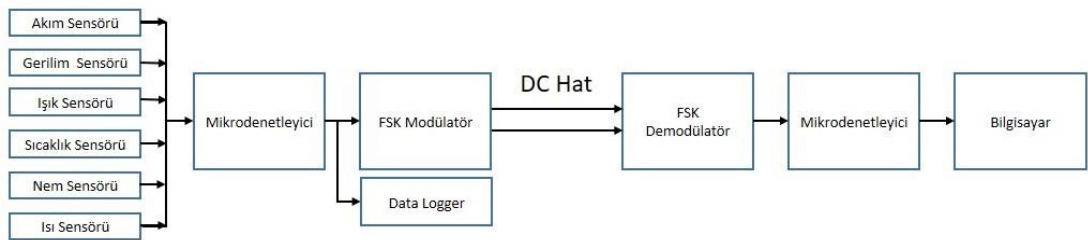
Bu bölümde tez konusu kapsamında oluşturulan sistemin yapısı, FSK modülatör FSK demülatör, sistemin alıcı devresi, sistemin verici devresi ile ilgili açıklayıcı bilgilere yer verilmektedir.

Ayrıca kayıt ve analiz için oluşturulan python ve C++ tabanlı yazılan yazılımların yapısı hakkında bilgi verilmiştir.

### 4.1 Tasarlanan Sistemin Yapısı

Oluşturulan uygulamada PV Panelin akım ve gerilim değerleri, hava sıcaklığı, panel sıcaklığı, nem, ışık değeri 3 dakikada bir ölçülerek mikrodenetleyici girişlerine verilmektedir. Mikrodenetleyici aldığı bilgileri seri haberleşme (UART) modülü RX çıkışından FSK modülatör devresine vermektedir. FSK Modülatör gelen bilgiler eşliğinde oluşturduğu sinyali kuplaj kondansatörü tarafından dc gerilim üzerine bindirmektedir.

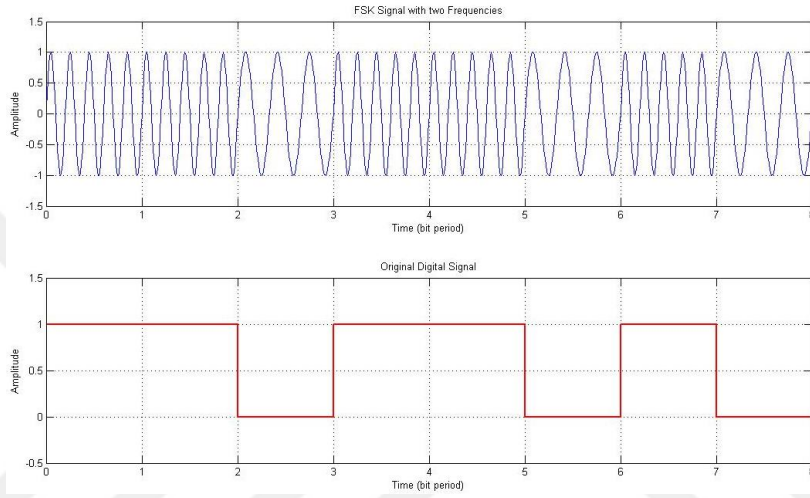
DC hat sonunda bulunan FSK Demodülatör devresi kuplaj kondansatörü üzerinden aldığı sinyali işleyerek mikrodenetleyicinin seri haberleşme(UART) TX girişine vermektedir. Mikrodenetleyici aldığı bilgileri USB üzerinden bilgisayara aktarmaktadır. Bilgisayarda Python dilinde yazılmış olan program alınan verileri kaydederek anlık grafik oluşturmaktadır. Şekil 4.1’de kurulan sistemin Blok diagramı görülmektedir.



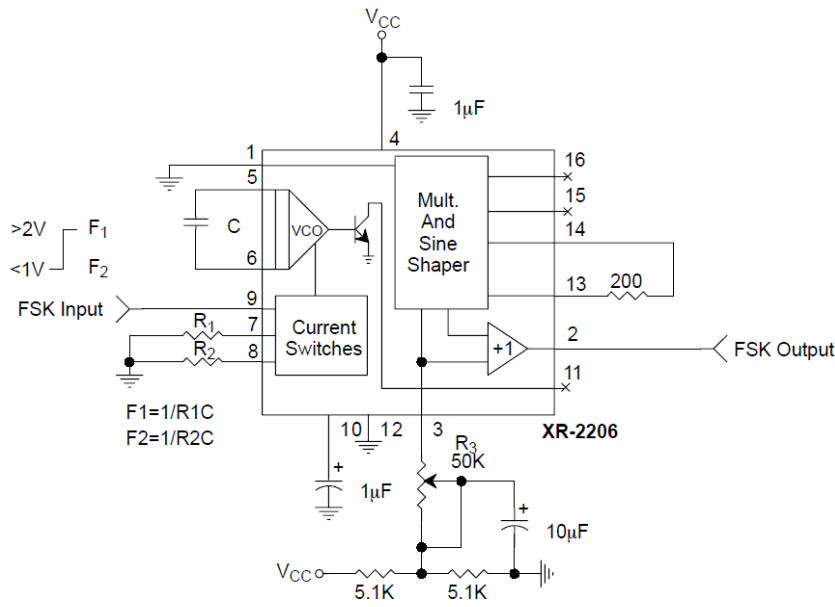
Şekil 4.1. Tasarlanan Sistemin Blok Şeması.

## 4.2 FSK Modülör Devresi

XR-2206 fonksiyon üretici entegre devre olarak tasarlanmıştır. Sinüs, kare ve üçgen dalga üretebilen modülördür. 0.01 ile 1MHz arasında çalışma frekansına sahiptir. Taşıyıcı sinyal frekansı gönderilen bilgi sinyaline bağlı olarak değiştirilmektedir. F1 frekanslı sinyal 1 bilgisi için F2 frekanslı sinyal ise 0 bilgisi kullanılmaktadır. Taşıyıcı sinyalin genliği değiştirilemez, sabit olarak bırakılır. Şekil 4.2'de FSK sinyali görülmektedir.



Şekil 4.2. FSK Modülasyon Sinyali.

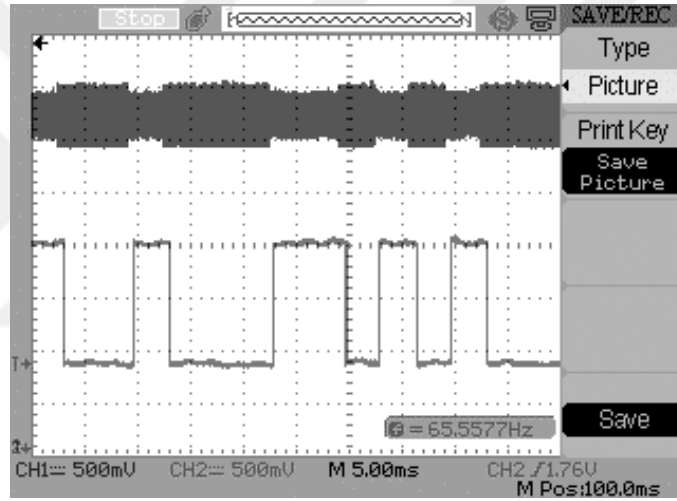


Şekil 4.3. FSK Modülasyon Devresi.

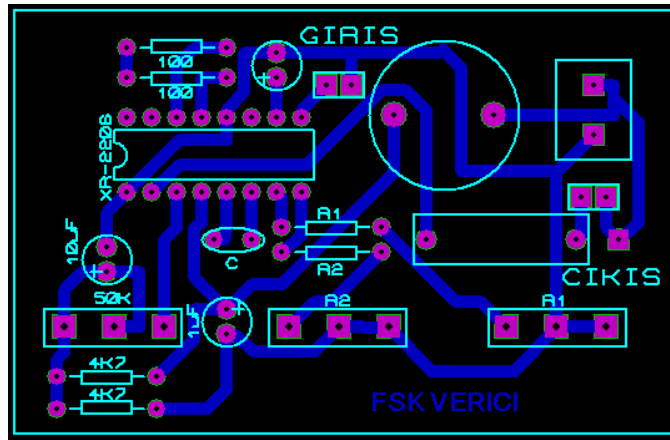
F1 frekans değeri 110KHz, F2 frekans değeri 90KHz olarak seçilmiştir. C kondansatörü 1nF olarak kullanıldığında aşağıdaki Çizelge 4.1’de gösterilen parametreler elde edilmiştir. Verici devresi Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Osilaskop üzerinden vericimizde oluşturulan FSK sinyali ise Şekil 4.4’de verilmiştir. Ares programı ile Şekil 4.5’teki verici pcb kartı oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.1.** Modülör devresi parametreleri.

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| $f1 = \frac{1}{R1.C} = 110KHz$ | $R1 = 9Kohm \ C = 1nF$     |
| $f2 = \frac{1}{R2.C} = 90KHz$  | $R2 = 11.11Kohm \ C = 1nF$ |



**Şekil 4.4.** Verici Devresinde Oluşturulan FSK sinyali.

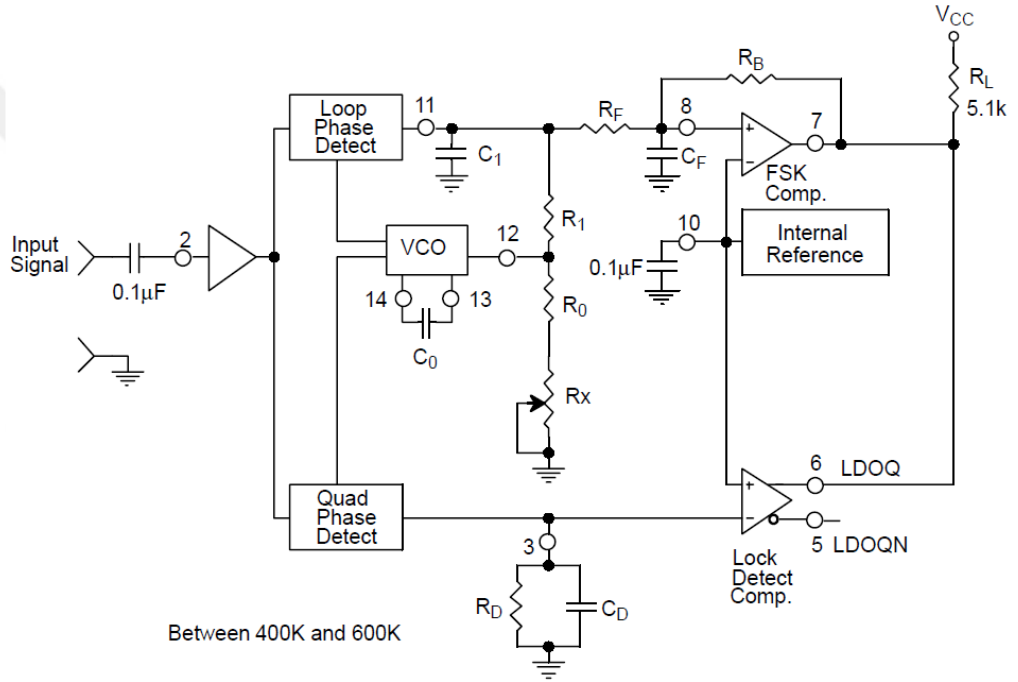


**Şekil 4.5.** FSK Verici Baskı Devresi.

### 4.3 FSK Demodülatör Devresi

FSK Demodülatör olarak XR-2211A entegresi kullanılmıştır.

XR-2211A (PLL) monolitik bir faz kilitlemeli döngüye sahiptir. Özellikle veri iletişimi için tasarlanmış sistem uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. 4.5 ila 20V arasında geniş bir besleme gerilimi aralığında çalışır. Ayrıca 0.01Hz ile 300kHz arasında geniş bir frekans aralığına sahiptir. Farklı Analog sinyalleri arasında barındırabilir. 10mV ve 3V giriş değerlerine sahiptir. Şekil 4.6'da FSK demodülatör devresinin şeması görülmektedir.



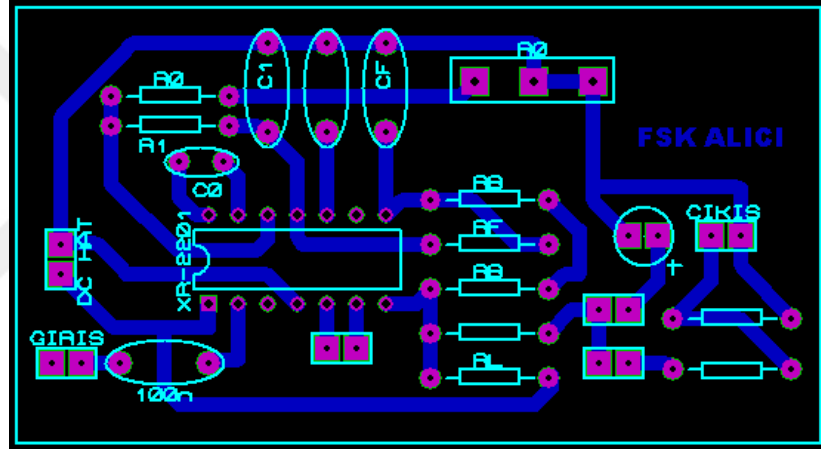
Şekil 4.6. FSK Demodülatör Devresi.

Geçiş bandındaki bir giriş sinyalini izlemek için PLL, faz dedektörü ile bir FSK voltaj karşılaştırıcısı ile FSK demodülasyonu gerçekleştirir.

PLL Orta frekans için R0 ve C0 kullanılır. Bant genişliğini R1 tespit eder. Döngü sönümü ve filtrenin zaman sabiti C1 tarafından belirlenir. RF ve Cf, tek kutuplu demodülasyon sonrası filtreyi meydana getirir. FSK karşılaştırıcısı üzerinde ön gerilim RB tarafından sağlanır. Çizelge 4.2'de oluşturulan FSK demodülatör için hesaplanan parametreler gösterilmektedir.

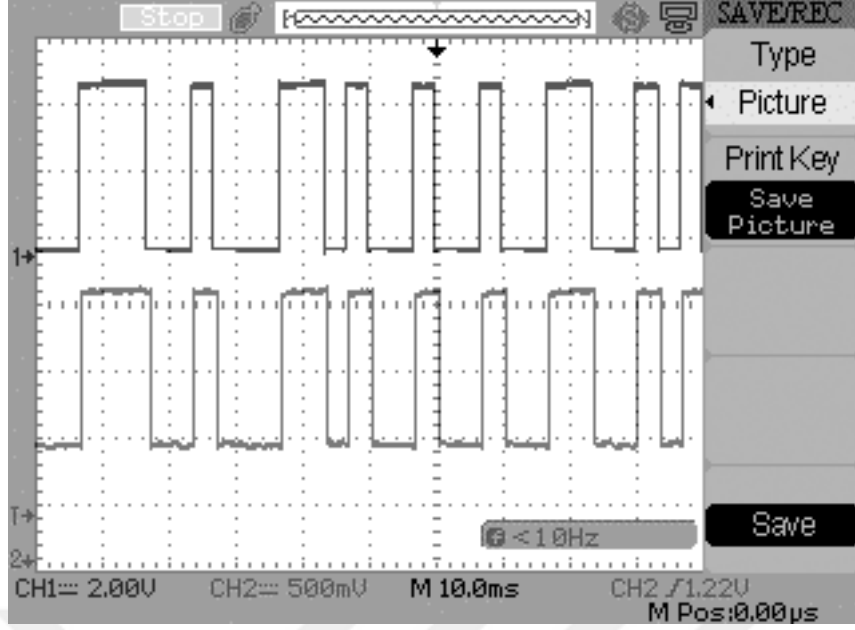
**Çizelge 4.2.** Demodülatör devresi parametre hesapları.

|   |  |  |
|---|--|--|
| $f_0 = \frac{f_1+f_2}{2} = 100kHz$        | $\delta = 0.5$                                   | Baudrate = 300                               |
| $R_0 = 10Kohm$                            | $R_b = 5.R_f = 2.5Mohm$                          | $C_1 = \frac{1250.C_0}{R_1.\delta^2} = 50pF$ |
| $R_1 = \frac{R_0.f_0}{f_1-f_2} = 100Kohm$ | $R_{sum} = 483Kohm$                              | $C_d = \frac{16}{\Delta f} = 800\mu F$       |
| $R_f = 5.R_1 == 500Kohm$                  | $C_f = \frac{0.25}{(R_{sum}.Baudrate)} = 1.72nF$ | $R_d = 470Kohm$                              |



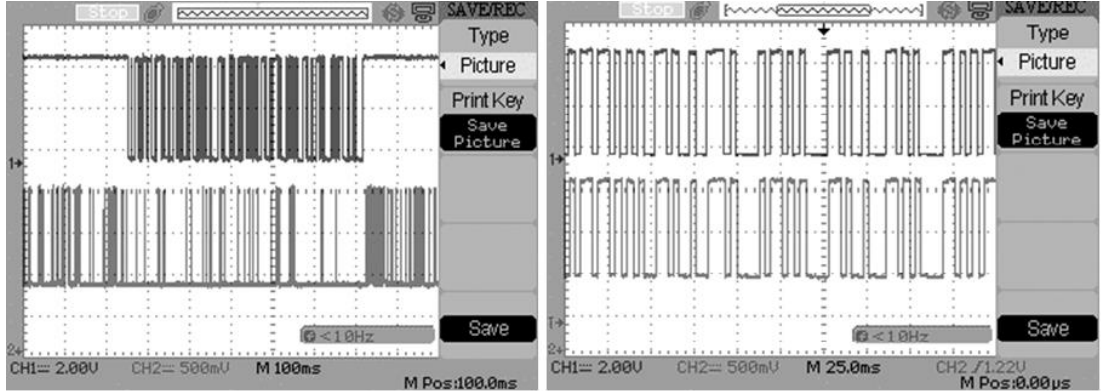
**Şekil 4.7.** FSK Alıcı Baskı Devresi.

Ares programı ile FSK alıcıya ait pcb kart oluşturulmuştur. Çıkış gerilimini 5V seviyesine düşürmek için gerilim bölücü direnç kullanılmıştır. Şekil 4.7’de alıcı pcb tasarımı görülmektedir. Verici tarafından gönderilen dijital bilginin ve alıcı demodülatör çıkışındaki dijital bilginin karşılaştırılması Şekil 4.8’de verilmiştir.



**Şekil 4.8.** Verici Bilgi Sinyali (CH1) ile Alıcı Bilgi Sinyali (CH2).

Temiz bir iletim hattı oluşturmak üzere verici ünitesine ve alıcı ünitesine bobin eklenmiştir. Gürültü seviyesi önemli ölçüde azaltılmıştır. Şekil 4.9’da bobin eklenmeden önceki giriş ve çıkış sinyali ve bobin eklendikten sonra ortaya çıkan giriş ve çıkış sinyali görülmektedir. Soldaki şekilde görüldüğü gibi bobin eklenmeden önce iletim kanalı yüksek bir gürültü oranına sahiptir. Mikrodenetleyici ve FSK alıcı ve verici devreleri iletim kanalından yalıtıldıktan sonra iletim hattındaki gürültülerin tamamen yok olduğu gözlenmiştir.

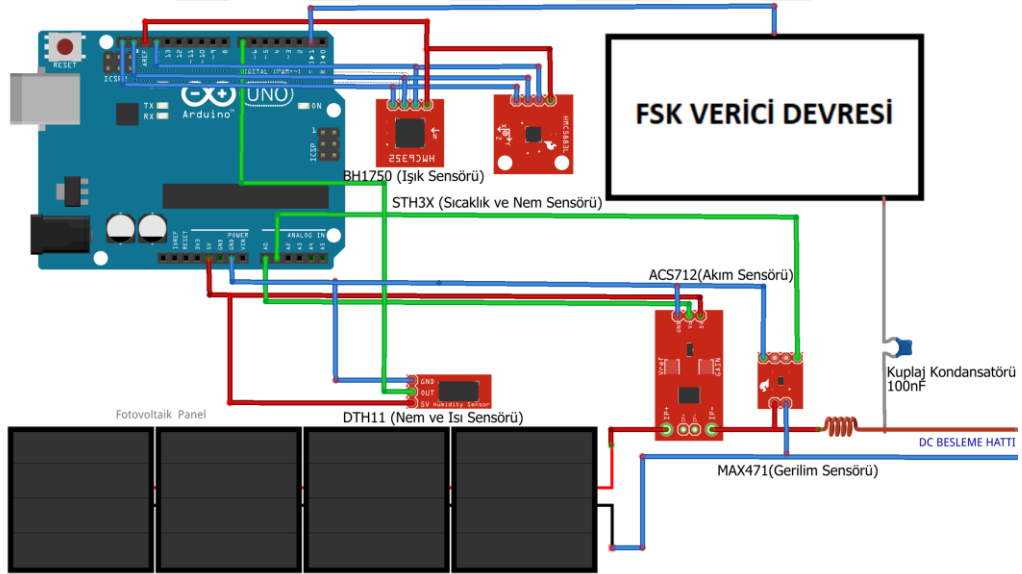


**Şekil 4.9.** Bobinlerin İletim Kanalına Etkisi.

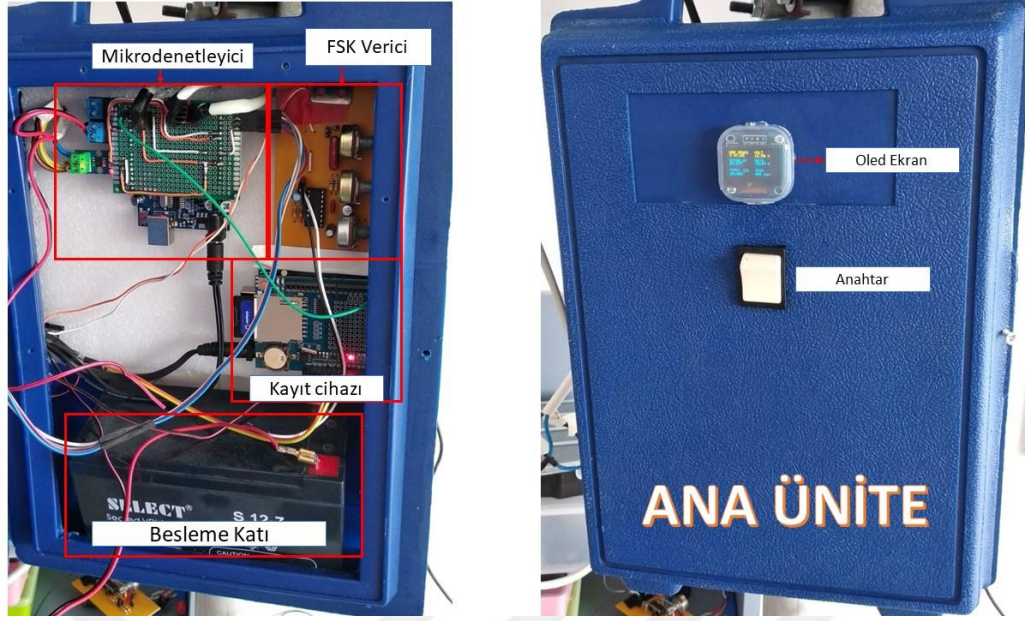


#### 4.4 Sensör Devresi

Kurulan sistemde BH1750 (ışık sensörü) ile STH3X (sıcaklık ve nem sensörü) I<sup>2</sup>C iletişim protokol pinlerine (SCL, SDA) bağlanmıştır. DTH11 (nem ve ısı sensörü) mikrodenetleyicinin Digital-7 nolu pinine, ACS712(akım sensörü) Analog-0 ve MAX471(gerilim sensörü) Analog-1 pinine bağlanmıştır. Şekilde görüldüğü gibi mikrodenetleyicinin UART modülünün çıkışı olan TX portundan çıkan sensör bilgileri FSK verici devresi tarafından kuplaj kondansatörü vasıtasıyla DC hat üzerine bindirilmektedir. Yüksek frekanslı sinyalin kaynağa ve mikrodenetleyici sisteme girişini engellemek amacıyla hat üzerine bir adet bobin yerleştirilmiştir. Ayrıca mikronetleyicinin harcadığı gücün ölçülecek nitelikleri etkilememesi için 12V 7Ah özelliklerinde bir akü sisteme dahil edilmiştir. Sensör devresine ait bağlantılar Şekil 4.10'da verilmiştir. Ölçüm değerlerini gözlemlemek amacıyla verici sisteme OLED özellikli bir display eklenmiştir. EK A1'de verici devresine ait arduino kodları verilmiştir.



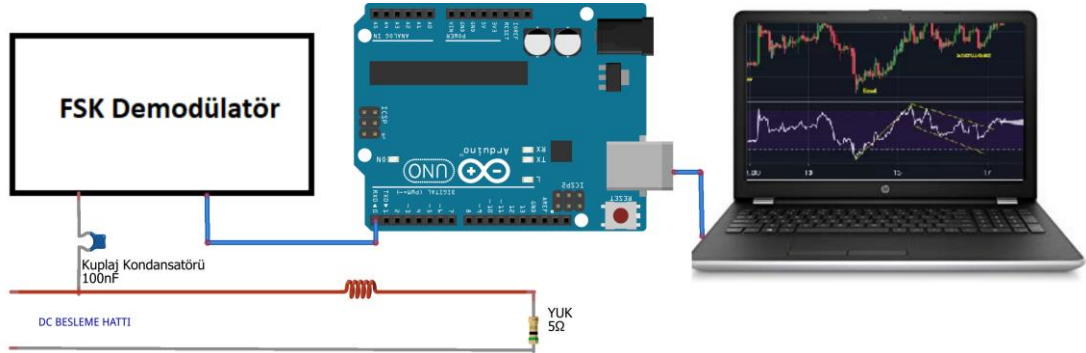
Şekil 4.10. Sistemin Sensör Devresi.



Şekil 4.11. Verici Ünitenin İç ve Dış Görünüşü.

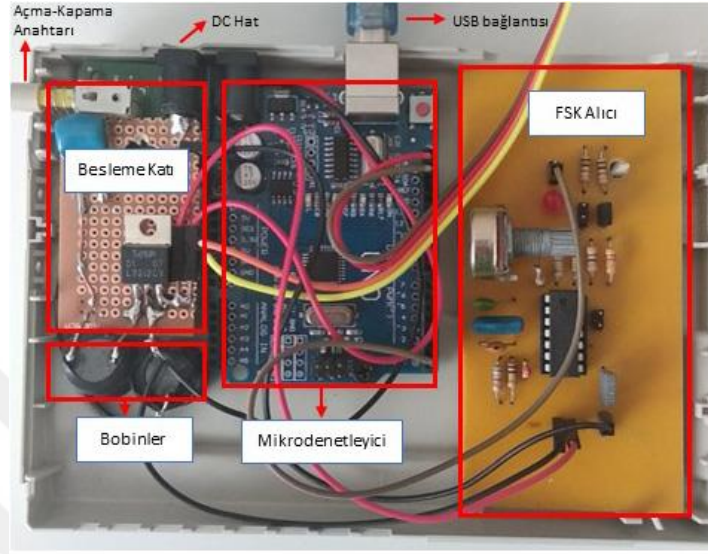
#### 4.5 Alıcı Devresi

Tasarlanan sistemde DC hat sonuna eklenen yükten önce kuplaj kondansatörü üzerinden alınan FSK sinyali FSK Demodülatör tarafından dijital bilgiye çevrilerek Mikrodenetleyicinin UART modülünün RX portuna verilmiştir. Elde edilen bilgiler seri haberleşme portu tarafından USB kablosu üzerinden bilgisayara aktarılmıştır. Aynı zamanda sensör ve zaman bilgilerinin 7-20 saatleri arasında kayıt yapabilmesi için SD-Card modülü eklenmiştir. Şekil 4.12’de Alıcı sisteme ait blok şema şekilde gösterilmiştir.

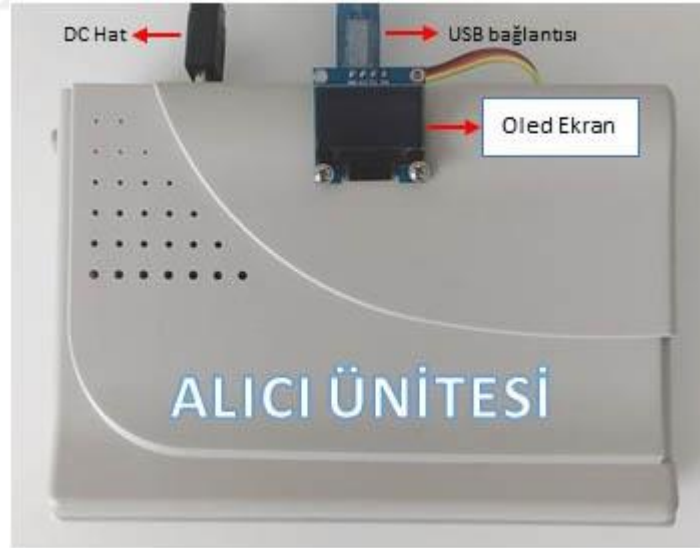


Şekil 4.12. Alıcı Devresi Blok Şeması.

Ayrıca alıcı devresine gelen bilgileri görmek amacıyla Oled ekran eklenmiştir. İstenildiği zamanlarda sistemi kapatmak amacıyla anahtar dahil edilmiştir. Şekil 4.13'te alıcı sistemin iç yapısı, Şekil 4.14'de bitmiş hali gözükmektedir. EK A3'te alıcıya ait arduino kodları verilmiştir.



Şekil 4.13. Alıcı Devresi İç Yapısı.

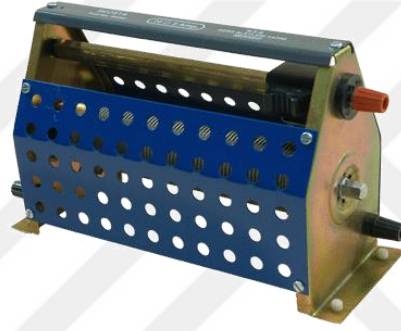


Şekil 4.14. Alıcı Ünitesi.

#### 4.5.1 Yük zellikleri

Seçilecek yük değerinin maximum g çekmesi için güneş panelinin parametreleri kullanılarak yk eklenmiştir. Maximum g voltajı 19.4 V, Maximum g akımı 5.16 A olarak verilen bilgiler ışığında hesaplanan maximum yükleme değerine sahip direnç OHM kanununa göre;

$R=V/I$   $19.4/5.16=3.759$  Ohm olarak bulunmuştur. Yük olarak şekilde görüldüğü gibi ısı dayanımı yüksek reosta seçilmiştir. PV panelin zarar görmemesi için yük direnci 5 Ohm yapılmıştır. şekil 4.15'te sistemde kullanılan reosta görülmektedir.



şekil 4.15. Yük Olarak Kullanılan Reosta.

#### 4.6 FV Panel Yazılımı

Sistem için tasarlanan yazılım için Python kodlama dili seçilmiştir. Python yüksek seviyeli, nesne tabanlı, yorumsal, modüler ve güçlü, bir dildir. Diğer popüler diller gibi derleme ihtiyaı yoktur. Dolayısıyla Python kullanarak program yazmak kolaylaşmıştır. Herhangi bir Python programı kodlarken lazım olabilecek fonksiyon ve veri yapıları Python içerisinde verilmektedir..

Yazılım oluşturulurken Python için hazırlanmış hazır kütüphanelerden yararlanılmıştır. Kısaca bunları açıklamak gerekirse;

### 4.6.1 Matplotlib

*Python ile yazılmış projelerimizde grafik oluşturmak için Matplotlib grafik kütüphanesi kullanılmaktadır. Etkileşimli görsel sunumlar hazırlamak için basit komut yapısını Matplotlib işlevsel bir araçtır. Hem iki boyutlu hem de üç boyutlu grafikler üretebilir. Çalışmada canlı grafik oluşturmak için Drawnow kütüphanesi ile birlikte kullanılmıştır.*

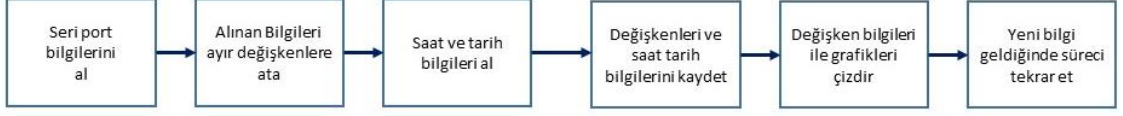
### 4.6.2 Numpy

Bilimsel hesaplama işlemleri daha kolay hale getirmek için kullanılan python kütüphanesi olan Numpy güçlü ve işlevsel araçlara sahiptir. Yapay zeka, makine öğrenmesi, görüntü işleme üzerinde çalışma yaparken kullanılan hesaplamaları yapmak için aktif olarak kullanılır. Çok az kod kullanarak basitçe işlemleri yapan Numpy hızlı çalışmasından dolayı tercih edilmektedir.

### 4.6.3 Pandas

Pandas python için **veri yapıları** ve **veri analiz araçları** sağlayan açık kaynaklı bir kütüphanedir. **text** ve **Csv** içerisinde bulunan dataları okuyup yorumlayabiliriz. Aynı zamanda numpy ile beraber analizler yapmak için kullanılır. Çalışmamızda pandas dataframe oluşturularak txt dosyada kaydedilen sensör bilgileri dataframe içerisine aktarılmıştır.

#### 4.6.4 Sistem Yazılımı



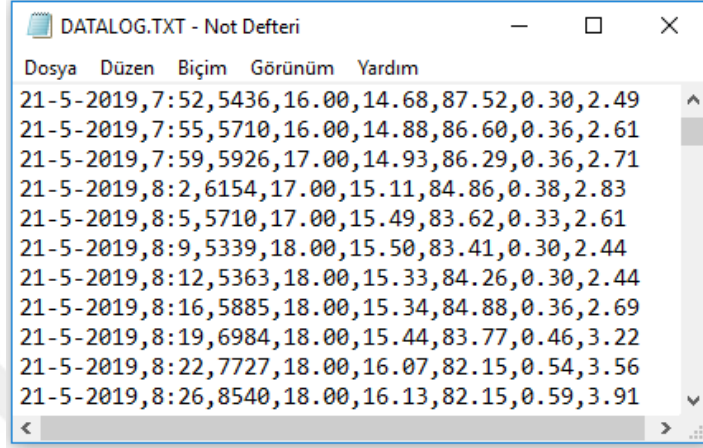
**Şekil 4.16.** FV Panel Yazılımı Blok Şeması.

Seriport üzerinden gelen 6 farklı sensör bilgisi tek bir metin olarak bilgisayara aktarılmaktadır. Şekil 4.13'te Yazılıma ait blok diagram şekilde görülmektedir. Öncelikle seriport dinlenerek veri geldiği zaman işlemler başlamaktadır. Gelen metin bilgisi “,” karakteri dikkate alınarak bölümlenmekte ve sayılmaktadır. Eğer toplamda 6 adet parça varsa diğer işlemlere geçilmektedir. Bölümlere ayrılan 6 adet veri dizi değişkenlerine eklenmekte ve txt dosyasına eklenmektedir. Ayrıca saat ve tarih bilgileri diğer verilerle beraber txt dosyasına kayıt edilmektedir. Günün tarihi, saat, ışık bilgisi (lux), panel ısı (C), ortam sıcaklığı (C), Volt değeri, Akım değeri sırasıyla kaydedilmektedir. Şekil 4.17'te txt dosyaya kaydedilen veriler görülmektedir.

Bu çalışma için oluşturulan yazılım 2 farklı şekilde çalışmaktadır.

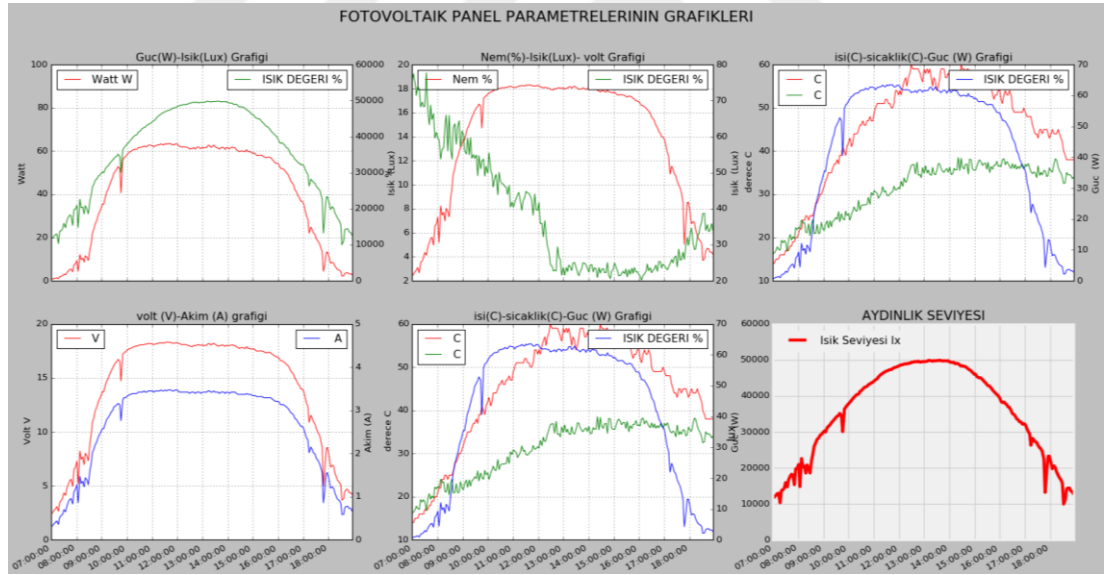
İlk çalışma şeklinde gelen veriler ile grafik canlı olarak çizdirilmekte, gün boyu verilerdeki değişimler gözlenebilmektedir. Aynı zamanda veriler kaydedilmektedir. EK A4'de çalışmaya ait python kodları verilmiştir.

İkinci çalışma şeklinde kaydedilmiş veriler ile grafikler oluşturulmaktadır. Günlük veriler, aylık verilere dönüştürülerek analiz edilebilmektedir. EK A5'te çalışmaya ait python kodları verilmiştir.



| Dosya           | Düzen | Biçim  | Görünüm | Yardım          |
|-----------------|-------|--------|---------|-----------------|
| 21-5-2019,7:52, | 5436, | 16.00, | 14.68,  | 87.52,0.30,2.49 |
| 21-5-2019,7:55, | 5710, | 16.00, | 14.88,  | 86.60,0.36,2.61 |
| 21-5-2019,7:59, | 5926, | 17.00, | 14.93,  | 86.29,0.36,2.71 |
| 21-5-2019,8:2,  | 6154, | 17.00, | 15.11,  | 84.86,0.38,2.83 |
| 21-5-2019,8:5,  | 5710, | 17.00, | 15.49,  | 83.62,0.33,2.61 |
| 21-5-2019,8:9,  | 5339, | 18.00, | 15.50,  | 83.41,0.30,2.44 |
| 21-5-2019,8:12, | 5363, | 18.00, | 15.33,  | 84.26,0.30,2.44 |
| 21-5-2019,8:16, | 5885, | 18.00, | 15.34,  | 84.88,0.36,2.69 |
| 21-5-2019,8:19, | 6984, | 18.00, | 15.44,  | 83.77,0.46,3.22 |
| 21-5-2019,8:22, | 7727, | 18.00, | 16.07,  | 82.15,0.54,3.56 |
| 21-5-2019,8:26, | 8540, | 18.00, | 16.13,  | 82.15,0.59,3.91 |

Şekil 4.17. TXT Dosyadaki Zaman ve Sensör Bilgileri.

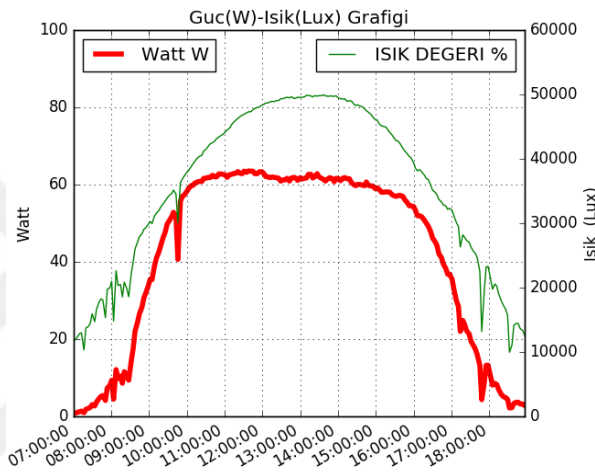


Şekil 4.18. Sensör Verileri ile Oluşturulan Grafik Pencereleeri.

Elde edilen bilgiler eşliğinde şekilde görüldüğü gibi sensör değeri -zaman grafikleri çizdirilmekte ve yeni bir bilgi geldiği sürece işlem devam ettirilmektedir.

## 5. DENEYSEL SONUÇLAR

Mayıs-Haziran aylarında 7:00-19:00 saatleri arasında her 3 dakikada bir gelen sensör verileri kayıt altına alınmış ve çeşitli grafikleri python yazılımında çizdirilmiştir. Şekil 5.1'de Güç ve ışığın günlük değişimleri gösterilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi belirli bir ışık seviyesinden sonra panel güç üretimi sabit kalmaktadır.

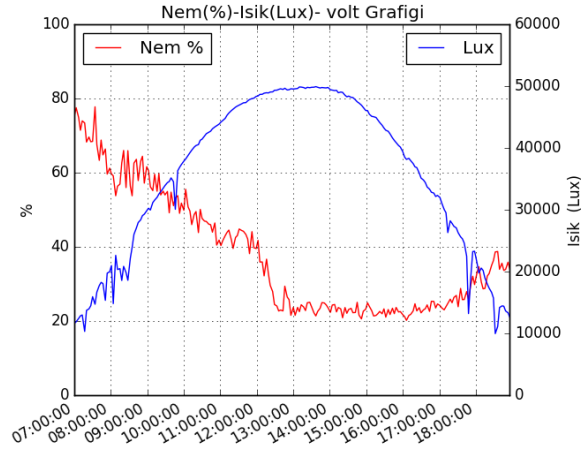


Şekil 5.1. Güç ve Işığın Günlük Değişimleri.

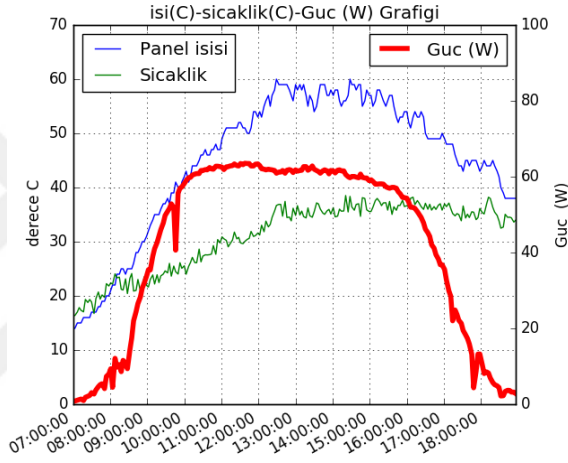
Elde edilen nem ve ışık verileri karşılaştırıldığında sabah saatlerinde nem oranının yüksek olduğu ve öğle saatlerine kadar düşme eğilimi gösterdiği, daha sonra sabit kaldıktan sonra akşam saatlerinde tekrar yükseldiği görülmektedir. Nem oranının değişimi ışığa bağlı ters orantılı olarak değişimi gözlenmiştir. Şekil 5.2'de Nem ve ışığın günlük değişimleri görülmektedir. Şekil 5.3'te ise Panel ve ortam sıcaklığının güç üzerine etkisi görülmektedir. Panel sıcaklığının belirli bir eşik değerinden sonra güç verimini olumsuz etkilediği gözlenmiştir.

Panel ısısı-güç grafiğini analiz ettiğimizde ışık oranının aynı kalmasına rağmen, panel ısısının 50 dereceden sonra güç oranında azalmaya neden olduğu gözlenmektedir. Saat 09-17 arası güç üretiminin sabit yük altında istenilen seviyede olduğu tespit edilmiştir.

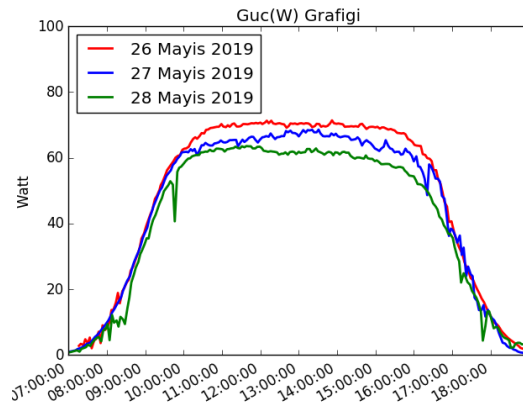




Şekil 5.2. Nem ve Işığın Günlük Değişimleri.



Şekil 5.3. Panel ve Ortam Sıcaklığının Güç Üzerine Etkisi.



Şekil 5.4. 3 farklı günde üretilen güç değerleri.

Üretilen gücün günlük değişimleri şekil 5.4'te görülmektedir. Saat 10:00 ile 16:00 arasında panel yüksek verimde çalışmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 3 farklı konuda yapılan çalışmalar birleştirilerek PV panel izleme sistemi oluşturulmuştur. PV panelin dış ortamda çalışması sırasında ortaya çıkan değerlerin, (akım, gerilim, nem, sıcaklık, panel ısısı, aydınlık) mevcut DC güç hattı üzerinden haberleşme yöntemi (PLC) kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılması yapılmış ve elde edilen veriler ışığında Python aracılığıyla grafikler oluşturulup yorumlanmıştır.

Grafikleri incelediğimizde panel sıcaklığının üretime olumsuz etki yaptığını görebiliriz. Ayrıca 40.000 Lux ışık değerinden sonra panel üretiminin sabit kaldığı gözükmemektedir. Aydınlık seviyesi ile nem ters orantılı olarak artmaktadır. Nem, üretimde etkili bir parametre olarak gözükmemektedir.

Bu tez çalışmasında güç hattı üzerinden haberleşme yöntemi olarak basit ve ucuz bir FSK verici-alıcı sistemi önerilmiştir. Hattın DC olmasından dolayı, FSK sinyali, gürültüye maruz kalmadan kapasitif kuplaj kullanılarak DC besleme üzerine bindirilmiştir. Mikrodenetleyici ve FSK devresinin besleme gerilimini, üretilen FSK frekansından korumak için bobin kullanılmıştır. Mevcut sistemde 1 verici 1 alıcı olmasına rağmen verici sayısı artırılarak daha fazla PV panelin izlenmesi sağlanabilir.

Ayrıca 2 fazlı Tdm (time devition multiplex) anahtarlama sistemi kurularak dijital sinyali direk kanala verebiliriz. Birkaç milisaniye zaman aralıklarında enerjiyi kesip kanalı sadece bilgi göndermek için kullanabiliriz. Bu şekilde kanalda oluşacak gürültü ve diğer etkenleri saf dışı bırakırız.

Yapılan çalışma sayesinde panellerin dış ortam şartlarındaki verimi takip edilmiş, güç üretimi incelenmiştir. Panel verimliliğinin takip edilmesi, elektrik üretiminde performans artışı sağlanacaktır.

## 7. KAYNAKLAR

- Aslan G (2007) Enerji Hatları Haberleşmeciliği ve Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bal G ve Daldal N (2014) “Enerji Hatları Üzerinden Mesaj Gönderme Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 29, No 2:415-424.
- Boz O (2011) Günümüzün Alternatif Enerji Kaynağı Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Çiftçi F (2016) Güneş Enerji Sistemlerinde Farklı Cins Panellerle Maliyet ve Güç Analizinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Daldal N (2013) Enerji Hatları Üzerinden Haberleşmede İletişim Frekansı Etkisinin Ysa ile Analizi ve Bir Haberleşme Sisteminin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dubey S, Sarvaiya JN and Seshadri B (2013) “Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on Pv Production in the World A Review”, Energy Procedia, 33:311–321.
- Eke R, Betts TR and Gottschalg R (2017) “Spectral Irradiance Effects on the Outdoor Performance of Photovoltaic Modules”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 69:429–434.
- Han J, Lee I and Kim S (2015) "User-Friendly Monitoring System For Residential Pv System Based On Low-Cost Power Line Communication", Consumer Electronics IEEE Transactions on, vol. 61, no. 2:175-180.
- Haydaroğlu C (2017) Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Işıkdoğan F (2009) "Powerline Communication.", Data Communication Dersi Sunum Raporu. Yıldız Teknik Üniversitesi. 10 Aralık 2009.
- Kabalıcı Y, Sorgucu U ve Develi İ (2010) “Haberleşme Ortamı Olarak Enerji Hatlarının Kullanımının İncelenmesi”, International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO 2010), p.661-665, 2-5 Aralık 2010, Bursa, Türkiye.
- Lampe L, Tonello AM and Swart T (2016) Power Line Communications: Principles, Standards and Applications from Multimedia to Smart Grid, Second Edition,

John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom.

Ma S, Park M and Kim J (2016) “DC-PLC Modem Design For PV Module Monitoring”, Journal of International Council on Electrical Engineering, Volume 6:171-181.

McWhorter P (2014), Using-Python-with-Arduino-Lessons, Video lessons 1-17, <http://www.toptechboy.com/using-python-with-arduino-lessons/>, 10 Ocak 2018.

Napoli F, Guerriero P, d'Alessandro V and Daliento S (2014) “A Power Line Communication on DC Bus with Photovoltaic Strings”, 3rd Renewable Power Generation Conference (RPG 2014), 24-25 Sept. 2014. Naples, Italy.

Ochiai H and Ikegami H (2016) "PPLC-PV: A Pulse Power Line Communication for Series-Connected PV Monitoring", Smart Grid Communications (SmartGridComm) 2016 IEEE International Conference on, pp.338-344, 12 December 2016, Sydney, NSW, Australia.

Rabie KM (2015) “Power Line Communication Systems”,Doktora Tezi, Mühendislik ve Fizik Bilimi, Manchester Üniversitesi, Manchester.

Soyer G (2017) Fotovoltaik Panellerde Güneş Işınımı-Sıcaklık-Akım-Gerilim (GISAG) Taşınabilir Veri Kayıt Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sung G, Wu C and Huang C (2015) “The Sensor Network Using Dc Power Line Communication Bus”, 2015 IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE), 12-14 Nisan 2015, Langkawi, Malaysia.

Şimşek S (2018) Fotovoltaik Sistemlerde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tahri F, Tahri A and Oozeki T (2018) “Performance Evaluation of Grid-Connected Photovoltaic Systems Based on Two Photovoltaic Module Technologies Under Tropical Climate Conditions”, Energy Conversion and Management, 165:244–252.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), Solar Energy Data, <https://www.irena.org/solar> , 1 Mayıs 2019.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx) , 6 Mayıs 2019.

Yousuf MS ve El-Shafei M (2007) "Power Line Communications: An Overview-Part I", 4th International Conference on Innovations in Information Technology, pp. 218–222, 18-20 Nov. 2007, Dubai, Dubai.



# EKLER

## 8. EKLER

### EK A1 Verici Ünitesi Arduino Yazılımı

```
// Verici devresi
#define VT_PIN A1 //MAX 471 volt ölçme
#define DHTPIN 2 //DTH11 bağlı olduğu pin
#define DHTTYPE DHT11 //DTH11 çeşidi
#include "DHT.h"
#include <Arduino.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
int sayi=0;
#include "Adafruit_SHT31.h"
Adafruit_SHT31 sht31 = Adafruit_SHT31();
DHT DTH11bilgileri(DHTPIN, DHTTYPE);
int analogdeger0;
int analogdeger1;
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
BH1750 lightMeter;
const int analogIn = A0;
int mVperAmp = 185; // 5A için kullanılacak değer
unsigned int RawValue = 0; // 10 bit okunan değer
int ACSoffset = 2500;
//float ACSoffset=2492.6;
double Voltage = 0;
double Amps = 0;

void setup(){

  Serial.begin(300);
  // Serial.println("SHT31 test");
  if (! sht31.begin(0x44)) { // alternatif 45 adresi
    Serial.println("Couldn't find SHT31");
    while (1) delay(1);
  }
  DTH11bilgileri.begin();// DTH11 başlat
  Wire.begin();
  lightMeter.begin();
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c); // adres ayarlanıyor
  0x3D (for the 128x64)
```

```

}

void loop() {
  delay(2000);
  int vt_read = analogRead(VT_PIN);
  float voltage = vt_read * (5.0 / 1024.0) * 5.0;

  for (int x = 0; x < 64; x++) // 64 analog okuma yapıyor
  {
    RawValue = RawValue + analogRead(analogIn); // değerler ekleniyor toplam
  }
  Voltage = ((RawValue / 64) / 1023.0) * 5000; // voltaj değerini getir
  Amps = ((Voltage - ACSoffset) / mVperAmp);
  RawValue = 0; // değeri sıfırla

  float DTH11NEM = DTH11bilgileri.readHumidity(); //DTH11 nem bilgisi
  float DTH11SICAKLIK = DTH11bilgileri.readTemperature(); //DTH11 sıcaklık
    bilgisi
  float sensorDegeri = analogRead(A0);
  float SHT3xSICAKLIK = sht31.readTemperature(); //sıcaklık değeri
  float SHT3xNEM= sht31.readHumidity(); // nem değeri

  uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();

  Serial.print(lux);
  Serial.print(",");
  Serial.print(DTH11SICAKLIK);
  Serial.print(",");
  Serial.print(SHT3xSICAKLIK);
  Serial.print(",");
  Serial.print(SHT3xNEM);
  Serial.print(",");
  Serial.print(Amps, 2);
  Serial.print(",");
  Serial.println(voltage, 2);

  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(0,0);
  display.println("NEM ORANI");
  display.print("% ");display.println(SHT3xNEM);
  display.setCursor(0,20);
  display.println("SICAKLIK");
  display.print(SHT3xSICAKLIK); display.println("C");
  display.setCursor(0,46);
  display.println("PANEL ISI");
  display.setCursor(0,56);

```

```
display.print(DTH11SICAKLIK); display.println("C");
```

```
display.setCursor(70,0);  
display.println("VOLT");  
display.setCursor(70,9);  
display.print(voltage);display.println(" V");  
display.setCursor(70,20);  
display.println("AKIM");  
display.setCursor(70,28);  
display.print(Amps);display.println(" A");  
display.setCursor(70,46);  
display.println("ISIK");  
display.setCursor(70,56);  
display.print(lux);display.println(" Lux");  
display.display();  
delay(20);  
display.clearDisplay();
```

```
for (int say = 0; say < 10; say++)  
{  
  delay(1000);  
}  
}
```



## EK A2 Verici Devresi Datalogger Yazılımı

```
//Veri kaydedici Yazılımı
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

const int chipSelect = 10;
long timer;
String timestring;
int saat;
String mvalue;
String veri = "";
boolean durum = false;

RTC_DS1307 rtc;

void setup() {
  Serial.begin(300);
  delay(200);
  // Serial.println("Sd Card hazırlanıyor...");
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("SD kart hatası");
    return;
  }
  //Serial.println("kart hazırlanıyor");
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC bulunamadı");
  } else {
    // Serial.println("RTC bulundu");
  }
  if (!rtc.isrunning()) {
    Serial.println("RTC ayarlanmadı");
  }
}

void loop() {
  if (durum)
  {
    Serial.print(veri);
    mvalue=(veri);
    DateTime now = rtc.now();
    saat= now.hour();
    if ((saat>=7)&&(saat<19))
    { get_time(); //RTC değerleri getir
      write_data(); //zaman bilgilerini yaz
    }
  }
}
```

```

    veri = "";
    durum = false;

}

}

void get_time(){ //zamanları RTC den oku ve getir
    DateTime now = rtc.now();
    timestring = now.day();
    timestring += "-";
    timestring += now.month();
    timestring += "-";
    timestring += now.year();
    timestring += ",";
    timestring += now.hour();
    timestring += ":";
    timestring += now.minute();
    // timestring += ":";
    // timestring += now.second();
    //Serial.println(timestring);
}

void write_data() { //SD karta yaz
    String dataString = timestring+ "," + mvalue ;
    File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
    if (dataFile) {
        dataFile.print(dataString);
        dataFile.close();
        //Serial.print(dataString);
    }
    else {
        Serial.println("dataları yazarken hata oluştu.txt");
    }
}

void serialEvent()
{
    while (Serial.available())
    {
        char gelen = char(Serial.read());
        veri += gelen;
        if (gelen == '\n')
        {
            durum = true;
        }
    }
}

```

## EK A3 Alıcı Ünitesi Arduino Yazılımı

```
// Alıcı yazılımı
int sayi=0;
int okunan=0;
String veri = "";
String veri2="";
boolean durum = false;
void setup() {
  Serial.begin(300);
}
void loop() {

  if (durum)
  {
    Serial.print(veri);
    veri = "";
    durum = false;
  }
}

void serialEvent()
{
  while (Serial.available())
  {
    char gelen = char(Serial.read());
    veri += gelen;
    if (gelen == '\n')
    {
      durum = true;
    }
  }
}
```

## EK A4 Canlı Grafik Oluşturan Python Kodları

```
import serial
import csv
import datetime
import time
import numpy
import matplotlib.pyplot as plt
from drawnow import *
from matplotlib.pyplot import subplot, figure
```

```
Volt_degeri=[]
Akim_degeri=[]
Nem_degeri=[]
TempDHT=[]
TempSHT=[]
isik=[]
Zaman=[]
dataNums=[]
plt.ion()
cnt=0
def makeFig():
plt.suptitle('FOTOVOLTAİK PANEL PARAMETRELERİNİN
GRAFIKLERİ', fontsize=20)
    subplot(2,3,1)
    plt.ylim(10,45) #ayarla ylimit değerlerini
    plt.title('Panel Volt(V) Grafiği') #çizim başlığını gir
    plt.grid(True) #çizgileri aç
    plt.ylabel('Volt') #y etiketlerini ayarla
    plt.plot(Volt_degeri, 'r-', label='Volt V') #volt değerini çiz
    plt.legend(loc='upper left') #plot sembolü
    # plt2=plt.twinx() #ikinci çizimi oluştur
    # plt.ylim(0,100) #y limit değerini gir
    # plt2.plot(Nem_degeri, 'b-', label='NEM DEGERI %') #nem değeri
    # plt2.set_ylabel('Pressrue (Pa)') #etiket
    # plt2.ticklabel_format(useOffset=False) #etiket formatı
    # plt2.legend(loc='upper right') #çizim sembolünü yaz

    subplot(2,3,2)
    plt.ylim(10,5000) # ayarla ylimit değerlerini
    plt.title('Panel Akim(mA) grafiği') # çizim başlığını gir
    plt.grid(True) # çizgileri aç
    plt.ylabel('miliAmper') # y etiketlerini ayarla
    plt.plot(Akim_degeri, 'b-', label='AKIM mA') # akım değerini çiz
    plt.legend(loc='upper left') # çizim sembolünü yaz
    #plot the legend
```

```

subplot(2,3,3)
plt.ylim(0,100) # ayarla ylimit değerlerini
plt.title('Nem Orani grafigi') # çizim başlığını gir
plt.grid(True) # çizgileri aç
plt.ylabel('% Nem') # y etiketlerini ayarla
plt.plot(Nem_degeri, 'g-', label='NEM DEGERI %') # nem değerini çiz
plt.legend(loc='upper left') # çizim sembolünü yaz

```

```

subplot(2,3,4)
plt.ylim(10,45) # ayarla ylimit değerlerini
plt.title('Panel ISISI grafigi') # çizim başlığını gir
plt.grid(True) # çizgileri aç
plt.ylabel('Panel Isisi C') # y etiketlerini ayarla
plt.plot(TempDHT, 'c-', label='ISI C') #plot the temperature
plt.legend(loc='upper left') # çizim sembolünü yaz

```

```

subplot(2,3,5)
plt.ylim(10,45) # ayarla ylimit değerlerini
plt.title('Ortam Sicaklik grafigi') # çizim başlığını gir
plt.grid(True) # çizgileri aç
plt.ylabel('Sicaklik C') # y etiketlerini ayarla
plt.plot(TempSHT, 'm-', label='SICAKLIK C') # sıcaklık değerini çiz
plt.legend(loc='upper left') # çizim sembolünü yaz

```

```

with plt.style.context('fivethirtyeight'):
    subplot(2,3,6)
    plt.ylim(0,5000) # ayarla ylimit değerlerini
    plt.title('AYDINLIK SEVIYESI') # çizim başlığını gir
    plt.grid(True) # çizgileri aç
    plt.ylabel('lux') # y etiketlerini ayarla
    plt.xlabel("ANLIK ISIK DEGERI:" +lux+" lx")
    plt.plot(isik, 'r-', label='Isik Seviyesi lx') # ışık değerini çiz
    plt.legend(loc='upper left') # çizim sembolünü yaz

```

```
data = serial.Serial('com3',300,timeout=1)
```

```

for i in range (1,10000):
    while(data.inWaiting()==0):
        pass

    try:
        dataString = data.readline().decode().strip()
    except UnicodeDecodeError:
        print("karakter hatasi")

```

```

try:
    dataNums = dataString.split(',')
except NameError:
    print("isim hatasi")

if (len(dataNums)==6):
    lux    = (dataNums[0])
    sicaklik = (dataNums[1])
    isi    = (dataNums[2])
    nem    = (dataNums[3])
    akim   = (dataNums[4])
    volt   = (dataNums[5])

print(dataString)
an = datetime.datetime.now()
saat = datetime.datetime.strftime(an, '%H:%M')
tarih = datetime.datetime.strftime(an, '%d.%m.%Y')

# with open("test_data.csv", 'a',newline=") as f:
#     writer = csv.writer(f)
#
writer.writerow([tarih]+[saat]+[lux]+[sicaklik]+[isi]+[nem]+[akim]+[volt])
# f.close()
text_file = open("Output.txt", "a")

text_file.write('\n'+dataString+","+saat+","+tarih)

text_file.close()

Volt_degeri.append(volt)
Akim_degeri.append(akim)
Nem_degeri.append(nem)
TempDHT.append(sicaklik)
TempSHT.append(isi)
isik.append(lux)
cnt +=1
drawnow(makeFig) # canlı grafik kütüphanesini çağır
plt.pause(.000001) # gecikme zamanını ayarla
cnt = cnt + 1
# if (cnt > 50): # eğer 50 değerine ulaşırsan yap
#     TempDHT.pop(0) # değerleri sıfırla
#     Nem_degeri.pop(0)
#     isik.pop(0)

```

## EK A5 Verileri Kullanarak Grafik Oluşturan Python Kodları

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.pyplot import subplot, figure
from matplotlib.ticker import EngFormatter
from datetime import date
from datetime import time
from datetime import datetime

Power= []
data = pd.read_csv('28.txt', header = None)

data.columns = ["tarih","saat","lux","panel","sicaklik","nem","akim","volt"]
                # data["tarih"]= pd.to_datetime(data["tarih"])
                # data['akim'] = data['akim'].astype(float)
                # selected_cols = ['saat', 'volt']
                # data.set_index('saat', inplace=True)
                # volt=data["volt"]

data["saat"]= pd.to_datetime(data["saat"],format="%H:%M")
data["tarih"]= pd.to_datetime(data["tarih"], format="%d-%m-%Y")

data.set_index('saat', inplace=True)

data.info()
print data                # veri = data [ selected_cols ]
power=data["volt"]*data["akim"]

plt.suptitle('FOTOVOLTAİK PANEL PARAMETRELERİNİN
GRAFIKLERİ', fontsize=20)
subplot(1,3,1)
plt.title('Güç(W)-Isik(Lux) Grafiği') #güç çözüm başlığı
plt.grid(True)                #gridleri aç
plt.ylim(0,100)
plt.gcf().autofmt_xdate()
plt.ylabel('Watt')                #y etiketlerini yaz
plt.plot(power, 'r-', label='Watt W',linewidth=4) #güç çizdir

# plt.plot(sicaklik)
plt.legend(loc='upper left')                #sembolu ayarla
plt2=plt.twinx()                #2. Y eksenini ayarla
plt.ylim(0,60000)                #y limitlerini ayarla
plt2.plot(data["lux"], 'g', label='ISIK DEGERI %') #ışık değerini çizdir
plt2.set_ylabel('Isik (Lux)')                #etiket değeri gir
# plt2.ticklabel_format(useOffset=False)                #otomatik scala kapat
plt2.legend(loc='upper right')                #çizim şekli
#####
```

```

subplot(1,3,2)
plt.title('Nem(%)-Isik(Lux)- volt Grafigi') #çizim başlığı
plt.grid(True) #çizgileri aç
plt.ylabel('%') #y limit değerlerini gir
plt.ylim(0,100)
plt.plot(data["nem"], 'r-', label='Nem %') #nem bilgilerini çizdir
plt.gcf().autofmt_xdate()
# plt.plot(sicaklik)
plt.legend(loc='upper left') #çizim şekli
plt2=plt.twinx() #2. Y düzlemi yarat
# plt2.ylim(0,100) #y limitlerini gir
plt2.plot(data["lux"], 'b', label='Lux') #ışık değerlerini çizdir.
plt.ylim(0,60000) #limiti değerlerini gir.
plt2.set_ylabel('Isik (Lux)') #etiket değerlerini gir
# plt2.ticklabel_format(useOffset=False) #otomatik ayar kapat
plt2.legend(loc='upper right') #çizim şekli
#####
subplot(1,3,3)
plt.title('isi(C)-sicaklik(C)-Guc (W) Grafigi') # çizim başlığı
plt.grid(True) # çizgileri aç
plt.ylim(0,70)
plt.ylabel(' derece C') # y limit değerlerini gir
plt.plot(data["panel"], 'b-', label='Panel isisi') #ısı grafiği çizdir
plt.plot(data["sicaklik"], 'g-', label='Sicaklik') #sıcaklık grafiği çizdir
plt.gcf().autofmt_xdate()
# plt.plot(sicaklik)
plt.legend(loc='upper left') #çizim şeklini gir
plt2=plt.twinx() #ikinci y eksenini gir
# plt2.ylim(0,100) #y limitlerini ayarla
plt2.plot(power, 'r', label='Guc (W)',linewidth=4) #güç grafiği çizdir
plt2.set_ylabel('Guc (W)') #y etiket değerini gir.
plt.ylim(0,100)
# plt2.ticklabel_format(useOffset=False) #otomatik ayarları kapat
plt2.legend(loc='upper right') #çizim şekli
plt.show()

```



## 9. ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Berat UZUN
- Doğum Yeri ve Tarihi** : TARSUS 22-08-1975
- Lisans Üniversite** : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Öğretmenliği
- Elektronik posta** : uzunberat@gmail.com
- İletişim Adresi** : Mimar İzzet Baysal MTAL Merkez/BOLU
- Yayın Listesi** :
- Daldal N ve Uzun B (2017) “Arttırılmış Gerçeklik ile Elektrik Devre Deneylerinin Simülasyonu”, Yedinci Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı, Syf: 428-436, 21-23 Kasım 2017, Ankara