



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**RASPBERRY PI İLE FOTOVOLTAİK PANELLERİN  
ELEKTRİKSEL VERİLERİNİN GERÇEK ZAMANLI  
İZLENMESİ**

**Hüseyin PARMAKSIZ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Metin KESLER**

**İkinci Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Yasemin ÖNAL**

**BİLECİK, 2017**

**Ref.No: 10138467**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**RASPBERRY PI İLE FOTOVOLTAİK PANELLERİN  
ELEKTRİKSEL VERİLERİNİN GERÇEK ZAMANLI  
İZLENMESİ**

**Hüseyin PARMAKSIZ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Metin KESLER**

**İkinci Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Yasemin ÖNAL**

**BİLECİK, 2017**



**BILECIK SEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Science**

**Department of Computer Engineering**

**REAL TIME ELECTRICAL DATA MONITORING OF  
PHOTOVOLTAIC PANELS WITH RASPBERRY PI**

**Hüseyin PARMAKSIZ**

**Master's Thesis**

**Thesis Advisor**

**Associate Professor Metin KESLER**

**Second Thesis Advisor**

**Assistant Professor Doctor Yasemin ÖNAL**

**BİLECİK, 2017**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS  
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 11/01/2017 tarih ve 2 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 26/01/2017 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Hüseyin PARMAKSIZ 'ın "*RASPBERRY PI İLE FOTOVOLTAİK PANELLERİN ELEKTRİKSEL VERİLERİNİN GERÇEK ZAMANLI İZLENMESİ*" başlıklı tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

**ÜYE  
(DANIŞMANI) : Doç. Dr. Metin KESLER**

**ÜYE : Doç. Dr. Murat KALE**

**ÜYE : Doç. Dr. Uğur YÜZGEÇ**

**ONAY**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun  
...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

**İMZA/MÜHÜR**

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının deneysel altyapısı Bilecik Őeyh Edebalı Őniversitesi 201401.BIL.03-02 numaralı BAP projesi ve TŪBİTAK 115E104 nolu proje kapsamında desteklenmiőtir.

Çalıőmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yŕnlendiren danıőman hocam Doç. Dr. Metin KESLER ve ikinci danıőman hocam Yrd. Doç. Dr. Yasemin ÖNAL'a, tavsiyeleri ve rehberliği sayesinde çalıőmalarımı kolaylaőtıran ve bir hocadan çok bana bir arkadaő gibi yaklaőan Őėr. Gŕr. Murat ŐZALP'e, tez çalıőmalarım sŕresince bana tecrŕbeleriyle yŕn veren Őėr. Gŕr. Harun ÖZBAY'a, Uzman Sŕleyman UZUN'a, Őėr. Gŕr. Akif KARAFİL'e ve Őėr. Gŕr. Barıő DEMİR'e teőekkŕrlerimi bir borç bilirim. Ayrıca birlikte gŕrev aldığım Bilecik Şeyh Edebalı Őniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı alıőma arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme canı gŕnŕlden teőekkŕr ederim.

## ÖZET

Son zamanlarda artan dünya nüfusu ve teknoloji beraberinde, enerjiye olan gereksinimleri artırmaktadır. Fosil kökenli enerji kaynaklarının maliyetlerinin artması, rezervlerinin kısıtlı olması ve çevreye olan zararlı etkileri ele alındığında alternatif enerji kaynaklarına eğilim hız kazanmaktadır. Bu konuda alternatif enerji kaynaklarıyla ilgili bilimsel çalışmalar hızlandırılmış ve dünyada enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil yakıtların gerekliliğinin azaltılması hedeflenmektedir. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve jeotermal enerji başlıca alternatif enerji kaynaklarıdır. Elektrik üretilirken, nükleer ve jeotermal enerji kaynakları hariç, diğer kaynakların çoğunluğunda güneş yer almaktadır. Bundan dolayı son zamanlardaki desteklerle birlikte verim ve maliyetlerde düzenlemeler yapılarak güneşten elektrik enerjisi elde edilmesi cazip hale gelmektedir. Fotovoltaik paneller (FV) kullanılarak güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmektedir. FV panellerden elde edilecek enerji, panellerin konumlandırıldığı coğrafi konuma, mevsimsel değişimlere ve çevre şartlarına göre değişmektedir. Güneş ışınlarının panellere dik olarak gelmesi durumunda FV panellerden elde edilecek verim azami olmaktadır. Atmosfer dışında 1 m<sup>2</sup>'lik alana gelen güneş enerjisi sabit olmasına rağmen yeryüzüne ulaşabilen güneş enerjisinin bir kısmı atmosfer ve bulutlar aracılığıyla geri yansıtılmaktadır. Bu nedenle güneş enerjisinden yararlanırken verimim artırılması için panellerin bir veya iki eksenli güneş izleme sistemi ile gün boyunca güneşin takip edilmesi sağlanabilir. Fakat güneş izleme sistemlerinde yer alan motor, sürücü vb. elemanların sürekli enerji tüketmeleri büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bunun yerine FV panellerin optimum sabit eğim açısıyla yerleştirilerek güneş ışığından maksimum seviyede yararlanabilmektedir. Panellerin yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti, panellerin konumlandırıldığı yerin coğrafik konumu ile o güne ait gün içindeki zaman dilimlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu yüzden, panellerin eğim açısı bölgeden bölgeye değişimin yanı sıra aylık, mevsimsel ve yıllık olarak değişmektedir. Bu amaç çerçevesinde 10°, 20°, 30°, 40°, 50° ve 60°'lik açılarla yerleştirilen FV paneller ile Bilecik ilinde güneş enerjisinden elde edilebilecek maksimum gücün aylık, mevsimsel ve yıllık olarak optimum sabit eğim açısı belirlenmektedir.

**Anahtar sözcükler:** Raspberry Pi, Fotovoltaik panel, Sabit eğim açısı, Veri toplama.

## ABSTRACT

In recent years energy demand has increased dramatically due to increasing populating and technological advancements. Alternative energy sources have gained importance since fossil fuels are costly, have limited reserves and give harm to the environment. Many scientific researches have been conducted on alternative energy sources and it is aimed to decrease the use of fossil fuels. Solar, wind, hydroelectric and geothermal energies are among the main alternative energy sources. Solar energy is used in many energy sources to generate electricity except nuclear and geothermal energy sources. Therefore, to generate electricity from solar has been more attractive with the recent investments and cost regulations. Photovoltaic (PV) panels are used to generate electric energy from solar energy. The energy efficiency varies depending on the location of the panels, seasonal and environmental changes. On the other hand, the efficiency of the panels will be maximum when sun rays fall on the panels with direct angle.

Although the solar energy reaching a per square meter in the outer atmosphere is constant, some of the solar energy falling on the earth are absorbed and reflected back by the atmosphere and the clouds. Therefore, the panels should be tracked throughout the day by single or two axis solar tracking systems in order to increase the efficiency while benefiting from solar energy. However, some components of solar tracking systems such as engine and driver consume energy continuously and this is the main drawback of the system. Therefore, PV panels should be placed with an optimum fixed tilt angle to extract maximum power from PV panels. Solar radiation level falling on the panels varies depending on the location of the panels and the time durations in a day. As a result, the tilt angle of the panels varies in different regions and they differ monthly, seasonally and annually. Within this scope, PV panels are placed at 10°, 20°, 30°, 40°, 50° and 60° and monthly, seasonal and annual optimum tilt angles for Bilecik city are determined to extract maximum power from solar.

**Keywords:** Raspberry Pi, Photovoltaic panel, Fixed tilt angle, Data acquisition.

## İÇİNDEKİLER

### JURİ ONAY FORMU

### TEŞEKKÜR

ÖZET.....	I
ABSTRACT .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III-IV
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	V-VI
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	VIII
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti .....	2
<b>2. ENERJİ KAYNAKLARI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Enerji ve Önemi .....	5
2.2 Enerji Kaynakları .....	5
2.2.1 Tükenebilir enerji kaynakları .....	6
2.2.2 Yenilenebilir (tükenmeyen) enerji kaynakları .....	7
2.3 Güneş Enerjisi .....	9
2.3.1 Türkiye’de güneş enerji potansiyeli .....	10
2.3.2 Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi .....	12
2.3.3 Güneş panelleri ve çeşitleri .....	13
2.3.4 Güneş izleme sistemleri .....	15
<b>3. RASPBERRY Pİ VE SİSTEM BİLEŞENLERİ .....</b>	<b>18</b>
3.1 Donanımsal Bileşenler .....	17
3.1.1 Raspberry pi .....	17
3.1.2 Fotovoltaik panel.....	20
3.1.3 Sd kart .....	21
3.2 Yazılımsal Bileşenler .....	22
3.2.1 Python .....	22
3.2.2 MySQL.....	23



3.2.3 Php, Html5, json, css ve jQuery .....	24
3.2.4 HighChart ve amCharts.....	24
3.2.5 Crontab.....	25
3.1.6 Mail utils .....	26
3.1.7 SSH, SCP ve samba .....	27
<b>4. SİSTEM TASARIMI .....</b>	<b>29</b>
<b>5. DENEY SONUÇLARI.....</b>	<b>51</b>
<b>6. SONUÇ.....</b>	<b>59</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>61-64</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>65-66</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 2.1. Türkiye güneş enerji potansiyeli atlası. ....	11
Şekil 2.2. Bilecik iline ait güneş verileri. ....	12
Şekil 2.3. Güneş'in ısı enerjisini kullanan elektrik santrali (Batman, 2001). ....	13
Şekil 2.4. Silikon güneş hücresi (Markvart, 1994). ....	14
Şekil 2.5. Güneş'in Fotovoltaik gruplar (Markvart, 1994). ....	14
Şekil 2.6. Güneş panelinin sabit bir açıda yerleştirilmesi. ....	16
Şekil 2.7. Güneşi tek ekseninde izleyen güneş panelinin yerleştirilmesi. ....	16
Şekil 2.8. Güneşi çift ekseninde izleyen güneş panelinin yerleştirilmesi. ....	16
Şekil 3.1. Raspberry Pi 3 ve pinout şeması. ....	19
Şekil 3.2. Sistemde kullanılan FV paneller. ....	21
Şekil 3.3. SD kartların yapısı, türleri ve hızları. ....	22
Şekil 3.4. PhpMyAdmin arayüzü. ....	23
Şekil 3.5. Ssmtp mail ayarlarının yapılması. ....	26
Şekil 3.6. Putty uzaktan erişim aracı. ....	27
Şekil 3.7. WinSCP dosya aktarım programı ....	28
Şekil 3.8. Samba servisinin başlatılması. ....	28
Şekil 4.1. SD kart biçimlendirme programı. ....	29
Şekil 4.2. Sd karta imaj dosyası yazma programı. ....	30
Şekil 4.3. SD kart mount edilmeden sistemin disk durumu. ....	30
Şekil 4.4. SD kart imaj yedeği alma programı. ....	31
Şekil 4.5. RPi CLI konfigürasyon aracı. ....	32
Şekil 4.6. RPi disk durumu. ....	32
Şekil 4.7. RPi gui konfigürasyon işlemleri. ....	33
Şekil 4.8. Linux sistemden RPi'ye SSH bağlantısı. ....	33
Şekil 4.9. Raspbian işletim sisteminin güncellenmesi. ....	34
Şekil 4.10. Güncellemeler öncesi upgrade paketlerinin listelenmesi. ....	35
Şekil 4.11. Paketlerin kurulum süreci. ....	35
Şekil 4.12. Bölgesel ayarların yapılması. ....	36
Şekil 4.13. Raspbian işletim sistemi bilgileri. ....	36
Şekil 4.14. Depodan paketin kontrolü. ....	37

<b>Şekil 4.15.</b> Sistemde yüklü paketlerin belirlenmesi.....	38
<b>Şekil 4.16.</b> MySQL veri tabanının kullanıcı konfigürasyonu.....	39
<b>Şekil 4.17.</b> PhpMyAdmin konfigürasyonu .....	40
<b>Şekil 4.18.</b> Apache2 debian default sayfa.....	40
<b>Şekil 4.19.</b> Php ve bileşenlerinin kurulumu.....	41
<b>Şekil 4.20.</b> Sabit açılı sistemde panelin eğim açısı (Karafil, vd., 2015).....	41
<b>Şekil 4.21.</b> Farklı eğim açılarındaki panellerin kurulum düzeneği.....	42
<b>Şekil 4.22.</b> FV panellere bağlanan yükler.....	43
<b>Şekil 4.23.</b> RPi kartı ve mikro denetleyici bağlantısı.....	44
<b>Şekil 4.24.</b> Sistemin bileşenleri (Parmaksız, vd., 2016).....	45
<b>Şekil 4.25.</b> Sistemde kullanılan veri tabanı.....	45
<b>Şekil 4.26.</b> Panellerden alınan günlük ortalama gerilim, akım ve güç değerleri.....	46
<b>Şekil 4.27.</b> Cron betiği.....	46
<b>Şekil 4.28.</b> Pyhon kodunun shell olarak yetikendirmesi.....	47
<b>Şekil 4.29.</b> Verilerin okunması ve kaydedilmesi işlemi.....	48
<b>Şekil 4.30.</b> Bash betiği ile grafiklerin yedeklenmesi ve mail ile gönderilmesi.....	49
<b>Şekil 4.31.</b> Python ile iki günden eski grafiklerin silinmesi.....	49
<b>Şekil 4.32.</b> Bash betiği ile üç günden eski verilerin silinmesi.....	50
<b>Şekil 5.1.</b> Panellerden alınan değerler.....	52
<b>Şekil 5.2.</b> Haziran ayına ait FV panellerin gücü.....	52
<b>Şekil 5.3.</b> Panellerden alınan günlük ortalama gerilim, akım ve güç değerleri.....	53
<b>Şekil 5.4.</b> Her bir panelin günlük ürettiği toplam güç miktarı.....	54
<b>Şekil 5.5</b> Her panelin ürettiği günlük gerilim değerleri.....	55
<b>Şekil 5.6.</b> Her panelin ürettiği günlük akım değerleri.....	56
<b>Şekil 5.7.</b> FV panellerin yıllık ortalama güç değerleri.....	57

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Tükene bilirlğine göre enerji türleri (Özdamar, 2000) .....	6
<b>Çizelge 2.2.</b> Çeşitli gök durumları için toplam ışı nım miktarı ve yaygın ışı nım oranları (Karamanav, 2007).....	10
<b>Çizelge 2.3.</b> Türkiye'nin bölgelere göre yıllık ışı nım ve güneşlenme süreleri.....	11
<b>Çizelge 2.4.</b> FV uygulamalarında kullanılan yarıiletkenlerin enerji boşlukları (Markvart, 1994).....	15
<b>Çizelge 3.1.</b> RPi modelleri ve versiyonlarının karşılaştırılması.....	18
<b>Çizelge 3.2.</b> Sistemde kullanılan FV panelin elektriksel parametreleri.....	21
<b>Çizelge 4.1.</b> Bazı Linux komutları.....	38
<b>Çizelge 5.1.</b> FV panellerin toplam güç yüzdeleri.....	57
<b>Çizelge 5.2.</b> Yıllık ortalama güç değerleri.....	57

**SİMGELER VE KISALTMALAR****Simgeler**

<i>Mw</i>	: Megavat
eV	: Işığın enerjisi
kg	: Kilogram
kWh	: Kilovatsaat
gr/cm <sup>3</sup>	: Yoğunluk, özgül ağırlık
W/m <sup>2</sup>	: Güneş enerjisi
kWh/m <sup>2</sup>	: Işınım şiddeti

**Kisaltmalar**

FV	: Fotovoltaik Panel
BD	: Baud Rate
ADC	: Analog Dijital Çevirici
DAC	: Dijital Analog Çevirici
Rpi	: Raspberry Pi
Lm	: Lümen
DAQ	: Data Acquisition
T	: Hava Sıcaklığı (Kelvin)
eV	: Elektron Volt
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
PC	: Kişisel Bilgisayar
SoC	: System on chip
LAN	: Local Area Network
IoT	: Internet of Things

## 1. GİRİŞ

Son zamanlarda dünya nüfusundaki artış ve teknolojinin gelişmesiyle enerji faktörü önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde elektrik enerjisinin neredeyse tamamı fosil kökenli kaynaklardan sağlanmaktadır (Demirtaş, 2006). Ancak bu kaynakların kullanılmasının uzun dönemde insanlık için bazı tehditler oluşturabileceği öngörülmektedir (Wilson, 1974). İlk olarak, sınırlı rezervlerde bulunan petrol ve doğal gaz gibi yoğun kullanılan kaynakların azalmasına bağlı olarak artan maliyetler ve bunun sonucu olarak meydana gelecek sosyal ve ekonomik etkilerin büyüklüğüdür. İkinci olarak, fosil kökenli yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan zararlı emisyonlar ve sera gazlarının doğal çevre üzerindeki tahribat etkileridir (De Brito, vd., 2013). Elektrik enerjisinin üretiminde verim, maliyet ve kaynağın kolay bulunması gibi faktörler incelendiğinde rüzgâr ve güneş enerjilerinin kullanılması, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre öne çıkmaktadır (Khorasanizadeh, vd., 2014). Özellikle nükleer ve jeotermal enerji hariç, güneş enerjisinin diğer tüm enerji kaynaklarının ana kaynağı olmasının yanı sıra temiz, ekonomik, gürültüsüz, güvenilir ve tükenmez bir enerji kaynağı olmasından dolayı son zamanlardaki destek ve yatırımlarda daha etkin hale gelmiştir (Ali Nasr Allah, vd., 2012).

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için Fotovoltaik paneller (FV) kullanılmaktadır. FV panellerde kullanılan yarı iletken malzemeler ile güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. FV panellerden yüksek güçte elektrik elde etmek pahalı bir yöntemdir. Bunun ana nedeni, üretim maliyetlerinin yüksek ve verimliliğinin düşük olmasıdır. Ayrıca panellerden elde edilecek elektrik enerjisi çevre şartlarına bağlı olarak sürekli değişmektedir. Güneşten alınan enerjinin FV panel çıkışına iletilme safhalarında meydana gelen kayıplar gölgeleme, sıcaklık, ışık açısı, hücre vb. kayıplardır. Bu kayıpların bir bölümü iyileştirilebilse de (örnek olarak panel açısı) panel özelliğine bağlı olan kayıplar değiştirilememektedir (Kurokawa,1998). Güneş ışınlarının panellere dik olarak gelmesi durumunda FV panellerden elde edilecek verim azami olmaktadır. Ancak atmosfer dışındaki bir metrekarelik alana gelen güneş enerjisi sabit ve kesintisiz olmasına karşın yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin bir kısmı atmosfer ve bulutlar tarafından tutularak geri yansıtılmaktadır (Maatallah, vd., 2011). Bu doğrultuda FV panellerden maksimum güç elde etmek için tek ve çift eksenli güneş takip sistemleri veya

optimum sabit eğim açılı sistem kullanılmaktadır. Güneş takip sistemleri, gün içerisinde güneşi takip eden mekanik izleyici bir sistemdir (Bouabdallah, vd., 2013). Bu sistemle daha fazla enerji üretilmesine rağmen sistem içerisinde yer alan sürücü, motor vb. elemanların sürekli olarak enerji harcamalarının yanı sıra karmaşıklığı ve maliyeti sistemin dezavantajlarıdır (Şenpınar ve Cebeci, 2012). Bunun yerine panellerin optimum sabit eğim açısı ile yerleştirilmesiyle güneş ışığından maksimum seviyede yararlanılabilmektedir (Benghanem, 2011). Sabit eğim açılı sistemlerde, paneller yatay zeminle belirli bir eğim açısında yerleştirilmektedir (Kacira, vd., 2004). Bu açı değeri, panellerin konumlandırıldığı yerin coğrafi konumuna göre değişim göstermektedir. Ayrıca güneşten gelen ışınım şiddeti mevsimsel olarak değiştiğinden panel yüzeyine gelen ışınım miktarı da değişmektedir (Lahjouji ve Darhmaoui, 2013). Bu yüzden panellerin azami olarak güneş ışınımını alabilmesi için aylara ve mevsimlere göre optimum eğim açısında yerleştirilmesi gerekmektedir (Kaldellis ve Zafirakis, 2012). Bu amaç doğrultusunda panel eğim açısının aylık ve mevsimsel değişimi deneysel sonuçlarla ortaya çıkarılmalıdır. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda genelde matematiksel ve istatistiksel modeller kullanılarak eğim açıları saptanmıştır. Deneysel olarak yapılan çalışmalarda küresel ve difuz güneş radyasyonu ölçülerek eğim açıları belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise panellerden elde edilen enerji miktarının elektriksel olarak incelenmesi ile çalışmanın ileride bölgeye yapılacak olan güneş enerjisi uygulamalarına ışık tutacağı öngörülmektedir.

## 1.1 Literatür Özeti

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Khorasanizadeh ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada İran'ın Tabas şehri için FV panellerin optimum eğim açısı aylık, mevsimsel ve yıllık olarak hesaplanmıştır. Ancak difuz güneş radyasyonu verilerin eksikliği nedeniyle yatay difuz radyasyonu tahmini için üç farklı kategoriden dokuz difuz modeli elde edilmiştir (Khorasanizadeh, vd., 2014). Bouabdallah ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ise aylık ve yıllık enerji dengeleri açısından ortaya çıkan difuz radyasyonu için farklı modeller karşılaştırılmıştır. FV panellerinden elde edilecek yıllık enerji miktarı maksimum hale getirilerek eğim açısı optimize edilmiştir. Ancak bu çalışmada gerçekleştirilmemiş olup sadece simülasyon sonuçları değerlendirilmiştir (Bouabdallah, vd., 2013). Lahjouji ve Darhmaoui tarafından yapılan çalışmada ise

optimal eğim açısının belirlenmesindeki teorik yönler ele alınarak değişen eğim açıları ile elde edilen güneş enerji şiddetinin nasıl artacağı konusunda önerilerde bulunulmuştur. Fakat eğim açısının bulunmasında deneysel çalışma gerçekleştirilmemiş olup matematiksel model kullanılmıştır (Lahjouji ve Darhmaoui, 2013). Benghanem tarafından yapılan çalışmada ise günlük küresel ve difüz güneş radyasyonu ölçülmüştür. Fakat yapılan bu çalışmada elektriksel ölçümler değil güneş ışınım şiddetleri ölçülerek aylık ve yıllık optimum açılar belirlenmiştir (Benghanem, 2011). Aydın ve arkadaşları FV sistemlerin gerçek çalışma şartları altındaki performanslarını ölçmek amacıyla özgün bir veri izleme ve kayıt kartı (DAQ) üretmişlerdir (Aydın, vd., 2005). Priyanka ve arkadaşları güneş pilli şarj istasyonun tüm bileşenlerinin gerçek zamanlı olarak izleme tekniklerini göstermişlerdir (Priyanka, vd., 2016). Kesler ve arkadaşları Antalya'nın Manavgat ilçesi için mevsimsel değişikliklere göre potansiyel güneş enerjisini ölçmüşlerdir. Bölgenin potansiyel güneş enerjisini değerlendirmek için iki eksenli sistem ile sabit eğim açılı sistemin ince film ve mono kristal panelleri üzerindeki karşılaştırmaları yapmışlardır (Kesler, vd., 2014). Kavadias ve arkadaşları şebekeden bağımsız FV sistemden maksimum güç alabilmek için optimum eğim açısını incelemişlerdir. Ölçümler, güneş potansiyelinin minimum olduğu kış ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir (Kavadis, vd., 2011). Asowata ve arkadaşları matematiksel modellerden ve simülasyonlardan elde edilmiş mevcut eğim açılarının kullanımına göre FV panelin çıkış gücünün maksimum yapılmasını incelemişlerdir. Sonuçlar dört aylık sürede gerçekleştirilmiştir (Asowata, vd., 2012). Rouholamini ve arkadaşları çalışmalarında değişik eğim açılarında yerleştirilen FV panellerin toplam güneş ışınımını ölçmek ve çıkış enerjisini hesaplamak için matematiksel model kullanmışlardır (Rouholamini, vd., 2013). Chang tarafından Tayvan'da yedi farklı şehirdeki FV panellerin optimum eğim açıları, parçacık sürü optimizasyonu (PSO) metoduyla belirlenmiştir. Bu şehirlerden elde edilen enerji miktarları birbirleriyle kıyaslanmıştır. Aynı zamanda altı farklı eğim açılarında yerleştirilen FV paneller ile dört farklı PSO metotlarından elde edilen enerji miktarları da karşılaştırılmıştır. Ancak yapılan bu çalışmada tüm PSO metotlarından istenen sonuçlar elde edilememiştir (Chang, 2010). George ve Anto tarafından yapılan çalışmada ise Hindistan'da kurulan FV paneller için aylık optimum eğim açı değerleri coğrafi faktör metodu, aydınlık indeks metodu ve deklinasyon açı metotları kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu metotların bazılarında ise



elde edilen değerler deneysel değerlerle uyuşmamıştır (George ve Anto, 2012). Bakırcı tarafından yapılan çalışmada ise Türkiye’de sekiz büyük şehirde ölçülen güneş ışınım verileriyle eğim aıların optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ancak bu çalışma istatistiksel metotlarla gerçekleştirilmiş olup deneysel çalışmada yer verilmemiştir (Bakırcı, 2012).



## 2. ENERJİ KAYNAKLARI

### 2.1 Enerji ve Önemi

Enerji fizik biliminde iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir (tükenmeyen) enerji üretilemeyen fakat bir formdan diğerine dönüştürülebilir enerji, etkiyen kuvvet anlamında ve Yunanca Energia'dan alınmıştır. Ülkelerin ekonomik kalkınma düzeyleri incelendiğinde, enerji tüketim miktarlarıyla doğru orantılıdır. Gelişmekte olan ülkelerdeki enerji tüketimi, gelişmiş ülkelerdeki bireysel enerji tüketiminin yaklaşık onda biri seviyelerindedir. Pakistan'da 38 kişinin harcadığı enerjiyi, 35 Hintli, 13 Çinli, 7 Türk, 4 İspanyol, 3 Fransız/İtalyan/Japon ve ABD'de 1 kişi harcamaktadır (Sarıkayalar, 1998).

Sanayi, ekonomi ve nüfus olarak hızla gelişerek büyüyen ülkemizde buna bağlı olarak enerji ihtiyacı da artmaktadır. Ülkelerin enerji gereksinimlerindeki artış çevresel faktörlerle birleştirildiğinde bilimsel araştırmaları doğal kaynaklar kullanımındaki teknolojinin geliştirilmesine yönlendirmektedir. Ayrıca ülkelerdeki politik gelişmelere bağlı olarak enerji fiyatlarının artışı, fosil kaynakların belirli bir süre sonra tükenen olacak olması ve üretimin oldukça pahalı oluşu, alternatif enerji kaynaklarının tespit edilerek bu kaynaklardan yüksek oranda verimli bir şekilde faydalanılmasını zorunlu kılmaktadır (Etemoğlu ve İşman, 2004).

### 2.2 Enerji Kaynakları

- Enerji kaynaklarının başlıcaları:
  - Mekanik Enerji (Potansiyel ve Kinetik)
  - Kimyasal Enerji
  - Elektrik Enerjisi
  - Isıl Enerji
  - Işın Enerjisi
  - Nükleer (Çekirdek) Enerji
  - Birleşme (Füzyon) Enerji'leridir.

Ayrıca enerji yenilenebilir (tükenmeyen) ve yenilenemeyen (tükenbilir) olarak iki kısımda incelenmektedir.

**Çizelge 2. 1.** Tükenebilirliğine göre enerji türleri (Özdamar, 2000).

<b>Tükenebilirliğine Göre Enerji Türleri</b>	
<b>Tükenebilir Enerji</b>	<b>Yenilebilir (Tükenmeyen) Enerji</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Petrol, Kömür, Linyit, Doğalgaz, Nükleer kaynaklardan elde edilen enerjidir.</li> <li>○ Çevreyi kirletmektedirler ve dünyanın var olma sürecinde tükenirler. Fosil kaynaklar olarak ifade edilirler.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Su (hidrolik), Rüzgâr, Güneş, Jeotermal, Gel-Git Olayı, Biyomas gibi kaynaklardan elde edilen enerjilerdir.</li> <li>○ Çevre dostu olarak bilinirler ve dünya var oldukça tükenmezler.</li> </ul>

### 2.2.1 Tükenebilir enerji kaynakları

Tükenebilir enerji kaynaklarına petrol, taş kömürü, linyit, doğalgaz, odun ve nükleer yakıtlar örnek verilebilir (Sarıkayalar, 1998).

Petrol kelimesi, taş anlamına gelen “petra” ile yağ anlamına gelen “oleum” sözcüklerinden oluşmaktadır. Petrol sıvı olarak genelde kahverengi, siyah ve koyu yeşil renklindedir. Yoğunluğu kimyasal bileşimine ve viskozitesine göre değişmektedir.

Günümüzde petrol endüstrisinde petrolün özgül ağırlığı yerine A.P.I. Gravite derecesi kullanılmaktadır. Petrolün A.P.I. Gravite derecesiyle özgül ağırlığı ters orantılıdır. Su ile petrol küçük miktarlarda karışabilmektedir. Petrolün viskozite değeri çok önemlidir. Bu değer petrolün akışkanlığını ifade etmektedir. Dünyanın petrol rezervlerinde en yoğun Orta Doğu bölgesidir. Daha sonra sırayı Amerika ve Afrika kıtaları almaktadır (Bayraç, 2009).

Kömür yanabilen bitki kökenli organik bir kaya olarak ifade edilebilir. Başlıca karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinin birleşmesiyle meydana gelmiştir.

Elektrik enerjisi üretiminde maliyetinin düşük ve rekabetçi bir fosil yakıt olması sebebiyle Dünya elektrik üretiminin yaklaşık %40’ını karşılamaktadır. Zonguldak yöresinde Türkiye’nin en büyük havzası yer almaktadır (Sencer, 2001). Kömür, Türkiye için çok önemli bir yakıttır. Ürettiğimiz kömür temel olarak elektrik gücü, çelik ve seramik üretimi için kullanımının yanı sıra, ülkenin toplam enerji tüketiminin %24’ini tem etmektedir. Türkiye, büyük bir Linyit kömürü üreticisidir; güneybatı ve güneydoğu

Afşin-Elbistan havzasında bulunan madenlerden ekonomik olarak bulunan 7339 milyon ton rezerve sahiptir. Toplamın %40'ını oluşturan en büyük linyit madeni Elbistan havzasıdır (Kaya, 2004).

Doğalgaz da petrol gibi karbon bazlı fosil bir yakıttır. Doğalgazın bugünkü konumuna gelişi, 1816 yılında ABD'nin Baltimore kentinin sokak lambalarının doğalgaz kullanılarak aydınlatılmasına dayanmaktadır. Dünya enerji tüketiminin %22'si doğalgaza dayanmaktadır. Ev ve işyerleri ısınma ihtiyacını çoğunlukla doğalgaz ile karşılamaktadırlar. Bunun yanı sıra elektrik üretiminde de rol almasına rağmen %10-15 gibi düşük oranlarda kalmaktadır (Akmalı, 2010).

Atom çekirdeklerinin parçalanması neticesinde büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda çekirdeklerin parçalanması sağlanabilmektedir, bu tepkime "filyon" olarak adlandırılmaktadır. Hafif atom çekirdeklerinin birleşme tepkimeleri büyük bir enerjinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu birleşme tepkimesi "füzyon" olarak adlandırılmaktadır. Filyon ve Füzyon tepkimeleriyle elde edilen enerjiye "nükleer enerji" adı verilir. Kurulum aşamasındaki maliyeti hariç ucuz ve dışa bağımlı olmayacağımız bir enerjidir. 130 milyon litre petrol yerine 1 kg Uranyum aynı enerjiyi üretmektedir. Türkiye'de atom enerjisiyle ilgili çalışmaları TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) yürütmektedir.

Odun, ateşin bulunmasıyla birlikte tek ısı ve enerji kaynağı olmuştur. Bugün az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarının çoğunluğunu odundan karşılamaktadırlar. Gelişmiş ülkelerde odun sanayi hammaddesi olarak kâğıt üretiminde kullanılmaktadır.

### **2.2.2 Yenilenebilir (tükenmeyen) enerji kaynakları**

En genel olarak yenilenebilir enerji kaynağı; sürekli devam eden, enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları konvansiyonel enerji kaynaklarından çevreye en az tahribat veren kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından hiç birisi işlem süreçlerinde ne katı ne sıvı ne de gaz

olarak kirlilik oluşturmazlar. Yenilebilir enerji kaynaklarının bir önemli unsuru, yeni iş alanlarına yol açmaktadır (Uslusoy, 2012).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına rüzgâr, hidroelektrik, nükleer, biyoyakıt, jeotermal ve okyanus kaynakları enerjisi örnek verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında pasif (doğrudan) ve aktif (dolaylı) olmak üzere iki sistemden yararlanılmaktadır. Doğrudan kullanım örnekleri, jeotermal ısıtma, su veya rüzgâr değirmenleridir. Dolaylı sistemde güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik ve ısı enerjisi elde etmek amacıyla yapıya bütünleşmiş edilen mekanik donanımlar kullanılarak sağlanır. Elektrik üretiminde kullanılan rüzgâr tribünleri veya FV paneller örnek verilebilir. Yenilenebilir enerji, çoğunlukta ücretsiz olarak tanımlansa da yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğuna normalde ücretsiz denemez. Mühendislikte, ücretsiz enerji ile ifade edilmek istenen direkt olarak doğadan elde edilebilen ve insanlar tarafından tüketilmesi mümkün olmayan enerjiyi ifade etmektedir (Umut, 2008).

İnsanların ilk keşfettiği enerjilerden biri rüzgâr enerjisidir. Güvenilir, temiz ve en önemlisi sonsuz bir kaynak olmasından dolayı, dünya skalasında çok önemli ve güçlü bir yere sahiptir. Rüzgâr enerjisinde son 15 yılda üretim maliyetlerinin %50 oranda azalmasıyla birlikte bu sistemde enerji üretmek cazip hale gelmektedir. Günümüzde daha modern rüzgâr türbinlerinin kurulu güçleri, verimlilikleri ve güvenilirlikleri yeni teknolojiler sayesinde çok hızlı bir şekilde gelişim göstermektedir. Dünya’da rüzgârdan enerji üretiminin büyük bir bölümü Almanya’da gerçekleştirilmektedir. Rüzgâr enerjisinden en çok yararlanan diğer ülkeler sırasıyla İspanya, ABD, Danimarka, Hindistan, Hollanda, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve Çin’dir (Memduhoğlu, 2013).

Hidroelektrik, bir ülkede, ülke sınırlarına ve denizlere kadar tüm doğal akışların %100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımına dayanılarak hesaplanan hidroelektrik potansiyel, o ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelini verir. Türkiye’nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1’i, ekonomik potansiyeli ise %16’sı kadardır (Önal, 2010).

Jeotermal, yer altında magma katmanında sıcaklığın artmasıyla birlikte özellikle deprem bölgelerinde ısınıp yeryüzüne çıkmaktadır. Elektrik üretimi de jeotermal buharın

gücünden faydalanılarak sağlanmaktadır. Ülkemizde Denizli, Kütahya ve İzmir-Aliğa gibi bölgelerde jeotermal enerji kaynaklarından konut ısıtma ve elektrik üretimi alanlarında fayda sağlanmaktadır. Jeotermal enerji ülkemiz için önemli bir yenilebilir kaynak olup dünyanın jeotermal potansiyeli sıralamasında yedinci ülkesidir. Jeotermal enerjinin tüm dünyada çevre dostu olarak kullanılması için yasalarla zorunlu hale getirilmiş re enjeksiyon (akışkanı yer altına geri verme) tekniğinin uygulanması hem rezervuar parametrelerinin korunması hem de jeotermal suyun doğaya ve çevreye tahribat oluşturmaması için şarttır (Yılmazer, 2001).

Biyomas, hayvansal ve bitkisel atıklar, genellikle doğrudan yakılmakta veya tarım arazilerine gübre olarak kullanılmaktadır. Bu tür atıkların özellikle yakılması sonucu elde edilen ısının kullanımı daha yaygın olarak görülmektedir. Biyogaz teknolojisiyle organik kökenli atık maddelerden hem enerji elde edilmesine hem de atıkların toprağa gübre olarak kazandırılmasına olanak sağlamaktadır (Küleççi, 2009).

Dalga ve gelgit enerji teknolojileri güneş ve rüzgâr enerjileriyle kıyaslandığında, nispeten yeni ve büyük çaplı keşfedilmeyen enerji türlerindedir. Bu enerjinin geliştirilmesi maliyetli bir iş olduğundan, yakın gelecekte bilinen enerji kaynaklarıyla mali açıdan yarışacak bir aşamaya gelmesi mümkün görünmemektedir. ABD Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre, dünyanın tüm sahillerinde oluşan dalga enerjisi toplansa, ancak 2 ile 3 milyon MW civarlarında enerji açığa çıkmaktadır. İskoçya'nın batı sahilleri, Güney Afrika, Avustralya, ABD'nin kuzeydoğu ve kuzeybatı sahilleri gelgit ve dalga enerjisi bakımından zengin bölgelerdir (Demirtaş, 2010).

### **2.3 Güneş Enerjisi**

Yaşamımızın kaynağı olan güneş, aynı zamanda doğal sistemde enerjinin büyük bir kısmını sağlamaktadır. Dünya'dan yaklaşık 151.106 km uzaklıkta ve çapı yaklaşık 1,4 milyon km olup iç çevresinde yoğunluğu fazla olan gazları içermektedir. Nükleer yakıtlar haricinde, yeryüzünde kullandığımız tüm yakıtların temel kaynağıdır. Güneş enerjisinden faydalanmada verimin artırılabilmesi için, güneşin yer düzlemine göre, bir yıllık hareketlerinin bilinmesi şarttır. Güneşten dünya atmosferi dışına gelen enerji, metrekare başına 1300-1400 watt arasındadır. Bulutsuz havanın açık olduğu bir günde yere dik olarak gelen güneş enerjisi azami 1000 W/m<sup>2</sup> civarlarında olabilir (Ertürk, 1997).

Güneşten yeryüzüne ışınım doğrudan veya dolaylı olarak gelmektedir. Dolaysız ışınım doğrudan güneşten gelen ışınımdır. Dolaylı ışınım ise, tüm gök küreden gelen belirli doğrultusu ve yönü olmayan ışınımdır. Güneş ışınımının bir kısmı, atmosfer içinde girdikten sonra yeryüzüne gelene kadar, miktarı geçtiği hava kütesine bağlı olarak, atmosferi oluşturan bileşenler (ozon ve su buharı) tarafından belirli dalga uzunluklarında yutulmaktadır. Hava içerisindeki moleküller, toz ve su buharı tarafından saçılmaktadır. Işınımın yutulan ve saçılan kısmı yaygın ışınımı oluşturmaktadır. Çeşitli gök durumlarında toplam ışınım miktarıyla yaygın ışınım oranları Çizelge 2.2’de verilmiştir (Batman, 2001).

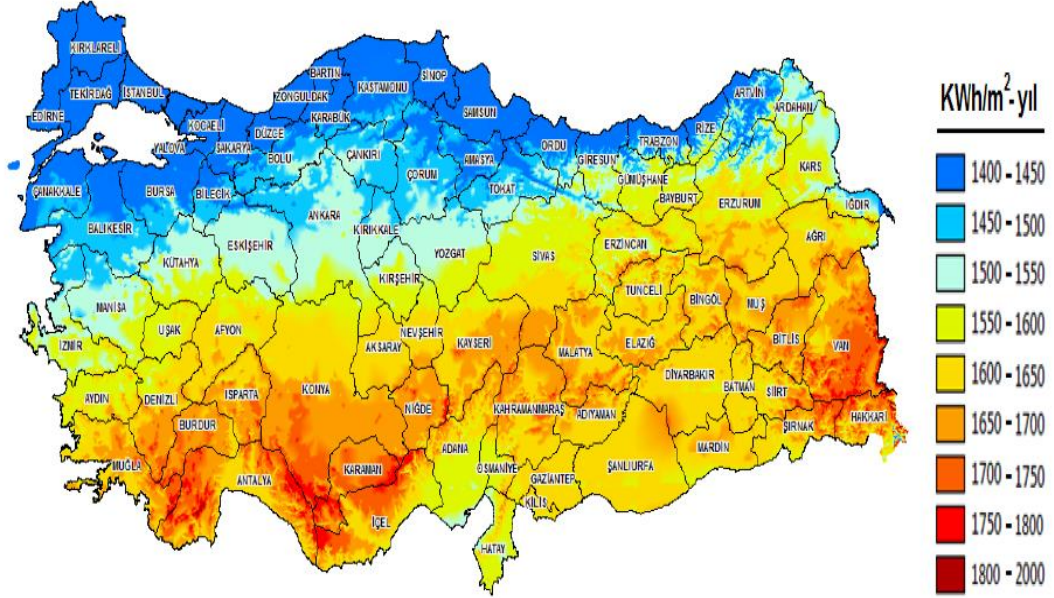
**Çizelge 2.2.** Çeşitli gök durumları için toplam ışınım miktarı ve yaygın ışınım oranları (Karamanav, 2007).

	<b>Açık Gök</b>	<b>Puslu Gök</b>	<b>Kapalı Gök</b>
<b>Toplam ışınım</b>	600...1000 W/m <sup>2</sup>	200...400 W/m <sup>2</sup>	50...150 W/m <sup>2</sup>
<b>Yaygın ışınım</b>	%10...%20	%20...%80	%80...%100

### 2.3.1 Türkiye’de güneş enerji potansiyeli

Türkiye güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisi bakımından zengin olan bir bölgede yer almasına rağmen, güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanamamaktadır. Coğrafi konumu sebebiyle potansiyeli yüksek olan Türkiye, günlük 7,3 saat ve yıllık 2.688 saat güneşlenme süresine sahiptir. Günlük ışınım şiddeti ortalama 4.1 kWh/m<sup>2</sup> ve

yıllık 1496 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Türkiye Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA) Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Türkiye güneş enerji potansiyeli atlası.

GEPA verilerine göre Türkiye'nin yedi bölgesine ait yıllık ışınlam ve güneşlenme süreleri Çizelge 2.3'te verilmektedir.

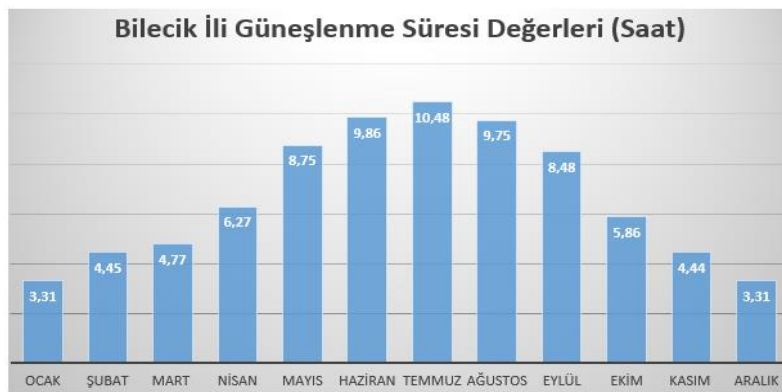
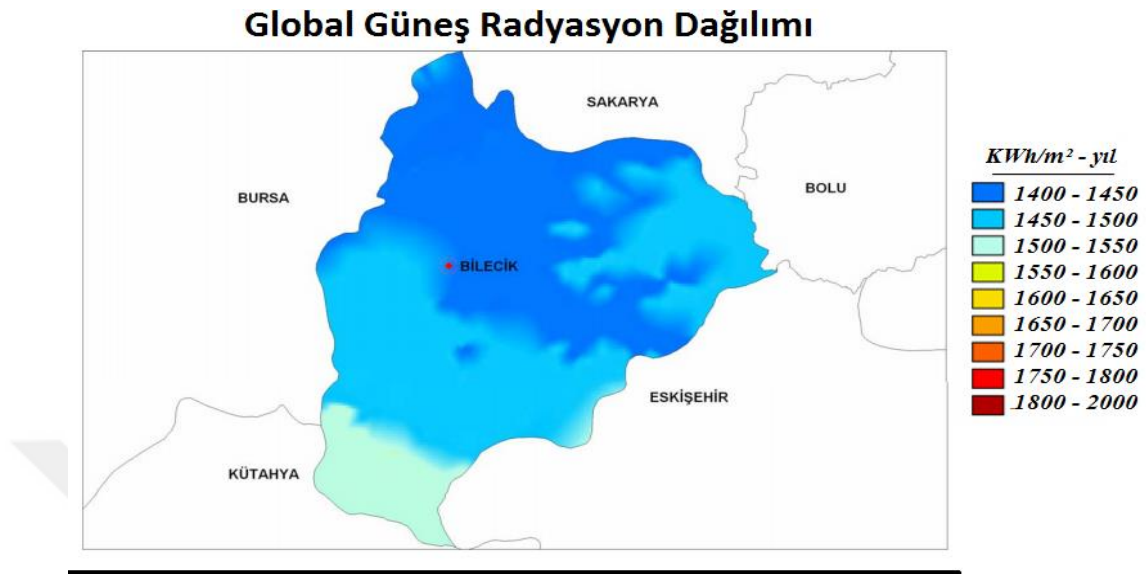
Çizelge 2.3. Türkiye'nin bölgelere göre yıllık ışınlam ve güneşlenme süreleri.

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G. DOĞU ANADOLU	1570	2903
AKDENİZ	1594	2958
DOĞU ANADOLU	1558	2809
İÇ ANADOLU	1536	2750
EGE	1538	2858
MARMARA	1382	2542
KARADENİZ	1388	2336

GEPA verilerine göre Bilecik iline ait günlük ortalama güneşlenme süresi 6,6 saat ve yıllık toplam güneşlenme süresi 2424 saattir. Günlük ortalama ışınlam şiddeti ise 3,87



kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık toplam ışınım şiddeti ise 1412 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Şekil 2.2'de Bilecik iline ait güneş verileri gösterilmektedir.

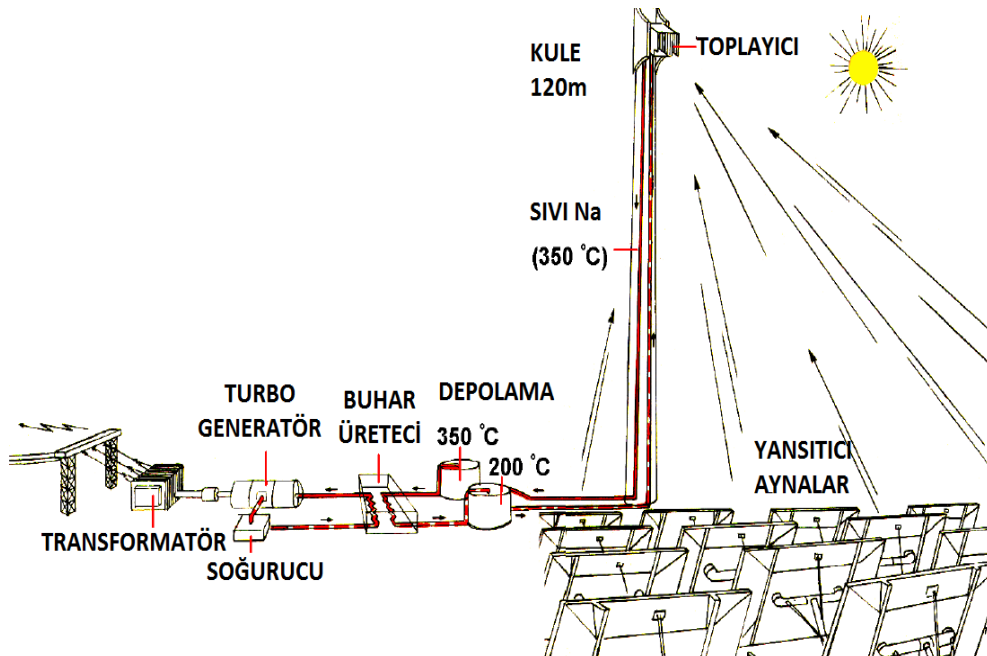


Şekil 2.2. Bilecik iline ait güneş verileri.

### 2.3.2 Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi

Elektrik enerjisi üretimini incelediğimizde, güneşten elde edilecek enerjiyi iki sınıfa ayırabiliriz. Birincisi, kızılötesi dalga boylarını içermektedir ve ısı enerjisi olarak meydana gelen bölümdür. İkincisi ise, görünür ve mor ötesi dalga boylarını içermektedir. Güneşin ısı enerjisini kullanan elektrik santrallerinde, güneş ışığı, aynalar kullanılarak bilgisayar kontrolünde bir kulede odaklanmaktadır. Öncelikle güneşten gelen ısı enerjisi, bir akışkana aktarılmakta ve akışkan vasıtasıyla kuleden alınmaktadır. Sonrasında bu ısı enerjisi bir turbo jeneratörü tahrik edecek buharı elde etmek için kullanılmaktadır. Yalnız bu tür santrallerde verim %6'yı geçmemektedir. Şekil 2.3'te örnek olarak bu tip bir sistem gösterilmiştir (Markvart, 1994).

Güneş'ten gelen fotonların enerjileri kullanılarak doğrudan elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Bu işlem için fotovoltaik etki ve yarıiletkenler kullanılmaktadır. Bu yöntemi kullanarak elektrik enerjisi üreten cihazlar, fotovoltaik güneş pilleri (panelleri) olarak adlandırılmaktadır.

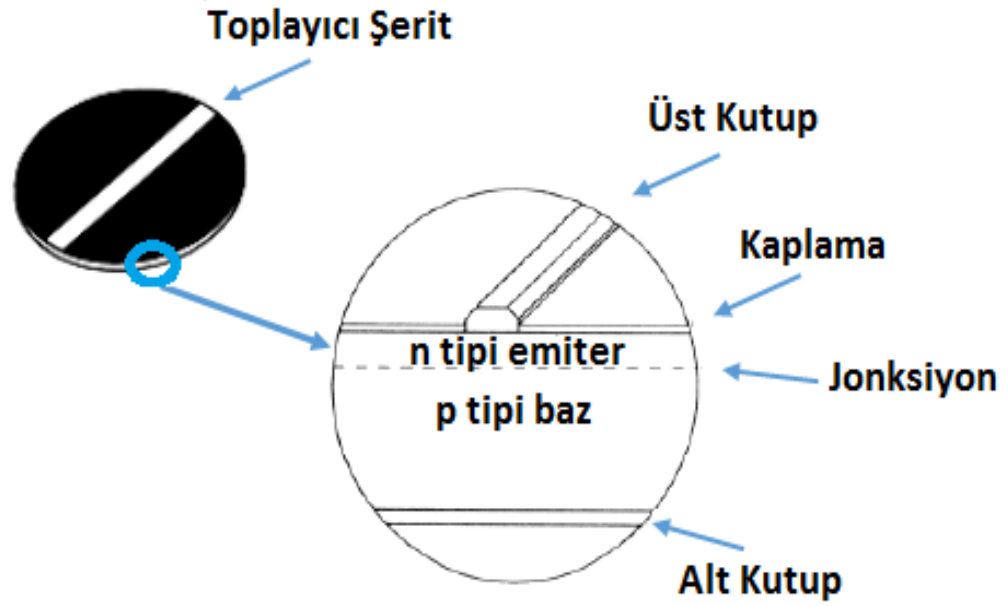


Şekil 2.3. Güneş'in ısı enerjisini kullanan elektrik santrali (Batman, 2001).

### 2.3.3 Güneş panelleri ve çeşitleri

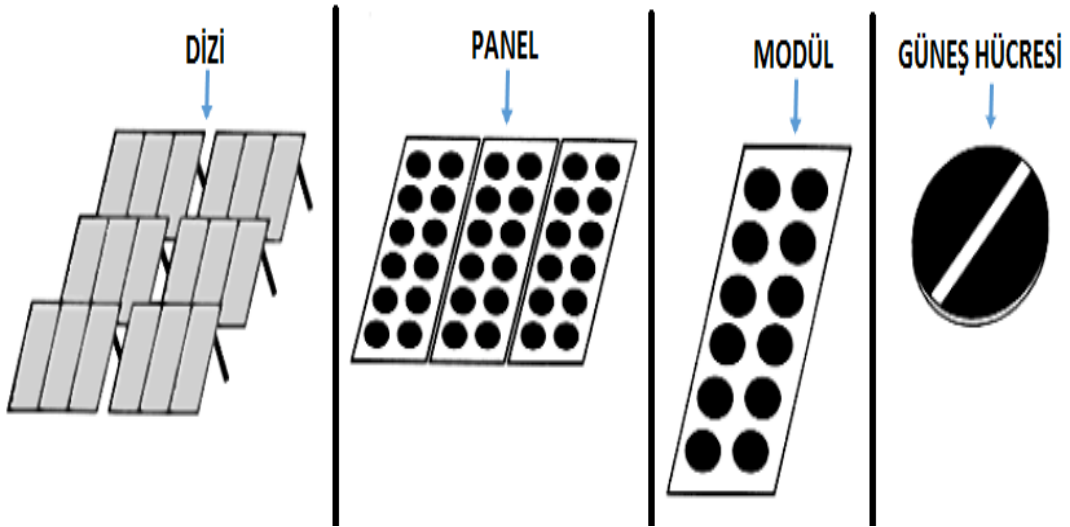
Güneş panelleri, yarıiletkenlerdeki fotoelektrik etkiyi kullanmaktadır. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş panellerinin alanları 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları özellikle en yaygın olan silisyum güneş panellerinde 0.2-0.4 mm arasındadır. Panellerde, diyot ve transistörlerden farklı olarak p ve n tipi malzemelerin birleşim yüzeyleri büyük tutulmaktadır. Bu ara kesitlere düşen fotonların enerjilerinin bir bölümü, malzemedeki serbest elektronları hareket ettirmektedir. Bu sayede elektrik akımı üretilmiş olmaktadır.

Şekil 2.4'te silikon güneş hücresinin yapısı gösterilmektedir. Hücrenin ışık alan yüzeyi güneş ışınlarını alt tabakaya geçiren ve yansımayı engelleyen yalıtkan bir malzemeyle kaplanmıştır.



Şekil 2.4. Silikon güneş hücresi (Markvart, 1994).

Yüksek miktarlarda güç elde etmek için güneş hücreleri belirli gruplar halinde toplanırlar. Bunlar Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Güneş'in Fotovoltaik gruplar (Markvart, 1994).

Güneşten yeryüzüne ulaşan ışık spektrumunda mavi ışığın enerjisi 2.7 eV ve kırmızı ışığın enerjisi 1.7 eV seviyelerindedir. Teorikte güneş hücrelerinin 0.5 ile 3.3 eV'luk enerjisi kullanması beklenmektedir. Bu sebepten dolayı, bu değerler arasında enerji boşlukları (gap) olan malzemelerin kullanılmasını gerektirir. Pratikte ise, 1 eV ile 1.8 eV malzemeler güneş hücresi imalatında kullanılır. Çizelge 2.4'te bazı yarıiletken malzemelerin oda sıcaklığındaki enerji boşlukları tablosu verilmektedir (Markvart, 1994).

**Çizelge 2.4** FV uygulamalarında kullanılan yarıiletkenlerin enerji boşlukları (Markvart, 1994).

Malzeme	Enerji boşluğu (gap)
Kristal Silisyum	1.12 eV
Amorf Silisyum	1.75 eV
CuInSe <sub>2</sub>	1.05 eV
CdTe	1.45 eV
GaAs	1.42 eV
InP	1.34 eV

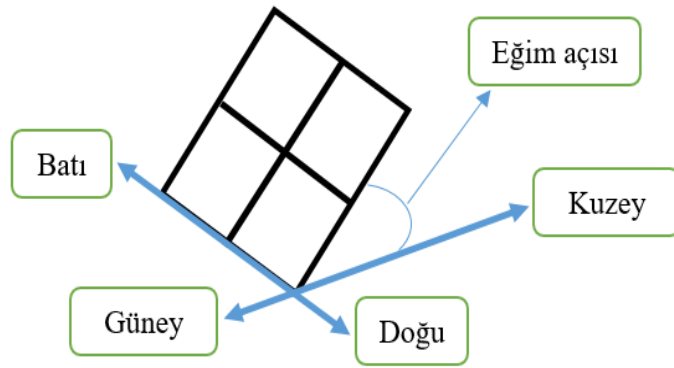
Ticari amaçlar doğrultusunda piyasada adını yoğunlukta duyabileceğimiz FV paneller;

- Tek (mono) kristal silisyum,
- Çok (poli) kristalli silisyum,
- Amorf silisyum,
- Kadmium tellür ve bakır indium diselenyum güneş panelleridir.

Bunların haricinde yarıiletken çeşitli materyaller üzerine kaplanmasıyla elde edilmiş ince film tipi güneş panelleri de bulunmaktadır. Bunlar diğerlerine nazaran verimlilikleri düşük olmasına rağmen, kolay ve seri üretilmeleri sonucunda piyasada yer bulmaktadırlar. Bahsettiğimiz güneş panelleri malzemeleri arasında mono kristal silisyumun verimi en yüksektir. Bunun dezavantajı ise maliyetli olmasıdır. Son dönemlerde yüksek verimli güneş panelleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır (Benner ve Kazmerski, 1999).

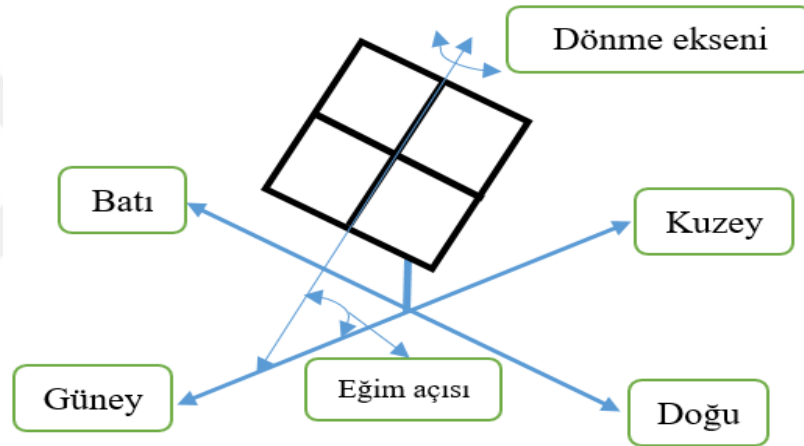
#### 2.3.4 Güneş izleme sistemleri

Düzlemsel güneş panellerinin yerleştirilmesi işlemi 3 aşamada incelenebilir. Birincisi, panellerin sabit bir eğim açısı ile güney-kuzey doğrultusu üzerinde yerleştirildiği aşamadır. Bu aşama Kuzey Yarımküre ülkeleri için Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Buradaki eğim açısı panellerin konumlandırıldığı enleme yakın bir açı seçilir.



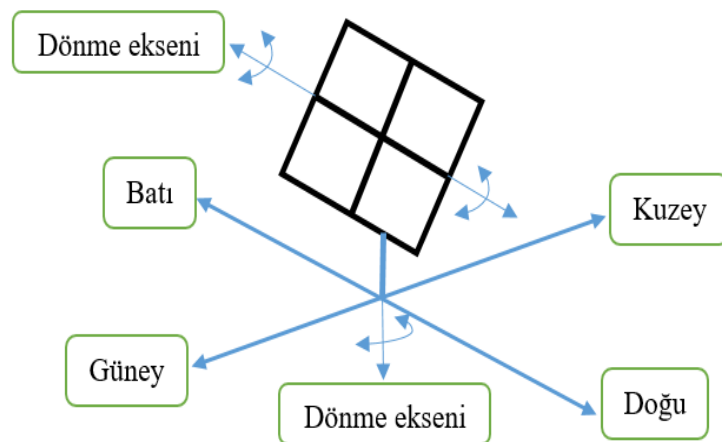
**Şekil 2.6.** Güneş panelinin sabit bir açıda yerleştirilmesi.

İkincisi, panellerin güney kuzey doğrultusu üzerine sabit bir açı yaparak ve doğu-batı doğrultusunda da hareket ederek güneşin konumunu izleyecek şekilde yerleştirildiği aşamadır. Bu aşama Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.7.** Güneşi tek eksenle izleyen güneş panelinin yerleştirilmesi.

Son aşama ise, panellerin çift eksenle de hareketli bir şekilde güneşi izleyecek şekilde yerleştirildiği aşamadır. Bu aşama Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.8.** Güneşi çift eksenle izleyen güneş panelinin yerleştirilmesi.

### 3. RASPBERRY Pİ VE SİSTEM BİLEŞENLERİ

#### 3.1 Donanımsal Bileşenler

Tasarlanan sistemlerde donanım bileşenleri olarak Raspberry Pi, FV Paneller ve PIC mikro denetleyicisi kullanılmaktadır. Bu kısımda bu bileşenlere ait bilgiler verilmiştir.

##### 3.1.1 Raspberry pi

İngiltere'deki Raspberry Pi vakfı tarafından single board bilgisayar olarak geliştirilmektedir. Okullarda bilgisayar temelli eğitimi geliştirmek ve çocuklara bilgisayarı öğretmeyi amaçlamaktadır. Kredi kartları ebatlarında, içerisine Linux, Android ve Windows dağıtımları kurulabilmektedir. ARM mimarisine sahip mini bir bilgisayar olarak ifade edilmektedir (Parmaksız, vd., 2015). Düşük maliyet, güç tüketimi ve küçük boyuta sahip olması son zamanlarda popülerliğini artırmaktadır. Ethernet ve kablosuz teknolojileriyle herhangi bir LAN'a (local area network) kolaylıkla dahil edilebilmektedir. SSH bağlantısıyla Putty vb. yazılımlar kullanılarak dünyanın her yerinden uzak bağlantı gerçekleştirilebilmektedir. Üzerine takılan harici SD veya mikroSD karta yüklenen işletim sistemiyle boot edilebilmektedir (Sudhir, 2015). SCP, SFTP, FTP ve Samba bağlantılarıyla dosya aktarımı gerçekleştirilebilmektedir. RPi'nin A ve B olmak üzere birçok sürümleri mevcuttur. Çizelge 3.1'de RPi'nin modelleri ve versiyonlarının karşılaştırmaları gösterilmektedir (Jain, 2014).

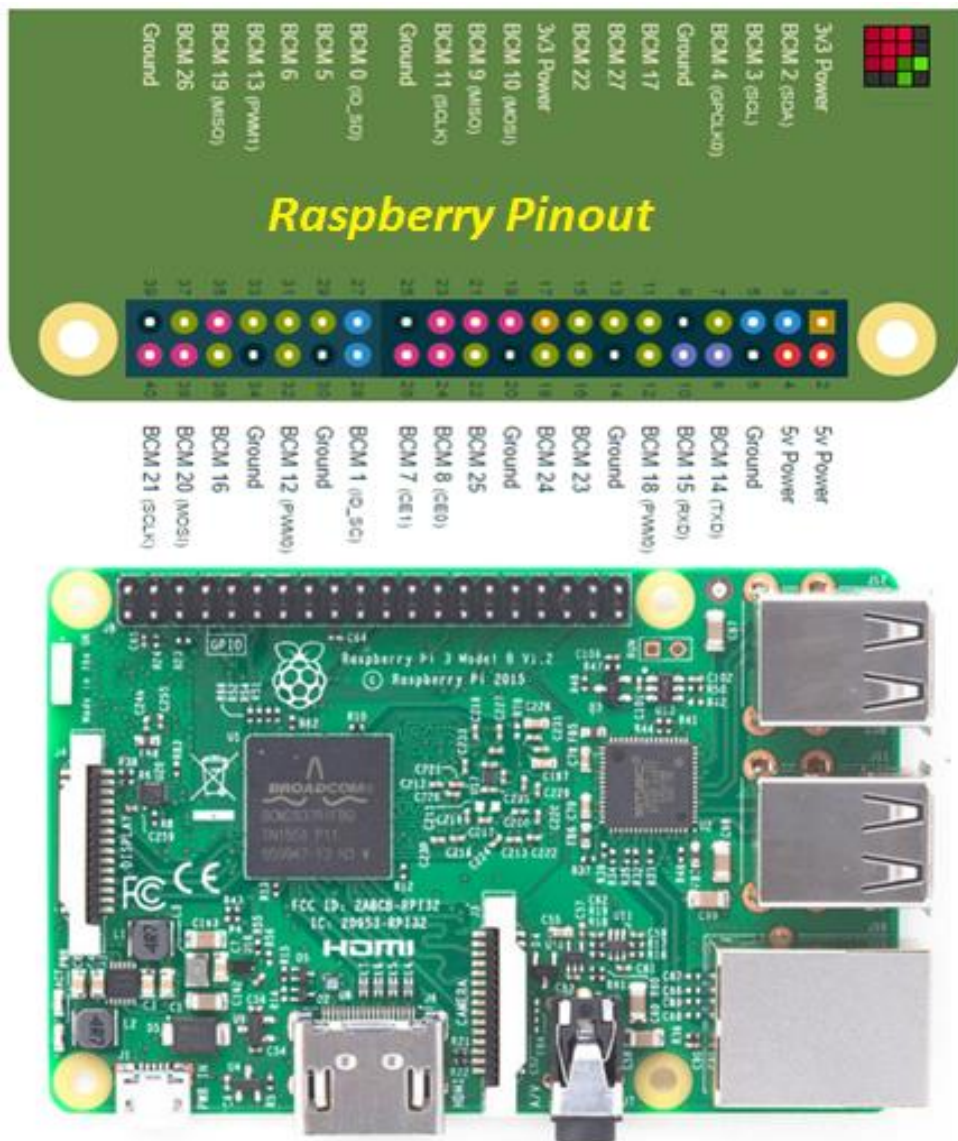
Çizelge 3.1. RPi modelleri ve versiyonlarının karşılaştırılması.

Özellik	Model A	Model A+	Model B	Model B+	2 Model B	3 Model B	İşlem Modülü
<b>BCM2835 SoC</b>	Var	Var	Var	Var	Var	Yok BCM2837	Var
<b>SoC Hızları</b>	700 Mhz	700 Mhz	700 Mhz	700 Mhz	900 Mhz	1.2 Ghz	700 Mhz
<b>Ethernet 10/100 Mbit</b>	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var + wifi/bluetooth	Yok
<b>USB port sayısı</b>	1	1	2	4	4	4	1
<b>RAM bellek</b>	256 MB	256 MB	512 MB	512 MB	1 GB	1 GB	512 MB
<b>Depolama</b>	Full SD	Micro SD	Full SD	Micro SD	Micro SD	Micro SD	4 GB eMMC
<b>Expansion header</b>	26	40	26	40	40	40	N/A
<b>GPIO</b>	17	26	17	26	26	26	48

RPi'de GPIO pinlerinin tanımlanması amacıyla BOARD ve BCD kullanım biçimleri yer almaktadır. Rpi'nin dış çevreyle etkileşimini sağlayan DPI, GPCLK, PCM, I2C, SPI ve UART ara yüzleri bulunmaktadır. Bu ara yüzlerin büyük bir bölümü RPi'nin

konfigürasyon aracı ile aktif hale getirilebilmektedir. RPi’deki GPIO konektörlerinde farklı işlevlere sahip pinler mevcuttur.

Teknoloji devriminde oyun konsolları, bilgisayarlar, akıllı telefonlar, tabletler yer alırken günümüzde sırayı akıllı cihazlar almaktadır. Internet of Things (IoT), nesnelerin interneti hayatımıza girmektedir. IoT teknolojisiyle birlikte kullanmış olduğumuz cihazların birçoğu internete bağlanabilecek, birbirlerine veri aktarabilecek, aktarılan verilere göre kararlar alınacak ve işlemler yapılacaktır. Evimizdeki buzdolabı, kombi, aydınlatma sistemleri, kolumuzdaki saat, tarla sulama sistemleri, trafik lambaları vb. cihazlar internete bağlanabilen akıllı birer cihaz olarak yönetilebilecektir. RPi’nin yeni nesil modeline ait bağlantı portları ve özellikleri aşağıda gösterilmektedir (George, 2012).



Şekil 3.1. Raspberry Pi 3 ve pinout şeması.



Raspberry Pi 3 teknik özellikleri şunlardır:

- 4 çekirdekli ARM Cortex-A53 işlemci (1.2 Ghz, 64-bit Broadcom BCM2837 SoC (system-on-chip) entegresi),
- 1 GB LPDDR2 bellek,
- USB 2.0 port (4 adet),
- 10/100 Mbit Ethernet portu,
- Wireless (2.4 Ghz-802.11b/g/n),
- GPIO pinleri (40 adet)
- HDMI portu (1.4 destekli),
- Kompozit video ve ses çıkışı için 3.5 mm TRRS,
- Micro SD kart yuvası,
- Bluetooth 4.1, düşük enerji dektekli,
- CSI (kamera) ve DSI (ekran) konnektörleri,
- Çift çekirdekli Videocore IV Multimedia işlemci,
- Boyutlar 85x56x17 mm

Raspberry Pi 3'ün tasarımı B+ ve Pi 2 modelleriyle neredeyse tamamen aynı, fakat diğer modellerde bulunan PWR ve ACT ledlerinin bulunduğu kısımda seramik kablosuz/bluetooth anteni bulunmaktadır. Ayrıca mikro SD kart slotu B+/Pi 2 modellerindeki yaylı yapısından uzak Pi Zero modelinde olduğu gibi friksiyon tipinde yapılmıştır. Buradaki amaç RPi çalışırken işletim sisteminin kurulu olduğu mikro SD kartın yanlışlıkla kart yuvasından çıkmasını engellemektir. Tüm bu yeniliklere rağmen henüz 64 bit ARM mimarisine uyumlu Raspbian işletim sistemi sürümü bulunmamaktadır. Bu sayede hangi modelde olursa olsun SD karta kurulan Raspbian işletim sistemi diğerlerinde çalışabilmektedir.

### **3.1.2 Fotovoltaik panel**

FV paneller güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için kullanılmaktadır. Tasarlanan sistemlerde Perligh marka PLM-100P/12 model polikristal yapıya sahip FV paneller kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan FV panelin elektriksel parametreleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Sistemde kullanılan FV panelin elektriksel parametreleri.

FV Panelin Elektriksel Özellikleri	Sayısal Değerler
Maksimum panel gücü (Pmax)	100 W
Maksimum gerilimi (Vmpp)	17.7 V
Maksimum akımı (Impp)	5.65 A
Açık devre gerilimi (Voc)	22 V
Kısa devre akımı (Isc)	6.21 A

Sabit eğim açılı sistemlerde panellerin yatay zeminle eğim açısı yapacak şekilde yerleştirilmesi gerekir. Sistem için aynı özelliklere sahip altı adet panel farklı eğim açılarında yerleştirilerek panellerin kurulumu gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de farklı eğim açılarındaki FV panellerin kurulumu gösterilmektedir.



**Şekil 3.2.** Sistemde kullanılan FV paneller.

### 3.1.3 Sd kart

Raspberry Pi, işletim sisteminin ilk olarak açılabilmesi için SD karta ihtiyaç duymaktadır. İlerleyen safhalarda tüm sistemin external USB diske yönlendirilse dahi açılış işlemini SD karttan yapmak durumundadır.

SD kartların hız sınıfları olarak 5 kısımda ve depolama türleri olarak 3 kısımda incelenmektedir. Hız sınıfları; Class 2, Class 4, Class 8, Class 10 ve UHS-1'dir.

- Class 2: 16 Mbit/s (2 MB/s)
- Class 4: 32 Mbit/s (4 MB/s)
- Class 8: 64 Mbit/s (8 MB/s)
- Class 10: 80 Mbit/s (10 MB/s)

Depolama türleri ise; SD, SDHC (Secure Digital High Capacity) ve SDXC'dir (Secure Digital Extended Capacity). SD 512 MB ile 4 GB, SDHC 4GB ile 32 GB ve SDXC ise 32 GB ile 2 TB aralığında veri depolayabilmektedir. Şekil 3.3'te SD kartların yapısı, türleri ve hızları hakkında bilgiler verilmektedir.

	Mark	Minimum Serial Data	SD Bus Mode	Application
UHS Speed Class	<b>U3</b>	30MB/s	UHS-II	4K2K Video Recording
	<b>U1</b>	10MB/s	UHS-I	Full HD Video Recording HD Still Image Continuous Shooting
Speed Class	<b>CLASS 10</b>	10MB/s	High Speed	Full HD Video Recording HD Still Image Continuous Shooting
	<b>CLASS 6</b>	6MB/s	Normal Speed	HD and Full HD Video Recording
	<b>CLASS 4</b>	4MB/s		HD and Full HD Video Recording
	<b>CLASS 2</b>	2MB/s		Standard Video Recording

Şekil 3.3. SD kartların yapısı, türleri ve hızları.

### 3.2 Yazılımsal Bileşenler

Tasarlanan sistemlerde aşağıdaki yazılım bileşenleri olarak, Python, MySQL, PHP, HTML, JSON, JQuery, HighChart, amCharts, Crontab, SSMTP, SSH, SCP ve Samba bileşenleri kullanılmaktadır.

#### 3.2.1 Python

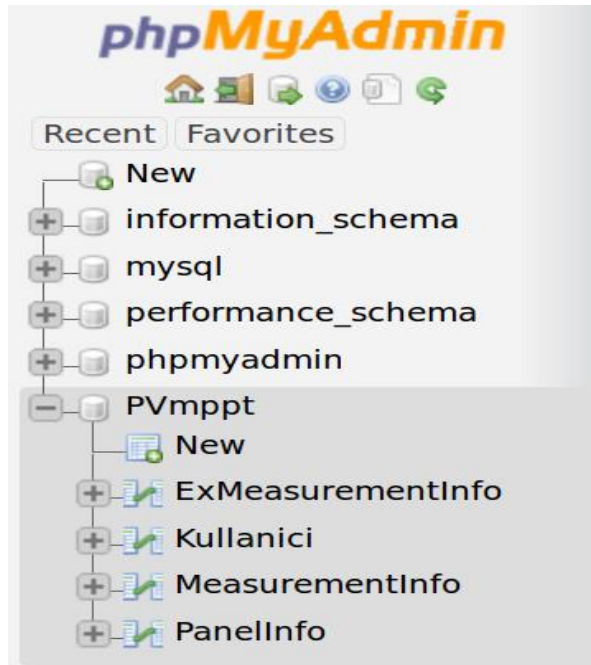
Python, nesneye yönelik, yorumlanabilir, modüler ve etkileşimli yüksek seviyeli bir programlama dilidir. Python script dili 2000'den bu yana giderek popüler hale gelmiştir. Son zamanlarda, GOOGLE, AUTODESK vb. birçok üründe kullanımı artarak önemli rol oynamaktadır. 2007'de bir yıllık süre zarfında %2,4 artış gösteren Python programlama dili, 2008 yılının ocak ayında TIOBE tarafından 2007'nin programlama dili

olarak ilan edilmiştir. Bunun birçok nedenleri vardır. Her şeyden önce Python birçok işletim sistemi üzerinde çalışmaktadır ve geniş alanda bol kütüphanelere sahiptir. İkinci olarak, kullanıcıların hızlı bir şekilde kavramaları için özlü ve basit bir sözdizimine sahiptir ki bu da ilk nedenle beraber Python' un diğer programlama dillerine kıyasla daha yüksek bir geliştirme verimine sahip olmasını sağlamaktadır. Üçüncüsü, sadece kişisel kullanımlarda değil aynı zamanda ticari uygulamalarda da ücretsizdir (Li ve Li, 2010).

### 3.2.2 MySQL

MySQL ilişkisel veri tabanı yönetim sistemidir (RDBMS). Çifte lisanslı bir yazılımdır. Yani hem genel kamu lisansına (GPL) sahip özgür bir yazılım hem de GPL'nin kısıtladığı alanlarda kullanmak için ayrı bir lisansa sahiptir. Dünya'da en çok kullanılan veri tabanı yönetim sistemlerinden biridir.

Bunun yanı sıra özgür platformlarda Sqlite ve PostgreSQL'de ihtiyaca göre tercih edilmektedir. Sqlite yerelde dışa hizmet vermek için tercih edilmektedir. PostgreSQL ise büyük çaplı verilerin yedeklenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. MySQL veri tabanını web tabanlı yönetmek amacıyla yaygın olarak PhpMyAdmin kullanılmaktadır (Abid ve Lamine, 2014). Şekil 3.4'te PhpMyAdmin ara yüzü gösterilmektedir.



Şekil 3.4. PhpMyAdmin arayüzü.

### 3.2.3 Php, Html5, json, css ve jQuery

PHP, Hypertext Preprocessor HTML içine gömülebilen bir betik dilidir. Kısaca, dinamik web sayfaları, web uygulamaları geliştirmek için oluşturulmuş web tabanlı çalışan bir programlama dilidir. PHP web tabanlı çalıştığından dolayı C, Java vb. programlama dilleri gibi derlemeye ihtiyaç yoktur. PHP kodları sunucu tarafında yorumlanmaktadır ve son kullanıcıya (client'e) HTML çıktısı gönderilir ve bu nedenle Php kodlarını son kullanıcı görememektedir. Ücretsiz ve açık kaynaklı olduğundan geliştirilmeye müsaittir. Çoğu veri tabanı ile entegrasyonu kolaylıkla sağlanmaktadır.

Html5, Html4'e yenilik getiren yeni nesil standart olarak ifade edilmektedir. Html5 ile gelen en önemli özellikler canvas, video ve audio tagları olmuştur. Html5 ile javascript ve flash eklentilerine ihtiyaç azaltılarak esnek görünümlü siteler yapılabilmektedir. Html5 ile gelen yeni elementler; <section>, <header>, <footer>, <nav>, <article>, <aside>, <figure>, <mark>, <time>, <meter> ve <progress>'tir. Ayrıca yine Html5 ile gelen giriş tipleri; datetime, datetime-local, date, month, week, time, number, range, email ve url'dir.

Json, Javascript uygulamaları için oluşturulmuş bir veri formatıdır. Javascript Object Notation'ın kısaltmasıdır. Json'ın çıkış amacı veri transferlerinde verilerin XML'den daha az yer kaplamasını sağlamaktır.

CSS, uzun yazılışıyla Cascading Style Sheets veya türkçesiyle stil şablonları ise bunu bir adım daha öteye götürür, bize web sayfalarımız için global şablonlar hazırlama olanağı verdiği gibi, tek bir harfin stilini; yani renk, font, büyüklük gibi özelliklerini değiştirmek için de kullanılabilir.

jQuery, John Resig tarafından 2006 yılında geliştirilmiş ve şu an geniş bir jQuery ekibi tarafından gelişimi sürdürülen bir açık kaynak Javascript kütüphanesidir.

### 3.2.4 HighChart ve amCharts

HighChart web sayfalarında etkileşimli grafikler oluşturmak için geliştiricilere kolaylık sağlamaktadır. Verilerden analizler yaparak farklı türlerde grafik oluşturmak için kullanılmaktadır.

amCharts, verilerin görselleştirilme ihtiyacını karşılamak için geliştirilmiş gelişmiş bir grafik kütüphanesidir.

### 3.2.5 Crontab

Windows'taki zamanlanmış görevlerin, Linux tabanlı sistemlerdeki karşılığı olarak ifade edilmektedir. Crontab'ın düzenlenmesi için "crontab -e", yapılacak işlerin listelenmesi "crontab -l" ve işlerin silinmesi için "crontab -r" komutu uygulanmaktadır. Crontab dosyasını açığımızda aşağıdakine benzer bir çıktı elde etmekteyiz.

```
* * * * * /çalıştırılacak/komut/veya/betik
```

\* işaretlerinin anlamı;

```
----- dakika (0- 59)
```

```
| ----- saat (0- 23)
```

```
| | ----- ayın günleri (1- 31)
```

```
| | | ----- ay (1- 12)
```

```
| | | | ----- haftanın günleri (0- 6) (pazar günü: 0 veya 7 kullanılır.)
```

```
| | | | |
```

```
* * * * * çalıştırılacak komut
```

Yukarıda görüldüğü üzere ilk yıldız dakikayı temsil eder ve 0 – 59 arasında değer almaktadır. İkinci yıldız saati belirler ve 0 ile 23 arasında bir değer almaktadır. Üçüncü yıldız ayın günlerini temsil eder. Dördüncü yıldız ayları ve son yıldız ise haftanın günlerini temsil etmektedir. Buradaki önemli husus 0 ya da 7 değerlerinin pazar gününü ifade ettiğini unutmamaktır.

Birkaç örnek vermek gerekirse;

Her beş dakikada bir çalışacak cron betiği “\*/5 \* \* \* \* /komut/veya/betik” şeklinde yazılmaktadır.

\*/5 – her beş dakika

\* – her saat

\* – her gün

\* – her ay

\* – haftanın her günü

Her gün sabah 5 ve akşam 21’de çalışacak crontab betiği “00 09,21 \* \* \* /komut/veya/betik” şeklinde yazılmaktadır.

00 – her saat (00 saat başlangıcı)

09,21 – sabah 9’da ve akşam 21’de

\* – her gün

\* – her ay

\* – haftanın her günü

Sabah 5 ile akşam 21 arasında her saat çalışacak crontab betiği “00 05-21 \* \* \* /komut/veya/betik” şeklinde yazılmaktadır.

00 – her saat (00 saat başlangıcı)

05-21 – sabah 05’ten akşam 21’e (05,06,07,08,09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18,19,20,21)

\* – her gün

\* – her ay

\* – haftanın her günü

Yukarıdaki işlemde haftanın her günü yerine sadece hafta içi yapılmasını istiyorsak haftanın her gününü temsil eden yıldız yerine “1-5” hafta sonu çalışması gerekiyorsa “6-7” şeklinde yazılmaktadır.

### 3.1.6 Mail utils

Ssmtp, CLI’den mail göndermek için kullanılan hoş ve basit çözümlerden birisidir. RPi üzerinde ssmtp ve bileşenlerini kurmak için;

- “sudo apt install ssmtp” ve
- “sudo apt install mailutils” komutları uygulanmaktadır.

Bileşenlerden kurulduktan sonra “/etc/ssmtp/ssmtp.conf” dosyasının düzenleme öncesi yedeği alınmalıdır. “sudo cp /etc/ssmtp/ssmtp.conf /etc/ssmtp/ssmtp.conf-yedek” komutu ile işlem gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.5’de ssmtp konfigürasyonu verilmiştir.

```

pi@evsolarsystem: ~
GNU nano 2.2.6 File: /etc/ssmtp/ssmtp.conf Modified
# NO - Use the system generated From: address
#FromLineOverride=YES

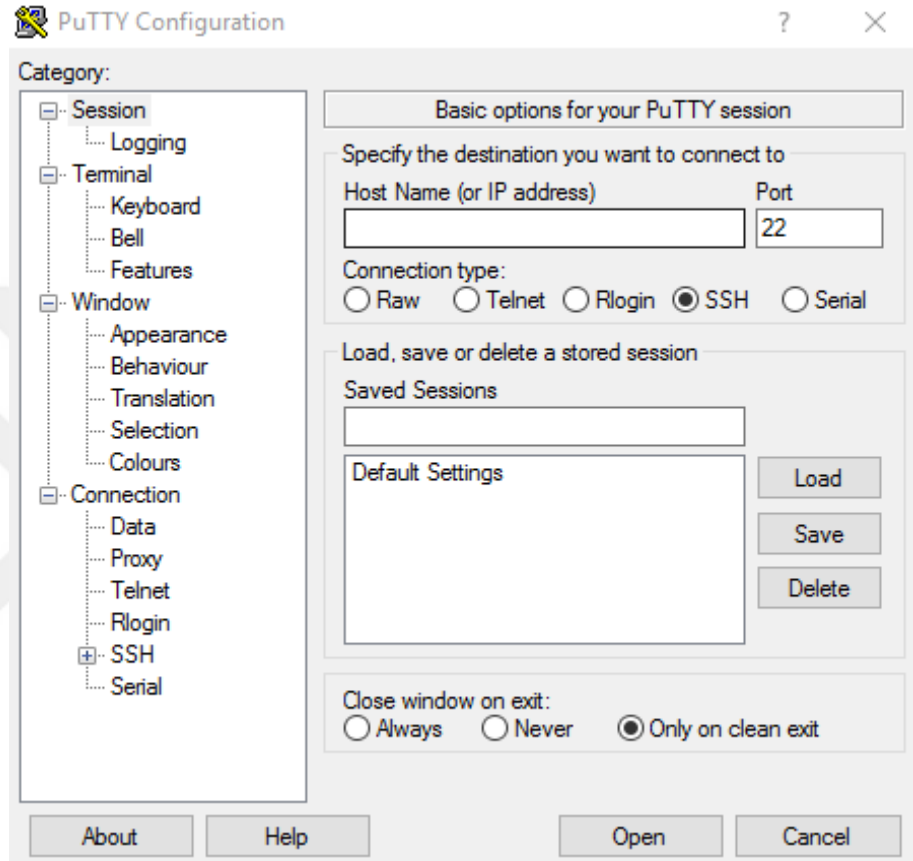
root=pi@bilecik.edu.tr
AuthUser=pi@bilecik.edu.tr
AuthPass=*****
hostname=bilecik.edu.tr
FromLineOverride=YES
mailhub=smtp.bilecik.edu.tr:587
UseSTARTTLS=YES

```

Şekil 3.5. Ssmtp mail ayarlarının yapılması.

### 3.1.7 SSH, SCP ve samba

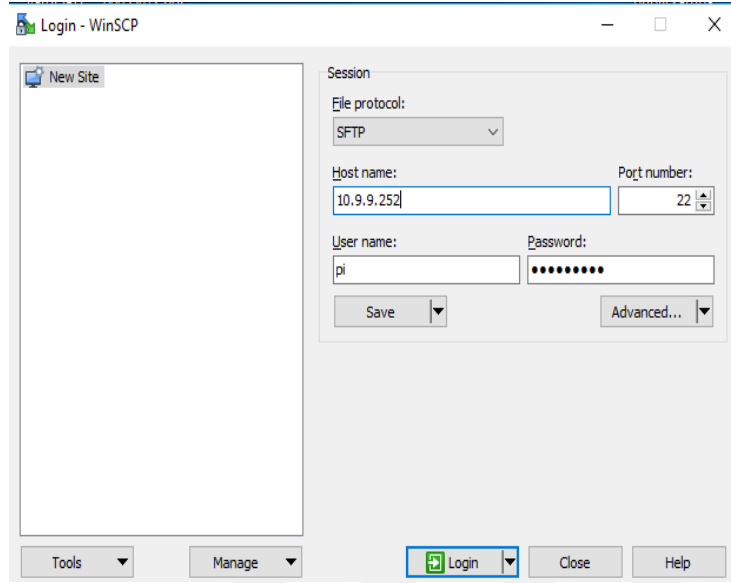
SSH protokolü ile Putty vb. programlar kullanılarak herhangi bir bilgisayardan RPi CLI komut satırına erişilebilmektedir. Komut satırına erişmek için cihazın ip adresi ve kullanıcı bilgileri girilmektedir. Şekil 3.6’da Putty bağlantı aracı verilmiştir.



Şekil 3.6. Putty uzaktan erişim aracı.

SCP protokolü ile WinSCP, Filezilla vb. programlar kullanılarak herhangi bir bilgisayardan RPi 'ye çift yönlü dosya aktarımı yapılabilmektedir. Şekil 3.7’de WinSCP dosya aktarım aracı verilmiştir.





Şekil 3.7. WinSCP dosya aktarım programı.

Samba, Linux ve Unix sistemlerde kullanılan Windows işletim sistemleri ile iletişim sağlayan bir ağ paylaşım uygulamasıdır. Samba protokolü ile Windows platformlarından RPi' deki bir dizine doğrudan erişim sağlanmaktadır. Windows bilgisayarlar, ağ komşularından samba yüklü Linux bilgisayarların hard diskine ve diğer paylaşımlarına erişebilmektedirler. Samba yüklü Linux bilgisayarın sağladığı tek avantaj ağ üzerinde Windows bilgisayarlara erişim sağlamak değildir. Ayrıca, yazıcı sunucu, dosya sunucu, PDC sunucu (primary domain controller), Wins sunucu, local master browser ve domain browser görevleri de vardır. Şekil 3.8'de Samba servisinin ayarları gösterilmektedir.

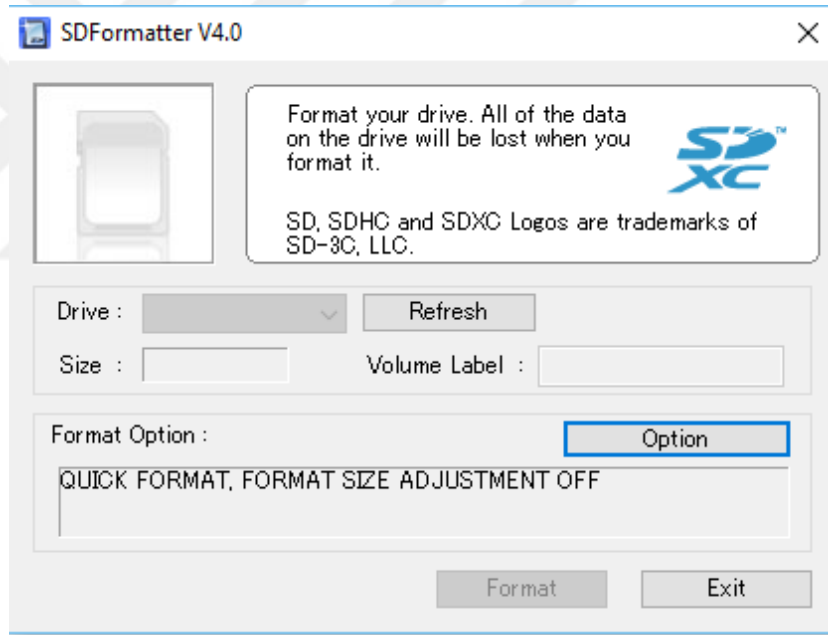


```
pi@raspberrypi:~/Desktop $ sudo nano /etc/samba/smb.conf
pi@raspberrypi:~/Desktop $ sudo service samba start
Failed to start samba.service: Unit samba.service is masked.
pi@raspberrypi:~/Desktop $ sudo /etc/init.d/samba start
[ ok ] Starting nmbd (via systemctl): nmbd.service.
[ ok ] Starting smbd (via systemctl): smbd.service.
[ ok ] Starting samba-ad-dc (via systemctl): samba-ad-dc.service
pi@raspberrypi:~/Desktop $ sudo /etc/init.d/samba status
• nmbd.service - LSB: start Samba NetBIOS nameserver (nmbd)
  Loaded: loaded (/etc/init.d/nmbd)
  Active: active (running) since Çrş 2016-06-15 20:39:44 EEST;
  CGroup: /system.slice/nmbd.service
          └─11269 /usr/sbin/nmbd -D
```

Şekil 3.8. Samba servisinin başlatılması.

#### 4. SİSTEM TASARIMI

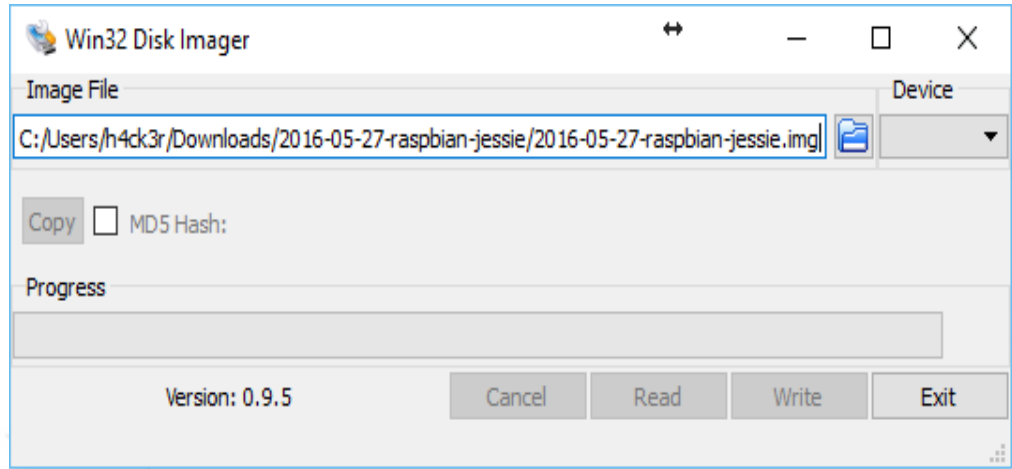
Bu çalışmada ölçümlerin okunup tek bir cihaz üzerinde tüm işlemlerin gerçekleştirilmesi, maliyet, kullanım kolaylığı ve tercih sebebiyle RPi kullanılmaktadır. Öncelikle RPi kartına işletim sistemi yüklemeyen önce modele göre SD kart belirlenmektedir. SD kartın boyutu minimum 4 GB ve Class 10 olarak seçilmektedir. SD karta işletim sistemi yazılmadan öncesinde Windows'ta SDFormatter, Linux'ta Gparted, Mac'te ise OSX Utility vb. programlar aracılığıyla biçimlendirme gerçekleştirilmektedir. Kartın tekrar biçimlendirilerek yeni işletim sistemi kurulması aşamasında da bu tarz programlar kullanılmamaktadır. Aksi takdirde işletim sistemi kurulu SD kartın tüm bölümleri Windows platformlarda görünmemektedir ve biçimlendirilememektedir. Şekil 4.1'de SD kart biçimlendirme programı yer almaktadır.



**Şekil 4.1.** SD kart biçimlendirme programı.

Raspbian, Debian Linux tabanlı RPi için oluşturulmuş açık kaynak bir işletim sistemidir. Raspbian Wheezy sonrası Jessie sürümü yayınlanmıştır. Bu sürümde Wheezy 'deki buglar giderilmiş, ara yüz yenilenmiş, sistem süreçleriyle ilgili performans ve esneklik kazandırılmıştır. RPi kartına üzerindeki SD karta işletim sistemi yüklenirken farklı işletim sistemlerinde farklı platformlara ve programlara ihtiyaç duyulmaktadır. Windows işletim sistemlerinde SD karta Raspbian işletim sistemi Win32 Disk Imager vb.

programlar aracılığıyla kurulmaktadır. Şekil 4.2’de SD karta imaj yazma programı gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Sd karta imaj dosyası yazma programı.

Sd karta Linux işletim sisteminde kurulum gerçekleştirilirken “df -h “komutuyla mount edilen disk bileşenleri ve sistemdeki disklerin detaylı bilgilerine ulaşılmaktadır.

Şekil 4.3 SD kart mount edilmeden sistemin disk durumunu göstermektedir.

```

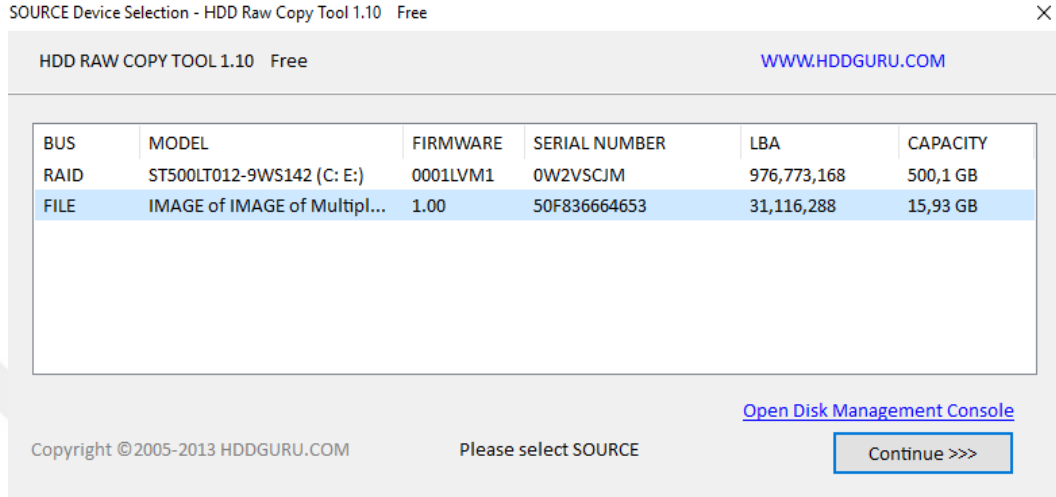
pi@evsolarsystem:~ $ df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/root        29G   3,3G   25G   12% /
devtmpfs        459M    0   459M    0% /dev
tmpfs           463M    0   463M    0% /dev/shm
tmpfs           463M   6,3M   457M    2% /run
tmpfs           5,0M    4,0K   5,0M    1% /run/lock
tmpfs           463M    0   463M    0% /sys/fs/cgroup

```

Şekil 4.3. SD kart mount edilmeden sistemin disk durumu.

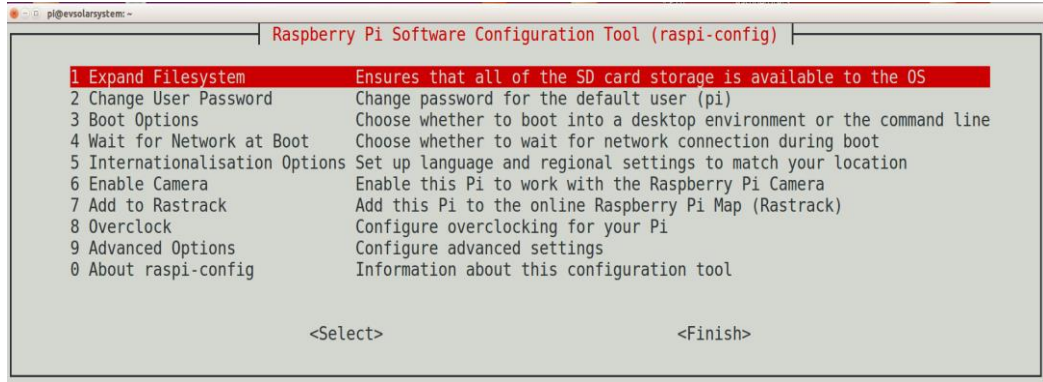
SD kart takıldıktan sonra “df -h” komutu tekrarlandığında /dev/mmcblk0p1 veya /dev/sdd1 gibi SD kart bilgileri görünmektedir. Linux sistemlerde CLI’ da “dd bs=4M if=2016-05-27-raspbian-jessie.img of=/dev/sdd” komutuyla SD karta imaj yazma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu komutta; dd (disc copy), bs (block size), if (input file location) ve of (output file location) olarak belirlenmektedir. CLI ‘da komut uygulama işlemlerinde komutların ön kısmına “sudo” eklenmektedir. Linux’ta sudo en yetkili kullanıcıyı temsil etmektedir. Dd komutu yerine dcfldd komutu kullanılabilir bu sayede işlem süresi kısaltmakta ve işlem tamamlandıktan sonra detaylı bilgiler verilmektedir.

Sistemin SD karta kurulum aşamaları tamamlandıktan sonra ham halinin imajı alınarak yukarıdaki işlemlerin tekrarlanması engellenebilir. SD kartın imaj yedeğini herhangi bir PC veya platforma yedeklemek için hdd raw copy tool kullanılmaktadır. Şekil 4.4'te SD kart imaj yedeği alma programı gösterilmektedir.



Şekil 4.4. SD kart imaj yedeği alma programı.

İmaj yedeği alındıktan sonra RPi 'ye takılan SD kart üzerinden işletim sistemi çalıştırılmaktadır. Ayrıca gerekli yapılandırmalar ve program kurulumları tamamlandıktan sonra; kartı biçimlendirme, imajı karta yazma, sistemi başlatma, gerekli yapılandırmaları uygulama ve programları kurma adımlarını tekrarlamamak için sadece imaj yedeği alınabilir. RPi 'ye kurulan Raspbian işletim sistemi Gui ve CLI kullanımlarıyla esnek bir yapıya sahiptir. Sistem ilk açıldığında CLI satırında login bilgilerini beklemektedir. Raspbian işletim sistemlerinde login için default kullanıcı adı olarak "pi" ve şifre ise "raspberry" olarak belirlenmektedir. CLI'dan Gui kısmına geçmek için "startx" komutu verilmektedir. Raspbian işletim sisteminde RPi bileşenlerini konfigüre eden bir araç mevcuttur. CLI'dan bu araca erişmek için "sudo raspi-config" komutu verilmektedir. Şekil 4.5'te RPi CLI konfigürasyon aracı gösterilmektedir (Sudhir, vd., 2014).



Şekil 4.5. RPi CLI konfigürasyon aracı.

Bu kısım incelendiğinde, bu araç kullanılarak dosya sisteminin boyutu genişletilebilmektedir. Örneğin kullandığımız disk 32 GB fakat RPi bunu default olarak 4GB görmektedir. Expand Filesystem işlemi sonrası sistem reboot edilmelidir ve sonrasında “df -h” ile disk durumu kontrol edildiğinde 32GB alan görülebilecektir. Şekil 4.6. RPi disk durumunu göstermektedir.

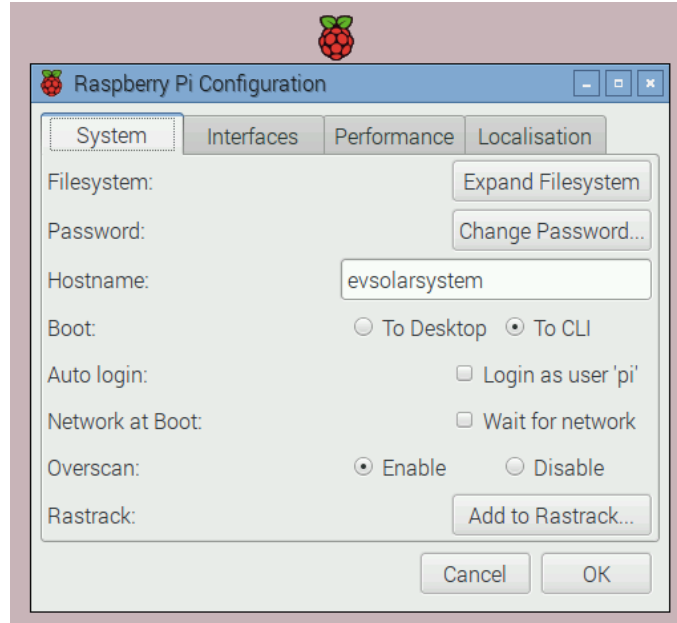
```

pi@evsolarsystem:~ $ df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/root        29G   3,3G   25G   12% /
devtmpfs        459M   0    459M   0% /dev
tmpfs           463M   0    463M   0% /dev/shm
tmpfs           463M   6,3M   457M   2% /run
tmpfs           5,0M   4,0K   5,0M   1% /run/lock
tmpfs           463M   0    463M   0% /sys/fs/cgroup
/dev/mmcblk0p1  63M   21M   43M   33% /boot
tmpfs           93M   0    93M   0% /run/user/1000

```

Şekil 4.6. RPi disk durumu.

Yukarıda şekilde görüldüğü üzere sistemin kurulu olduğu /dev/root bölümü kullanılan kısmı 3.3GB ve toplamda %12’lik bir kısmı temsil etmektedir. Sırasıyla bu araç kullanılarak kullanıcı bilgilerinin güncellenmesi, açılış seçimleri (sadece CLI kullanılsın, sadece Gui kullanılsın, CLI ve Gui ’ye şifresiz login olunsun vb.), bölgesel dil- klavye ve zaman ayarları, Rastrack online haritaya kullanılan RPi’yi ekleme, hostname güncelleme, SSH- SPI- I2C vb. iletişim protokollerinin aktiflenmesi gerçekleştirilmektedir. Gui tarafında bu işlemlerin yapılmasını sağlayan araç Şekil 4.7’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.7.** RPi gui konfigürasyon işlemleri.

Konfigürasyon işlemleri tamamlandıktan sonra RPi'nin yanında olmaksızın müdahale gerektirecek durumlar olacaktır. Bu durumlar; uzaktan sisteme bağlanma, uzaktan dosya aktarımı, uzaktan sistemin güncellemelerinin kontrol edilmesi veya extra program kurma işlemlerinin gerçekleşmesi olabilmektedir. Bu işlemlerin temelinde cihaza uzaktan bağlanarak CLI'da işlemler gerçekleştirilmesi için SSH protokolünün aktiflenmesi gereklidir. Linux sistemlerde SSH doğrudan kurulabildiğinden Windows platformlarda bu işlemi Putty programı ile gerçekleştirebiliriz. Şekil 4.8'de Linux tabanlı makineden RPi 'ye SSH bağlantısı gösterilmiştir.

```
h4ck3r@h4ck3r-lodz: ~
h4ck3r@h4ck3r-lodz:~$ ssh pi@10.9.9.252
#####
##                               You are Welcome                               ##
#All connections are monitored and recorded by hp11                            #
#Disconnect IMMEDIATELY if you are not an authorized user!! #
#####
pi@10.9.9.252's password:
```

**Şekil 4.8.** Linux sistemden RPi'ye SSH bağlantısı.

SSH bağlantısı ile bilerek ya da bilmeyerek sisteme girmeye çalışacak, sistem yöneticisi dışındaki kullanıcılara yukarıdaki resimdeki gibi veya yasal kurallar



çerçevesinde belirlenecek metin kullanılarak sisteme sızmaları konusunda caydırıcılık amaçlanmaktadır. Sistemde program kurulumlarına geçmeden önce gerekli güncellemelerin kontrol edilerek yapılması gerekmektedir. Sistem güncellemeleri Raspbian'ın Debian Linux tabanlı bir sistem olmasından dolayı birçok komut ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Raspbian'ın kendine özgü güncelleştirme işlemi CLI'da "sudo rpi-update" komutuyla yapılmaktadır. Raspbian işletim sisteminin güncellenmesi Şekil 4.9'da gösterilmektedir.

```

pi@evsolarsystem:~ $ sudo rpi-update
*** Raspberry Pi firmware updater by Hexxeh, enhanced by AndrewS and Dom
*** Performing self-update
% Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
   Dload  Upload  Total   Dload  Upload   Total   Spent    Left    Speed
100 10670  100 10670    0    0 19374      0  --:--:--  --:--:--  --:--:-- 19364
*** Relaunching after update
*** Raspberry Pi firmware updater by Hexxeh, enhanced by AndrewS and Dom
*** We're running for the first time
*** Backing up files (this will take a few minutes)
*** Backing up firmware
*** Backing up modules 4.4.13-v7+

```

**Şekil 4.9.** Raspbian işletim sisteminin güncellenmesi.

İlk güncelleme işlemleri sorunsuz ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Linux türevi sistemlerde önce update paketleri indirilmekte daha sonra upgrade işlemleri gerçekleştirilmektedir. Buradaki temel neden; indirilen update paketlerinde hangi programın hangi versiyona güncelleneceği, kernel güncellemeleri sonrası hangi versiyona geçileceği vb. bilgilendirmeler güncelleme öncesi sistem yöneticisini bilgilendirmek amaçlıdır. En basitinden Php 5.5'te yazdığımız bir web uygulamasının MySQL bağlantısı için kullanılan bir parametre Php 7.0'da köklü değişikliğe gidilerek revizyona uğramış olabilir. Siz buna dikkat etmeden sistemi upgrade ettiğiniz takdirde web sayfanız çalışmayacak ve çalışsada MySQL bağlantısı gerçekleştirmeyeceğinden tutarsız bir durum sergileyecektir. Sistemde yapılacak güncellemeler öncesi upgrade paketlerinin listelenmesi işlemi Şekil 4.10'da gösterilmektedir.

```

17 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.
root@posta:~#
root@posta:~#
root@posta:~# apt list --upgradable
Listing... Done
initramfs-tools/xenial-updates,xenial-updates 0.122ubuntu8.1 all [upgradable from: 0.122ubuntu8]
initramfs-tools-bin/xenial-updates 0.122ubuntu8.1 amd64 [upgradable from: 0.122ubuntu8]
initramfs-tools-core/xenial-updates,xenial-updates 0.122ubuntu8.1 all [upgradable from: 0.122ubuntu8]
libglb2.0-0/xenial-updates 2.48.1-1~ubuntu16.04.1 amd64 [upgradable from: 2.48.0-1ubuntu4]
libglb2.0-data/xenial-updates,xenial-updates 2.48.1-1~ubuntu16.04.1 all [upgradable from: 2.48.0-1ubuntu4]
libmysqclient20/xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 amd64 [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-client/xenial-updates,xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 all [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-client-5.7/xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 amd64 [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-client-core-5.7/xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 amd64 [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-common/xenial-updates,xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 all [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-server/xenial-updates,xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 all [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-server-5.7/xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 amd64 [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
mysql-server-core-5.7/xenial-updates 5.7.12-0ubuntu1.1 amd64 [upgradable from: 5.7.12-0ubuntu1]
python3-software-properties/xenial-updates,xenial-updates 0.96.20.1 all [upgradable from: 0.96.20]
shared-mime-info/xenial-updates 1.5-2ubuntu0.1 amd64 [upgradable from: 1.5-2]
snapd/xenial-updates 2.0.9 amd64 [upgradable from: 2.0.8]
software-properties-common/xenial-updates,xenial-updates 0.96.20.1 all [upgradable from: 0.96.20]

```

Şekil 4.10. Güncellemeler öncesi upgrade paketlerinin listelenmesi.

Güncelleme paketlerinin kontrolü sonrası gerekli uygulama veya bileşenler kurulmaktadır. Kurulum esnasında paketlerin unpack işlemleri ve süreçleri izlenebilmektedir. Şekil 4.11’de paketlerin kurulum süreci gösterilmektedir.

```

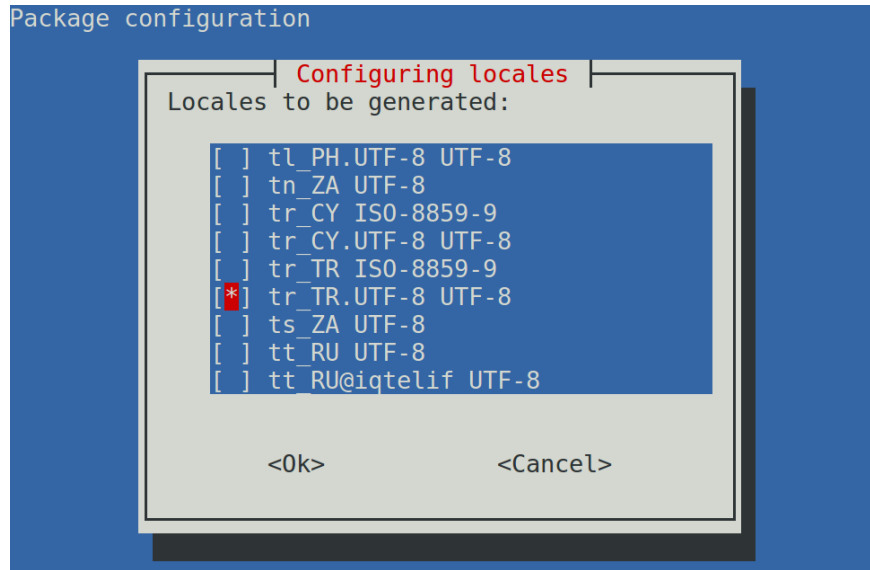
pi@evsolarsystem: ~
Preparing to unpack ../raspberrypi-ui-mods_1.20160527_all.de
b ...
Unpacking raspberrypi-ui-mods (1.20160527) over (1.20160426)
...
Progress: [ 61%] [#####.....]

```

Şekil 4.11. Paketlerin kurulum süreci

RPi’de zaman ve bölgesel seçenekler önemli rol oynamaktadır. Bunlar; ülkeler ve buldukları konumlara özgü farklılıklar göstermektedir. Türkiye için zaman dilimi “Europe/Athens” veya “Asia/İstanbul” kabul edilmektedir. Sistemi İngilizce kullanmak isteyen kullanıcılar bölgesel ayarlardan “en\_US. UTF8” seçebilir. Fakat Türkçe kullanmak isteyen kullanıcılar Şekil 4.12 gösterildiği gibi “tr\_TR. UTF8 UTF-8” olarak seçmelidir.





Şekil 4.12. Bölgesel ayarların yapılması.

Sistem yöneticilerinin kurulacak program veya paketlerin versiyon uyumsuzluğunun önüne geçmesi, sistem yetersizliğinin önlenmesi ve sistemin kararlı çalışmasını sağlamak için Raspbian işletim sisteminin versiyonuna ait detaylı bilgilere sahip olmaları gerekir. Şekil 4.13'te Raspbian işletim sisteminin detaylı bilgilerine ulaşabileceğimiz komut ve bilgiler mevcuttur.

```

pi@evsolarsystem:~ $ cat /etc/*release
PRETTY_NAME="Raspbian GNU/Linux 8 (jessie)"
NAME="Raspbian GNU/Linux"
VERSION_ID="8"
VERSION="8 (jessie)"
ID=raspbian
ID_LIKE=debian
HOME_URL="http://www.raspbian.org/"
SUPPORT_URL="http://www.raspbian.org/RaspbianForums"
BUG_REPORT_URL="http://www.raspbian.org/RaspbianBugs"
pi@evsolarsystem:~ $
pi@evsolarsystem:~ $ lsb_release -a
No LSB modules are available.
Distributor ID: Raspbian
Description:    Raspbian GNU/Linux 8.0 (jessie)
Release:        8.0
Codename:       jessie

```

Şekil 4.13. Raspbian işletim sistemi bilgileri.

Yaptığımız çalışmalarda; gerekli olan programlar mevcut depoda bulunabildiği gibi farklı sistemlerden indirilip kurulumları sağlanmaktadır. Depoda bulunan paketler RPi CLI'da "aptitude search aranan\_paket\_adi" komutu verilerek kontrol edilebilmektedir. Aranan paket depoda mevcutsa listelenmektedir. Eğer yoksa "ppa"

dosyaları paket yöneticisine eklenmeli ve “sudo aptitude update” komutuyla güncelleme yapılmalıdır. Ayrıca paketin bulunduğu web sayfasından ilgili link kopyalanarak “wget” ile indirilebilmektedir. Paketler belirli sıkıştırma formatlarında olabilmektedir. İndirilen paket dosya açma programları vasıtasıyla açılıp yükleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.14’te depodan paketin kontrolü yapılmaktadır.

```
root@evsolarsystem:~/Betikler# aptitude search ssmtp
[100%] Building tag database
p ssmtp - extremely simple MTA to get
root@evsolarsystem:~/Betikler#
root@evsolarsystem:~/Betikler#
```

Şekil 4.14. Depodan paketin kontrolü.

Dosya açma ve sıkıştırma işlemleri Linux sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları:

- “gzip -9 dosya”; belirtilen dosyayı “dosya.gz” şeklinde en iyi şekilde sıkıştırmaktadır.
- ”bzip2 dosya”; belirtilen dosyayı “dosya.bz2” şeklinde ve çoğunlukla gzip’ ten daha iyi sıkıştırmaktadır.
- “gunzip dosya.gz”; gzip ile sıkıştırılan “dosya.gz” dosyasını “dosya” olarak açmaktadır.
- “bunzip2 dosya.bz2” bzip2 ile sıkıştırılan “dosya.bz2” dosyasının dosya olarak açmaktadır.
- “tar -xvf arşiv.tar”; “dosya.tar” sıkıştırılmamış arşiv dosyasını bulunan dizine açmaktadır.
- “tar -xzvf arşiv.tar.gz”; “arşiv.tar.gz” sıkıştırılmış arşiv dosyasını ve “. tar.gz dışında .tgz” olan dosyaları da açmaktadır.
- “unzip arşiv.zip -d dizin”; arşiv.zip arşivini belirtilen dizine açmaktadır.

Program veya paket kurulumları gerçekleştirilirken nadiren de olsa bağımlılıktan kaynaklı sorunlar olabilmektedir. Paketin kurulup kurulmadığını kontrol etmek için RPi CLI’da “dpkg-query –list | grep paket\_adi”komutu verilerek kontrol edilmektedir. Şekil 4.15’te mail göndermek için kullanılan ssmtp paketinin sistemde kurulu olup olmadığı gösterilmiştir. Ayrıca “dpkg-query –list“ komutuyla sistemde yüklü tüm paketlerin listesine ulaşılabilir.

```

pi@evsolarsystem:~ $ dpkg-query --list | grep ssmtp
ii ssmtp                2.64-8
   armhf                extremely simple MTA to get mail off the system to a mail hub

```

Şekil 4.15. Sistemde yüklü paketlerin belirlenmesi.

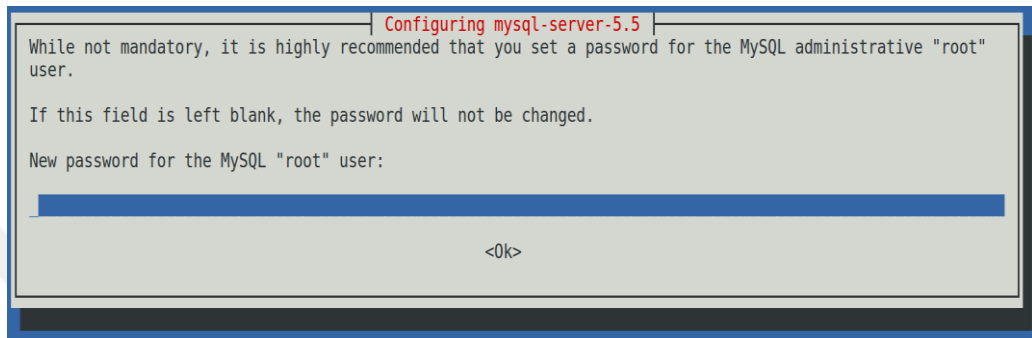
Linux'ta kullanıcıların faydalanabilecekleri komutlar mevcuttur. Bu komutlardan bazıları Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Bazı Linux komutları.

<b>Faydalı Linux Komutları</b>	
<i>ls</i>	var olan dizindeki dosyaları listeler.
<i>pwd</i>	bulduğumuz dizinin yolunu verir.
<i>ps</i>	çalışan süreçleri gösterir.
<i>df</i>	
<i>du</i>	disk kullanımını gösterir.
<i>cd</i>	dizin değiştirir.
<i>cp</i>	dosya kopyalar.
<i>mv</i>	dosya adını değiştirir ve taşır.
<i>chmod</i>	dosya izinlerini belirler.
<i>chown</i>	dosya-dizin kullanıcı ve grup haklarını ayarlar.
<i>adduser</i>	yeni bir kullanıcı oluşturur.
<i>su</i>	kullanıcı arası geçişleri sağlar.
<i>passwd</i>	kullanıcının şifresini değiştirir.
<i>free</i>	bellek bilgisini gösterir.
<i>poweroff</i>	sistemi kapatır.
<i>reboot</i>	sistemi yeniden başlatır.

Yapılan çalışmalarda; dijital veriler okunmaktadır. Bu işlemleri gerçekleştirmek için Python programlama dili kullanılmaktadır. Python programlama dilinin kullanılma sebebi Debian tabanlı sistemlerde default olarak kurulu gelmesi, zengin kütüphane ve kaynaklara sahip olması, kullanım kolaylığı ve esnekliğidir. Python programı vasıtasıyla alınan veriler açık kaynaklı ilişkisel veri tabanı olan MySQL'de hazırlanan tablolarda saklanmaktadır. Raspbian işletim sisteminde MySQL ve bileşenleri “sudo apt-get install mysql-server php5-mysql -y” komutu verilerek gerçekleştirilmektedir. Komutun sonundaki “-y” parametresi kurulumda bize yöneltilecek olan soruların tamamına “yes” cevabını otomatik olarak verecektir. Linux sistemlerde MySQL 5.7 sürümüne geçmiş fakat Raspbian tarafında hala 5.5 sürümü kullanılmaktadır. Sistemde MySQL 'in yüklü olup olmadığını anlamak için “/etc/init.d/” dizininde mysql servisinin bulunması gerekmektedir. MySQL'i çalıştırmak için konsolda “/etc/init.d/mysql start” veya “service

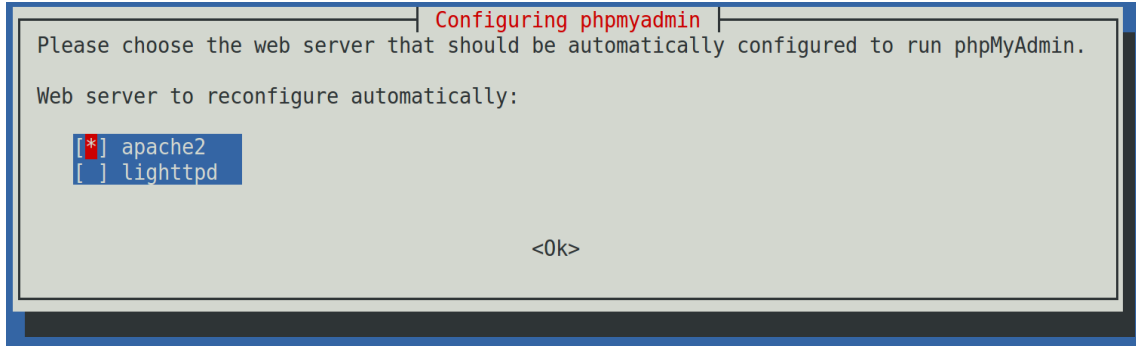
mysql start” komutlarını uygulamak gerekmektedir. MySQL kurulu fakat çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi için komut satırına “ps aux | mysql” komutu verilmelidir. Şekil 4.16’da MySQL veri tabanının kullanıcı konfigürasyonu gösterilmektedir. Bu aşamada; root kullanıcısı ve şifresi belirlenmektedir. Veri tabanının en yetkili kullanıcısı root’tur. Farklı platformlardan veri tabanına erişim yapacak kullanıcılara ayrı hesap ve şifreler belirlenerek yetkileri kısıtlanmalıdır (okusun fakat yazmasın, yazsın fakat silemesin vb.).



**Şekil 4.16.** MySQL veri tabanının kullanıcı konfigürasyonu.

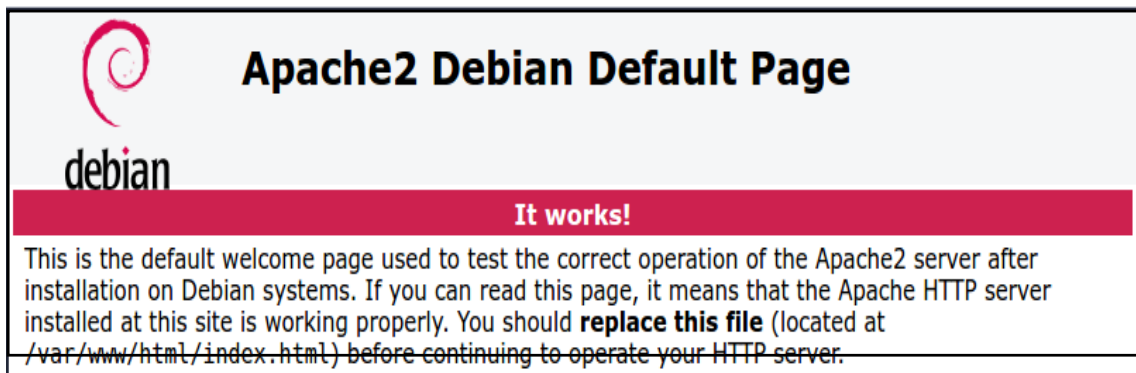
Python ile FV paneller veya farklı platformlardan alınacak dijital veriler MySQL ortamına zaman damgasıyla kaydedilmektedir. Ancak RPi’de PC’lerdeki bir sistem mevcut değildir. Bu yüzden enerji kesintisi vb. durumlarda sistem yeniden başladığında zaman tutarsızlığı yaşanmaktadır. Sistemin up ve down durumlarında mail ile bildirim yapılarak manuel olarak tarih ve zamanı güncelleme işlemi gerçekleştirilebilir. Örneğin RPi’nin zamanının; 26 Haziran 2016 saat 15:00:00 set etmek istiyorsak “sudo date -s Sun Jun 15:00:00 UTC 2016” komutu verilebilir. Fakat bu işlemde insana bağlı olduğundan aksaklıklar yaşanabilmektedir. Bu sorunun çözümü için RPi her yeniden başladığında okuduğu açılış dosyasına yapılandırılmış ntp (network time protocol) sunucusuna bağlantı sağlanarak güncel zaman bilgileri alınmıştır.

Düzenli zaman damgasıyla veri tabanına işlenen verilerin kontrolü ve yedeklenmesi için web tabanlı ücretsiz PhpMyAdmin kurulumu gerçekleştirilmektedir. RPi CLI’da “sudo apt-get install phpmyadmin -y” komutuyla kurulum gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.17’de PhpMyAdmin konfigürasyonu gösterilmiştir.



Şekil 4.17. PhpMyAdmin konfigürasyonu.

Sonuçta PhpMyAdmin web tabanlı çalışan bir açık kaynak uygulama olduğundan bu sisteme erişim için hangi web server ile çalışması gerektiğini belirtmek gerekmektedir. Linux sistemlerde web server için 2 seçenek bulunmaktadır. Kullanım kolaylığı ve esneklik açısından apache2 tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra lighttpd’de kullanılabilir. Linux’taki web serverların Windows’taki karşılığı IIS (Internet Information System)’tir. PhpMyAdmin kurulurken root kullanıcısı ve erişim şifresi belirlenmektedir. Web ara yüzünden RPi’nin ip\_adresi/phpmyadmin ile giriş yapılarak sistemin kurulup kurulmadığı check edilebilmektedir. Apache2 web server’ın kurulumu için “sudo apt-get install apache2 -y” komutu verilmektedir. Ayrıca apache2 kurulumu tamamlandıktan sonra web ara yüzünden RPi’nin ip\_adresi girilerek çalışıp çalışmadığı test edilmektedir. Şekil 4.18’de Apache kurulum sonrası default sayfa gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Apache2 debian default sayfa.

Web sunucusu kurulumu tamamlandıktan sonra veri tabanındaki verilerin işlenerek web ortamında dinamik olarak yayınlanması için php dili tercih edilmektedir. Php; html, css, jquery, HighChart ve amCharts bileşenleri ile esnek olarak kullanılabilir. HighChart web sayfalarında etkileşimli grafikler oluşturmak için geliştiricilere kolaylık sağlamaktadır. Verilerden analizler yaparak farklı türlerde grafik

oluşturmak için kullanılmaktadır. amCharts, verilerin görselleştirilme ihtiyacını karşılamak için geliştirilmiş gelişmiş bir grafik kütüphanesidir. Şekil 4.19’da php ve bileşenlerinin kurulumu gösterilmiştir.

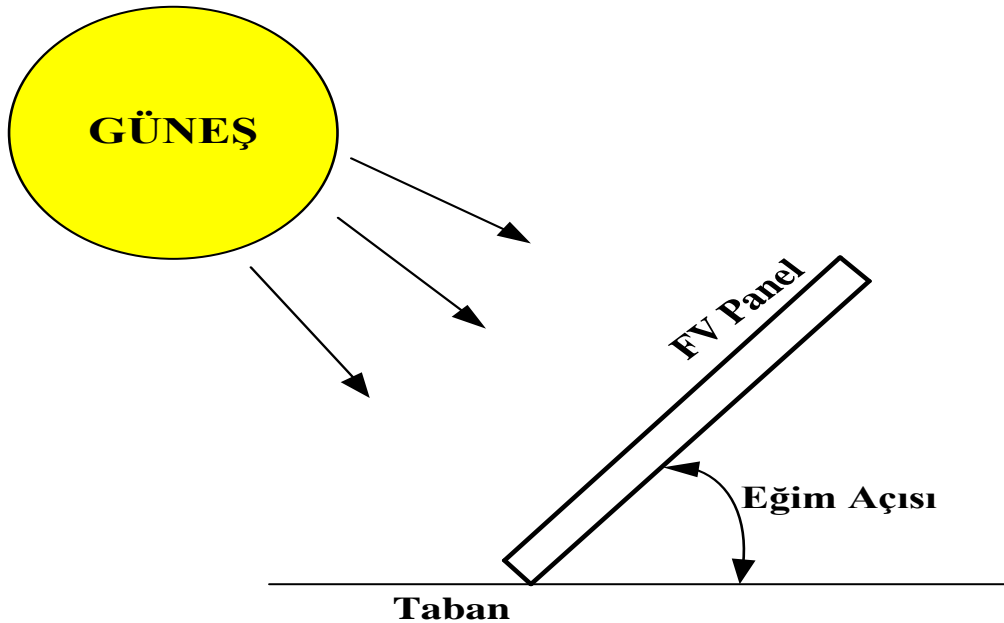
```

pi@evsolarsystem:/var/www/html $ sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following extra packages will be installed:
  libonig2 libperl4-corelibs-perl libqdbm14 lsof php5-cli php5-common php5-json php5-readline
Suggested packages:
  php-pear php5-user-cache
The following NEW packages will be installed:
  libapache2-mod-php5 libonig2 libperl4-corelibs-perl libqdbm14 lsof php5 php5-cli php5-common php5-json
  php5-readline

```

Şekil 4.19. Php ve bileşenlerinin kurulumu.

Sabit açılı sistemlerde, yerleştirilen panellerin yatay zeminle belirli bir eğim açısı yapacak şekilde kurulması gerekmektedir. Eğim açısı panellerin kurulduğu yerin coğrafi konumuna göre değişim göstermektedir. FV panellerin sabit açılı sistemde Şekil 4.20’de gösterildiği gibi yatayla belirli bir eğim açısı oluşturacak şekilde monte edilmesi gerekmektedir (Karafil, vd., 2015).



Şekil 4.20. Sabit açılı sistemde panelin eğim açısı (Karafil, vd., 2015).

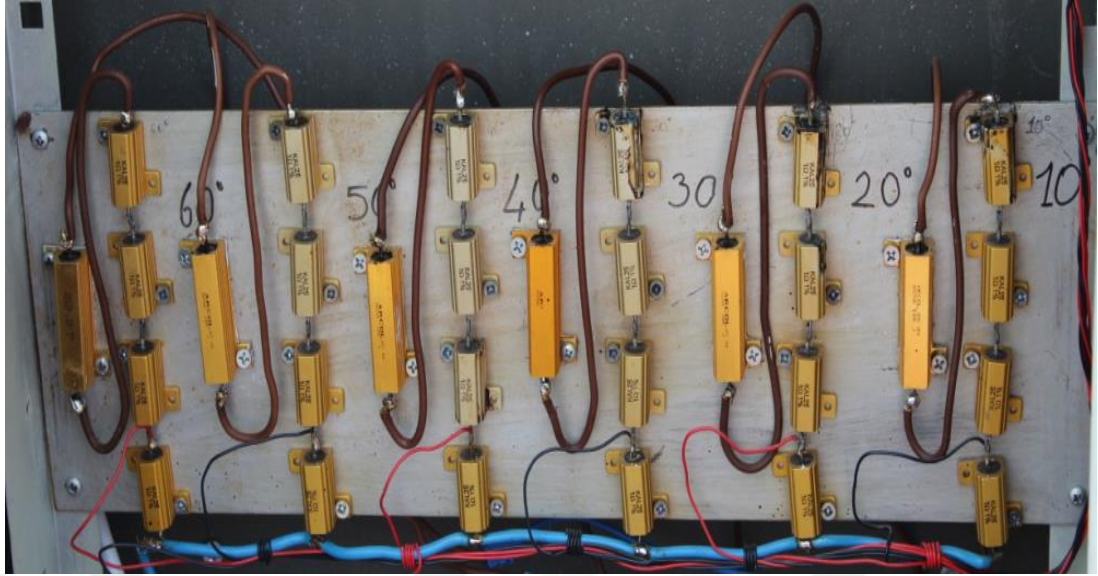


Bu amaç doğrultusunda Bilecik ilinde FV panellerin aylık optimum eğim açısının saptanabilmesi için aynı özelliklere sahip altı adet FV panel 10°, 20°, 30°, 40°, 50° ve 60° deki açılarda yerleştirilerek panellerin kurulum düzeneği oluşturulmuştur. Şekil 4.21’ de farklı eğim açılarındaki panellerin kurulum düzeneği gösterilmiştir.



**Şekil 4.21.** Farklı eğim açılarındaki panellerin kurulum düzeneği.

Bu sistemde her bir FV panele 14  $\Omega$  yük direnci bağlanmıştır. Panellerin gerilim değerlerinin ölçülebilmesi için gerilim bölücü devre oluşturulmuş ve 1  $\Omega$  yük direnci üzerinden gerilim değerleri analog olarak alınmıştır. Seçilen direnç değerleri mikro denetleyicinin sınır değeri olan 5 voltu geçmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Her bir FV panelden alınan analog gerilim değerleri PIC16F877 mikro denetleyicisinin girişlerine uygulanmıştır. Şekil 4.22’de FV panellere bağlanan yükler gösterilmiştir (Ozbay, vd., 2016).

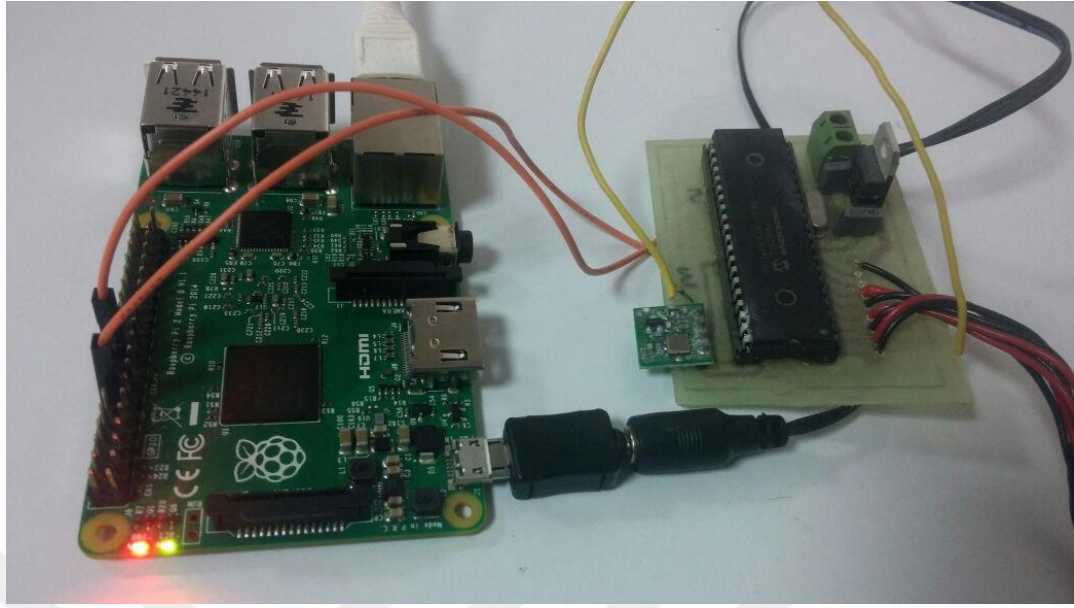


**Şekil 4.22.** FV panellere bağlanan yükler.

FV panellerdeki analog gerilim değerleri mikro denetleyici ile dijital dönüşürülmektedir. Elde edilen dijital verilerin günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık olarak saklanabilmesi, PC ortamına kaydedilebilmesi, yedeklenebilmesi, günün her anında web üzerinden canlı olarak izlenebilmesi için veri izleme ve kontrolünü sağlayan RPi sisteme entegre edilmiştir.

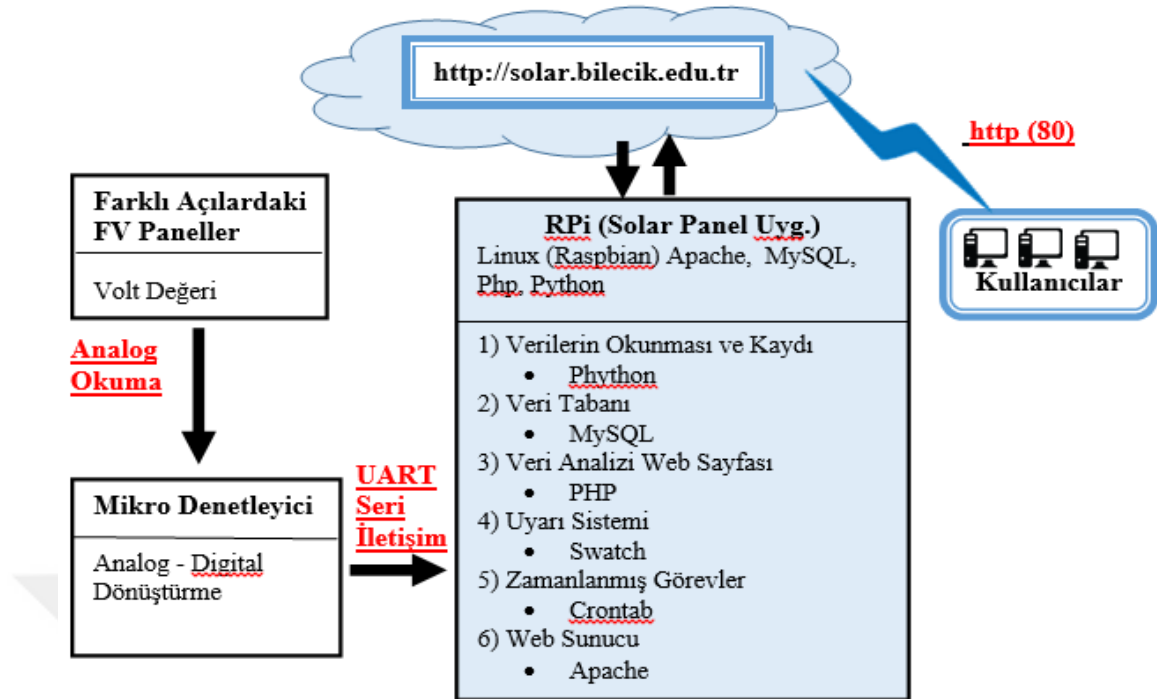
Deneyisel çalışmada kullanılan RPi'nin özellikleri şunlardır; ARM Cortex-A53 1,2 GHz 64 bit quad-core merkezi işlem birimini içeren Broadcom BCM2837 mikroçipi üzerine kurulmuştur. Videocore IV GPU grafik işlem birimine sahip olup 512 megabayt belleğe sahiptir. 4 USB (Universal Seri Bus) bağlantı noktası, 40 GPIO pinleri, HDMI (High Definition Multimedia Interface) bağlantı noktası, Ethernet portu, 3.5 mm ses jakı, kamera ara yüzü (CSI), görüntü ara birimi (DSI), microSD (Secure Digital) hafıza kart yuvasına sahiptir. Şekil 4.23'te deneysel çalışmada kullanılan RPi kartı ve mikro denetleyici bağlantısı gösterilmektedir.





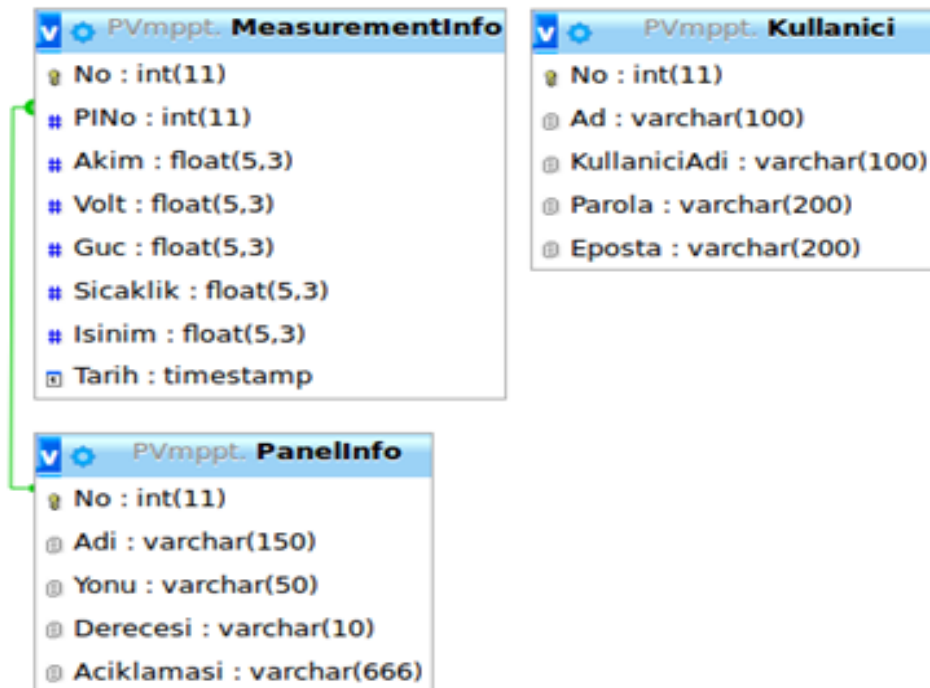
**Şekil 4.23.** RPi kartı ve mikro denetleyici bağlantısı.

FV panellerin akımı, gerilimi vb. parametrelerin ölçülerek bu verilerin izlenmesi ve kayıt altına alınması datalogger cihazları (DAQ) ile gerçekleştirilmektedir (Priyanka, vd., 2016). Fakat piyasadaki datalogger cihazlarının maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı datalogger cihazının yerine tasarlanan sisteme uygun ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için PIC16F877 mikro denetleyicisi ve RPi kullanılmıştır. Mikro denetleyici aldığı sayısal bilgileri dijitale çevirmektedir. Veriler daha sonra UART seri iletişim protokolü ile RPi ortamına gönderilmektedir. RPi’de yazılan Python programı ile her 10 dakikada bir verilerin ortalaması alınarak veriler RPi üzerindeki SD kartta saklanmaktadır. Bu verilerin bilgisayar ortamına kaydedilmesi, farklı bir sunucuya otomatik olarak aktarılması ve analizlerinin gerçekleştirilmesi de Raspberry Pi ile sağlanabilmektedir. Mikro denetleyici ve RPi ile tasarlanan sisteme ait tüm bileşenlerin blok şeması Şekil 4.24.’te gösterilmiştir.



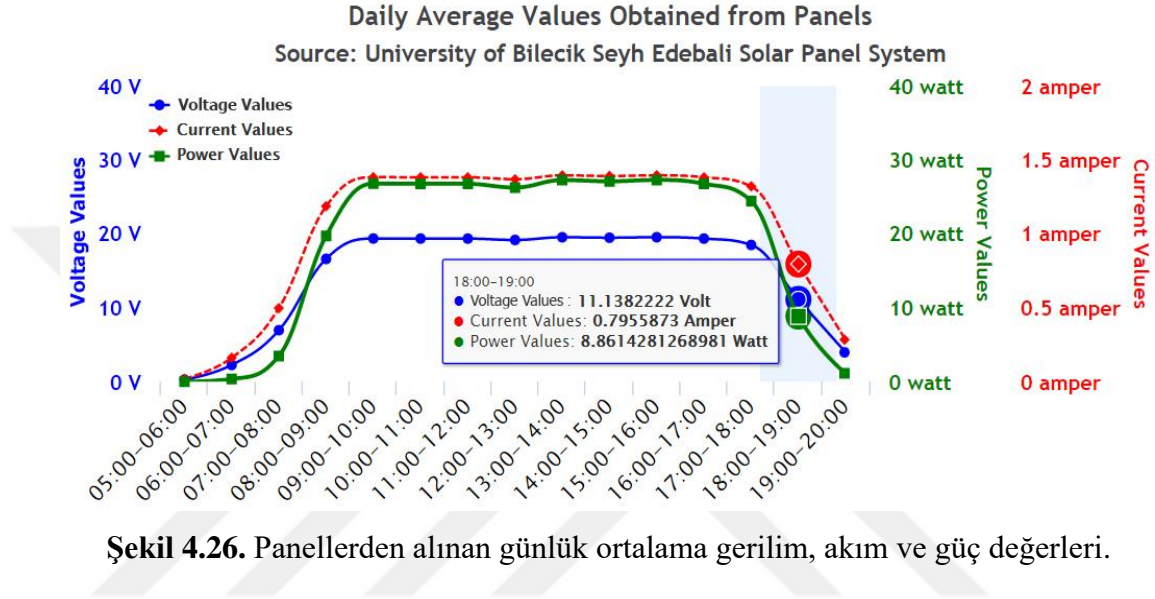
Şekil 4.24. Sistemin bileşenleri (Parmaksız, vd., 2016).

Ölçümlerin kayıt altına alınabilmesi için, veri tabanı gereklidir. Alınan verilerin yapısına göre, verilerin tekrarını ve veri tabanının boyutunun gereksiz yere artırılmasını önlemek için ilişkisel veri tabanı kullanılmıştır. Bu tasarım için oluşturulan veri tabanı Şekil 4.25'te gösterilmektedir.



Şekil 4.25. Sistemde kullanılan veri tabanı.

Ölçümler Mayıs 2015 ve 2016 aralığında bir yıl süreyle gerçekleştirilmiştir. Veriler her gün saat 05:00'dan başlayarak 20:00'a kadar her 10 dakikada bir alınarak kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler analiz edilerek grafikleri oluşturulmuştur. Panellerden alınan günlük ortalama gerilim, akım ve güç değerleri Şekil 4.26.'da gösterilmiştir.



Verilerin her on dakikada bir alınması Linux sistemlerde cron betikleriyle gerçekleştirilmektedir. Bu işlemin Windows platformlardaki karşılığı zamanlanmış görevlerdir. Şekil 4.27.'de cronun 10 dakikada bir tetikleyeceği işlem için yazılan kod bloğu gösterilmiştir. Burada verilerin okunması ve veri tabanına yazılma işlemi gerçekleştirilmemektedir. Cron ile bu işlemi gerçekleştirecek kodun her 10 dakikada bir çalıştırılmasını sağlamaktır.

```

shell script cron solar
Gönderen huseyin.parmaksiz@bilecik.edu.tr Tarih 2016-06-02 17:41

Jun  2 17:30:01 raspberrypi /USR/SBiN/CRON[10562]: (root) CMD (/home/pi/SolarPanelC
sudo su
crontab -e
*/10 * * * * /home/pi/SolarPanelCalismalar/Kodlar/ADCapplications/ondakikadabir.sh

```

**Şekil 4.27.** Cron betiği.

Hazırlanan cron betiğinde çalıştırılabilir “.sh” uzantılı dosyanın çalıştırılması sağlanmaktadır. Doğrudan python bloğuyla hazırlanan kodun cronda çalıştırılması sorun yaşatabilir. Bu nedenle çalıştırılacak python kodu çalıştırılabilir Shell script kodu olarak ayarlandıktan ve gerekli izinler belirlendikten sonra crona eklenebilmektedir. Şekil 4.28.’de python kodunun nasıl Shell script haline dönüştürüldüğü gösterilmiştir.

```

1 #!/bin/sh
2 # ondakikadabir.sh
3 #
4
5 cd /
6 cd home/pi/SolarPanelCalismalar/Kodlar/ADCapplications
7 sudo python veriyazmaortalamali.py
8 cd /
9

```

Şekil 4.28. Python kodunun shell olarak yetkilendirmesi.

FV panellerden okunan analog verileri mikro denetleyici dijital verilere dönüştürmektedir. RPi ile mikro denetleyici UART seri iletişim protokolü ile ve baud rate olarak 9600 değeriyle haberleşmektedir. Seri porttan verilerin okunarak veri tabanına kaydedilme işlemi python programıyla hazırlanan kod bloğuyla gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.29.’da bu işlemi gerçekleştiren kod bloğu gösterilmiştir.

```

venyazmaortalamali.py x
1  #!/usr/bin/python # -*- coding: utf-8 -*-
2  import MySQLdb
3  from datetime import datetime
4  import time
5  from random import randint
6  from time import gmtime, strftime
7  import serial
8  import struct
9  port = serial.Serial("/dev/ttyAMA0", baudrate=9600)
10 db = MySQLdb.connect("localhost","root","h4ck3r","SolarPanel" )
11 cursor = db.cursor()
12 zaman = datetime.now()
13 a=0; b=10; listvolt = [0, 0, 0, 0, 0, 0 ]; listakim = [0, 0, 0, 0, 0, 0 ]; listguc = [0, 0, 0, 0, 0, 0 ];
14 while a<b:
15     lines = port.readline().split(",")
16     for i, line in enumerate(lines):
17         v = float(line.split("=")[1])
18         x = v*70/255
19         listvolt[i] = listvolt[i] + x
20         y = x/14
21         listakim[i] = listakim[i] + y
22         z = x*y
23         listguc[i] = listguc[i] + z
24         print("{} .volt..: {},akim..: {},guc..: {}".format(i, listvolt[i], listakim[i], listakim[i]))
25         a += 1
26     lines = port.readline().split(",")
27     for l, linee in enumerate(lines):
28         sql = "INSERT INTO MeasurementInfo( \
29             PINo, Akim, Volt,Guc, Tarih) \
30             VALUES ( '%d', '%f', '%f', '%f', '%s' )" % \
31             ( l+1, listakim[l]/10, listvolt[l]/10, listguc[l]/10, zaman)
32         try:
33             cursor.execute(sql)
34             db.commit()
35         except:
36             db.rollback()
37     time.sleep(5)
38     db.close()

```

**Şekil 4.29.** Verilerin okunması ve kaydedilmesi işlemi.

Matplotlib grafik çizdirmek için kullanılan python kütüphanesidir. Bu kütüphane kullanılarak panellere ait maksimum akım, gerilim ve güç değerlerine ait grafikler oluşturulabilmektedir.

Günlük her 10 dakikada bir alınan verilerden oluşturduğumuz grafikler RPi' deki SD kart alanını dolduracağından dolayı günlük bu verilerin sıkıştırılarak mail veya samba paylaşımı kullanılarak aktarılması gerekmektedir. Şekil 4.30.'da bash betik olarak hazırlanan günlük grafiklerin sıkıştırılarak mail yoluyla gönderilmesini sağlayan kod bloğu gösterilmiştir.

```
#!/bin/bash
#Amaç : Matplotlib grafiklerini günlük yedeklemek ve mail atmak
#Olusturulma zamanı: 5 Haziran 2016
#Yazan : Hüseyin PARMAKSIZ
#Sürüm 1.0

#Başla
# Yedek dosyasına zaman ekleme
TIME=`date +%b-%d-%y`
# Yedek dosyasının formatını belirleme
FILENAME=backup-$TIME.tar.gz
# Yedek alınacak grafiklerin kaynak dizini
SRCDIR=/mpptverileri
# Yedek alınacak grafiklerin hedef dizini
DESDIR=/mybackupmpptverileri
tar -cpzf $DESDIR/$FILENAME $SRCDIR
mpack -s "Grafiklerin yedekleri" /home/pi/Desktop/mybackupmpptverileri/*.tgz pi@bilecik.edu.tr
#Bitir
```

**Şekil 4.30.** Bash betiği ile grafiklerin yedeklenmesi ve mail ile gönderilmesi.

Oluşturulan grafiklerin günlük yedekleme işlemi gerçekleştirildikten sonra ihtiyaca uygun olarak 2 günden eski verilerin SD karttan silinmesi gerekmektedir. Bu işlemin manuel olarak yapılması zor ve zahmetlidir. Bu nedenle python programlama dili kullanılarak 2 günden eski grafiklerin silinmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.31.'de bu işlem için hazırlanan kod bloğu gösterilmiştir.

```
#!/usr/bin/python
#Amaç : /home/pi/Desktop/mpptkayitlari dizinindeki 2günden eski verileri silmek
#Olusturulma zamanı: 5 Haziran 2016
#Yazan : Hüseyin PARMAKSIZ
#Sürüm 1.0
#Başla
import os, sys, time
from subprocess import call

now = time.time()
cutoff = now - (2 * 86400)

files = os.listdir("/home/pi/Desktop/mpptkayitlari")
for xfile in files:
    if os.path.isfile( "/home/pi/Desktop/mpptkayitlari/" + xfile ):
        t = os.stat( "/home/pi/Desktop/mpptkayitlari/" + xfile )
        c = t.st_ctime

        # 2 günden eski dosyaları sil
        if c < cutoff:
            os.remove("/home/pi/Desktop/mpptkayitlari/" + xfile)

# sil.py isminde kaydet, ve chmod +x ile çalıştırılabilir dosya yap.
# Sonra, crontab -e ile crontab'a ekle.
# @daily sil.py' yi ekle.
#Bitir
```

**Şekil 4.31.** Python ile iki günden eski grafiklerin silinmesi.

Ayrıca bu işlemde sorun yaşandığı takdirde bu işlemin işlevini kontrol edecek ve 3 günden eski verileri silecek işlemi bash betik kullanılarak yapılmaktadır. Şekil 4.32.'de hazırlanan kod bloğu gösterilmektedir.

```
#!/bin/bash
#Amaç : /home/pi/Desktop/mpptkayitlari dizinindeki 3 günden eski verileri silme]
#Oluşturulma zamanı: 5 Haziran 2016
#Yazan : Hüseyin PARMAKSIZ
#Sürüm 1.0

#Başla
find /home/pi/Desktop/mpptkayitlari -type f -mtime +3 -exec rm {} \;
#Bitir

#Yararlı bilgiler
##tar -cvzf jpegarchive.tar.gz /path/to/images/*.jpg
##gunzip filename.tar.gz
##tar -xvf filename.tar
##find . -type f | xargs -d "\n" tar -czvf backup.tar.gz
###-----###
```

Şekil 4.32. Bash betiği ile üç günden eski verilerin silinmesi.

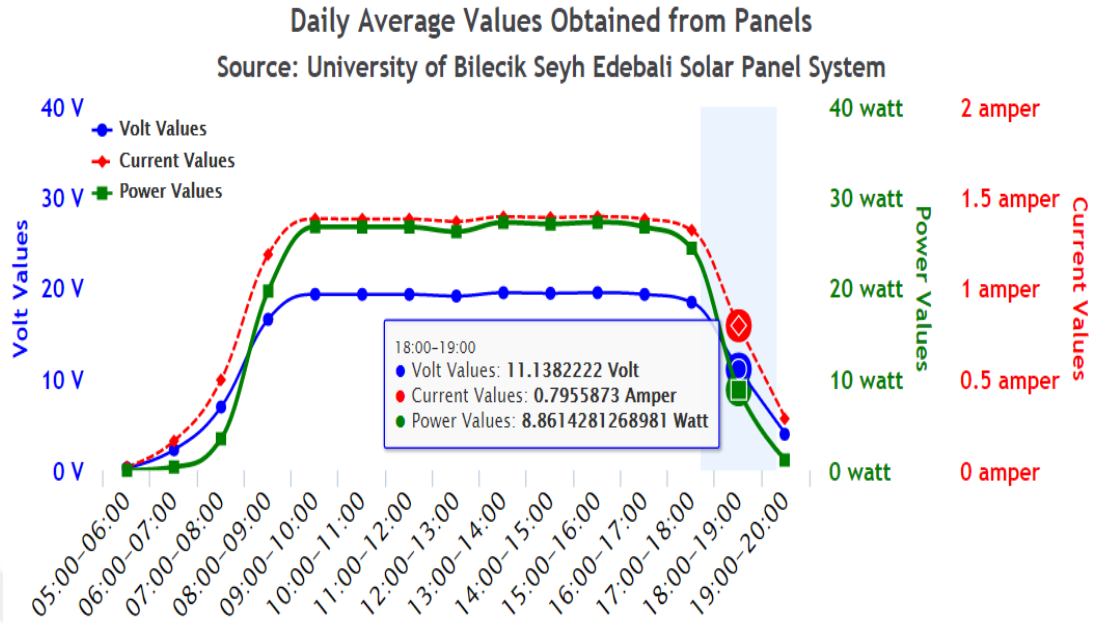
## 5. DENEY SONUÇLARI

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektriksel ölçümlerinin gerçek zamanlı olarak RPi ile izlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkez Yerleşkesi lokasyon olarak seçilmiştir. Çalışmada güneşten maksimum enerjiyi elde etmek amacıyla farklı eğim açılarında FV paneller güneşe bakacak ve birbirlerine gölge oluşturmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Panellerden elde edilen verilerin günlük, aylık ve yıllık olarak kayıt altına alınması, yedeklenebilmesi ve günün her saatinde canlı olarak web ortamında izlenebilmesi için RPi kullanılmıştır. FV panel verilerinin ölçülerek izlenmesi ve kayıt altına alınmasında kullanılan datalogger cihazlarının maliyetlerinin yüksek olmasından ve kullanım kısıtlamalarından dolayı RPi tercih edilmiştir. Herhangi bir datalogger cihazının okuduğu verileri kaydedebilmesi için işletim sistemine sahip bir bilgisayar ve monitöre ihtiyaç duyabileceğinden ve bunların her şartta konumlandırılması uygun olmayıp ekstra maliyet getireceğinden dolayı RPi bu tarz çalışmalarda etkin rol oynamaktadır.

Öncelikle panellere bağlı yük dirençleri üzerinden analog gerilim değerleri mikro denetleyici ile dijital olarak örneklenmiştir. RPi ile mikro denetleyici arasında haberleşme yapılırken UART seri iletişim protokolü kullanılmıştır. RPi, okuduğu dijital veriden akım ve güç değerlerini hesaplamakta, üzerinde konumlandığımız SD kart üzerine ölçüm verilerini kaydetmekte, web ortamında canlı olarak verilerin izlenmesine olanak sağlamakta ve farklı sistemlerle entegre olabilmektedir. RPi ile bu süreçleri gerçeklerken üzerinde konumlandığımız SD karta yüklediğimiz Raspbian işletim sistemine ve üzerinde kurulu gelen Python, Php, Apache2 ve MySQL yazılımlarından yararlanılmaktadır. Bu yazılımlar aracılığıyla verilerin mikro denetleyiciden okunması, gerekli matematiksel hesaplamaların gerçekleştirilmesi, SD karta veya farklı konuma kayıt edilmesi, verilerin istatistiki olarak analizi ve canlı olarak anlık web ortamında izlenebilmesi sağlanmıştır.

Panellerden alınan akım, gerilim ve güç değerleri Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi web ortamında canlı olarak izlenebilmektedir.

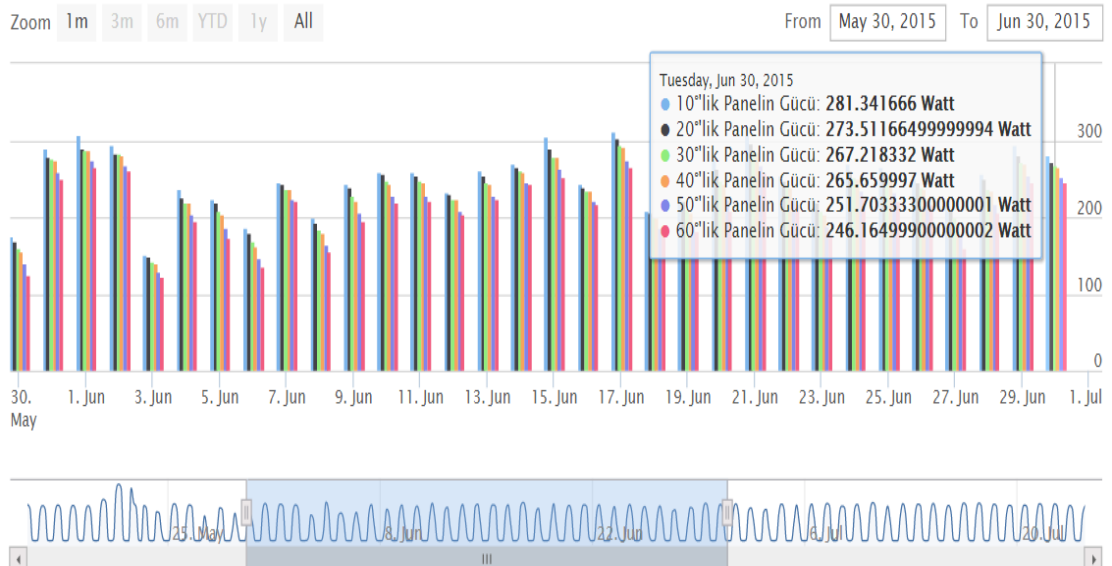




**Şekil 5.1.** Panellerden alınan değerler.

Aynı zamanda kayıt altına alınan veriler uzun süreli aylık ve yıllık olarak tarih ve zaman bilgileri ile birlikte izlenebilmektedir. Her bir FV panel 100 W çıkış gücü verebilmesine rağmen sıcaklık durumu göz önünde bulundurulduğundan panellere bağlanan  $14 \Omega$  yük direnci nedeniyle paneller maksimum 28 W güç üretebilmektedir. Şekil 5.2.'de haziran ayına ait FV panellerinin güç grafiği gösterilmektedir.

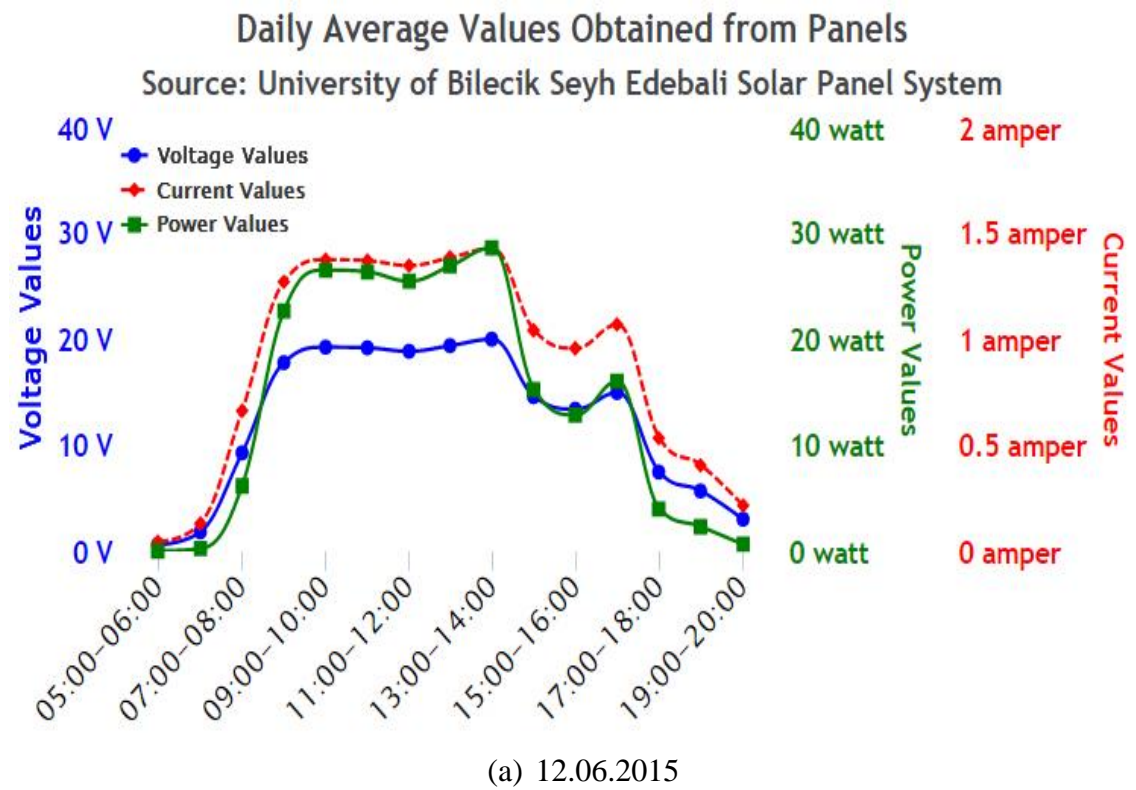
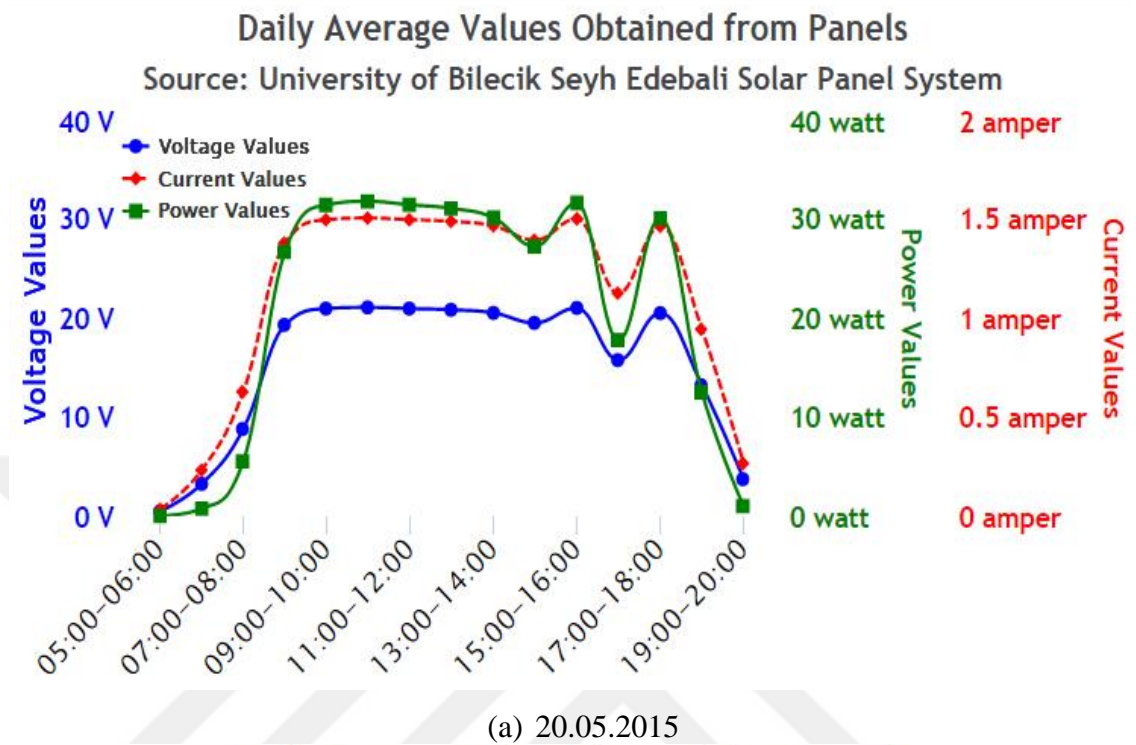
Power Values Average of All Panels



**Şekil 5.2.** Haziran ayına ait FV panellerin gücü.

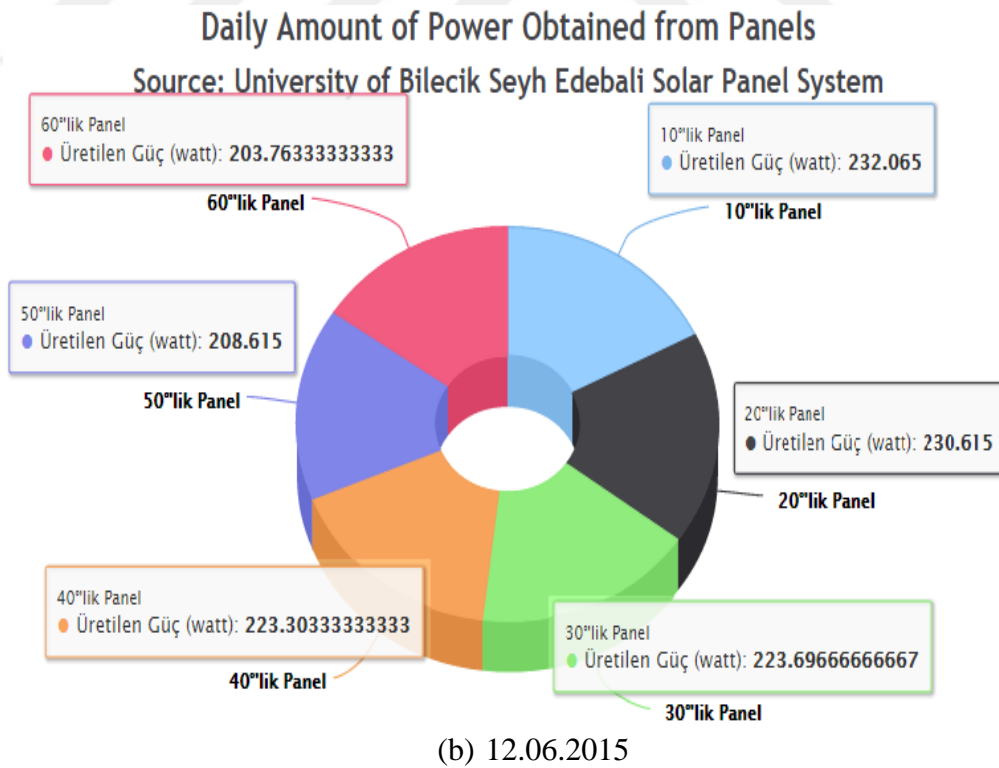
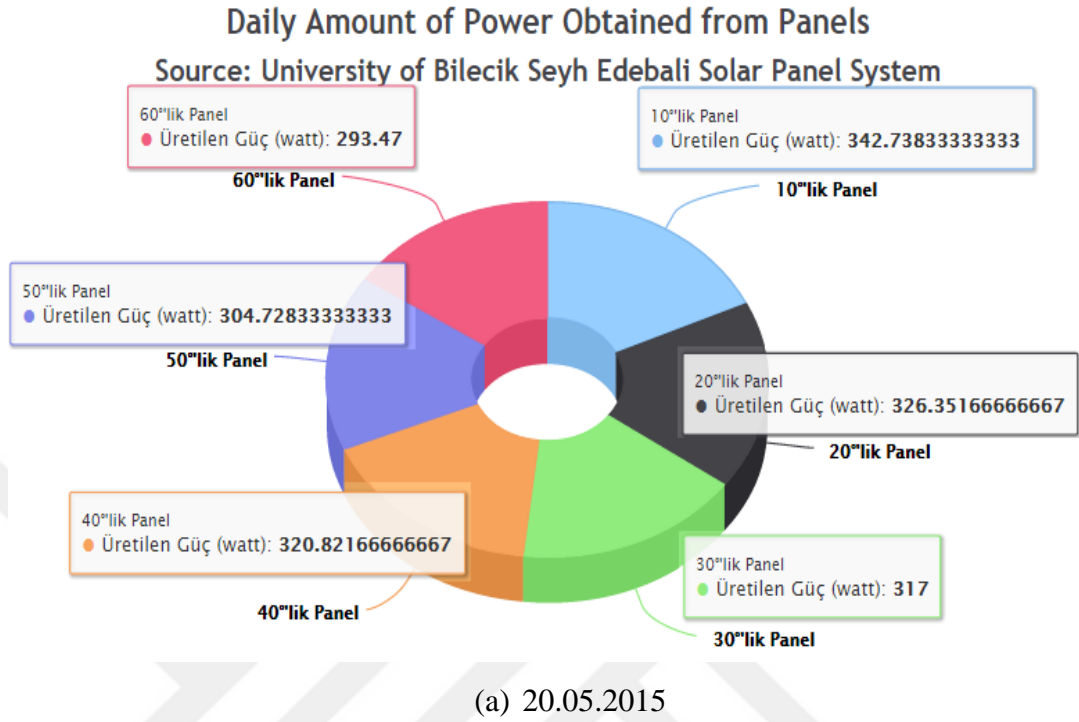
Kaydedilen veriler analiz edilerek grafikleri oluşturulmuştur. Örnek olması amacıyla mayıs ayı için 20.05.2015, haziran ayı için ise 12.06.2015 tarihleri rastgele

seçilmiştir. Bu tarihlerdeki panellerden alınan günlük ortalama gerilim, akım ve güç değerleri çizgi grafiği ile Şekil 5.3.'te gösterilmiştir.



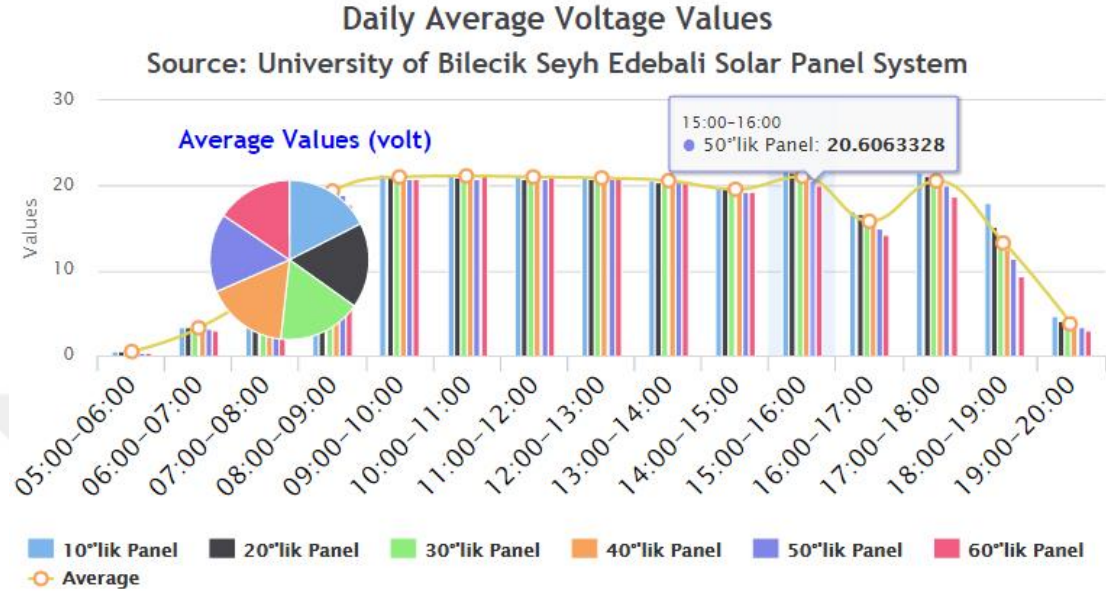
Şekil 5.3. Panellerden alınan günlük ortalama gerilim, akım ve güç değerleri.

Farklı eğim açılarında yerleştirilen her bir panelden alınan günlük toplam güç miktarı pasta grafiği ile Şekil 5.4.'te gösterilmiştir.

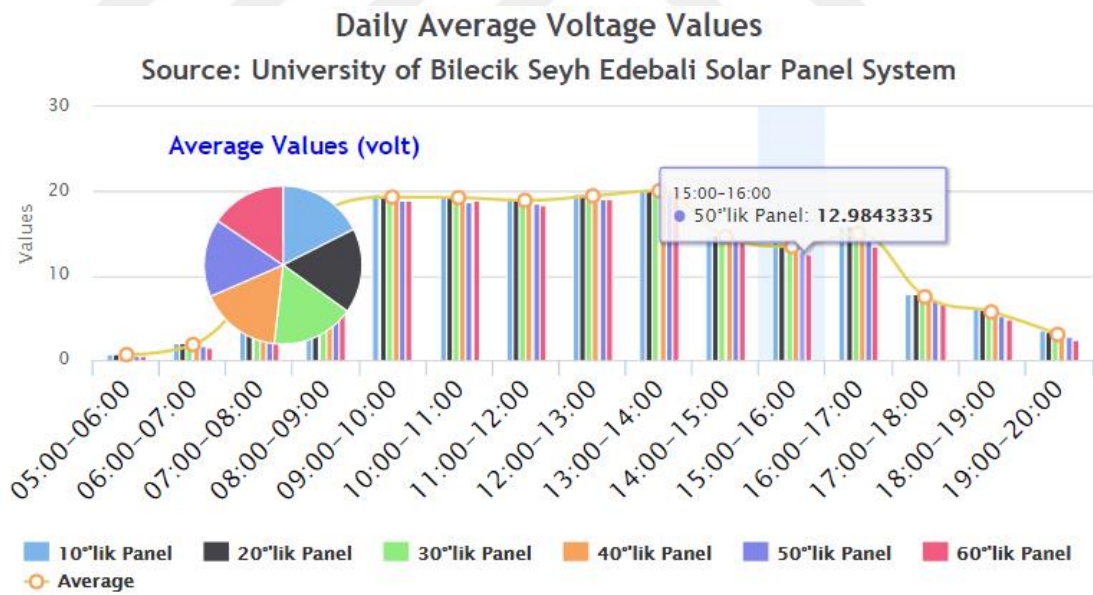


**Şekil 5.4.** Her bir panelin günlük ürettiği toplam güç miktarı.

Farklı eğim açılarında yerleştirilen her bir panelden alınan günlük gerilim ve akım değerleri sütun grafiği ile Şekil 5.5. ve Şekil 5.6.'da gösterilmiştir.

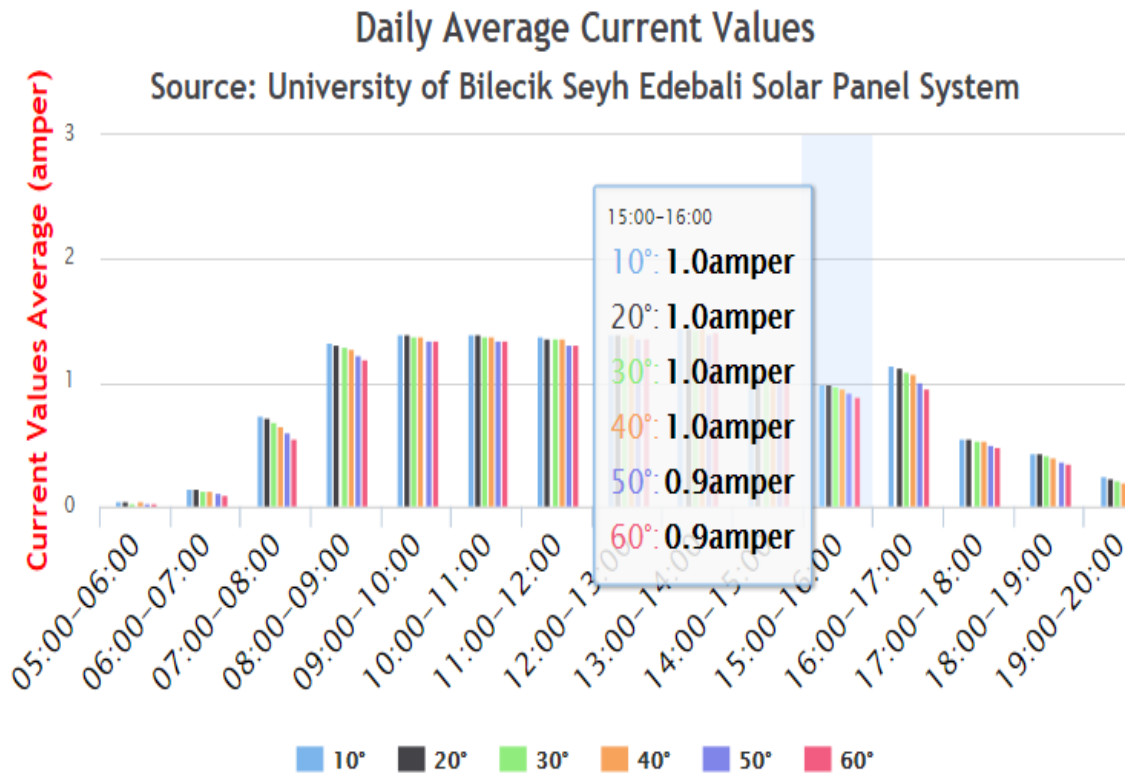
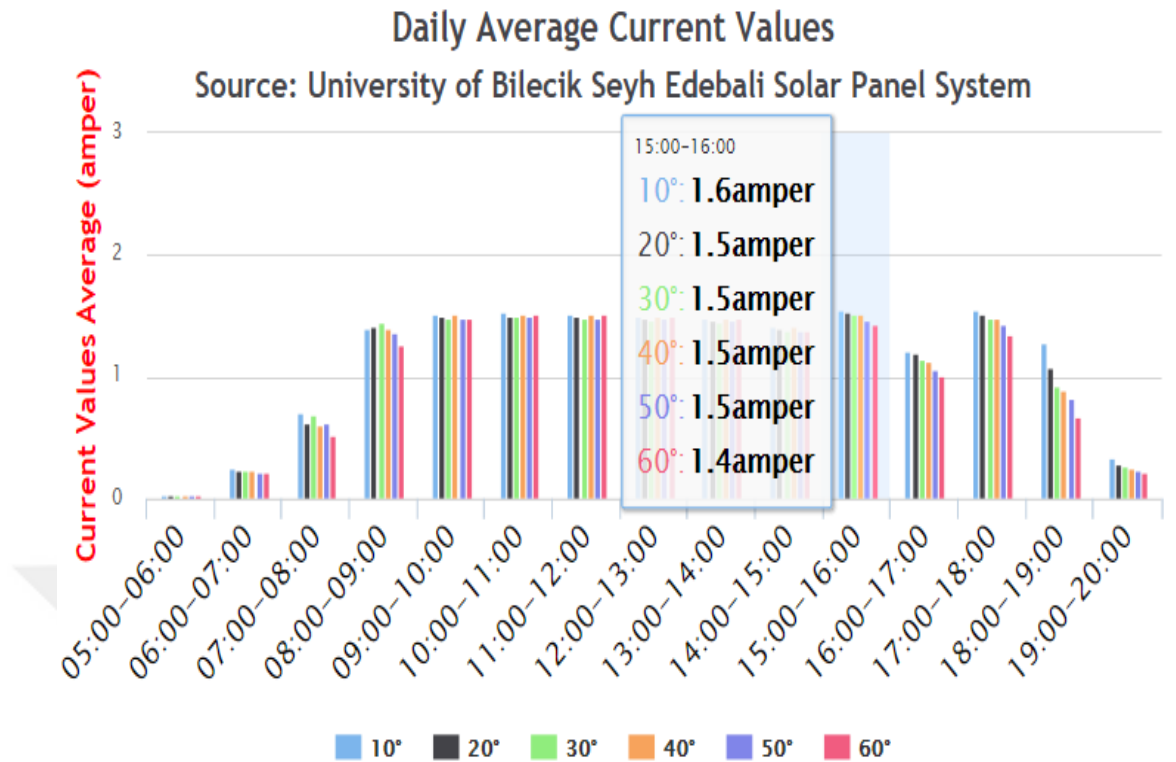


(a) 20.05.2015



(b) 12.06.2015

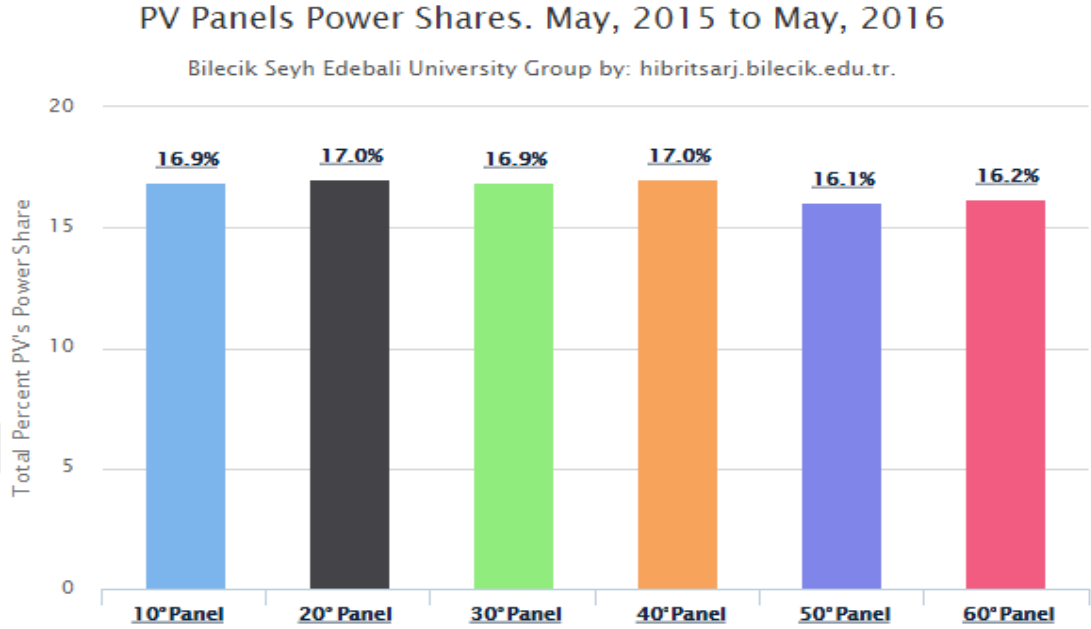
Şekil 5.5 Her panelin ürettiği günlük gerilim değerleri.



Şekil 5.6. Her panelin ürettiği günlük akım değerleri.



Yıllık ortalama güç değerlerinin yüzdelik ifadesi Şekil 5.7.'de çubuk grafiğiyle gösterilmektedir.



Şekil 5.7. FV panellerin yıllık ortalama güç değerleri.

Bir yıl boyunca Mayıs 2015 ve Mayıs 2016 tarihleri arasında panellerin toplam güç yüzdeleri Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. FV panellerin toplam güç yüzdeleri.

	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
10°	17.93%	18.01%	18.03%	17.47%	17.20%	17.10%	16.40%	15.89%	13.99%	16.84%	17.42%	17.49%
20°	17.20%	17.52%	17.29%	17.10%	17.04%	17.17%	16.89%	16.79%	16.21%	17.09%	17.25%	17.17%
30°	16.79%	16.95%	16.80%	16.84%	16.60%	16.59%	16.70%	17.09%	17.51%	16.70%	16.65%	16.63%
40°	16.85%	16.76%	16.70%	16.82%	16.95%	16.72%	17.01%	17.78%	18.09%	16.77%	16.74%	16.67%
50°	15.90%	15.67%	15.80%	15.97%	16.09%	16.05%	15.87%	16.59%	16.94%	15.77%	15.98%	16.03%
60°	15.33%	15.08%	15.38%	15.80%	16.11%	16.38%	17.13%	15.86%	17.26%	16.83%	15.96%	16.01%

Her bir panelin yıl boyunca ölçülen yıllık ortalama güç yüzdeleri Çizelge 5.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Yıllık ortalama güç değerleri.

	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Yıllık	16.9%	17.0%	16.9%	17.0%	16.1%	16.2%

Sonuç olarak her bir panelin toplam güç miktarı yüzdelerle ifade edildiğinde, 10° eğim açılı panel, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında diğer panellere kıyasla daha fazla güç üretirken, 60° eğim açılı panel daha az güç üretmiştir. Bu yüzden yaz döneminde en iyi eğim açısı 10° iken, en kötü eğim açısı 60° bulunmaktadır ve bu iki eğim açısı arasında %7,25'lik güç farkı ortaya çıkmaktadır.

Sonbahar dönemi olan Eylül, Ekim, ve Kasım ayları incelendiğinde ise 20° diğer eğim açılara göre daha fazla güç üretirken 50° eğim açılı panel daha az güç üretmektedir. Bundan dolayı sonbahar döneminde en iyi açı olan 20° ile en kötü açı olan 50° arasında %3,09'luk güç farkı ortaya çıkmaktadır.

Kış dönemi olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarını incelediğimizde 40° eğim açısı diğer açılara göre daha fazla güç üretirken 10°'lik eğim açılı panel daha az güç üretmektedir. Kış döneminde en iyi açı olan 40° ile en kötü eğim açısı olan 10° arasında %5,92'lik güç farkı ortaya çıkmaktadır. Bahar dönemi olan Mart, Nisan ve Mayıs aylarını incelediğimizde 10° eğim açısı diğer açılara göre daha fazla güç üretirken 60°'lik eğim açılı panel daha az güç üretmektedir. Bahar döneminde en iyi açı olan 10° ile en kötü eğim açısı olan 60° arasında %1,85'lik güç farkı ortaya çıkmaktadır.

Her bir panelden elde edilen yıllık ortalama güç miktarı incelendiğinde, 20° ve 40° eğim açılarındaki panellerin en yüksek güç miktarını ürettiği görülmektedir. Diğer yandan, 50° eğim açılı panelden en düşük güç miktarı üretilmektedir. En iyi ve en kötü eğim açılarındaki güç farkı %0,9'dur. Sonuçlar Bilecik şehri için PV panellerin sabit eğim açısının 20° veya 40° olması gerektiğini göstermektedir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda RPi'nin FV panellerde veri toplama ve canlı izleme sistemleri için uygun maliyetli, esnek kullanışlı ve optimum bir çözüm yöntemi olduğu ortaya çıkmaktadır. RPi kullanılarak elde edilen verilerin web ortamında canlı olarak analiz edildiği sonuçlar, anlık, günlük, aylık ve yıllık olarak kayıt altına alınmıştır.

## 6. SONUÇ

Elde edilen verilere göre Bilecik ilinde yaz mevsimi için  $10^\circ$ , sonbahar mevsimi için  $20^\circ$  ve kış mevsimi için  $40^\circ$ 'lik sabit eğim açılarının daha fazla güç ürettiği görülmektedir. Bilecik ilinde yapılacak yüksek güçlü güneş uygulamaları için yaz mevsiminde optimum sabit eğim açısının en düşük derecedeki eğim açısında yerleştirilmesi, kış mevsiminde ise Bilecik ilinin enlem derecesi ( $\emptyset$ ) olan  $40^\circ$  yerleştirilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmaktadır. Sonbahar mevsiminde ise optimum sabit eğim açısının  $20^\circ$  olması uygun olduğu görülmektedir. Özellikle yüksek güçlü FV uygulamalarda sabit eğim açısının mevsimsel olarak değiştirilmesi ortalama %5 daha fazla güç üretilmesini sağlamaktadır.

Matematiksel olarak yapılan hesaplamalara göre; sonbahar mevsimi için  $48.93^\circ$ , ilkbahar mevsimi için  $31.37^\circ$ , yaz mevsimi için  $20.86^\circ$  ve kış mevsimi için  $59.11^\circ$  optimum eğim açıları hesaplanmıştır. Yıllık eğim açısı ise  $39.98^\circ$  bulunmuştur. Yıllık eğim açısı Bilecik ilinin enlem açısına yaklaşık olarak eşittir. Güneş açılarına bağlı olarak aylık hesaplanan eğim açılarına göre mevsimsel eğim açıları incelendiğinde sonbahar ve ilkbahar mevsimleri için eğim açısı yaklaşık olarak  $\beta=\emptyset\pm 10^\circ$  iken kış ve yaz mevsimleri için eğim açısı yaklaşık olarak  $\beta=\emptyset\pm 20^\circ$  olmaktadır (Karafil, vd., 2015).

Güneş açılarına bağlı olarak mevsimsel olarak hesaplanan eğim açıları ile deneysel sonuçlar arasında ortalama belirli bir miktarda eğim açısı farkı ortaya çıkmaktadır. Bu farkın nedeni bulutluluk, sıcaklık, toz ve kir gibi çevresel faktörlerdir. Eğim açısının belirlenmesinde toz, kir vb. çevresel faktörlerin de etkisi söz konusudur.

Veri toplama ve canlı izleme sistemlerinde RPi'nin maliyetinin düşük, boyutlarının küçük, farklı işletim sistemlerle entegrasyonun kolaylığı, GPIO ve haberleşme protokollerine sahip olması ve her türlü hava şartlarına uygun yapıda olmasından dolayı yenilebilir enerji kaynaklarının elektriksel büyüklüklerinin ölçümlerinde kullanılması uygundur. Bu çalışma, bu bölgede yapılacak yüksek güçlü güneş enerjisi uygulamaları ile ilgili çalışmalara örnek teşkil etmektedir.



### **Yapılan makale ve bildiriler**

“Farklı eğim açılarındaki FV panellerin elektriksel ölçümlerinin Raspberry Pi ile izlenmesi” adlı makale çalışması Düzce Üniversitesi’nin düzenlemiş olduğu Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu’na (UMAS’15) gönderilmiş ve hakem değerlendirmeleri sonucunda sözlü sunum olarak kabul edilmiştir. Yapılan bu Çalışma Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü dergisi olan Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi’ne seçilmiştir. Yayın basılmıştır.

“The monthly determination of photovoltaic panels optimum fixed tilt angle for Bilecik city, Turkey” adlı makale çalışması İstanbul’da düzenlenmiş olan ENTECH '15 / III.

International Energy Technologies Conference gönderilmiş ve hakem değerlendirmeleri sonucunda sözlü sunum olarak kabul edilip elektronik ortamda basılmıştır.

“Calculation of optimum fixed tilt angle of PV panels depending on solar angles and comparison of the results with experimental study conducted in summer in Bilecik, Turkey” adlı makale çalışması Bursa’da düzenlenmiş olan ELECO 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering gönderilmiş ve hakem değerlendirmeleri sonucunda poster sunumu olarak kabul edilip IEEE’de taranmaktadır.

“The monitoring of monthly, seasonal and yearly optimum tilt angles by Raspberry Pi card for Bilecik city, Turkey” adlı makale çalışması 12-14 Ekim 2016 tarihleri arasında Letonya’da Riga Teknik Üniversitesi Enerji Sistemleri ve Çevre Enstitüsü’nün düzenleyeceği The International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies – CONECT 2016 gönderilmiş hakem değerlendirmeleri sonucunda sözlü sunum olarak kabul edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abid, H., Lamine, H., “Remote control of a domestic equipment from an Android application based on Raspberry pi card”, *Department Technology Informatics of ISET of Sfax*, High Institute of technology's studies of sfax, Tunisia (2014)
- Ali, A. N. A., Saied, M. H., Mostafa, M. Z., and Abdel-Moneim, T. M., “A survey of maximum PPT techniques of PV systems” In *Energytech, 2012 IEEE*, Egypt, 1-17 (2012).
- Akmalı Özçiftçi, S., “Ekolojik binalarda enerjinin etkin kullanılmasının irdelenmesi”, (Yüksek Lisans), *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2010).
- Asowata, O., Swart, J., and Pienaar, C., “Optimum tilt and orientation angles for photovoltaic panels in the Vaal triangle”, *In Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, Asia-Pacific,1-5 (2012).
- Aydın, M., Süzer, M. H. and Yeşilata, B., “Fotovoltaik Sistemlerde Anlık Çalışma Koşullarının Ölçümü İçin Özgün Bir Veri (DAQ) Kartı Tasarımı”, *3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin-Türkiye, (2005)..
- Bakirci, K., “General models for optimum tilt angles of solar panels: Turkey case study”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8): 6149-6159 (2012).
- Bayraç, H. Naci. "Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma." *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 10.1 (2009).
- Batman, M.Alp, “Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Artırıcı Yeni Bir Yöntem”, (Doktora), *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2001).
- Benghanem, M., “Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia”, *Applied Energy*, 88(4): 1427-1433 (2011).
- Benner, J. P. and Kazmerski, L., “Photovoltaics Gaining greater visibility”, *IEEE Spectrum*, 36(9): 34-42 (1999).
- Bouabdallah, A., Bourguet, S., Olivier, J. C. and Machmoum, M., “Photovoltaic energy for the fixed and tracking system based on the modeling of solar radiation”, *IECON 2013-39th IEEE Conference*, Vienna, 1821-1826 (2013).
- Chang, Y. P., “Optimal the tilt angles for photovoltaic modules in Taiwan”, *Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 32(9): 956-964 (2010).
- De Brito, M. A. G., Galotto, L., Sampaio, L. P., de Azevedo e Melo, G. and Canesin, C. A., “Evaluation of the main MPPT techniques for photovoltaic applications”, *Industrial Electronics, IEEE Transactions*, 60(3): 1156-1167 (2013).
- Demirtaş, M., “Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması”, *Politeknik Dergisi*, 9(4): 247-253 (2006).

### KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Demirtaş, S., "Avrupa Birliği Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Bunlardan Biyokütlenin Önemi.", **Orman Genel Müdürlüğü 46. Dönem AB Temel Eğitim Kursu**, Ankara, (2010).
- Ertürk, N., “Simulation und experimentelle Untersuchungen von Stationären und nachgeführten Photovoltaiksystemen” , PhD Thesis, **Berlin Technical University**, ISBN:3-89574-268-6 (1997).
- Etemoğlu, A.B. ve İşman, M.K., “Enerji Kullanımının Teknik ve Ekonomik Analizi”, **Mühendis ve Makine**, (529): 1-7 (2004).
- George, A. ve Anto, R., “Analytical and Experimental Analysis of Optimal Tilt Angle of Solar Photovoltaic Systems”, **ICGT IEEE Conference**, India, 234-239 (2012).
- Ibrahim, M., Elgamri, A., Babiker, S., Mohamed, A., “Internet of Things based Smart Environmental Monitoring using the Raspberry-Pi Computer”, **Department of Electrical & Electronic Engineering**, University of Khartoum, Khartoum, (2015).
- Kacira, M., Simsek, M., Babur, Y. and Demirkol, S., “Determining optimum tilt angles and orientations of photovoltaic panels in Sanliurfa”, **Renewable energy**, Sanliurfa, 29(8): 1265-1275 (2004).
- Kaldellis, J. and Zafirakis, D., “Experimental investigation of the optimum photovoltaic panels’ tilt angle during the summer period”, **Energy**, 38(1): 305-314 (2012).
- Karamanav, M., “Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya (2007).
- Karafil A., Ozbay H., Kesler M., Parmaksiz H., “Calculation of optimum fixed tilt angle of PV panels depending on solar angles and comparison of the results with experimental study conducted in summer in Bilecik, Turkey ”, **9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)**, Bursa, 971-976 (2015).
- Kavadias, K. A., Gitersos, C., Zafirakis, D. and Kaldellis, J. K., “Optimum photovoltaic angle estimation for stand-alone installations of South Europe on the basis of experimental measurements”, **Int. Clean Electrical Power (ICCEP)**, Ischia, 111-115 (2011).
- Kaya, D., “Renewable energy policies in Turkey”, **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, 152-163, (2006)
- Kesler, S., Kivrak, S., Dincer, F., Rustemli, S., Karaaslan, M., Unal, E. and Erdiven, U., “The analysis of PV power potential and system installation in Manavgat, Turkey—A case study in winter season”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 31: 671-680 (2014).
- Kester, W., “Analog-Digital Conversion”, **Analog Devices**, Inc., United States of America (2005).

### KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Khorasanizadeh, H., Mohammadi, K. ve Mostafaeipour, A., "Establishing a diffuse solar radiation model for determining the optimum tilt angle of solar surfaces in Tabass, Iran", *Energy Conversion and Management*, 78, 805-814 (2014).
- Kurokawa, K., "Realistic Values Of Various Parameters For PV System Design", *Renewable Energy*, 15(1): 157-164 (1998).
- Külekçi, Ö., C., "Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi.", *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 1.2*, (2009).
- Lahjouji, D. ve Darhmaoui, H., "Tilt Angle Optimization for Maximum Solar Energy Collection – Case Study for Ifrane, Morocco", *IRSEC IEEE Conference*, 96-101 (2013).
- Li, J., Li, L., "Comparative Research on Python Speed Optimization Strategies", School of Electronic Engineering, *Guilin University of Electronic and Technology*, Guangxi (2009).
- Maatallah, T., El Alimi, S. ve Nassrallah, S. B., "Performance modeling and investigation of fixed, single and dual-axis tracking photovoltaic panel in Monastir city", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Tunisia, 15(8): 4053-4066 (2011).
- Markvart, T., "Solar electricity", *John Wiley & Sons Inc.*, ISBN:0-471-94161-1 New York (1994).
- Memduhoğlu, A., "Rüzgar Türbini Kurulacak Alanların Cbs-Çok Ölçütlü Karar Analizi Kullanılarak Belirlenmesi: DavutPaşa Kampüsü.", *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul, (2013).
- Ozbay H., Karafil A., Onal Y., Kesler M., Parmaksız H., "The monitoring of monthly, seasonal and yearly optimum tilt angles by Raspberry Pi card for Bilecik city, Turkey", *International Scientific Conference (CONNECT)* (2016).
- Önal, E., Rahmiye Z., Y., "Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği.", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 77-96, (2010).
- Özdamar,A., "Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Sayı:B.30.2.PAU.0.45.00.00./600-2000-58: (2000).
- Parmaksız, H., Karafil, A., Özbay, H. Ve Kesler, M., "Farklı Eğim Açılarındaki Fotovoltaik Panellerin Elektriksel Ölçümlerinin Raspberry Pi ile İzlenmesi", *UMAS*, Cilt:4 (Sayı:2): (2015 ).
- Parmaksız, H., Onal Y., Kesler M., Ozbay H., Karafil A., "Optimum Tilt Angles Monitoring System Based on Raspberry Pi Card For PV Panels ", *ECRES* (2016).
- Priyanka, Mirza Karishma, et al. "Real-time monitoring of Solar Battery Charging Station." *Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC), 2016 International Conference on. IEEE*, (2016).

### KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Rouholamini, A., Pourgharibshahi, H., Fadaeinedjad, R., Moschopoulos, G., "Optimal tilt angle determination of photovoltaic panels and comparing of their mathematical model predictions to experimental data in Kerman", *In Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, Canada, 1-4 (2013).
- Sarıkayalar, O., "Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerjisinin Türkiye Potansiyeli", (Yüksek Lisans), *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1998).
- Jain, S., Anant V., Lovely G., "Raspberry Pi based interactive home automation system through E-mail." *Optimization, Reliability, and Information Technology (ICROIT), 2014 International Conference on. IEEE*, (2014).
- Sencer, A., "Alternatif Enerji Kaynakları", Ders Notları, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2001).
- Sudhir, G., N., "Wireless sensor network system using Raspberry Pi and zigbee for environmental monitoring applications", *Electron. Dept., Walchand Coll. of Eng., Sangli*, (2015).
- Sudhir G., N., Agashe, A., A., "Wireless sensor network communication terminal based on embedded Linux and Xbee", *Walchand College of Engineering, Electronics Department, Sangli*, Maharashtra, (2014).
- Şenpinar, A., and Cebeci, M., "Evaluation of power output for fixed and two-axis tracking PVarrays", *Applied Energy*, 92: 677-685 (2012).
- Umut, İ., "Yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan yöntemler ve örnek uygulamalar.", (Yüksek Lisans), *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2008).
- Uslusoy, S. "Yenilenebilir enerji kaynakları kullanan enerji etkin binaların yapı bileşeni açısından irdelenmesi", (Yüksek Lisans ), *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2012).
- Uzunok, S., "Fotovoltaik Modüllerin Elektrik Enerjisi Üretiminde Güneş Takip Sisteminin Etkisinin İncelenmesi", (Yüksek Lisans), *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antakya (2007).
- Wilson, R. ve Jones, W.J., "Energy, ecology, and the environment", *Academic Press*, New York, (1974).
- Yılmaz, S., "Kıyı Ege ve İzmir İlindeki Jeotermal Kaynakların Değerlendirilmesi", *1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu*, Sayfa: 371-379, İzmir, (2001).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hüseyin PARMAKSIZ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Bilecik, 12.07.1990



### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği (2014)  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Lehçe  
Bilimsel Faaliyetleri :

### İş Deneyimi

Stajlar : Türk Telekom İl Müdürlüğü (BİLECİK) (1. Staj)  
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilgi İşlem Daire  
Başkanlığı (BİLECİK) (2. Staj)  
Projeler : MySQL destekli PHP tabanlı farklı ağ sistemleriyle  
entegre edilmiş IPAY (IP Adres Yönetim Sistemi) sisteminin geliştirilmesi.  
PXE destekli açık kaynaklı merkezi laboratuvar  
sisteminin kurulumu ve performans analizi.  
NetDİSCO, Cacti, Zenoss, Php Server Monitor,  
Observium, ELK Stack, Kolab, Horde sistemlerinin yönetimi ve modül entegrasyonu.  
Postfix, dovecot, spamassassin, clamav ve Roundcube  
entegrasyonlu açık kaynak mail server yapılandırması ile Open Source iRedMail mail  
server entegrasyonu.

Çalıştığı Kurumlar : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilgi İşlem Daire  
Başkanlığı Ağ ve Sistem Şube Müdürlüğü – Sistem Yöneticisi (2014-2016)  
Kastamonu Üniversitesi İnebolu Meslek Yüksek  
Okulu Bilgisayar Teknolojileri Bölümü Bilgisayar Programcılığı Programı – Öğretim  
Görevlisi (2016-Halen)

## İletişim

Adres : Hürriyet Mah. Atılğan Sok. Hüner Sitesi D-Blok Kat:3  
Daire:6 Merkez/ BİLECİK

Tel : 0 544 725 61 59

E-Posta Adresi : hparmaksiz@kastamonu.edu.tr

## Akademik Çalışmaları

- **Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu – Düzce Üniversitesi**

Farklı Eğim Açılarındaki Fotovoltaik Panellerin Elektriksel Ölçümlerinin Raspberry Pi ile İzlenmesi ve Kontrolü.

- **Electrical and Electronics Engineering (ELECO) 2015 9th International Conference – Bursa**

Calculation of optimum fixed tilt angle of PV panels depending on solar angles and comparison of the resulted with experimental study conducted in summer in Bilecik, Turkey.

- **Entech 15 III. Energy Technologies Conference – İstanbul**

The Monthly Determination of Photovoltaic Panels Optimum Fixed Tilt Angle for Bilecik City.

- **The International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies (CONNECT) 2016 – Riga**

The monitoring of monthly, seasonal and yearly optimum tilt angles by Raspberry Pi card for Bilecik city, Turkey

## Yabancı Dil Bilgisi

Yabancı Dil Sınavı (YDS) : 46.25

**Tarih:...../...../.....**