



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORDU İLİNDE FOTOVOLTAİK SİSTEMİN ZAMANA
BAĞLI VERİM DEĞİŞİMİ VE SU POMPALAMA
KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

MUŞTAK DOĞUKAN YİNANÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

ORDU 2022

TEZ ONAY

Muştak Doğukan YİNANÇ tarafından hazırlanan “**ORDU İLİNDE FOTOVOLTAİK SİSTEMİN ZAMANA BAğLI VERİM DEğİŞİMİ VE SU POMPALAMA KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.05.2022 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danıőman
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ

Jüri Üyeleri

İmza

Üye-Danıőman

Prof. Dr. Tahsin TONKAZ

Biyosistem Mühendisliği, Ordu Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Ramazan MERAL

Biyosistem Mühendisliği, Bilecik Őeyh Edebalı
Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Mehmet Sami Güler

Makina ve Metal Teknolojileri Bölümü, Ordu
Üniversitesi

.....

... / ... / 20... tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ... / ... / 20... tarih ve / sayılı kararı ile onaylanmıőtir.

Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

MUŞTAK DOĞUKAN YİNANÇ

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

ÖZET

ORDU İLİNDE FOTOVOLTAİK SİSTEMİN ZAMANA BAĞLI VERİM DEĞİŞİMİ VE SU POMPALAMA KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

MUŞTAK DOĞUKAN YINANÇ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 53 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. TAHSİN TONKAZ)

Bu araştırmada, Ordu İlinde 2018-2019 yılında yapılan 2 farklı çalışmada kurulan sistemlerin parçalarını kullanılarak oluşturulacak 5kW fotovoltaik sistemden, 25 Mart ve 10 Nisan tarihleri arasında 16 gün boyunca elde edilecek bilgilerle; o çalışmalardan sahip olunan bilgilerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sayede fotovoltaik panellerdeki ve solar jel akülerdeki 2018-2022 yılları arasında oluşan verim kayıpları incelenerek, sistem verimindeki değişim ve çalıştırılabilme kapasitesi araştırılmıştır.

Ayrıca Ordu İlinde güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi ile pompaların çalıştırılması için gerekli enerjinin sağlanması durumunda; yağmur mevsimi sonrası yani kış bitiminden itibaren fosil yakıt kaynaklı çevresel ve maliyet sorunlarının önüne geçilerek, çok yüksek oranda güneş enerjisinden kullanılarak sulama yapılabileceği ve özellikle kırsalda elektrik hatlarına olan uzaklık nedeniyle yaşanan sorunların büyük oranda çözülebileceği görülmüştür.

Fotovoltaik sistemi oluşturan bileşenlerin performansı, akım ve güç değerleri istenilen tarihler arasında her dakika kayıt altına alınmış ve incelenmiştir. Kayıtlardan alınan sonuçlara göre, 2,2kW'lık su pompalama sisteminin direkt olarak enerjisini fotovoltaik panellerden karşılayabildiği gibi; güneş ışınlarının yeterli olmadığı durumlarda bataryaları kullanarak çalıştırılabilmektedir. Sadece bataryadan enerji karşılandığı durumda sistem maksimum 21 dakika çalışmaya devam etmiş ve kapanmıştır.

Çalışmada PV gerilim, akım ve güç değerleri ile batarya kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Geçen zaman zarfında panellerdeki verimdeki düşüş göz ardı edilebilir düzeyde olmasına rağmen, bataryalarda 4 yıllık süre sonundaki verimin %95'e varan oranda kaybolduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Su Pompası, Sulama, Fotovoltaik Sistem, Fotovoltaik Panel, Solar Jel Akü, Verim Kaybı

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM ON TIME-DEPENDENT EFFICIENCY CHANGE AND WATER PUMPING CAPACITY IN ORDU

MUŞTAK DOĞUKAN YİNANÇ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 53 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. TAHSİN TONKAZ)

In this research, with the information to be obtained from the 5kW photovoltaic system, which will be created by using the parts of the systems installed in 2 different studies conducted in 2018-2019 in Ordu Province, for 16 days between 25 March and 10 April; The information obtained from those studies was compared. In this way, the efficiency losses in photovoltaic panels and solar gel batteries between 2018-2022 were examined, and the change in system efficiency and operating capacity were investigated.

In addition, in case of providing the necessary energy to operate the pumps with the electrical energy produced from solar energy in Ordu Province; It has been seen that after the rainy season, that is, after the end of winter, environmental and cost problems caused by fossil fuels can be avoided, irrigation can be done by using solar energy at a very high rate, and the problems experienced due to the distance from the electricity lines, especially in rural areas, can be solved to a large extent.

The performance, current and power values of the components that make up the photovoltaic system were recorded and examined every minute between the desired dates. According to the results obtained from the records, the 2,2kW water pumping system can meet its energy directly from photovoltaic panels; In cases where the sun's rays are not sufficient, it can be operated using batteries. In the case where only the energy is supplied from the battery, the system continued to operate for a maximum of 21 minutes and turned off.

In the study, PV voltage, current and power values and battery capacity values were measured. Although the decrease in the efficiency of the panels was negligible over the course of time, it was determined that the efficiency of the batteries was lost up to 95% after 4 years.

Keywords: Solar Energy, Water Pump, Irrigation, Photovoltaic System, Photovoltaic Panel, Solar Gel Battery, Loss of Efficiency

TEŐEKKÖR

Tez konumun belirlenmesi, çalıőmanın yűrűtűlmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Tahsin TONKAZ'a ve yűksek lisans eęitimim boyunca bana çok őey katan deęerli hocalarıma ve mesai arkadaőlarım Sayın Akın Tűrkmez, Sayın İlker YILMAZ, Sayın Habip AYDIN ve Sayın Ergűn PEKDEMİR'e teőekkűr ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an űzerimde hissettięim annem ve kardeőlerime teőekkűrű bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1 Yenilenebilir Enerji.....	6
2.2 Yenilenebilir Enerjinin Önemi.....	7
2.3 Güneş Enerjisi.....	7
2.4 Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi ve Kullanımı.....	7
2.5 Güneş Enerjisinin Önemi.....	8
2.6 Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	9
2.7 Ordu İli Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM	18
3.1 Fotovoltaik Sistem.....	18
3.1.1 Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Sistemler.....	19
3.1.2 Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemler.....	19
3.2 Fotovoltaik Sistem Elemanları.....	20
3.2.1 Fotovoltaik Paneller.....	20
3.2.1.1 Sistemde Kullanılacak PV Panelin Seçimi.....	22
3.2.2 İnverter.....	22
3.2.2.1 Sistemde Kullanılacak İnverter Seçimi.....	22
3.2.3 Şarj Kontrol Ünitesi.....	23
3.2.4 Akümülatör (Akü).....	23
3.2.4.1 Sistemde Kullanılacak Batarya Seçimi.....	24
3.3 Kurulan Fotovoltaik Sisteminin Tasarımı.....	24
3.4 PV Sistem Kontrol ve Kayıt Programı.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	32
4.1 Karşılaştırması Yapılacak Önceki Çalışma.....	32
4.2 Çalışmamızdan Elde Edilen Bulgular.....	34
4.3 Sistem Hata Bulguları.....	45
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	46
6. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Fotovoltaik Sistem	9
Şekil 2.2 Yoğunlaştırıcı Sistem.....	10
Şekil 2.3 Dünya Güneş Enerjisi Kapasite Değişimi (2010-2020)	11
Şekil 2.4 Türkiye Haritası Güneş Enerjisi Potansiyeli Görünümü (kWh-Yıl)	13
Şekil 2.5 Türkiye'nin Aylık Radyasyon Işınım Değerleri (kWh/m ² -Gün).....	14
Şekil 2.6 Türkiye'nin Kayıtlı Kurulu Güneş Enerjisi Gücü (MW)	14
Şekil 2.7 Türkiye'nin Toplam Enerji Üretiminde Güneş Enerjisinin Payı.....	15
Şekil 2.8 Ordu İli Toplam Güneş Radyasyonu Görünümü.....	16
Şekil 2.9 Ordu İli Aylara Göre Radyasyon Değerleri (KWh/m ² -gün).....	16
Şekil 2.10 Ordu İli Aylara Göre Güneşlenme Süreleri (Saat)	17
Şekil 2.11 Ordu İli PV Tip-Alan Üretilabilir Enerji (kWh-Yıl)	17
Şekil 3.1 PV Sistem	18
Şekil 3.2 Şebekeden Bağımsız Sistem Tasarımı.....	19
Şekil 3.3 Şebeke Bağlantılı Sistem Tasarımı	20
Şekil 3.4 Fotovoltaik Panel	21
Şekil 3.5 PV Panel Kesiti.....	21
Şekil 3.6 PV Sistem Şeması.....	25
Şekil 3.7 Panel Görünümü	25
Şekil 3.8 Akü Grubu Görünümü.....	26
Şekil 3.9 İnverter Görünümü	27
Şekil 3.10 Kontrol Panosu Görünümü	28
Şekil 3.11 Motopomp Görünümü	29
Şekil 3.12 Su Depoları Görünümü.....	29
Şekil 3.13 WatchPower Programı.....	30
Şekil 3.14 WatchPower Programı ile Mod Değişimi	31
Şekil 3.15 WatchPower Programı Veri Kaydı Pdf Kesiti (02.04.2022).....	31
Şekil 4.1 Panel Gerilimi (02.04.2022)	34
Şekil 4.2 Panel Akım Değeri (02.04.2022).....	35
Şekil 4.3 Panel Güç Değeri (02.04.2022)	35
Şekil 4.4 Akü Kapasitesi (02.04.2022)	36
Şekil 4.5 Ordu Güneş Işınım Değeri (02.04.2022)	36
Şekil 4.6 Panel Gerilimi (04.04.2022)	37
Şekil 4.7 Panel Akım Değeri (04.04.2022).....	38
Şekil 4.8 Panel Güç Değeri (04.04.2022)	38
Şekil 4.9 Akü Kapasitesi (04.04.2022)	39
Şekil 4.10 Ordu Güneş Işınım Değeri (04.04.2022)	39
Şekil 4.11 Panel Gerilimi (05.04.2022)	40
Şekil 4.12 Panel Akım Değeri (05.04.2022).....	41
Şekil 4.13 Panel Güç Değeri (05.04.2022)	41
Şekil 4.14 Akü Kapasitesi Değeri (05.04.2022)	42
Şekil 4.15 Ordu Güneş Işınım Değeri (05.04.2022)	42
Şekil 4.16 Pompa Çalışması Akü Kapasitesi Değişimi (04.04.2022).....	44
Şekil 4.17 Pompa Çalışması Akü Kapasitesi Değişimi (07.04.2022).....	44
Şekil 4.18 Pompa Çalışması Akü Kapasitesi Değişimi (09.04.2022).....	45

Şekil 4.19 Sistem Hata-Uyarı Görseli.....	45
--	----

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Ülkelere Göre Güneş Enerjisi Kurulu Güç Listesi	11
Çizelge 2.2 Türkiye Güneş Enerjisi Santralleri Profili	12
Çizelge 2.3 Türkiye Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli	12
Çizelge 2.4 Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli	13
Çizelge 3.1 PV Panel Teknik Özellikleri	22
Çizelge 3.2 İnverter Teknik Özellikleri	23
Çizelge 3.3 Akü Teknik Özellikleri	24
Çizelge 4.1 PV Sistem 1. Gün Verileri	32
Çizelge 4.2 PV Sistem 2. Gün Verileri	33
Çizelge 4.3 PV Sistem 3. Gün Verileri	33

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

AC	: Alternatif Akım
Ah	: Amper Saat
cm²	: Santimetrekare
DC	: Doğru Akım
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GW	: Gigawatt
h	: Saat
Http	: Hiper Metin Transferi Protokolü
Hz	: Hertz
I	: Akım
Im	: Maksimum Güç Akımı
lt	Litre
kcal	: Kilokalori
kVA	: Kilowatt Amper
kW	: Kilowatt
m	: Metre
m²	: Metrekare
MW	: Megawatt
P	: Güç
P_{inv}	: İnverter Gücü
PV	: Fotovoltaik
P_{yük}	: Yükün Toplam Gücü
V	: Volt
VAC	: Voltaj Alternatif Akım
VDC	: Voltaj Doğru Akım
V_m	: Maximum Güç Voltajı
V_{oc}	: Açık Devre Voltajı
W	: Watt
W_p	: Maximum Güç
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Enerji direkt olarak gözle takip edilemeyen ama konumu ile hesaplanabilen fiziksel sistemin geniş ve korunan bir özelliğidir. Birçok şekli alabilmesinden ötürü enerjinin detaylı tanımının yapılması zordur ancak en genel ifadeyle: Enerji, bir sistemin iş yapmabilme kapasitesidir.

İş yapabilme yeteneği yani enerji, olmadan sistemler çalıştırılmaz. Yani bir yerde sistem varsa enerji de olmak zorundadır. Bu da ülkelerin gelişmişliği yani kullandıkları sistemler ve miktarları ile doğru orantılı olarak enerji ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır. Bir ülkenin enerjisi düşük maliyetle üretebilmesi ve bu üretim sırasında çevreye verilen zararın düşük olması onların hem yaşam kalitesinin hem de refahının artmasını sağlar. Bu sebeple ülkelerin enerji teminlerinde temiz, güvenilir, düşük maliyetli ve öngörülebilir kaynakları kullanmaları gereklilikten çok hayati öneme sahiptir. İşte bu enerji görece ucuz ama kesinlikle çevreye zararı fosil yakıtlara göre yok denecek kadar az olan kaynaklar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır diyebiliriz.

Yenilenebilir Enerji, doğal döngü içerisinde kendini yenileme hızı tüketim hızından daha yüksek olan ve enerji akışından elde edilen enerjidir. Günümüzde dünya genelinde üretilen enerjinin çoğunluğu fosil kaynaklı yakıtlardan elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmada en önemli rolü üstlenmektedir.

Tüm canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Su bitkiye gerekli olan besin maddelerini çözerek, kökler tarafından alınmasını ve emilen besin maddelerinin bitki içerisinde gerekli yerlere taşınmasını da sağlar. Besin maddeleri, bitkinin ihtiyacı olan organlarına veya bitkinin depo görevi yapan bölgelerine su ile taşınır. Su, bitkiyi aşırı ısınmadan ve soğuklardan korur. Bitki kökleri tarafından topraktan alınan suyun bir kısmı farklı fizyolojik bileşimlerin yapımında kullanılır. Kalan su ise bitkilerde transpirasyon yani terleme yoluyla atmosfere verilir. Bitki metabolizmasında kalan ve farklı fizyolojik birleşimlerde kullanılan su miktarı, terleme işlemiyle atmosfere verilen su miktarının yanında önemsenmeyecek kadar az miktardır. Bundan dolayı, bitkilerde sulama işlemi tarımda çok önemli bir girdi olup, bitkilerde verimi artıran en önemli etmenlerden birisidir. İnsanlık tarihi kadar eski bir

geçmişı olan tarımsal sulama işlemleri için, minimum enerji harcanarak su pompalama işlemleri yapılabilmesi için birçok farklı metot geliştirilmiştir.

Türkiye’de tarımsal sulama; elektrik şebekesinin olduğu yerlerde elektrikli su pompaları ile elektrik şebekesinin olmadığı tarımsal sahalarda mazot veya petrol gibi fosil yakıtlar ile çalışan su pompaları kullanılarak yapılmaktadır. Fosil yakıtların kullanıldığı tarımsal sulama sistemlerinde günlük bakım ihtiyacı zorunluluğu bulunmaktadır. Bu sistemlerin yerine güneş enerjisi ile çalışan tarımsal sulama sistemleri kullanılabilir. Fotovoltaik tarımsal sulama sistemleri günlük bakıma ihtiyaç duymazlar ve yeterince güneş olması koşuluyla istenilen herhangi bir yerde kurulabilirler. Fotovoltaik tarımsal sulama sistemlerinin ilk kurulum giderleri yüksek olmasına rağmen, yakıt ve bakım ihtiyaçları olmadığından ve özellikle devamlı sulama ihtiyacının olduğu ürün yetiştiriciliğinin yapıldığı yerlerde kısa zamanda kendisini amorti ederek ekonomik duruma geçerler.

Bu tez çalışmasında sulama amaçlı daha önce kurulumu yapılan 5kW fotovoltaik sistemin parçalarının kullanılarak aynı sistemin kurulması ve 2,2kW’lık aynı pompanın devir daim şeklinde çalıştırılması ile 4 yıllık (2018-2022) geçen zamanda meydana gelmiş olabilecek olası verim değişimlerinin değerlendirilmesi ve kullanılan ekipmanların Ordu İli özelinde kullanım ömürleri hakkında bilgiler elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güneş enerjisi ile sulama ve fotovoltaik sistemler ile ilgili yapılan literatür taramasında tarımsal sulama da yenilenebilir enerji kullanımı ile ilgili olarak çoğunlukla fotovoltaik (PV) uygulamaları ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmalarda ürün verimi ve şebeke ile fosil yakıtla kullanılan pompalara göre ekonomik verimleri incelenmiştir. Verim ve kullanım ömrü ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça azdır. Yapılan literatür çalışması ile son yıllarda yapılan fotovoltaik sistem çalışmaları incelenmiş ve bu çalışmalar tarih sırasına göre verilmiştir.

Yeşilata ve Aktacir (2001), Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması çalışmasında fotovoltaik sistemli su pompalarının dizayn parametreleri araştırılmış ve sistem bileşenlerinin kolaylıkla tespit edilmesine olanak sağlayacak tasarım grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler yardımıyla sistem için gerekli fotovoltaik güneş paneli seçimi pratik olarak yapılabilmektedir.

Fıratoğlu ve Yeşilata (2003), Fotovoltaik Sistemlerin Optimum Dizayn ve Çalışma Koşulları üzerine yaptıkları çalışmada ihtiyaç duyulan gücü en az sayıda PV panel kullanarak elde etmeyi amaçlamışlar ve elde edilen diyagram ve yöntemlerle bunun mümkün olduğunu göstermişlerdir.

Özek (2009), yaptığı çalışmada güneşten elde edilen elektriğin kullanımı araştırılmış ve kullanılabilir yöntemler de incelenerek temiz enerji sağlayan tasarımlar için tavsiyelerde bulunulmuştur. Araştırmada daha çok çevresel zararların giderilmesi ve enerji tasarrufu sağlanması konularına değinilmiş, maliyet analizi ile verimlilik ve fayda karşılaştırılmıştır.

Zeray (2010), araştırmasında yenilenebilir enerji kaynakları ve teknolojileri ile ilgili bilgi vermektedir. Yaptığı çalışmada rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerini daha çok önemsemektedir ancak jeotermal, hidrolik, dalga, gelgit, biyokütle ve hidrojen gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinde değinmiştir. Türkiye'deki yenilenebilir enerji çalışmaları, politikaları, mevcut yasalar, devlet kurumları ve araştırma geliştirme çalışmaları ile ilgili faydalı bilgiler ve öneriler sunmuştur.

Çağlayan ve Ertekin (2011), araştırmalarında fotovoltaik ve doğru akımlı özellikle küçük güç ihtiyacı olan tarımsal sulama konusunu tartışmış, fotovoltaik ve pompalama sistemlerinin kullanım ve tasarım hesaplamalarını çıkartmışlardır.

Fotovoltaik enerji ile uyumlu olan pompalama sistemleri ve verim artışı sağlamak için önerilerde bulunmuşlardır.

Aksoy (2011), güneş ve rüzgar enerjisiyle oluşturulan hibrit bir sistem ile tarımsal sulamaya yönelik çalışma yapılmış, çalışmada çok yönlü bir bakış açısıyla güneş enerjisi sisteminin çalışması ve optimizasyonu, pompa sisteminin performans ve verim değerlerinden, yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomiye sunacağı katkıya kadar birçok konuda önerilerde bulunmuştur.

Kıyga (2013), Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması çalışmasında fotovoltaik kaynak vasıtasıyla çalıştırılan sulama sisteminin tasarım parametrelerini incelemiştir. Çalışma sayesinde yetiştirilecek bitkinin su ihtiyacı, sistemin kurulacağı yerin güneş ışınımı durumu, su kaynağının yüksekliği gibi birçok etken incelenmiş ve maliyet hesabı yapılarak sistemin verimliliği araştırılmıştır.

Yusufoğlu (2013), Güney Doğu Anadolu Bölgesinde güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek amacıyla Batman İli içinde 36 tane panel bulunan 4 modülden oluşan küçük ölçekli güç ihtiyacı olan tüketicilere yönelik fotovoltaik sistem kullanarak doğru akımlı pompalama sistemi denemesi yapılmıştır. Çalışmada maliyetleri en aza indirmeye konusuna yoğunlaşmış ve bölgenin iklim ve güneşlenme özellikleri hakkında bilgiler edinilmiştir.

Atmaca ve ark., (2014) çalışmalarında GAP Bölgesi'ndeki güneş enerjisi potansiyelini incelemek amacıyla, tarımsal sulamada fotovoltaik sistemlerin kullanımını araştırmışlardır. Fotovoltaik sistem ile çalışan dalgıç pompalı sistemin bazı uygulama özelliklerini belirlemişlerdir. Tasarladıkları sistem 36 adet PV panelden oluşmaktadır. PV sistemin elektriksel özellikleri ile verimini ve pompalanan su debileri, hidrolik güç değerleri ve verimlerini incelemişlerdir.

Gençoğlu (2015), Güneş Pili İşe Çalışan Bir Su Pompalama Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi çalışmasında şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız güneş pili uygulamalarının faydaları ve dezavantajları ve farklılıkları konularına değinilmiş. Şebekeye bağlı ve enerji ihtiyacının %50'si veya az fazlası üretim yapılacak bir sistemin kurulmasının daha faydalı olacağı, gerektiğinde şebekeden enerji alınması ve fazla üretilen enerjinin şebekeye satılmasının; aynı zamanda da

görece daha küçük olan bu sistemin yatırım maliyetinin düşük olmasının faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Topuz ve ark., (2017) çalışmasında fotovoltaik ile çalışan sulama sisteminin modellenmesi incelenmiştir. Bilgisayar ortamında yapılan bu modellemede Niğde ili şartlarında yüksek güneş enerjisi potansiyeli araştırılmış ve teorik olarak kurulan pompalama sistemi sayesinde tasarım pratik hale getirilmiştir. Fotovoltaik sulama sisteminin tasarımında dikkat edilmesi gereken parametreler belirlenmiştir.

Çıngı (2019), çalışmasında GES'lerde kullanılan fotovoltaik panellerin verimlerinin belirlenmesi konusunu incelemiştir. Araştırmasında farklı üreticilerin ürettiği fotovoltaik panellerin verimliliklerini analiz edilmiştir. Bu sayede panellerin verimini artıran parametreler çıkartılmış ve verimliliğe olan etki oranları incelenmiştir. Fotovoltaik panelin verim parametrelerinin panel üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Özellikle sıcaklık, diyot sayısı, birim alanın en yüksek verimde kullanımı ve panel markasının önemi konularında sonuçlar elde edilmiştir.

Yılmaz (2019a), fotovoltaik sistem ve damla sulama yöntemiyle sulanan fındıkta sulama uygulamalarının verim ve verim bileşenlerine etkisi çalışmasında 5 kW fotovoltaik sistem kurarak çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda fotovoltaik panel sisteminin bölgede tarımsal sulamada güvenle kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Çalışma yenilenebilir alanından daha çok sulamanın fındık verimi üzerindeki faydalarını ortaya çıkartmıştır.

Yılmaz (2019b), çalışmasında sulama amaçlı kurulan 5kW fotovoltaik sistemin uzaktan denetimi ve veriminin belirlenmesi konusunda Ordu ili şartlarında araştırma yapmıştır. Fotovoltaik sistemde üretilen enerji doğrudan kullanılabilenkte aynı zamanda da bataryalarda depo edilmektedir. PV sistemde 2,2kW'lık pompalama sisteminin enerji ihtiyacı güneş ışınımının yetersiz olduğu durumlarda bataryalardan karşılanabilmektedir. Bizim yapacağımız araştırmanın temelini bu çalışmada kurulmuş sistem ve 3 farklı günde alınmış fotovoltaik panel, batarya ve pompalama sistemi değerleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada ki verim değerleri ile karşılaştırma yapılacaktır.

Atay (2020), çalışmasında Çatı Tipi Güneş Panellerinin Verimini Etkileyen Çevresel Parametrelerini incelemiştir. Bu sorunları panellerin çevresinde bulunan bitki

örtüsünün oluşturduğu gölgelenmeler ve yapıların birbirlerine engel teşkil etmesinden kaynaklanan gölgelenmeler olarak ele almıştır. Değerlendirmesinde sistem verim kayıplarını önlemek ve imar planlarının hazırlanmasında güneşin daha verimli kullanılmasına katkı sağlamayı amaçlamıştır.

2.1 Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji, doğanın içinde bir döngüde devamlı olarak bulunan ve yenilenme hızı tüketim hızından daha fazla olan enerji olarak tanımlanabilir. Dünyada her gücün içinde bir enerji vardır. Depremler, yıldırımlar, kasırgalar ve gel git gibi olaylar akla gelebilecek her türlü doğa olayının içinde enerji vardır. Bu enerjiler farklı şekillerde olabilir ve birbirlerine dönüşebilirler. Kısaca sürdürülebilir enerji, tükenebilen bir kaynağa bağlı olmayan ve devamlı kullanılan enerjidir. Yenilenebilir enerji ise bu tür enerjilerin kaynaklarını ifade etmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı yenilenebilir enerjiyi altı gruba ayırmıştır (Anonim, 2022a).

1. Güneş Enerjisi
2. Rüzgar Enerjisi
3. Biyoenerji
4. Hidrolik Enerji
5. Jeotermal Enerji
6. Deniz Kökenli Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, sürekli yenilenen doğal süreçlerden üretilen enerjidir. Bu enerji tüketilemez ve sürekli yenilenir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Dünya enerji ihtiyacının karşılanmasında payının büyük oranda arttığı, elektrik üretiminde en hızlı büyümeye sahip olduğu ve 2023 yılında enerji talebini % 30 civarında karşılayacağı tahmin edilmektedir. Bu dönemde, yenilenebilir enerjinin, güneş enerjisiyle küresel elektrik üretiminin % 70'inden aşan kısmını karşılayacağı tahmin edilmektedir.

2.2 Yenilenebilir Enerjinin Önemi

Yenilenebilir enerji doğal döngü içinde varolan ve tükenmeyen enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özellikleri, sera gazlarının salımını azaltarak çevrenin korunmasına yardım etmeleri, yerli kaynak oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına fayda sağlamaları ve toplumun genelinden güçlü bir destek almalarıdır. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar (Anonim, 2022b).

2.3 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır (Anonim, 2022c).

2.4 Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi ve Kullanımı

Güneş enerjisinden faydanlanabilmek için yapılan çalışmalar antic çağlara kadar ulaşmaktadır. Güneş enerjisinden alet kullanarak yapılan ilk örneği, MÖ 215'te, Syracuse'yi kuşatan gemilere güneş ışınımını odaklayarak ateş almalarını sağlayan Arşimet yapmıştır. Çok eski zamanlardan beri kullanılan güneş enerjisinin günümüz anlamıyla ilk kullanımı 18. yüzyıla denk gelmektedir. Güneş enerjisinden faydalanma konusunda çalışmalar 17. yüzyılda Galile'nin merceği icat etmesiyle başlamıştır. 1767 yılında ilk güneş kolektörü İsviçreli bilim insanı Horace de Saussure tarafından yapılmıştır. Aynı kolektör daha sonra 1830'larda Sir John Herschel tarafından Güney Afrika seferinde yemekleri pişirmek amacıyla kullanılmıştır. Aynı dönemlerde, İskoç bilim insanı Robert Stirling 27 Eylül 1816'da geliştirdiği bir makine için patent başvurusu yapmıştır. Bu makine sonraları Çanak/Stirling Sistemi olarak adlandırılmış ve güneşin ısı enerjisinden elektrik üretmek için faydalanılan güneş ısı elektrik teknolojisinde kullanılmıştır. 1839 yılında fizikçi Alexandre Edmund Becquerel iki metal plaka arasındaki elektrik akımı şiddetini izleme yoluyla ışık şiddetini ölçebilen bir cihaz geliştirerek fotovoltaik etkiyi keşfetmiştir.

1873 yılında İngiliz bilim insanı Willoughby Smith selenyumun fotoiletken olduğunu bulmuştur. 1884 yılında Amerikalı kâşif Charles Fritts selenyumu çok ince bir altın tabakasıyla kaplayarak dünyanın ilk çalışan güneş pilini tasarlamıştır (Anonim, 2022ç).

Nüfustaki hızlı artış ve paralelinde enerjiye olan ihtiyacın artışı, güneş enerjisinin bulunması ve faydalanılması sürecini hızlandırmıştır. Aynı zamanda doğaya hiçbir zararı olmadan, bu ihtiyaçlarını gidermektedir.

2.5 Güneş Enerjisinin Önemi

Hem Dünyada ve hem de Türkiye’de teknolojik ilerlemeler ve hızlı nüfus artışı devamlı olarak enerji ihtiyacını da artmaktadır. Sürekli artış gösteren bu ihtiyacın karşılanabilmesi için; alternatif enerji kaynakları arayışı, özellikle teknik ilerlemeleri takip etmek ve tüm bu gelişmeleri yönetebilmek kaçınılmaz olmuştur. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtların sebep olduğu çevre sorunları, enerji tedariki için yenilebilir enerjiyi zorunlu kılmıştır.

Sürekli artış gösteren bu enerji talebine karşın mevcut kullanımda olan fosil kaynakların yeterli olmaması nedeniyle alternatif enerji kaynaklarının arayışı tüm Dünyada yarış haline gelmiştir. Fosil yakıt kaynaklı enerjilerin tüketimi sonucunda doğada tamir edilmesi imkansız zararlar ortaya çıkmasını önlemek amacıyla ve dünyada yaşadığımız alanın korunması için yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyacımız vardır. Çevrenin zarar görmesini önlemek, olabilecek zararı en aza indirmek, küresel iklim değişikliği ile baş edebilmek ve doğadaki karbon salınımını en aza indirmek için ‘Yeşil Enerji’ hem ülkemizin hem de dünyanın en hayati ihtiyacı haline gelmiştir. Enerji üretimi teknolojisinde ve enerji kaynakları seçiminde, çevresel etkilerin dikkate alınması ve enerji verimliliğe özen gösterilmesi gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır.

İşte bu nedenlerle yenilenebilir enerjinin hayati bir konuma geldiği Dünyamızda bu konuda yapılan çalışmalar da hızlanmıştır. Dünyada hayatın devamı güneşe bağlı olduğu düşünüldüğünde, güneş kaynağının büyüklüğü anlaşılabilir. Dünyanın her yerinde güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payı her geçen gün artmakta ve bu konuda yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır. Dünya devletlerinin

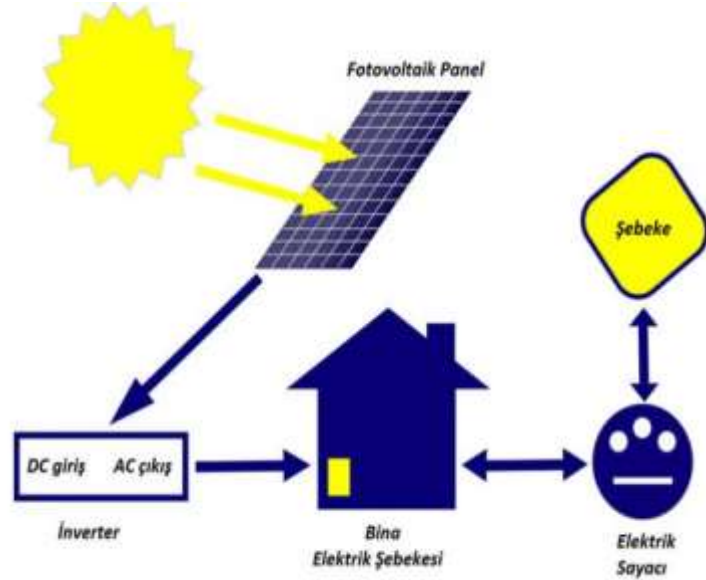
birçoğuna göre ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi oldukça fazladır.

Dünya genelinde güneş enerjisinin kullanımına baktığımızda ABD, Avrupa ve Çin başta gelmektedir. Güneş enerjisinden faydalanan ülkelere baktığımızda bazılarının konumları gereği güneş ışınları potansiyeli bakımından öne çıkarken, diğerleri ise teknolojik gelişmişlikleri ve enerji ile olan bağlarından dolayı öne çıkmaktadırlar (Anonim, 2022ç).

2.6 Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin, önemi çağımızın vazgeçilmezi elektrik üretimine olan katkısından ileri gelmektedir. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi iki şekilde yapılabilmektedir. Birincisi fotovoltaiik sistemler, ikincisi ise yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleridir.

Fotovoltaiik sistemler güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi denildiğinde akla ilk gelen düzlemsel güneş panelleridir. Bunlar çatılarına monte edilerek, sadece bir tek binanın ihtiyacını karşılayabileceği gibi toprağa monte edilerek çok daha büyük çapta elektrik üretiminde kullanılabilirler. Çatılara monte edilen panellerden elde edilen elektriğin kullanım sonrasında kalanı şebekeye verilebilmektedir.



Şekil 2.1 Fotovoltaiik Sistem

Yoğunlaştırıcı sistemler ise çanak biçimindeki geniş yüzeyli panellerin güneş ışınlarını belli bir noktada toplayarak yüksek ısı bir buhar oluşturması ve bunu elektrik enerjisine dönüştürülmesi sistemiyle çalışmaktadır. Bu sistemin daha karmaşık bir yapısı olması nedeniyle elektrik üretiminde daha çok fotovoltaik sistemlerden faydaniılmaktadır.



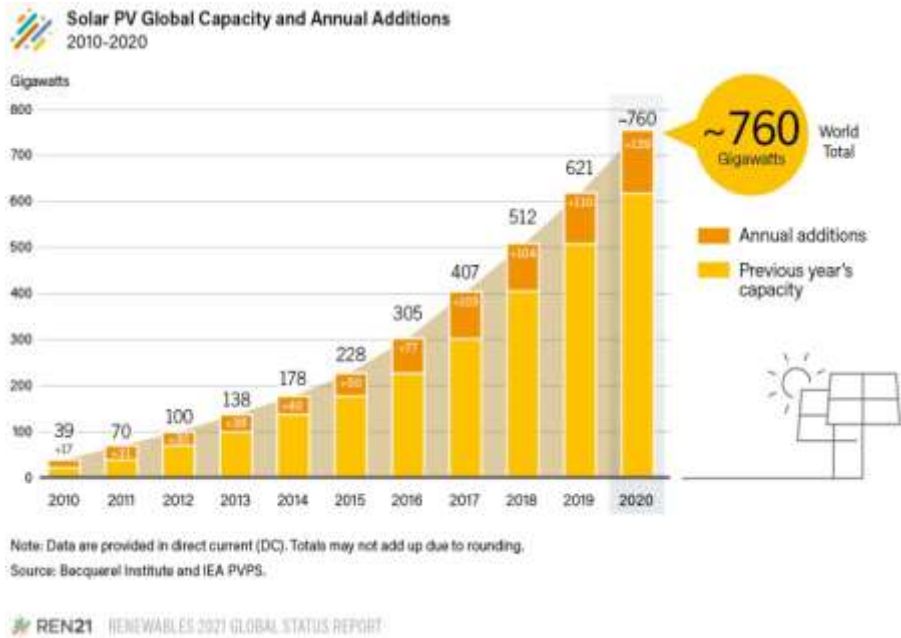
Şekil 2.2 Yoğunlaştırıcı Sistem

Dünyadaki küçük büyük neredeyse tüm ülkelerde güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapıldığı görülmektedir. Ülkelerin enerji ihtiyaçlarına, konumlarına, enerji kaynaklarına ve çevre hassasiyetlerine göre toplam enerji üretimindeki güneş enerjisi payı değişmektedir. Fakat resmi istatistiklerde şebeke sistemlerine bağlı olmayan yani off-grid (şebekeden bağımsız, uzak alan güç kaynağı) enerji santraller genelde istatistik dışında kalırlar. Dünyada şebeke bağlantılı yani on-grid sistemlerin ülkelere dağılımını incelediğimizde, Çin 78 GW'yi aşan kurulu gücü ile ilk sırada yer almaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, Hindistan ve İtalya takip etmektedir. Ülkemiz ise kayıt edilmiş kurulu güneş enerjisi gücü listesinde 15. sırada yer almaktadır. Dünya üzerinde en fazla güneş enerji santrali bulunan 15 ülke ve kurulu güçleri Çizelge 2.1'de listelenmiştir. (Anonim, 2022d).

Çizelge 2.1 Ülkelere Göre Güneş Enerjisi Kurulu Güç Listesi

Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç (MW)
Çin	Ara.20	254.355
ABD	Ara.20	75.572
Japonya	Ara.20	67.000
Almanya	Ara.20	53.783
Hindistan	Ara.20	39.211
İtalya	Ara.20	21.600
Avusturalya	Ara.20	17.627
Vietnam	Ara.20	16.504
Güney Kore	Ara.20	14.575
İspanya	Ara.20	14.089
Birleşik Krallık	Ara.20	13.563
Fransa	Ara.20	11.733
Hollanda	Ara.20	10.213
Brezilya	Ara.20	7.881
Türkiye	May.21	7.170

2010-2020 yılları arasındaki dünya güneş enerjisi kapasitesindeki değişim Şekil 2.3'te gösterilmiştir (Anonim, 2022d).



Şekil 2.3 Dünya Güneş Enerjisi Kapasite Değişimi (2010-2020)

Ülkemizdeki Güneş Enerji Santrallerinin toplam kurulu gücü 2021 sonu itibarı ile 7.325 MW olmuştur ve Güneş Enerji Santrali toplam üretimi yaklaşık 12.000 GWh

hesaplanmaktadır. Aşağıdaki çizelgede ülkemizdeki durum gösterilmiştir (Anonim, 2022e).

Çizelge 2.2 Türkiye Güneş Enerjisi Santralleri Profili

Güneş Enerji Santralleri Profili	
Kayıtlı Santral Sayısı:	667
GES Kurulu Güç:	7.325 MWe Kayıtlı: 7.116 MWe
Kurulu Güce Oranı:	% 7,51
Yıllık Elektrik Üretimi:	~ 11.056 GWh
Üretimin Tüketime Oranı:	% 3,69
Lisans Durumu:	36 lisanslı, 631 lisanssız

Türkiye Dünya üzerinde 36°-42° kuzey enlemleri ve 26°- 45° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Dünya üzerindeki konumu sebebiyle ülkemiz yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.766,5 saat/yıl (günlük ortalama 7,58 saat/gün), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.521,7 kWh/m²-yıl (günlük ortalama 4,17 kWh/m²-gün) olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli dağılımı Çizelge 2.3'te gösterilmiştir (Anonim, 2022e).

Çizelge 2.3 Türkiye Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli

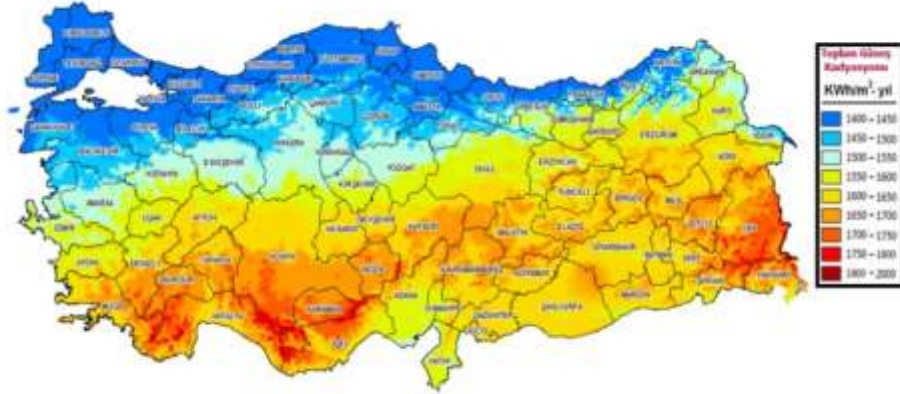
Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (Kcal/cm ² -ay)	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,00
Şubat	5,44	63,27	115,00
Mart	8,31	96,65	165,00
Nisan	10,51	122,23	197,00
Mayıs	13,23	153,86	273,00
Haziran	14,51	168,75	325,00
Temmuz	15,08	175,38	365,00
Ağustos	13,62	158,40	343,00
Eylül	10,60	123,28	280,00
Ekim	7,73	89,90	214,00
Kasım	5,23	60,82	157,00
Aralık	4,03	46,87	103,00
Toplam	112,74	1311,00	2640,00
Ortalama	308.0 cal/cm²-gün	3.6 kWh/m²-gün	7,2 saat /gün

Ülkemizin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

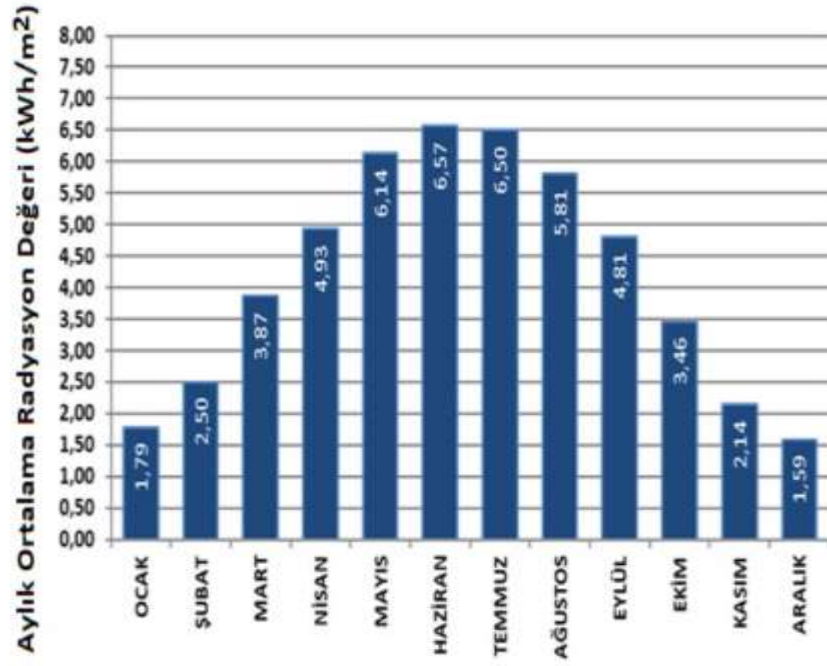
Çizelge 2.4 Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bölgeler	Toplam Enerji (kWh/m ² /yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Ülkemiz T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan GEPA’da yer alan genel potansiyel görünümü ve aylık ortalama global radyasyon dağılımı aşağıda yer almaktadır (Anonim, 2022f).



Şekil 2.4 Türkiye Haritası Güneş Enerjisi Potansiyeli Görünümü (kWh-Yıl)

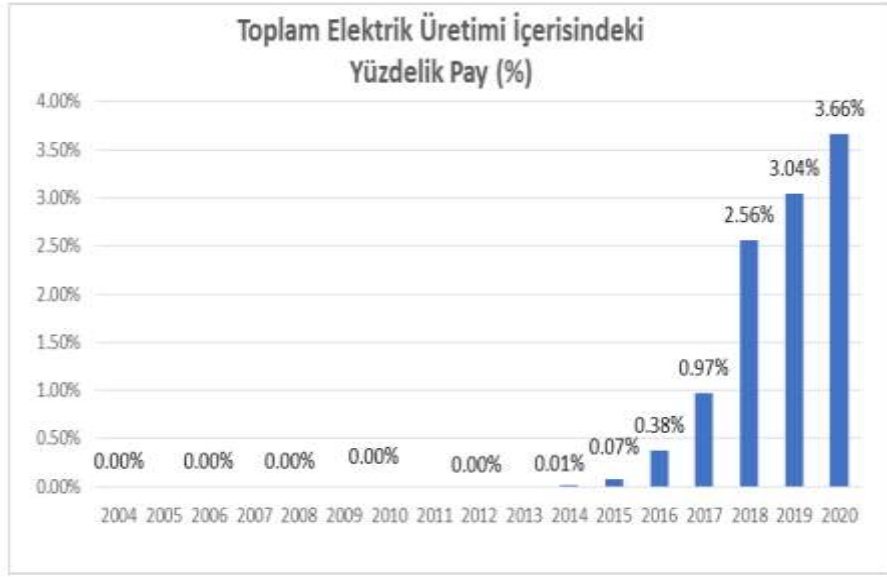


Şekil 2.5 Türkiye'nin Aylık Radyasyon Işınım Değerleri (kWh/m²-Gün)

Yine T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan 2014-2020 yılları arasındaki Türkiye güneş enerjisi kurulu güç değişimi ve güneş enerjisinin toplam üretimdeki payı aşağıda verilmiştir (Anonim, 2022f).



Şekil 2.6 Türkiye'nin Kayıtlı Kurulu Güneş Enerjisi Gücü (MW)

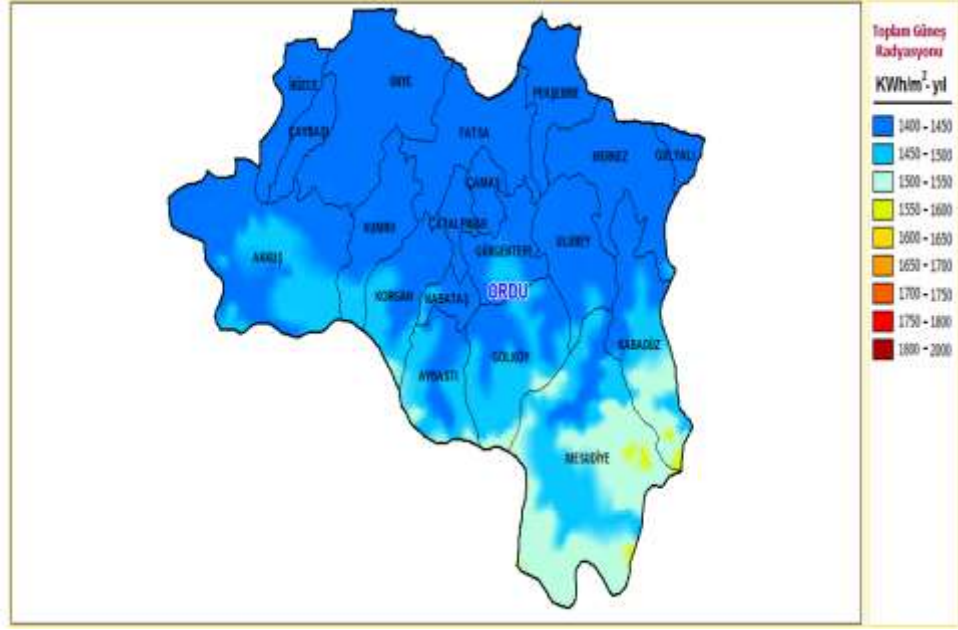


Şekil 2.7 Türkiye'nin Toplam Enerji Üretiminde Güneş Enerjisinin Payı

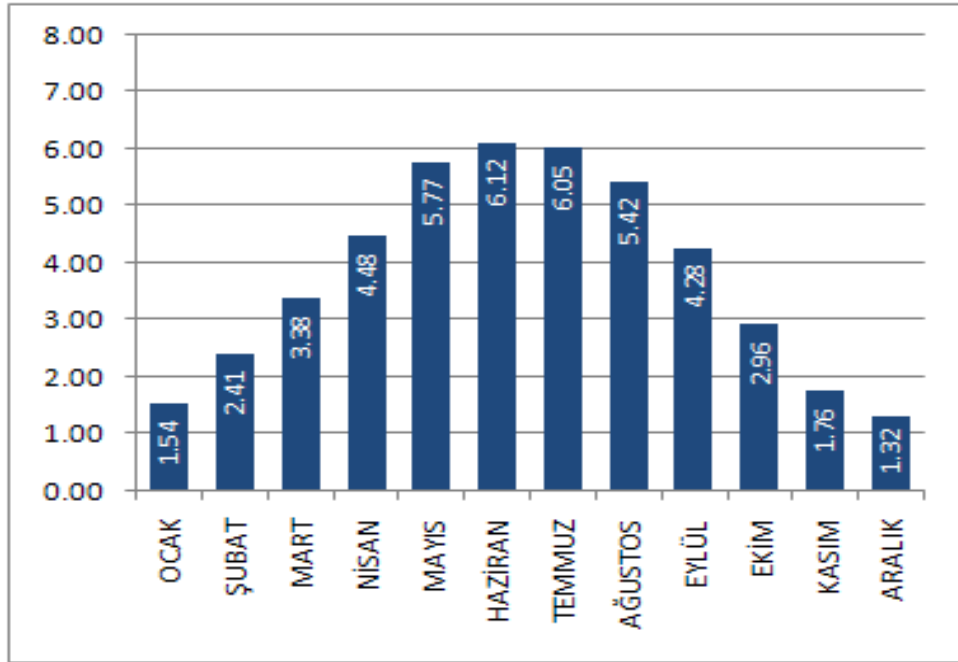
2.7 Ordu İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına göre Karadeniz Bölgesi güneş radyasyon değerleri Türkiye ortalamasının altında ve diğer tüm bölgelerden daha düşüktür. Buna rağmen Dünyanın enerji üretimi yapılan birçok yerine göre potansiyel bakımından daha iyi durumdadır. Özellikle sahil kesimi güneş panellerinin çalıştırılması için yeterli güneş değerlerine ve gün sayısına sahiptir. Her ne kadar yenilenebilir enerjinin birinci amacı çevreyi korumak olsada küresel iklim değişikliğinin sonuçları bakımından Ordu İli iklimi gün geçtikçe daha ılıman kuşaklara kaymaktadır.

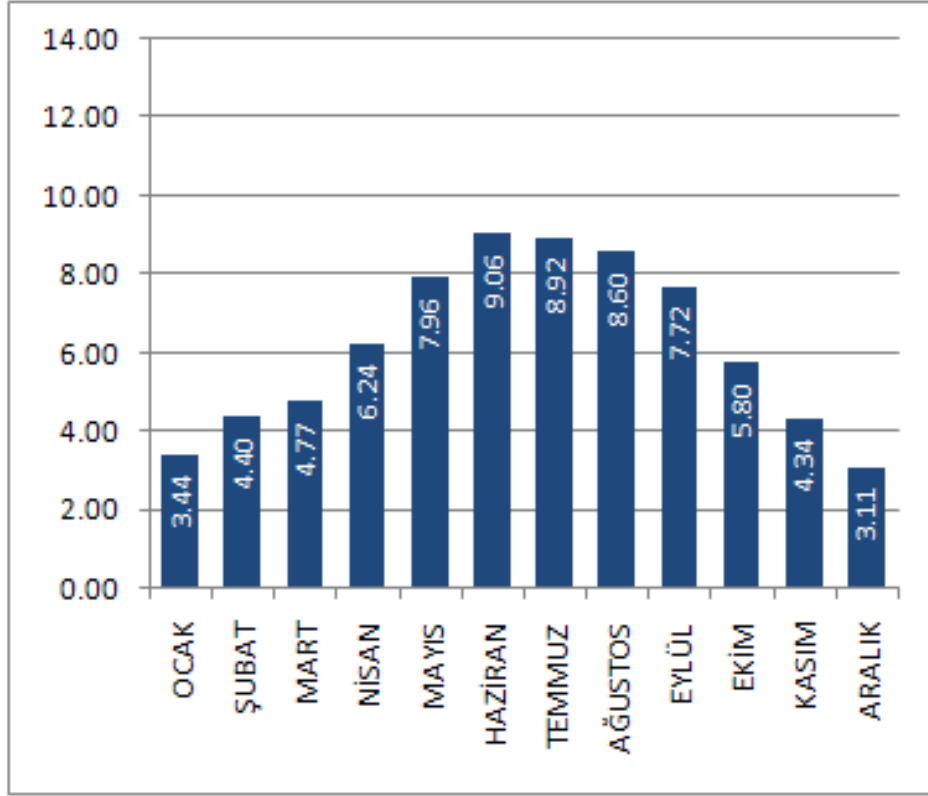
Ordu ili Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verileri; Ordu ili güneş radyasyonu görünümü Şekil 2.8'de, aylara göre ortalama güneşlenme radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) Şekil 2.9'da, güneşlenme süreleri (saat) Şekil 2.10'da ve PV tipi-alan üretilen enerji miktarı (kWh-Yıl) Şekil 2.11'de verilmiştir (Anonim, 2022g).



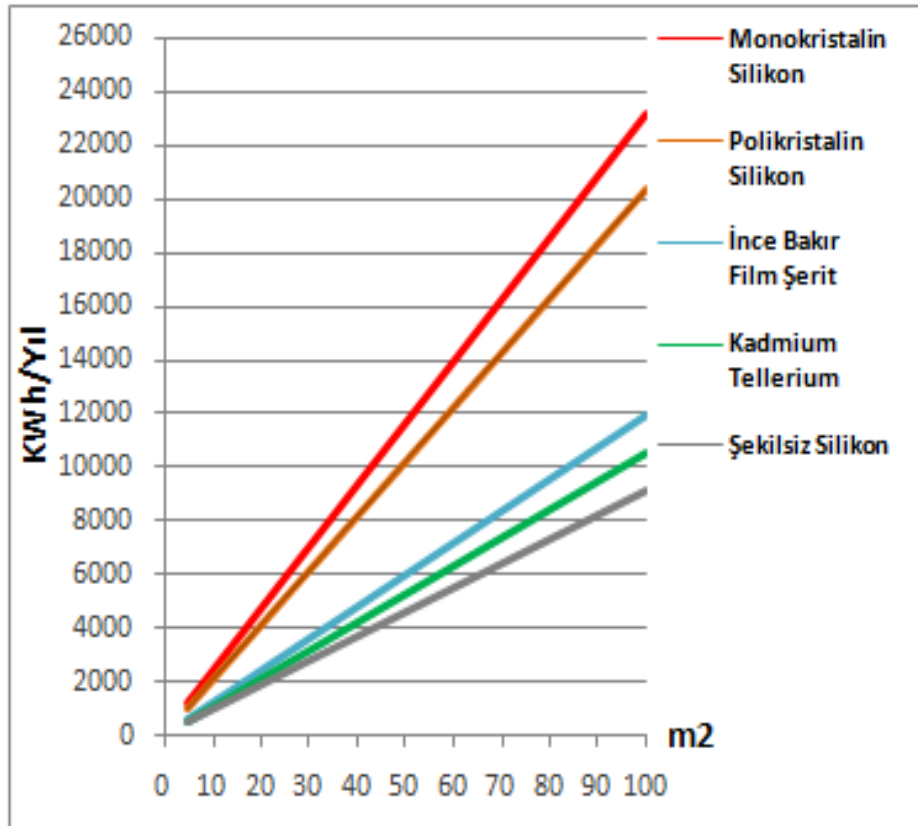
Şekil 2.8 Ordu İli Toplam Güneş Radyasyonu Görünümü



Şekil 2.9 Ordu İli Aylara Göre Radyasyon Değerleri (KWh/m²-gün)



Şekil 2.10 Ordu İli Aylara Göre Güneşlenme Süreleri (Saat)



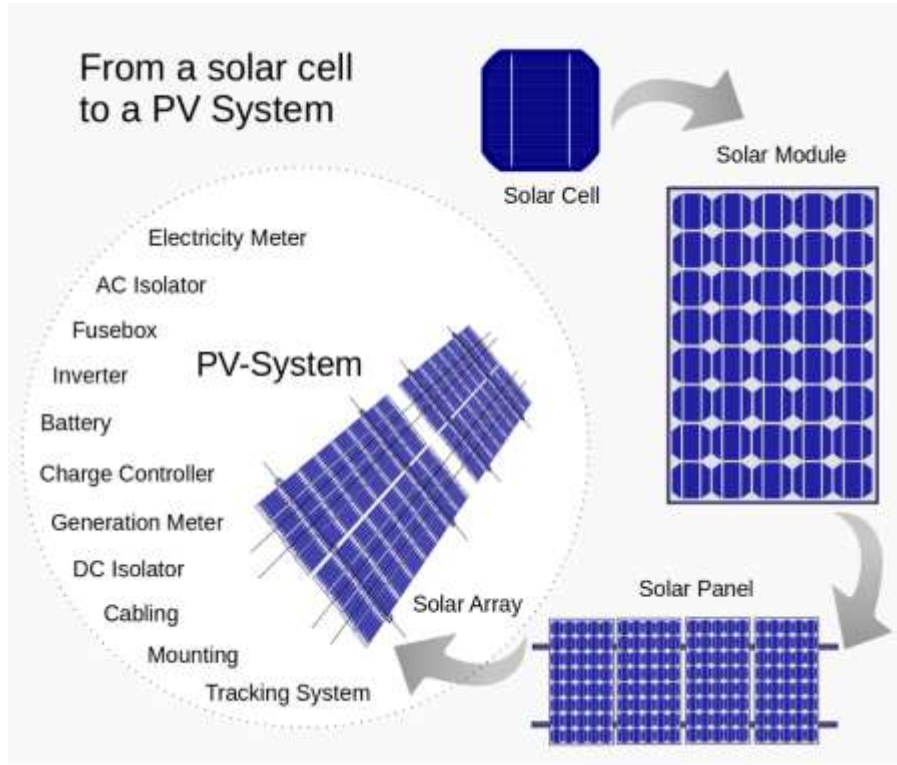
Şekil 2.11 Ordu İli PV Tip-Alan Üretilebilir Enerji (kWh-Yıl)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Fotovoltaik Sistem

Fotovoltaik (PV) kelime olarak ışık fotonu ve elektrik üretimi sözcüklerinin birleşiminden ortaya çıkan ışıktan elektrik üretimi anlamına gelmektedir. Bu nedenle güneş hücreleri ve panelleri fotovoltaik olarak düşünülmektedir.

Fotovoltaik hem ileri teknoloji hem de pahalı bir yenilenebilir enerji sistemi olmakla birlikte, gerek kurulum gereksede tasarım açısından en basit elektrik üretim teknolojisidir. En büyük avantajı AC - DC gücünün gerektiği her yerde üretebilmekte, depolanabilmekte ve ihtiyaç anında kullanabilmektedir. PV hücreleri, yarı iletken maddeler olup, güneş enerjisini direkt olarak elektriğe dönüştürürler (Anonim, 2022ğ).



Şekil 3.1 PV Sistem

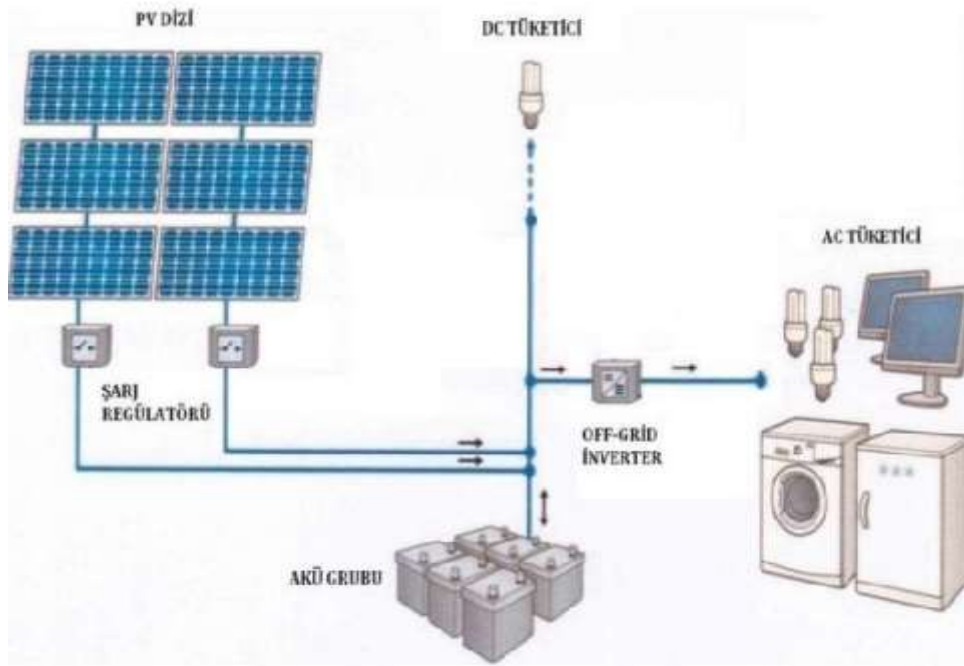
Güneşten elektrik üretiminde kullanılan bu yöntem tabiki sadece güneş panelinden ibaret değildir. Sistem türüne bağlı olarak akümülatör, şarj kontrol cihazı ve inverter gibi çeşitli sistem elemanları bulunmaktadır. PV sistemler iki şekilde tasarlanarak kullanılır. Bunlar;

1. Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) Fotovoltaik Sistemler
2. Şebeke Bağlantılı (On-Grid) Fotovoltaik Sistemler

3.1.1 Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Sistemler

Şebeke elektriğinin bulunmadığı yada elektrik hattının çekilmesinin olanak dışı olduğu veya şebeke elektriğinin devamlı olarak kesildiği yerlerde elektriğin güneşten karşılandığı sistemlerdir. Bu sistemlerde gün içinde güneş panelleri vasıtası ile doğru akım elektrik enerjisi üretilir. Bu enerji kontrol cihazı aracılığı ile bataryalarda depolanarak gün içerisinde ne zaman ihtiyaç duyulursa kullanıma hazır durumda tutulur. Gerekirse invertör ile de alternatif akım elektriği ile çalışan cihazlara aktarılır.

Şebekeden bağımsız olması nedeniyle yıl boyunca yeterli güç üretecek ve aynı zamanda ışınımın yetersiz kaldığı durumlarda ihtiyaç duyulan elektriği karşılamaya yetecek batarya kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır. Sistem Şeki 3.2’te gösterilmiştir (Anonim, 2022h).



Şekil 3.2 Şebekeden Bağımsız Sistem Tasarımı

3.1.2 Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemler

Şebeke bağlantılı sistemler; güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten ve üretilen enerjinin yetersiz kaldığı durumlarda şebeke bağlantısından elektrik ihtiyacını karşılayan sistemlerdir. Bu sistemlerde eğer ihtiyaçtan fazla elektrik üretilirse şebekeye elektrik satışı da gerçekleştirilebilir.

Bu sistemler doğrudan bir bina yada sistemin enerji ihtiyacını karşılayabileceği gibi aşırı tüketim durumlarında devreye giren yardımcı üretim sistemi olarak kullanılabilir. Aynı zamanda güneş enerjisi santrali olarak gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Şekil 3.3'te bina tipi şebeke bağlantılı sistem tasarımı gösterilmiştir (Anonim, 2022h).



Şekil 3.3 Şebeke Bağlantılı Sistem Tasarımı

3.2 Fotovoltaik Sistem Elemanları

3.2.1 Fotovoltaik Paneller

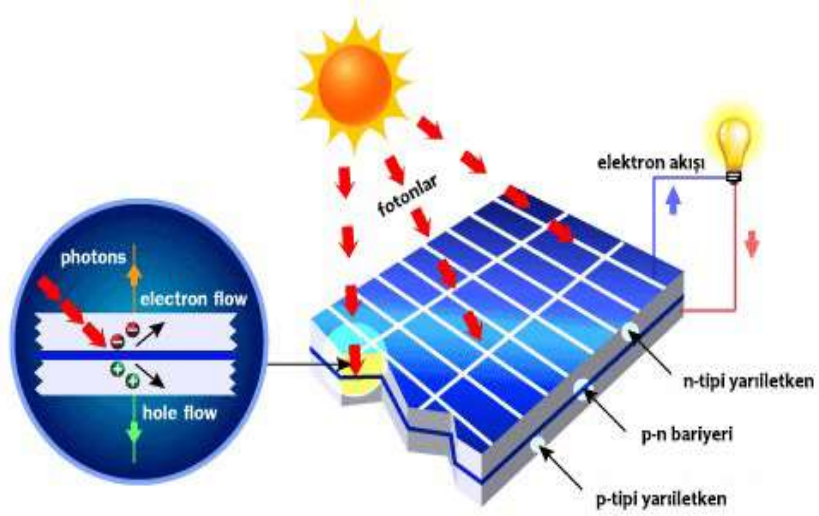
Bir güneş enerjisi paneli; kısaca silikon hücreleri, metal çerçeve, cam muhafaza ünitesi ve panel üzerinden üretilen elektrik akımını aktarmak için kullanılan doğrusal akım ve alternatif akım kablolarından oluşur. Silikon hücreler, güneş ışığını absorbe ederek ve kullanılabilir elektriğe çevrimine izin veren iletken özelliklere sahip bir ametaldir. Işık bir silikon hücrelerine çarptığında silikon hücrelerin üzerindeki elektronların harekete geçirilmesine neden olarak elektrik akımını akışını başlatır. Bu “fotovoltaik (PV) etki” olarak bilinir ve güneş paneli teknolojisinin genel işlevini açıklar. Şekil 3.4'te panel tasarımı gösterilmiştir (Anonim, 2022ı).



Şekil 3.4 Fotovoltaik Panel

Panellerin çalışması ise güneş ışığının fotonlarla panele çarpması ile başlar. Panel bu fotonları içindeki döngü ile doğru akım (DC) elektronlarına çevirir. Bu akımda bir çeviticiye ve diğer güvenlik cihazlarına akar. Çevirici, doğru akımı alternatif akıma (AC) dönüştürür. Alternatif akım, evlerde kullandığımız elektrik türüdür (Köksal, 2012).

Yarı iletkenler, p ve n tipi ile aralarındaki geçiş bölgesinin olduğu üç kısımdan meydana gelir. Güneş ışığı ile çarpan fotonlarla p-n tipi madde arasında elektron akışı başlar. Buda enerji oluşumunu sağlar. Bu süreç gün ışığı olduğu sürece devam eder. Şekil 3.5'te gösterilmiştir (Anonim, 2022).



Şekil 3.5 PV Panel Kesiti

3.2.1.1 Sistemde Kullanılacak PV Panelin Seçimi

Fotovoltaik sisteme bağlanacak olan 2.2 kW'lık pompa sisteminin günlük 3-4 saat çalıştırılması planlanmaktadır. Bu da günlük güç 6.6 kW - 8.8 kW arasında tüketime neden olacaktır. PV sistemde kullanılacak her panel için 270 Wp güç elde edilebilmektedir. Sistemin kurulacağı bölgede ortalama güneşlenme süresi günlük ortalama 6 saat olarak hesaplandığında; bir adet panelden günlük 1620 W güç elde edilecektir. Sistem tasarımı için 6 adet panelden bir günde $6 \times 1620 \text{ W} = 9720 \text{ W}$ güç sağlanmış olacaktır. Paneller 2 seri ve 3 paralel bağlanarak 63,62V giriş voltajı ve 25,65A şarj akımı elde edilmiştir. Paneller Güney yöne bakacak şekilde 39° açı ile monte edilmiştir. Sistemde kullanılan panellerin teknik özellikleri Çizelge 3.1'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 PV Panel Teknik Özellikleri

PV Panellerin Teknik Özellikleri	
Azami Çıkış Gücü	270 W
Azami Güç Gerilimi	31.11 V
Azami Güç Akımı	8.42A
Açık Devre Gerilimi	37.98V
Kısa Devre Akımı	8.99A
Panel Ağırlığı	19 kg
Panel Teknolojisi	Polikristal
Hücre Sayısı	6*10=60 Adet
Hücre Verimi	15.98 %

3.2.2 İnverter

İnverter en kısaca anlamı güç çeviricidir. Bu cihaz ile doğru akım, alternatif akıma dönüştürülmektedir. İnverterin tersine işlem yapan cihaza ise redresör ya da doğrultucu adı verilir. İnverterler elektrik üretmezler, panellerden yada bataryalardan gelen doğru akımı alarak ve alternatif akıma çevirirler.

3.2.2.1 Sistemde Kullanılacak İnverter Seçimi

48V DC girişli tam sinüs inverterin özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 İnverter Teknik Özellikleri

İnverter Teknik Özellikleri	
Maksimum PV Dizisi Gücü	3000 W
Sınırlı Maksimum Güç	3.2 Kw
Dalga Tipi	Gerçek sinüs çıkış dalgası
Giriş Gerilimi ve Frekansı	230 VAC - 50/60 Hz
Seçilebilir Voltaj Aralığı	90-280 VAC
Çıkış Gerilimi ve Frekansı	208-240 VAC - 50/60Hz
Batarya Gerilimi	48 V AC - 50/60Hz
Verim	93 % (şebeke) - 98 % (akü)
MPPT Çalışma Aralığı	60 V DC ~ 115 V DC
Ağırlığı	13.5 kg

3.2.3 Şarj Kontrol Ünitesi

PV sistemlerde üretilen enerjinin yüke ya da bataryaya akışını denetleyen ve düzenleyen elektronik sistemlerdir. Şarj kontrol ünitesi sistemde kullanılan bataryayı, aşırı şarjdan ve tam deşarjdan korur. Bu da sistemin sağlıklı çalışması sağlar ve bataryanın kullanım ömrünü uzatır. Ayrıca şarj kontrol ünitesi sayesinde sistemde üretilen elektrik enerjisinin yüke, bataryaya ya da her ikisine birden yönlendirilmesi sağlanabilir (Özsoy, 2011).

3.2.4 Akümülatör (Akü)

Akümlatör ya da batarya kısaca akü, elektriği kimyasal enerji olarak depolayan ve gerek duyulduğunda tekrar elektrik enerjisi olarak verebilen cihazlara verilen isimdir.

Genellikle bataryalar içerisinde, birbirlerine seri olarak bağlanmış 4 adet pozitif ve 5 adet negatif yüklü plakadan meydana gelir. Bu plakalar, kurşun-antimuan alaşımı petek üzerine, aktif maddelerin sıvanarak fırınlanmasından oluşur. Pozitif plakaların aktif maddesi kurşundioksittir. Negatif plakaların ki ise saf kurşundur. Plakalar arasına, kısa devreyi önlemek için ayırıcılar yerleştirilir. Ayırıcılar, plakalar arasındaki kimyasal tepkimeyi engellemeyecek şekilde çok küçük gözenekleri bulunan plastiklerden yapılıdır. Bataryanın içinde sülfirik asitle saf su karışımı olan elektrolit konulur. Karışımda %39 asit, %61 su vardır.

Sürekli ve acil enerji ihtiyaçları için en basit ve ucuz yöntemdir. Sabit tesis akümülatörleri kendi aralarında alt gruplara ayrılır. Sıvı bazda asit içerenler olduğu gibi, yeni nesil vrla, agm ve jel formda ürünlerde asit sıvı bazda değildir. Bunun faydası hareketli ortamlarda oynaklığı azaltacağı gibi daha önemlisi derin deşarj kapasitesi hem daha verimli hem de uzun ömürlü olmalarını sağlar.

3.2.4.1 Sistemde Kullanılacak Batarya Seçimi

Sistemdeki batarya kapasitesi, fotovoltaik paneller ile üretim yapılamayan zamanlarda sistemin devamlılığını sağlayacak şekilde planlanmalıdır. PV sisteme bağlanacak olan 2.2 kW lık sulama sisteminin batarya kapasitesi; güneşin yeterli ya da hiç olmaması ihtimali göz önünde bulundurularak enerji talebine en az altı saat enerji verebilecek durumda tasarlanmalıdır. Böylelikle de arıza ve bakım gibi durumlarda sistemin devamlılığı sağlanmış olacaktır.

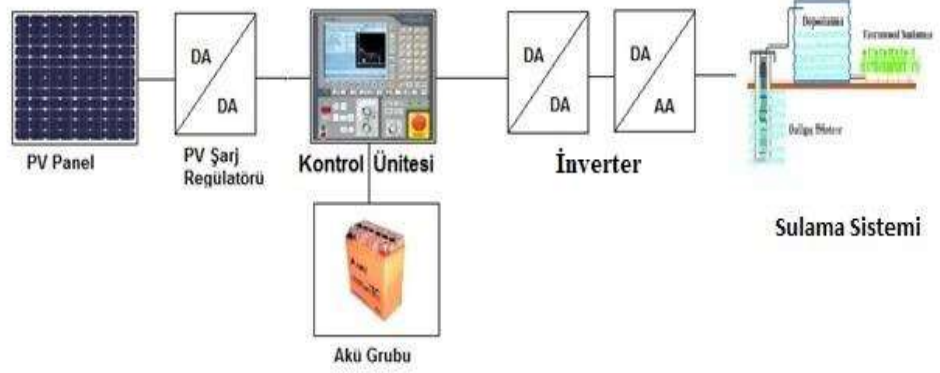
8 adet 12V 150Ah batarya kullanılmıştır (Toplam kapasitesi 14400W'tır). Bataryalar 4 seri ve 2 paralel bağlanarak 48V 300Ah'lik bir grup elde edilmiştir. Bataryaların teknik özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Akü Teknik Özellikleri

Akü Teknik Özellikleri	
Anma Gerilimi	12 V
Kapasite	20Hr. (10A,1.75V) 150Ah
Maksimum Deşarj Akımı	1000 A
Maksimum Şarj Akımı	30 A
İç Direnci	7.5mΩ
Şarj Voltajı	14.4 – 15 V (-30mV/ °C)
Ağırlığı	44.5 kg

3.3 Kurulan Fotovoltaik Sisteminin Tasarımı

Daha önce kurulumu yapılmış ve verileri alınmış sistem tasarımı aynen tekrar uygulanmıştır. Sistem 5 kW gücünde şebekeden bağımsız olarak tasarlanmıştır. Sistem şeması Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 PV Sistem Şeması

Fotovoltaik sistemimiz;

6 adet 270Wp güce sahip panel 2 seri ve 3 paralel bağlanarak 63,62V giriş voltajı ve 25,65A şarj akımı elde edilmiştir. Paneller Güney yöne bakacak şekilde 39° açı ile monte edilmiştir. Toplam kapasitesi 1.620Wp'tir. Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Panel Görünümü

8 adet 12V 150Ah Derin Deşarjlı Solar Jel Akü kullanılmıştır. Toplam kapasitesi 14.400W'tır. Bataryalar 4 seri ve 2 paralel bağlanarak 48V 300Ah'lik bir grup elde edilmiştir. Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Akü Grubu Görünümü

48V DC giriş, 220V AC ıkış, 5 kVA çıkışlı, tam sinüs evirici inverteri kullanılmıştır. 10kVA demaraj çıkışına sahiptir. Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 İnverter Görünümü

Tüm akım kesiciler, sigortalar, batarya grubu ve inverterin içinde yer aldığı sistem panosu kullanılmıştır. Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Kontrol Panosu Görünümü

Sulama sistemi olarak daha önceki çalışmaya paralel olarak 2.2 kW'lık motopomp kullanılmıştır. Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Motopomp Görünümü

Sistemde devirdaim sağlamak amacıyla 2 adet standart 5000 lt kapasiteli su deposu kullanılmıştır. Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



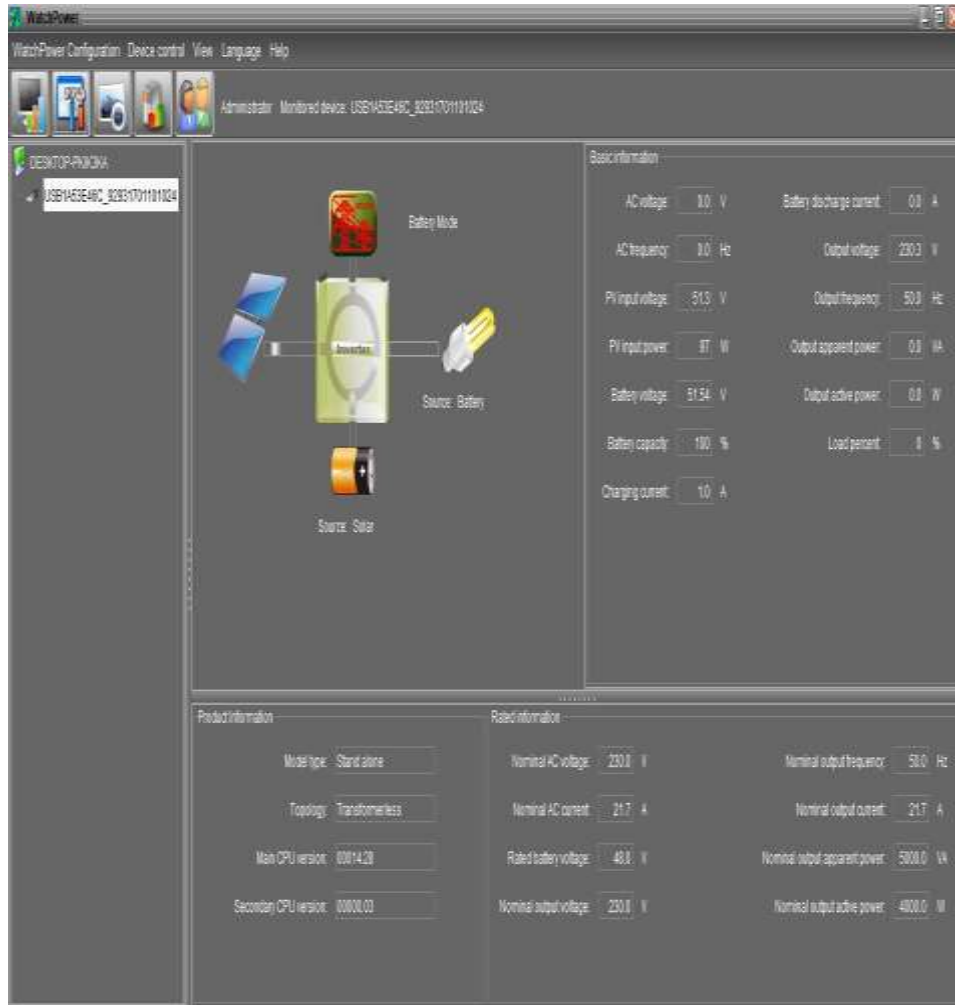
Şekil 3.12 Su Depoları Görünümü

Sistem Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanına kurulmuştur.

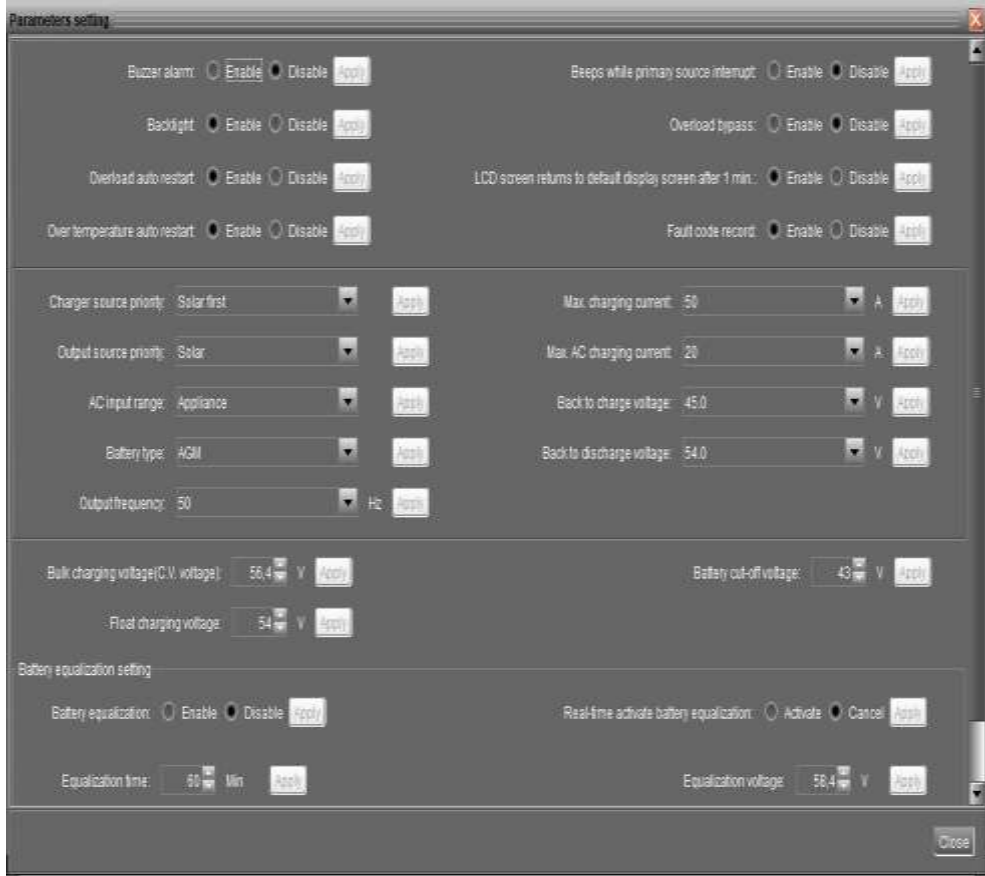
Sistemin çalıştırılması sırasında 2018 yılında yapılan çalışmada elde edilen verilerin karşılaştırılması amacıyla PV gerilim, akım ve güç değerleri ile batarya kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Sıcaklık, nem, rüzgar, deniz etkisi ve yükseklik gibi çevre ve coğrafi şartlar değerlendirmeye alınmamıştır.

3.4 PV Sistem Kontrol ve Kayıt Programı

Fotovoltaik sistemi kontrolü ve kayıt edilmesi için WatchPower program kullanılmıştır. Bu program ile bilgisayar bağlı olduğu sürece her dakika (günde 1440) veri alınmıştır. Aynı zamanda bu program ile inverterin kontrol modları arasında geçiş sağlanabilmektedir. Programın görselleri Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13 WatchPower Programı



Şekil 3.14 WatchPower Programı ile Mod Değişimi

Device mode	Time	AC voltage	AC frequency	PV input voltage	PV input power	Output apparent power	Output active power	Battery voltage	Battery capacity	Charging current	Battery discharge current	Output voltage	Output frequency
Battery Mode	2022-04-02 23:59:20	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	45.93	67	0.0	0.0	229.5	50.0
Battery Mode	2022-04-02 23:58:22	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	45.93	67	0.0	0.0	230.4	50.0
Battery Mode	2022-04-02 23:57:22	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	45.93	67	0.0	0.0	229.7	50.0
Battery Mode	2022-04-02 23:56:21	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	45.93	67	0.0	0.0	229.7	50.0

Şekil 3.15 WatchPower Programı Veri Kaydı Pdf Kesiti (02.04.2022)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Karşılaştırması Yapılacak Önceki Çalışma

2018 yılında Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanında yapılan çalışmada rastgele seçilmiş olan 3 farklı günde elde edilen fotovoltaiik sistem verileri çizelge haline getirilmiş (Yılmaz, 2019).

Çalışmasında 3 gün boyunca PV panellerin gün doğumu ile kayda başladığı ve gün batımına kadar veriler alındığı görülmüştür. Bu veriler ile PV gerilim, akım ve güç değerleri ile batarya kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Alınan verilerde gerilimin 50V–70V arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Bataryaların % 100 olduğu ve güneş ışınlarının en yoğun olduğu saatlerde teste başlatılmıştır. Sistem bataryayı kullanmadan direkt olarak fotovoltaiik panellerden gelen enerji ile yük değeri 61.46V altına düşene kadar çalışmıştır. Çünkü bu değerin altında pompa sisteminin doğrudan çalışılmadığı bulunmuştur. Ardından batarya vasıtasıyla pompa çalışmaya devam etmiş ve batarya bitene kadar yaklaşık 3 saat çalıştırmıştır. Ardından güneş ışınımının tekrar güçlenmesiyle bataryalar şarj edilmiştir. Güneş ışınım değerine göre panellerin akım ve güç değeri sürekli değişim göstermiştir. (Yılmaz, 2019).

Çizelge 4.1 PV Sistem 1. Gün Verileri

Saat	PV Voltajı (V)	PV Akımı (A)	PV Güç (W)	Akü Kapasitesi (W)
07:00	57	0,6	30	7200
08:00	52	1,1	60	7200
09:00	52	4,9	260	7200
10:00	64	8,6	550	7200
11:00	68	5,8	380	7200
12:00	68	4,6	310	7200
13:00	68	3,9	260	7200
14:00	68	3,5	240	7100
15:00	68	3,4	240	7000
16:00	68	3,3	230	6700
17:00	66	3,2	220	4600
18:00	69	2,7	140	3800
19:00	53	2,1	110	4400
20:00	34	0,3	10	4500

Çizelge 4.2 PV Sistem 2. Gün Verileri

Saat	PV Voltajı (V)	PV Akımı (A)	PV Güç (W)	Akü Kapasitesi (W)
07:00	52	1,9	100	7200
08:00	55	3,1	160	7200
09:00	60	7,9	460	7200
10:00	63	6,7	440	7200
11:00	57	4,4	255	7060
12:00	58	3,2	200	6910
13:00	59	2,8	155	7200
14:00	64	2,6	155	7200
15:00	61	0,2	15	7200
16:00	62	0,1	10	7200
17:00	63	0,1	10	7200
18:00	61	3,0	20	7200
19:00	58	0,1	10	7200
20:00	56	0,1	10	7200

Çizelge 4.3 PV Sistem 3. Gün Verileri

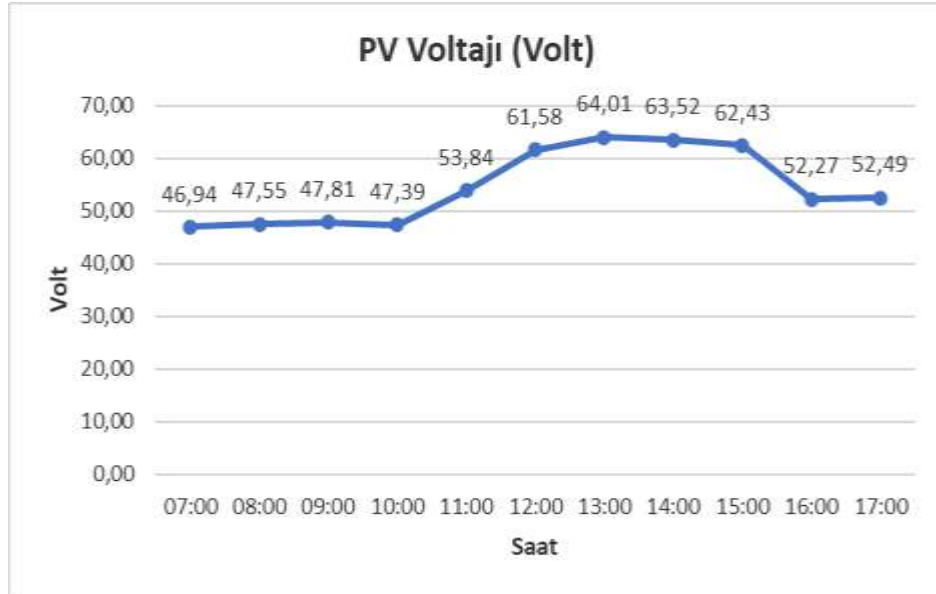
Saat	PV Voltajı (V)	PV Akımı (A)	PV Güç (W)	Akü Kapasitesi (W)
07:00	52	0,8	40	6980
08:00	52	1,1	60	7060
09:00	57	8,9	500	7200
10:00	64	7,2	470	7200
11:00	66	5,3	360	7200
12:00	67	4,0	270	7200
13:00	68	3,2	230	7200
14:00	68	3,1	220	7200
15:00	68	3,3	230	7200
16:00	68	3,5	240	7200
17:00	68	3,4	230	7200
18:00	67	2,8	180	7200
19:00	60	2,5	150	7200
20:00	50	0,9	50	7200

4.2 Çalışmamızdan Elde Edilen Bulgular

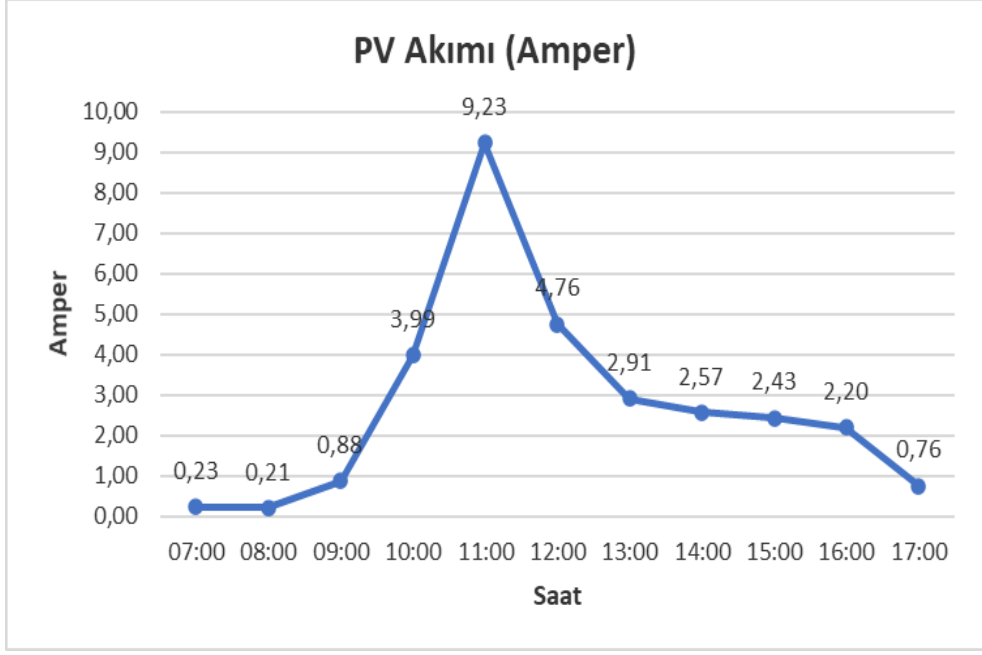
Sulama amaçlı olarak planlanan fotovoltaik sistem şebekeden bağımsız ve bataryalı tasarlanmıştır. Sisteme 2.2 kW gücünde dikey pompa uygulanmıştır. Veri kayıt programı vasıtası ile panel, batarya ve inverter bilgileri anlık olarak alınmıştır. Sistemde kullanılan paneller, $W_p:270W$, $V_m:31.11V$, $V_{oc}:37.98V$, $I_m:8.42A$, $I_{sc}:8.99A$ değerlerine sahiptir. Sistemde 6 adet fotovoltaik paneller, 2 seri ve 3 paralel grup oluşturacak şekilde bağlanmıştır. Bu sayede 62.22 V giriş voltajı, 25.26 A şarj akımı elde edilmesi amaçlanmıştır.

Fotovoltaik sistem 25.03.2022 tarihinde kurulmuş ve 10.04.2022 tarihi dahil 16 gün kayıt alınmıştır. Bu süre zarfında PV gerilim değeri 46-70V aralığında, akım değeri 9-0,2A aralığında, güç değeri 609-5W aralığında salınım gösterdiği ve batarya kapasitesinin ise en yüksek 11735W değere ulaştığı saptanmıştır. 3 farklı günde pompa çalıştırılmış ve bulgular kayıt altına alınmıştır.

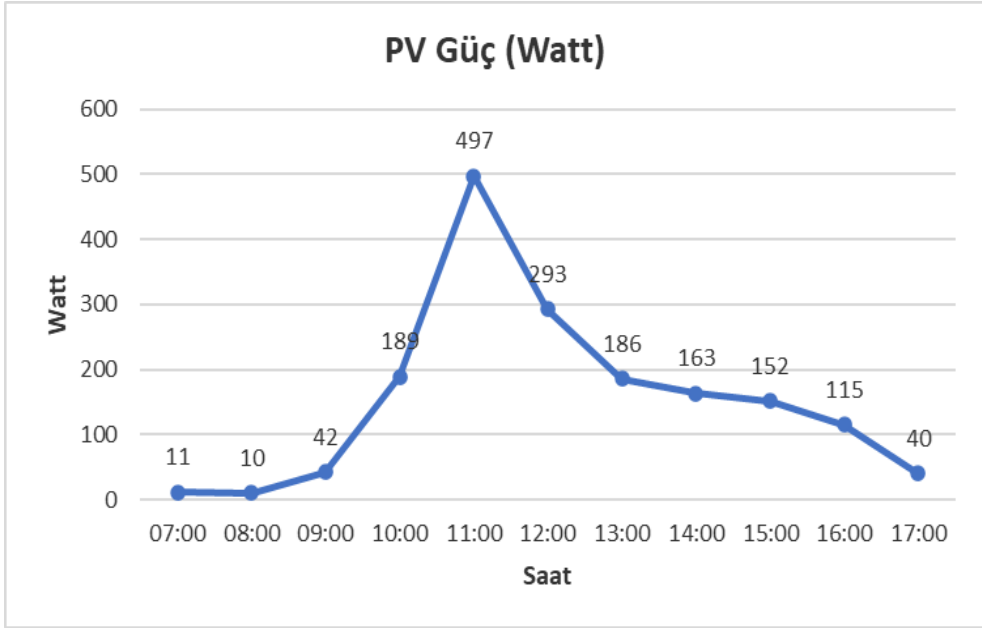
Bu süre zarfında alınan verilerden önceki çalışmada yayınlanmış olan 3 gün bulgularına en yakın 3 gün seçilmiştir. Bu 3 gün için Photovoltaic Geographical Information System üzerinden Ordu İli güneş ışınımı değerleri alınmıştır. Pompa denemeleri ayrı olarak değerlendirilmiştir. Şekil 4.1'den şekil 4.19'a sistem verileri grafikler halinde sunulmuştur (Anonim, 2022i).



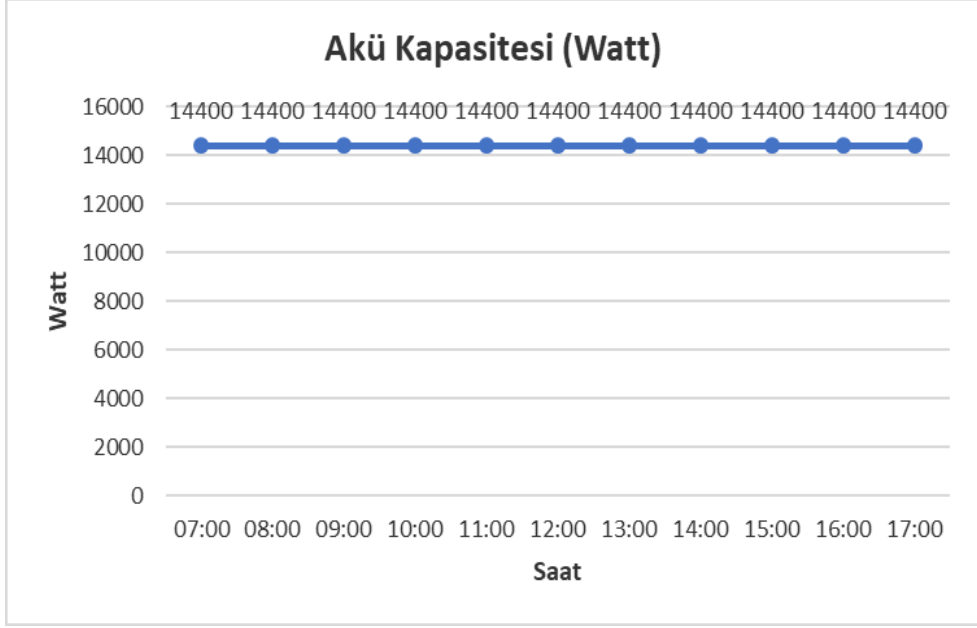
Şekil 4.1 Panel Gerilimi (02.04.2022)



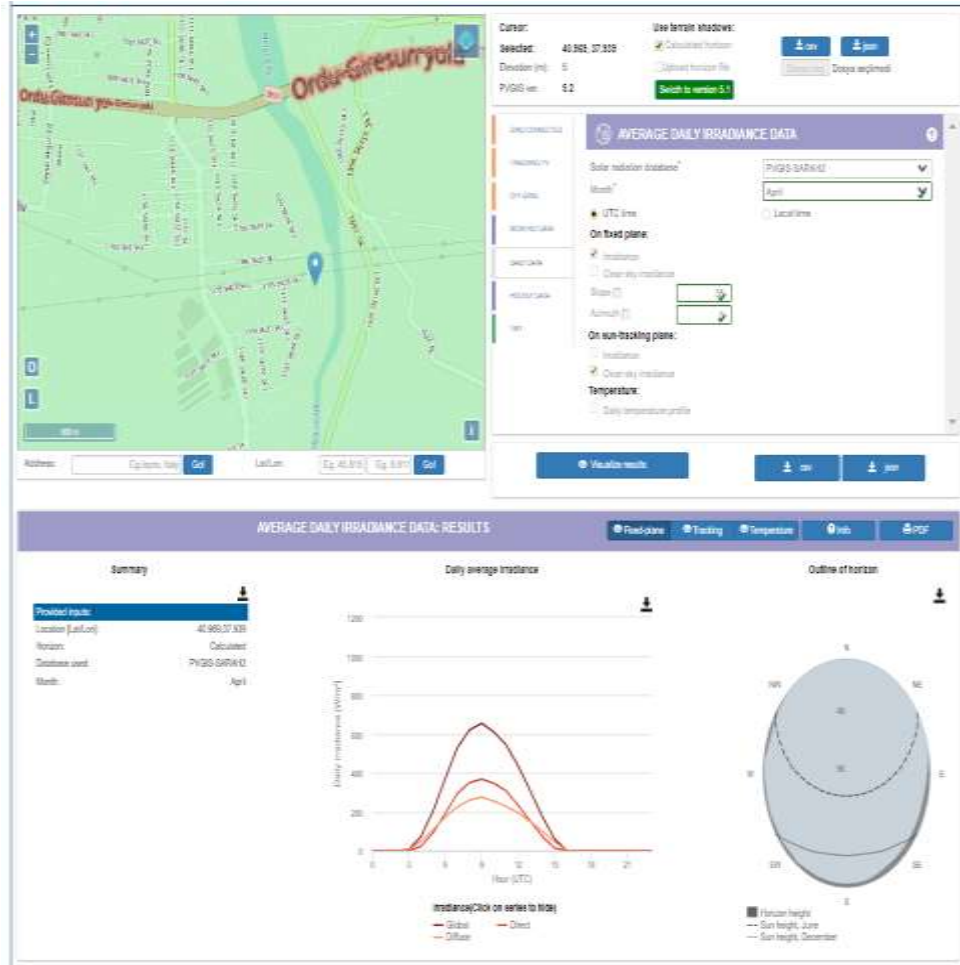
Şekil 4.2 Panel Akım Değeri (02.04.2022)



Şekil 4.3 Panel Güç Değeri (02.04.2022)



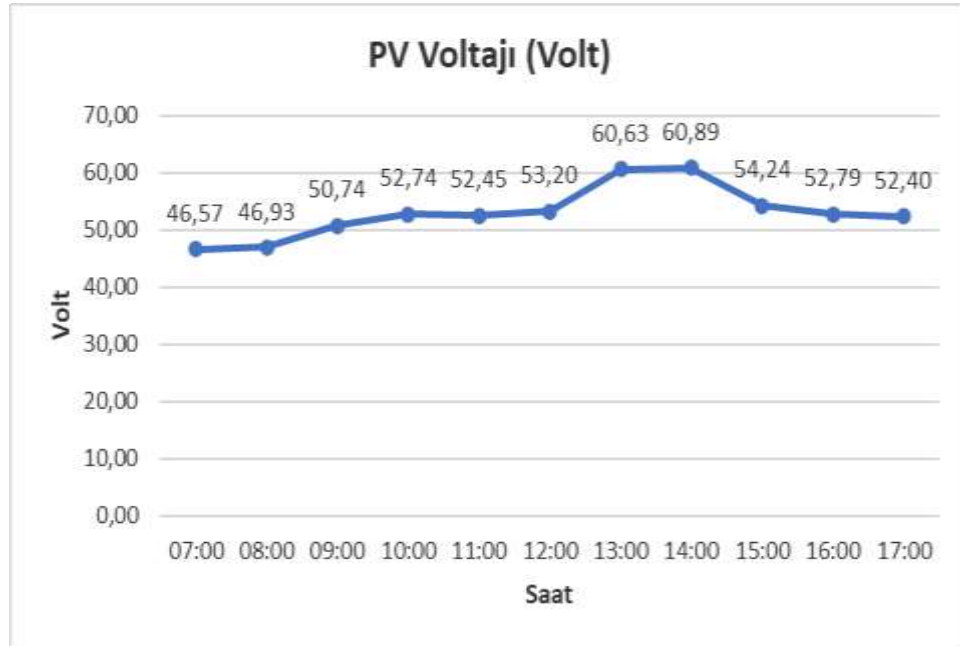
Şekil 4.4 Akü Kapasitesi (02.04.2022)



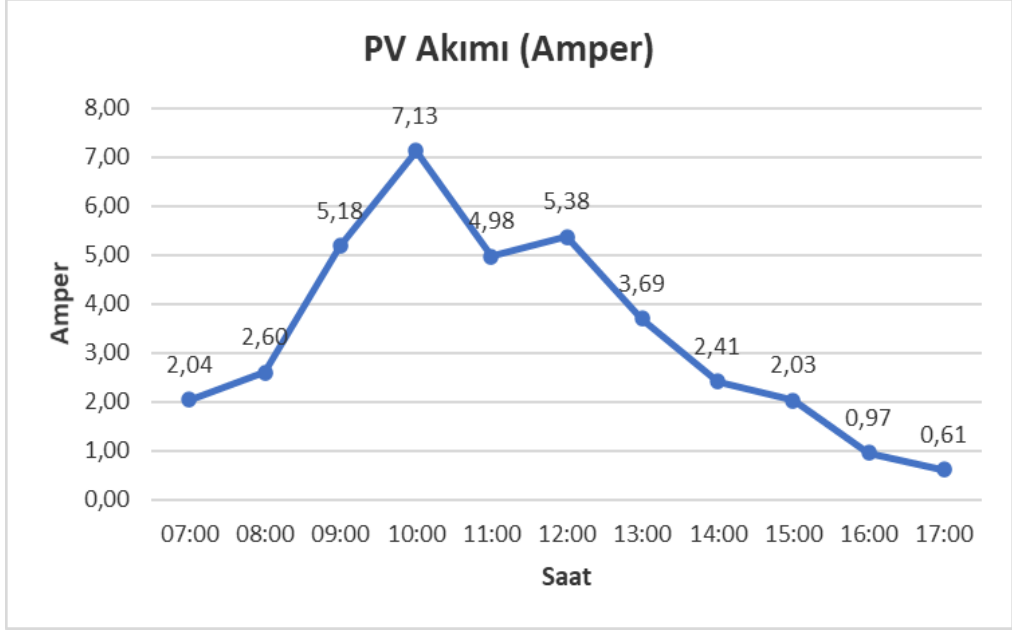
Şekil 4.5 Ordu Güneş Işınm Değeri (02.04.2022)

Grafiklere bakıldığında panellerde sabah 07:00'da enerji üretiminin başladığı ve akşam 18:00'da enerji üretiminin sonlandığı görülmektedir. Alınan verilere göre 02.04.2022 cumartesi, ortalama panelden gelen gerilim 56,46V, batarya gerilimi 51,86 V ve inverter ise 230,05 V gerilim değerini vermiştir. PV panellerde üretilen gerilimin gün içi 46V – 65V arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Güneş ışınımına göre panellerde üretilen akım ve güç değeri gün içi değişim göstermiştir. Gün içinde en yüksek anlık panel güç değeri 605W ve en yüksek akım değeri 11A olduğu saptanmıştır. Pompa denemesi yapılmadığında herhangi bir çıkış değerine ulaşılmamıştır.

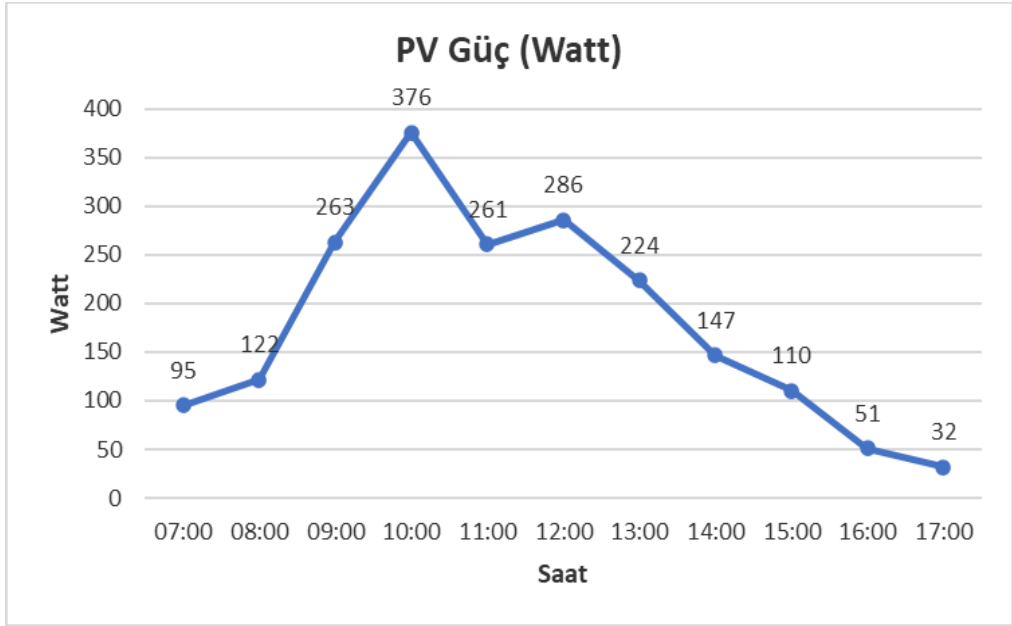
Sistemden elde edilen verilere göre 02.04.2022 cumartesi, inverter girişindeki ortalama doğru akım gerilim 53,84 V iken, batarya voltajı 50,50 V, inverter voltajı 230,05 V olarak saptanmıştır.



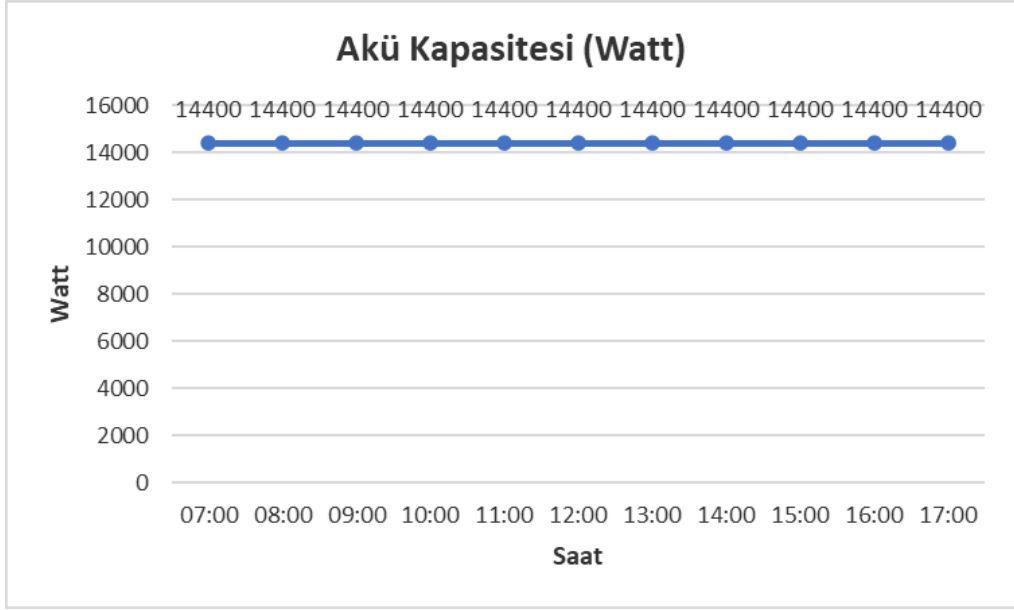
Şekil 4.6 Panel Gerilimi (04.04.2022)



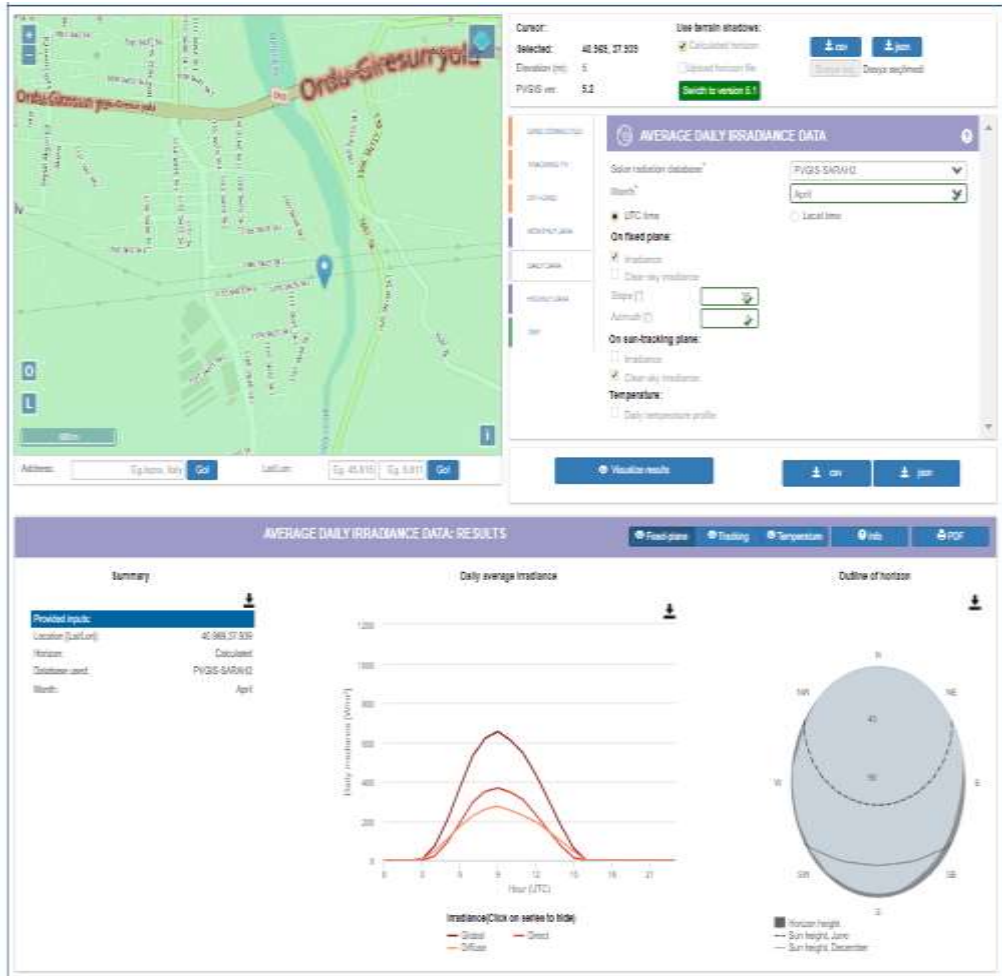
Şekil 4.7 Panel Akım Değeri (04.04.2022)



Şekil 4.8 Panel Güç Değeri (04.04.2022)



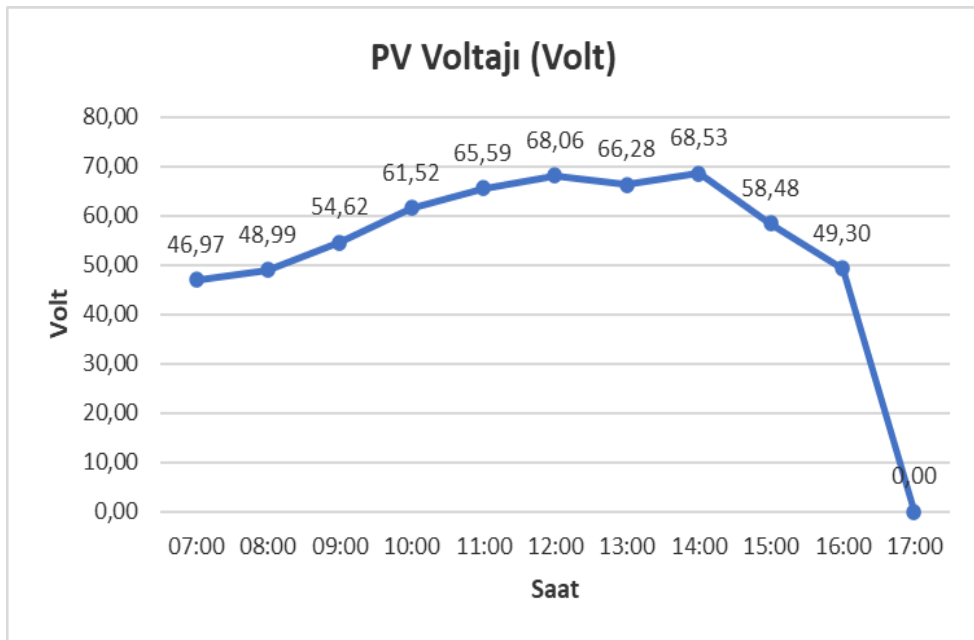
Şekil 4.9 Akü Kapasitesi (04.04.2022)



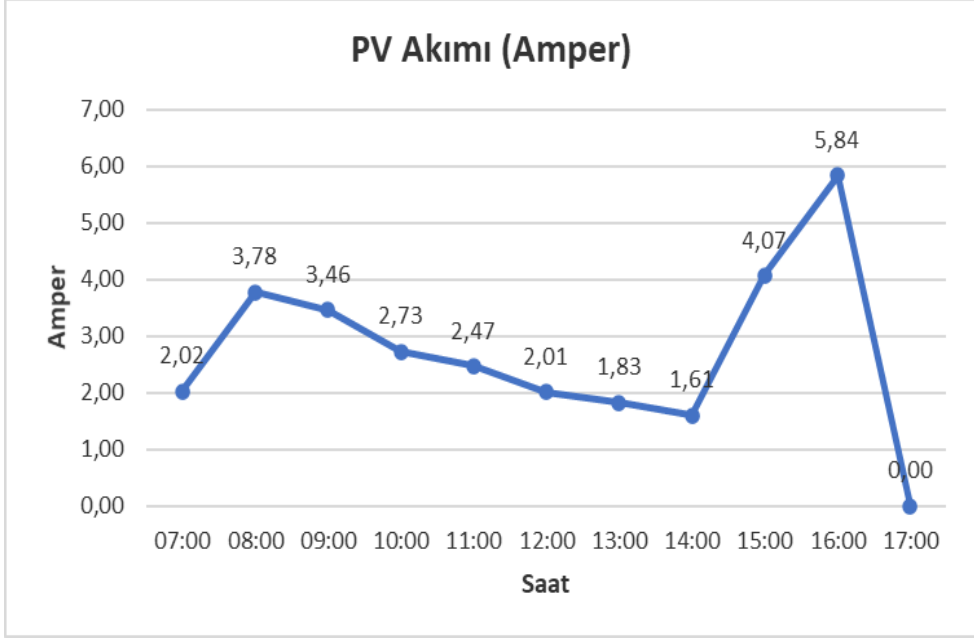
Şekil 4.10 Ordu Güneş Işınım Değeri (04.04.2022)

Grafiklere bakıldığında panellerde sabah 07:00'da enerji üretiminin başladığı ve akşam 18:00'da enerji üretiminin sonlandığı görülmektedir. Alınan verilere göre 04.04.2022 pazartesi, ortalama panelden gelen gerilim 56,23V, batarya gerilimi 51,38 V ve inverter ise 229,68 V gerilim değerini vermiştir. PV panellerde üretilen gerilimin gün içi 46V – 61V arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Güneş ışınımına göre panellerde üretilen akım ve güç değeri gün içi değişim göstermiştir. Gün içinde en yüksek anlık panel güç değeri 609W ve en yüksek akım değeri 11A olduğu saptanmıştır. Pompa denemesi yapılmadığında herhangi bir çıkış değerine ulaşılmamıştır.

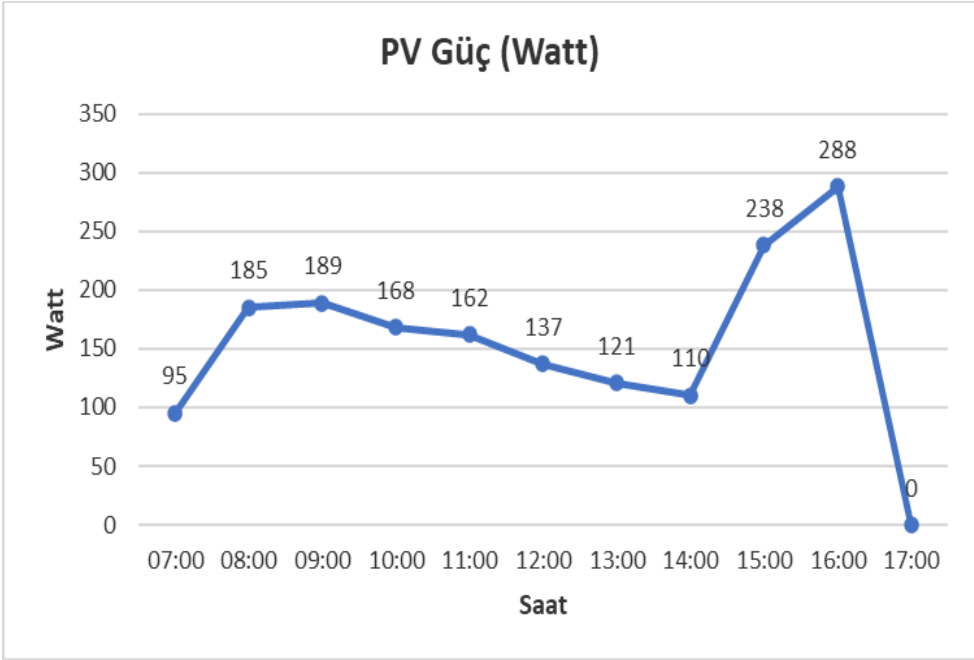
Sistemden elde edilen verilere göre 05.04.2022 tarihinde, invertör girişindeki ortalama doğru akım gerilim 53,05 V iken, batarya voltajı 52,06 V, inverter voltajı 230,03 V olarak saptanmıştır.



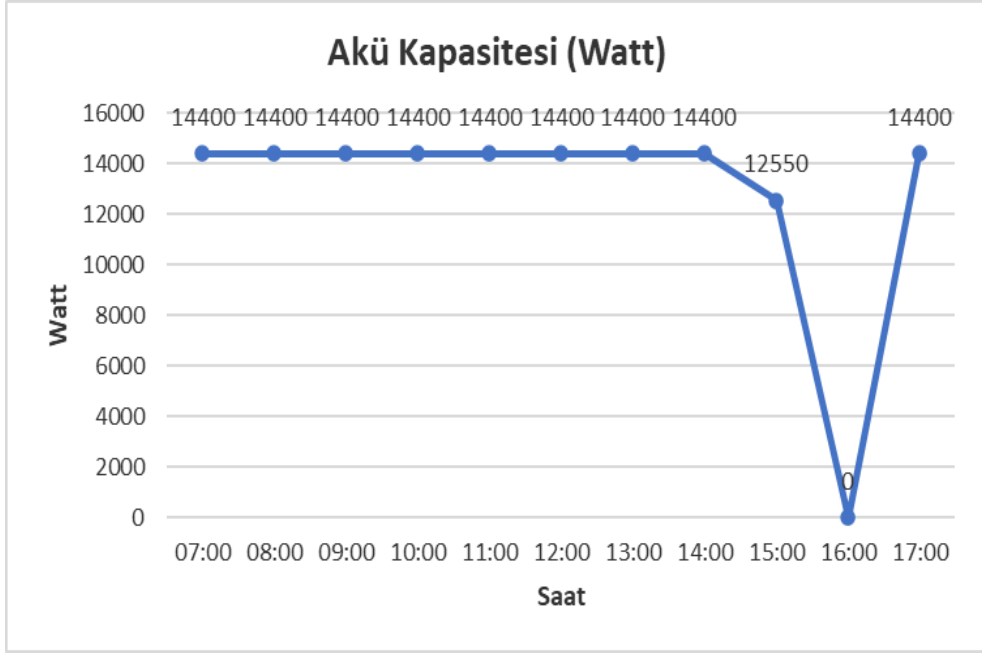
Şekil 4.11 Panel Gerilimi (05.04.2022)



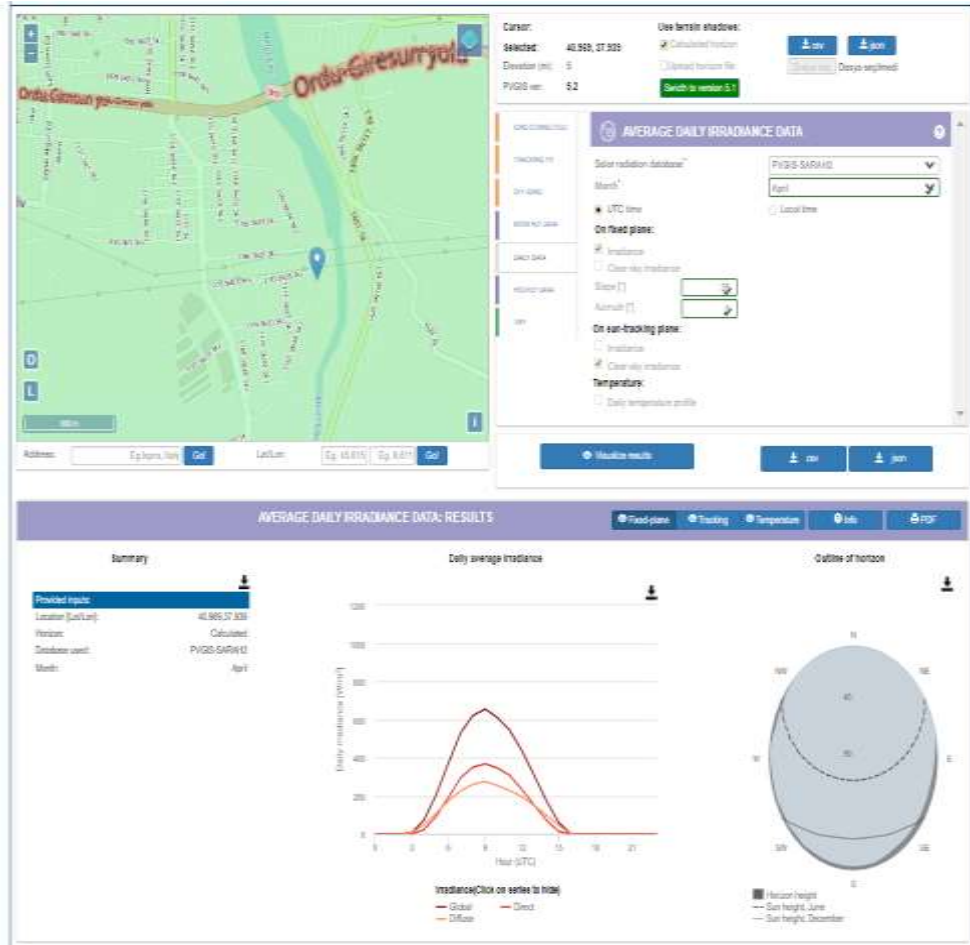
Şekil 4.12 Panel Akım Değeri (05.04.2022)



Şekil 4.13 Panel Güç Değeri (05.04.2022)



Şekil 4.14 Akü Kapasitesi Değeri (05.04.2022)



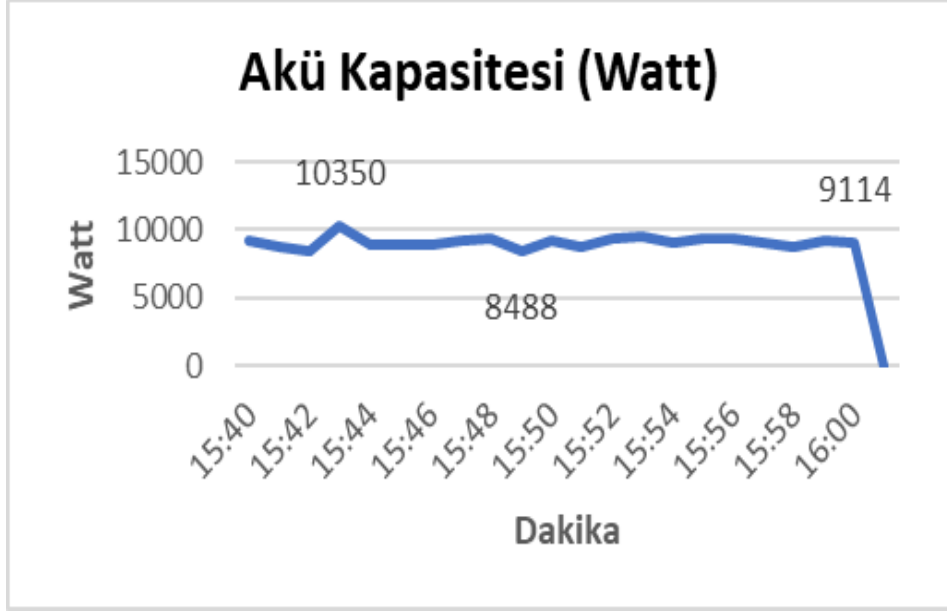
Şekil 4.15 Ordu Güneş Işınım Değeri (05.04.2022)

Grafiklere bakıldığında panellerde sabah 07:00'da enerji üretiminin başladığı ve akşam 17:00'da enerji üretiminin sonlandığı görülmektedir. Alınan verilere göre 05.04.2022 salı, ortalama panelden gelen gerilim 55,43V, batarya gerilimi 52,01 V ve inverter ise 229,67 V gerilim değerini vermiştir. PV panellerde üretilen gerilimin gün içi 47V – 70V arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Güneş ışınımına göre panellerde üretilen akım ve güç değeri gün içi değişim göstermiştir. Gün içinde en yüksek anlık panel güç değeri 475W ve en yüksek akım değeri 9A olduğu saptanmıştır.

Sistemden elde edilen verilere göre 04.04.2022 pazartesi, inverter girişindeki ortalama doğru akım gerilim 60,23 V iken, batarya voltajı 52,18 V, inverter voltajı 227,65 V olarak saptanmıştır.

Pompa denemesinde önceki çalışmaya paralel olarak panel gerilim değeri 61,57V üzerine çıktığı 10:00 da başlanmış ve doğrudan güneş enerjisi ile saat 15:00 da 58,48V değerine düşüncü sonlandığı görülmüştür. Güneş ışınımının zayıf olması nedeniyle saat 15:40'ta sadece bataryalardan enerji verilerek pompa çalıştırılmış ve tam dolu olmasına rağmen 21 dakika sonra çalışmayı durdurmuştur.

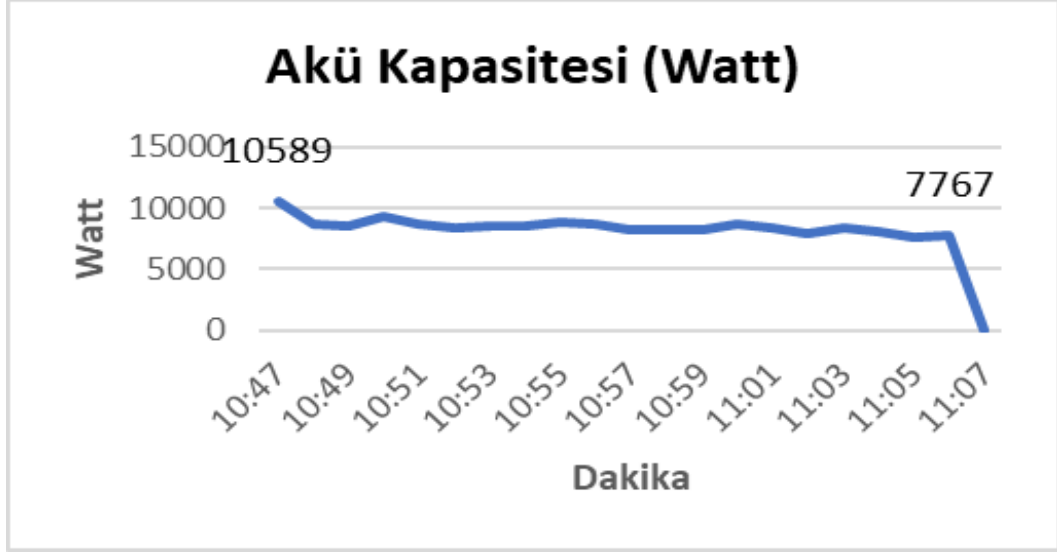
Bataryaların toplam kapasitesi önceki çalışmalardan gelen 4'er seri bağlantılı akü gruplarının paralel olarak bağlanmasıyla 2 katına çıkartılmıştır. Daha önceki çalışmada sadece bataryadan enerji karşılandığında pompanın 3 saate yakın süre boyunca çalıştığı belirlenmiştir. Kapasitenin 2 katı artmış olması 6 saate varan bir çalışma süresi sağlamayı gerektirmektedir. Doğrudan bataryalardaki verim kaybını kontrol etmek amacıyla güneş ışınımı olmadan yada çok düşük değerlerde olduğu durumda yapılan denemelerde; pompa ilk testte 21 dakika, ikinci testte 15 dakika ve son testte ise 20 dakika gibi kısa sürede çalışmayı durdurmuştur. Ardından güneş ışınımının düşük olduğu durumda bile kısa sürede batarya kapasitesi %100 olduğu görülmüştür. Bataryaların tekrar %100'e ulaşması yaklaşık 10 dakika sürmüş ve ardından tekrar pompa çalıştığında 4 dakika içerisinde sistem kapanmıştır. Bu deneme defalarca yapılmış ve 10-4 dakika döngüsü değişmemiştir. Ayrıca tam dolu bırakılan bataryaların gecedan sabaha %57'ye kadar düşüş olduğu görülmüştür. Farklı 3 günde yapılan sadece bataryadan enerji sağlanan denemeler Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.16 Pompa Çalışması Akü Kapasitesi Değişimi (04.04.2022)



Şekil 4.17 Pompa Çalışması Akü Kapasitesi Değişimi (07.04.2022)



Şekil 4.18 Pompa Çalışması Akü Kapasitesi Değişimi (09.04.2022)

4.3 Sistem Hata Bulguları

Çalışma yaptığımız süre boyunca sistem toplam 43 defa hata uyarısı vermiştir. Hata uyarılarının kontrol ettiğimiz parametrelerle ilgili olanlarının tamamı düşük batarya yada batarya kapatılıyor uyarısıdır.

ID	Level	Time	Event
2013	Warning	2022-04-09 11:38:53	Battery under shutdown
2011	Warning	2022-04-09 11:36:15	Battery low alarm
2011	Warning	2022-04-09 11:32:30	Battery low alarm
2013	Warning	2022-04-09 11:21:24	Battery under shutdown
2011	Warning	2022-04-09 11:17:55	Battery low alarm
3010	Message	2022-04-09 11:14:32	Restore to the defaults.
2013	Warning	2022-04-09 11:07:00	Battery under shutdown
2011	Warning	2022-04-09 10:50:08	Battery low alarm
2004	Warning	2022-04-09 10:46:41	LINE_FAIL
3001	Message	2022-04-09 10:46:35	Communication restore
2013	Warning	2022-04-07 17:42:34	Battery under shutdown
2011	Warning	2022-04-07 17:29:55	Battery low alarm
2011	Warning	2022-04-07 07:53:17	Battery low alarm
2004	Warning	2022-04-07 07:53:17	LINE_FAIL
3001	Message	2022-04-07 07:53:11	Communication restore
2004	Warning	2022-04-05 07:54:34	LINE_FAIL
3001	Message	2022-04-05 07:54:28	Communication restore
2011	Warning	2022-04-04 16:16:10	Battery low alarm
2011	Warning	2022-04-04 16:07:29	Battery low alarm
2013	Warning	2022-04-04 16:01:22	Battery under shutdown
2011	Warning	2022-04-04 15:40:54	Battery low alarm
2004	Warning	2022-04-04 07:57:42	LINE_FAIL
3001	Message	2022-04-04 07:57:36	Communication restore
2011	Warning	2022-04-02 23:01:33	Battery low alarm
2011	Warning	2022-04-01 22:17:29	Battery low alarm
2011	Warning	2022-04-01 07:57:42	Battery low alarm
2004	Warning	2022-04-01 07:57:42	LINE_FAIL
3001	Message	2022-04-01 07:57:36	Communication restore
2004	Warning	2022-03-31 07:56:15	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-31 07:56:09	Communication restore
2011	Warning	2022-03-30 07:58:21	Battery low alarm
2004	Warning	2022-03-30 07:58:21	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-30 07:58:15	Communication restore
2004	Warning	2022-03-29 17:35:10	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-29 17:35:03	Communication restore
2004	Warning	2022-03-28 17:28:48	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-28 17:28:42	Communication restore
2004	Warning	2022-03-27 15:21:03	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-27 15:20:57	Communication restore
2004	Warning	2022-03-26 13:41:23	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-26 13:41:16	Communication restore
2004	Warning	2022-03-25 17:07:45	LINE_FAIL
3001	Message	2022-03-25 17:07:37	Communication restore

Şekil 4.19 Sistem Hata-Uyarı Görşeli

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Ülkemizin coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek ve dünya ortalamasının üzerindedir. Devletimiz uzun süredir enerjinin dışa bağımlılığını azaltmaya yönelik çalışmalar yapmakta ve özellikle de son yıllarda güneşten enerji üretimine yönelik yatırım ve teşvik programları yapmaktadır. Bu hem ekonomik anlamda dış ticaret açığının önüne geçilmesini hem de çevreye verilen zarar ve refah kalitesinin artmasına etki edecektir.

Günümüzde elektrik hattı ile ilgili problem olan yerlerde sulama ve hatta ev ihtiyacı için fotovoltaik sistemler tercih edilmektedir. Bu yöntem güneş olduğu müddetçe elektrik sıkıntısı yaşanmaması ve bataryalar ile tamamen bağımsız bir sistem oluşturulabilmesine olanak sağlamaktadır. Ordu ili özelinde düşünüldüğünde tarımsal üretim büyük oranda fındık üretimine dayanmaktadır. Kış, ilkbahar ve sonbaharda açık alanda yapılan tarımda sulama ihtiyacı olmamakla beraber yapılan birçok çalışma özellikle yaz aylarında yapılan sulamanın verim üzerine ciddi fayda sağladığı görülmüştür. Aynı zamanda Dünya genelinde iklim değişikliğinin neden olduğu mevsimsel kaymalar ve öngörülemezlik tarımsal üretimi risk altına almıştır. Sulamanın kontrol altına alınabilmesi, tarımsal üretimdeki risklerden bir kısmını önlememize yardımcı olacaktır. Tabi bunun önünde ki en büyük engel mevcut enerji fiyatlarıdır. Bunun önüne geçmenin yolu ise güneş enerjisidir.

Bu çalışmada 2,2 kW pompayı çalıştırmak için 4 yıl önce kullanılmış ekipmanlarla tasarlanan fotovoltaik sistem kurulumu, çalıştırılması ve kayıt altına alınması ile geçen zaman içindeki verim değişiminin araştırılması çalışması yapılmıştır. Bu amaçla Ordu Üniversitesi proje uygulama alanında kurulumu yapılan şebeke bağlantısız PV sistemde; 6 adet panel, 8 adet batarya, 5 kVA inverter, AC/DC kesici ve sigortalar ve hepsini içine alan sistem panosu kullanılmıştır.

Sistem gerek duyulması halinde şebeke bağlantılı (ongrid) sistem olabilecek durumdadır. Güneş olduğu sürece paneller enerji üretmekte, bu enerji istenildiğinde doğrudan pompayı, istenirse de bataryaları şarj etmektedir. Bataryalar bağlantı yapıldığı takdirde inverter üzerinden şebeke vasıtasıyla da şarj edilebilmektedir. Bu şekilde bir hibrit uygulama bataryaların derin deşarj olmadan ve kesintisiz çalışmasını sağlayacaktır.

Bu sistem bilgisayar bağlantısı olduğu sürece tüm üretim ve çıkış bilgilerini kayıt altına almıştır. Aynı zamanda internet bağlantısı ile uzaktan takibi de yapılabilmektedir.

Çalışmamızda daha önceki çalışmanın hava verilerine en yakın 3 gün seçilmiştir. Bataryaların tam dolu olduğu ve güneş ışınlarının geldiği her saatte testler yapılmıştır. Sulama pompaları güneş ışınımının doğrudan çalışmasına yeterli olduğu saatlerde doğrudan güneş enerjisi ile çalışmıştır. Panellerden gelen enerjinin bulutlanma nedeniyle az olması yada hiç olmaması durumunda ise bataryalar devreye alınmıştır.

Araştırmamız sonucunda fotovoltaik panellerin üretim değerlerinde ve inverterin çalışma veriminde kayda değer bir kayıp olmadığı görülmüş ve daha önceki çalışmaya paralel bulgulara ulaşılmıştır. Bu üretici firmaların birçoğunun resmi olmayan 5 yıl inverter ve 20-25 yıl panel ömrü ile de uyuşmaktadır.

Ancak bataryaların toplam kapasitesi 2 katına çıkartılmış olmasına rağmen ilk denemede pompa enerji ihtiyacının sadece batarya bağlantısından karşılandığı durumda 21 dakika, ikinci denemede 15 dakika ve son denemede ise 20 dakika gibi kısa sürede tamamen tükenmiş ve pompa çalışmayı durdurmuştur. Ardından güneş ışınımının düşük olduğu durumda bile kısa sürede batarya kapasitesi %100 olduğu görülmüştür. Dolma işlemi başladıktan 10 dakika sonra %100 kapasiteye ulaştığı görülmüştür. Pompa tekrar çalıştırıldığında ise 4 dakikada sistemin çalışmayı durdurduğu görülmüştür. Bu döngü sürekli devam etmektedir. Ayrıca gece alınan veriler ve sabahları erken saatlerde yapılan kontrollerde herhangi bir enerji tüketimi olmamasına rağmen önceki günden tam dolu bırakılan batarya kapasitesinin %57 ile %62 aralığında değerlerle enerji üretimi ile dolmaya başladığı görülmüştür. Önceki çalışmaya göre enerjinin sadece bataryadan karşılandığında çalışma süresinde %95'e varan verim kaybı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu da bataryaların kullanım ömrünü tamamladığını göstermiştir. Ancak üreticileri tarafından 200-400 döngü olarak sunulan kullanım ömrü konusunda toplam kaç döngü yapıldığını bilmediğimizden yorum yapamaktayız.

Bu çalışma da göstermektedir ki bataryaların ömrü doğru kullanım, bakım ve muhafaza şartları ile doğrudan ilgilidir. Fotovoltaik sistemlerde maliyetin önemi

düşünülürse ve ömrü en kısa olan bileşenin batarya olduğu eklendiğinde verim çalışmasının sıfırdan ve standartları belirlenmiş sabit bir çalışma yapılması ve yıldan yıla verim değişimlerinin incelenmesi daha doğru olacaktır.

Güneş çalışmalarının tamamen devlet politikası haline alması ve ciddi oranda reklam çalışması yapılması, insanlarda çevre bilinci geliştirilerek yenilenebilir enerjilerin cazibenin artırılmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Küresel iklim değişikliğinin her geçen gün daha hissedilir olduğu ve bu nedenle acilen harekete geçilmesi gerekliliği unutulmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Aksoy, M. (2011). Güneş ve Rüzgar Enerjisi ile Çalışan Su Pompalama Sisteminin Deneysel İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Anonim, (2022a). Renewables. International Energy Agency, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables-> (Erişim tarihi: 01.02.2022).
- Anonim, (2022b). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa-> (Erişim tarihi: 01.02.2022).
- Anonim, (2022c). Güneş. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes-> (Erişim tarihi: 01.02.2022).
- Anonim, (2022ç). Fotovoltaik Güneş Pilleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, <https://web.itu.edu.tr/~kaymak/PV.html->(Erişim tarihi: 01.02.2022).
- Anonim, (2022d). Ülkelere Göre Güneş Enerjisi. <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html->(Erişim tarihi: 12.03.2022).
- Anonim, (2022e). Resources. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/eigm-resources->(Erişim tarihi: 12.03.2022).
- Anonim, (2022f). Güneş. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes->(Erişim tarihi: 12.03.2022).
- Anonim, (2022g). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/52.aspx-> (Erişim tarihi: 12.03.2022).
- Anonim, (2022ğ). Güneş Hücreleri. https://tr.wikipedia.org/wiki/Güneş_Hücreleri- (Erişim tarihi: 12.03.2022).
- Anonim, (2022h). Şebeke Bağlantılı ve Bağlantısız Sistemler. <http://www.solar-akademi.com/->(Erişim tarihi: 12.03.2022).

- Anonim, (2022ı). Güneş Panelleri Nedir? Nasıl Çalışır? Ne İşe Yarar?.
[https://tureco.com.tr/blog/gunes-panelleri-nedir-\(Erişim tarihi: 12.03.2022\).](https://tureco.com.tr/blog/gunes-panelleri-nedir-(Erişim tarihi: 12.03.2022).)
- Anonim, (2022i). Ordu İli mart 2022 – nisan 2022 güneş ışınım değerleri,
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#api_5.2-\(Erişim tarihi: 07.04.2022\).](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#api_5.2-(Erişim tarihi: 07.04.2022).)
- Atay, B. (2020). Çatı Tipi Güneş Panellerinin Verimini Etkileyen Çevresel Parametrelerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Atmaca, M., Yusufoglu, G., & Kurtuluş, A. (2014). Güneş Enerjili Sulamanın Tarım Sektöründe Uygulaması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 142-153.
- Çağlayan, N. & Ertekin, C. (2011). Güneş Pili (PV) Pompalama Sistemleri: PV Su Pompalama Sistem Kurulumu Üzerine Bir Çalışma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Dergisi*, 24, 115-123.
- Çıngı, A. (2019). Güneş Enerjisi Elektrik Santrallerinde Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Enerji Verimliliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kilis.
- Fıratoğlu, Z.A. & Yeşilata, B. (2003). Fotovoltaik Sistemlerin Optimum Dizayn ve Çalışma Koşulları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 147-158.
- Gençoğlu, E. (2015). Güneş Pili işe Çalışan Bir Su Pompalama Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- Kıyga, P. (2013). Fotovoltaik GüçSistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

- Köksal, M. (2012). Güneş Enerjisiyle Su Pompalama Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Özek, E. (2009). Peyzaj Mimarisi Uygulamalarında Güneş Enerjisinin Kullanımının Değerlendirmesine Yönelik Bir Araştırma ve Yalova-Termal Yolu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özsoy, MF. (2011). Hibrit Rüzgar-Güneş Enerji Üretim Sistemi ile Bir Elektrik Laboratuvarının Genel Aydınlatma Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı, Afyonkarahisar
- Seyitoğlu, S. (2012). Kayseri İlinde Güneş Enerjisi İle Sulama Sistemi Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Topuz, A., Erdoğan, B. & Taşkaya, G. (2017). Fotovoltaik Etki ile Çalışan Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Modellenmesi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7, 356-363.
- Yeşilata, B. & Aktacir, MA. (2001). Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 42, 29-34.
- Yılmaz, A. (2019a). Fotovoltaik Sistem ve Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Fındıkta Sulama Uygulamalarının Verim ve Verim Bileşenlerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Ordu.
- Yılmaz, T. (2019b). Sulama Amaçlı Kurulan 2,2 kW Fotovoltaik Sistemin Uzaktan Denetimi ve Veriminin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Ordu.
- Yusufoğlu, G. (2013). Şebeke Elektrığının Bulunmadığı Tarımsal Alanlarda Güneş Enerjisiyle Sulamanın Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

Zeray, C. (2010). Renewable Energy Sources. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Muştak Doğukan YİNANÇ
Doğum Yeri	Elbistan
Doğum Tarihi	25.02.1988
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	505 368 97 09
E-Posta Adresi	dogukanyinanc@hotmail.com
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ege Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Ziraat Mühendisliği-Tarım Makinaları
Mezuniyet Yılı	19.08.2011
Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	
Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	

