



**FOTOVOLTAİK DESTEKLİ ABSORBSİYONLU
SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Damla DOĞAN
(121120105)**

**Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği
Programı: Termodinamik
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ**

Temmuz - 2018

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOVOLTAİK DESTEKLİ ABSORBSİYONLU
SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Damla DOĞAN

(121120105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 19 Haziran 2018

Tezin Savunulduğu Tarih: 09 Temmuz 2018

Tez Danışmanı :

Prof. Dr. Cengiz YILDIZ (F.Ü.)



Diğer Jüri Üyeleri :

Doç. Dr. Gülşah ÇAKMAK (F.Ü.)



Doç. Dr. Rasim BEHÇET (İ.Ü.)



TEMMUZ-2018

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu çalışmada desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Cengiz YILDIZ' a yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın gerçekleşmesinde bana destek veren Makine Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca özverili bir şekilde sürekli yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Saygılarımla.

Damla DOĞAN
ELAZIĞ – 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ	1
1.1 . Literatür Araştırması	2
1.2. Güneş Enerjisi	14
1.2.1 Güneş Enerjisinden Faydalanma Yolları	15
1.2.2 Güneş Enerjisinin Türkiye’ deki Mevcut Durumu.....	15
1.3. Fotovoltaik Paneller	18
1.3.1 Fotovoltaik Panellerin Tarihsel Gelişimi.....	18
1.3.2 Fotovoltaik Panellerin Avantajları ve Dezavantajları	19
1.3.3 Fotovoltaik Panellerin Yapısı ve Çalışma Prensibi.....	20
1.3.4 Fotovoltaik Panel Çeşitleri.....	22
1.3.4.1. Kristal silisyum fotovoltaik panel	22
1.3.4.2. Monokristalin Tip Fotovoltaik Panel	22
1.3.4.3. Polikristalin Tip Fotovoltaik Paneller	23
1.3.4.4. İnce Film Fotovoltaik Panel	23
1.3.4.5. Amorf Silikon Tip Fotovoltaik Paneller.....	24

1.3.4.6. CIS Tip Fotovoltaik Panel (Copper- Indium- Diselenid/ Bakır- İndiyum- Diselenid):	24
1.3.5. Fotovoltaik Panellerin Verimliliği	25
1.3.6. Fotovoltaik Panel Sistemleri	26
1.3.6.1. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Panel Sistemleri	26
1.3.6.2. Bağımsız Fotovoltaik Panel Sisteminin Yapısı ve Özellikleri	27
1.3.6.3. Bağımsız Sistemler ile Şebeke Bağlantılı Sistemlerin Karşılaştırılması	30
1.3.6.4. Şebekeye Bağlı Sistemin Avantajları	31
1.3.6.5.Şebekeye Bağlı Sistemin Dezavantajları.....	31
1.3.7. Fotovoltaik Panellerde Verim Analizi	32
1.4. Soğutma ve Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri	34
1.4.1. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi	36
1.4.2. Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimi	36
1.4.3. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi	38
1.4.4. Sistem Bileşenleri.....	40
1.4.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminde Kullanılan Akışkan Çiftleri	41
1.4.6. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinde Enerji Analizi.....	42
2. MATERYAL ve METOT.....	46
2.1. Sistemde Kullanılan Elemanlar	48
2.1.1. Absorbsiyonlu Soğutucu.....	48
2.1.2. Fotovoltaik Panel	49
2.1.3. Şarj Regülatörü	50
2.1.4. Akü.....	51
2.1.5. İnverter	52
2.2.Deneylerde Kullanılan Ölçme Cihazları	53
2.2.1.Piranometre	53

2.2.2.Dijital Termometre.....	53
2.2.3.Dijital Multimetre	54
3. BULGULAR	55
3.1.Şehir Şebeke Bağlantılı Absorbsiyonlu Soğutma Sistem Analizi	55
3.2. Fotovoltaik Absorbsiyonlu Soğutma Sistem Analizi	56
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	77



ÖZET

Dünya ülkelerinin temel ihtiyaçlarından biri enerji kaynaklarıdır. Yenilebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi her yerde bulunabilen bir enerji olup, çevreye zarar vermemesi nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Bu nedenlerden dolayı fosil yakıtlara göre daha çok avantaja sahip olan güneş enerjisi önemli enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Bu yönde yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması önemli olup, fotovoltaik panel sistemleri ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır.

Bu çalışmada, fotovoltaik panel destekli absorpsiyonlu soğutma sisteminin ısı analizinin yapılması hedeflemiştir.

Bu amaçla yapılan çalışmada fotovoltaik panel ile birleştirilmiş absorpsiyonlu soğutma sistemi tasarlanmıştır. Birleştirilmiş sistemde deneyler yapılarak ısıtım, sıcaklık ve akım değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiklere aktararak sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Güneş Enerjisi, Fotovoltaik panel, Absorpsiyonlu soğutma

ABSTRACT

DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC ASSISTED ABSORPTION COOLING SYSTEM

One of the basic needs of the world's countries is energy resources. Solar energy from renewable sources of energy is an energy that can be found everywhere and it has an important place because it does not harm the environment. Because of these reasons, solar energy, which has more advantages than fossil fuels, has become one of the important energy sources. The use of renewable energy sources is important in this respect and the studies about photovoltaic battery systems have gained speed.

In this study, thermal analysis of photovoltaic battery assisted absorption cooling system was aimed. For this purpose, in this work, an absorbent cooling system combined with photovoltaic battery is designed. The radiation, temperature and current values were determined by conducting experiments with the combined system. The results obtained are transferred to the graphs and the results are interpreted

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic panel, Absorption cooling

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Türkiye'nin güneşlenme haritası[80].	17
Şekil 1.2. a) Elazığ global radyasyon değerleri (KWh/m ₂ -gün) b)Elazığ güneşlenme süreleri (h) [80].	18
Şekil 1.3. P-N eklemine oluşturulması	21
Şekil 1.4. Güneş Panellerinin Yapısı	21
Şekil 1.5. Monokristal panel yapısı[85]	23
Şekil 1.6. Amorf silikon fotovoltaiik panel.[85]	24
Şekil 1.7. Şebeke bağlantılı fotovoltaiik panel sistemleri[89]	27
Şekil 1.8. Bağımsız fotovoltaiik sistem [89]	28
Şekil 1.9. Şebekeden bağımsız bir fotovoltaiik panellerde enerji sistemi elemanları	29
Şekil 1.10. PV modüllerdeki açık devre, kısa devre ve yüklü bağlantı[91]	32
Şekil 1.11. PV hücrenin akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) özellikleri [93]	33
Şekil 1.12. Güç –Gerilim grafiği[94].	34
Şekil 1.13. Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma çevrimi	36
Şekil 1.14. Basit absorbsiyonlu çevrim.	37
Şekil 1.15. Amonyak/su Absorbsiyonlu soğutma sistemi[96]	38
Şekil 1.16. Tek kademeli absorbsiyonlu sistem.	39
Şekil 1.17. Sistemde kullanılan tek kademeli bir absorbsiyonlu soğutma sisteminin genel yapısı.	43
Şekil 1.18. Absorbsiyonlu sistemin enerji modeli	43
Şekil 2.1. Tasarıma ait şematik resim	46
Şekil 2.2 Sistemin genel görünümü	47
Şekil 2.3. Termokupl bağlantıları	48
Şekil 2.4. Buzdolabının iç ve dış görünümü	49
Şekil 2.5. Sistemde kullanılan fotovoltaiik panel.	50
Şekil 2.6. Şarj Regülatörü	51
Şekil 2.7. Akü	51
Şekil 2.8. İnverter.	52
Şekil 2.9. Piranometre	53
Şekil 2.10. Dijital termometre	54

Şekil 2.11. Dijital Multimetre	54
Şekil 3.1. Şebeke bağlantılı absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi.....	55
Şekil 3.2. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi(02 Haziran 2017)	56
Şekil 3.3. Fotovoltaik destekli absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(02 Haziran 2017).....	57
Şekil 3.4. Fotovoltaik panelde voltaj ve akımın zaman ile değişimi(02 Haziran 2017)	58
Şekil 3.5. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi(08 Temmuz2017).....	59
Şekil 3.6. Fotovoltaik destekli absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(08 Temmuz 2017)	59
Şekil 3.7. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi(10 Ağustos 2017).....	60
Şekil 3.8. Fotovoltaik destekli absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(10 Ağustos 2017)	61
Şekil 3.9. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi(15 Eylül 2017)	62
Şekil 3.10. Fotovoltaik destekli absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(15 Eylül 2017).....	62
Şekil 3.11. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi(27 Ekim 2017)	63
Şekil 3.12. Fotovoltaik destekli absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(27 Ekim 2017).....	64
Şekil 3.13. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi (15 Ocak 2018).....	65
Şekil 3.14. Fotovoltaik destekli absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(15 Ocak 2018)	65
Şekil 3.15. Fotovoltaik pabde voltaj ve akımın zaman ile değişimi(15 Ocak2018)	66

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye'nin aylara göre güneş enerji değerleri[79].....	16
Tablo 1.2. Türkiye'nin bölgelerine göre güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi[81].	17
Tablo 1.3. Fotovoltaik panellerde en yüksek verimlilikler.....	25
Tablo 1.4. Fotovoltaik panelde kullanılan maddelerin dünya rezervleri ve üretimi.....	25
Tablo 1.5. Absorpsiyonlu soğutma makineleri için ikili karışımlar.	42
Tablo 1.6. Suyun Fiziksel Özellikleri.....	45
Tablo 1.7. Amoyağın fiziksel özellikleri.....	45
Tablo 2.1 Sistemde kullanılan fotovoltaik panelin teknik özellikleri.....	50
Tablo 2.2 Şarj regülatörünün teknik özellikleri.....	51
Tablo 2.3. Kullanılan inverterin teknik özellikleri	52
Tablo 2.4. Dijital termometre teknik özellikleri	54

SEMBOLLER LİSTESİ

A	: Panel alanı (m^2)
COP	: Soğutma sisteminin etkinlik katsayısı
C_p	: Özgül ısı (kJ/kgk)
FF	: Dolgu faktörü
h₁	: Buharlaştırıcıya soğutkanın giriş entalpisi(kJ/kg)
h₂	: Buharlaştırıcıdan soğutkanın çıkış entalpisi(kJ/kg)
h₄	: Jeneratör giriş entalpisi (kJ/kg)
h₆	: Jeneratör çıkış yoğuşturucu giriş entalpisi (kJ/kg)
h₇	: Yoğuşturucu çıkış entalpisi(kJ/kg)
I_{sc}	: Kısa devre akımı(A)
I_g	: Işınım şiddeti(W/m^2)
I_m	: Maksimum akım(A)
m	: Kütlesel debi(kg/h)
P	: Güç(W)
P_m	: Maksimum güç(W)
Q_e	: Buharlaştırıcı ısısı (kW)
Q_j	: Jeneratör ısısı (kW)
Q_c	: Yoğuşturucu ısısı (kW)
V_{oc}	: Açık devre gerilimi(V)
V_m	: Maksimum gerilim(V)
η	: Fotovoltaik panel verimi

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle çözüm önerileri ve yeni enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır. 1974 yıllarda petrol fiyatının 11 dolara 1980 yıllarda 30 dolara çıkmasıyla enerji dönüşüm araçları yeniden gözden geçirilmiş, sınırlı olan enerji kaynaklarından dolayı yeni arayışları başlamıştır. Bu yönde yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması önemli olup, çalışmalar bu yönde hız kazanmıştır.

Güneş enerjisi yenilebilir enerji kaynaklarının başında gelmekte olup, kullanım alanı çok fazladır. Güneş enerjisi ısıtma, soğutma, kurutma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle soğutma sistemlerinde alternatif enerji kullanım çalışmaları ile yeni soğutma sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Türkiye 2640 saat/yıl değer ile ortalama güneşlenme süresine ve 290W/m^2 ile de toplam güneş ışınlamı ortalamasına sahiptir[1]. Bu değerler Avrupa için sırasıyla olarak 1500 saat/yıl ve 105 W/m^2 dir. Bu bakımdan ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli ile Avrupa'nın en şanslı ülkesi durumundadır. Bu nedenle güneş enerjisi sistemlerinin geniş çapta kullanılması ülke enerji sektörüne ve sonuçta ekonomiye etkin yarar sağlayacaktır.

Bu yönde yapılan çalışmalar arasında absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin kullanılması önem arz etmektedir. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde güneş enerjisinin kullanılabileceği bir uygulama tasarlanması ile enerji ekonomisine büyük kazanç sağlanabilecektir. Mekanik enerji kullanmadan sadece güneş enerjisinden faydalanılmasının yanı sıra bu sistemlerde hareketli parçalar olmadığından tamir ve bakım masrafı da minimum düzeyde olmaktadır. Sistem direkt güneş enerjine bağımlı olup, başka bir enerjiye bağımlı olmadığı için her yerde kurulması mümkündür. Ayrıca, gürültü ve kirlilik gibi çevre problemleri de bu sistemle azaltılabilecektir.

Bu çalışmada şehir şebeke akımlı enerji tüketimini azaltmak amacıyla NH_3 -su çiftli absorbsiyonlu soğutma sisteminin fotovoltaik panel destekli güneş enerjisi ile çalıştırılması için uygun sistem tasarlanarak deneysel çalışma yapılmıştır. Deneysel çalışma sırasında ışınlam değerleri, çevre sıcaklığı ve soğutma kabini sıcaklıkları tespit edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1 . Literatür Araştırması

Güneş enerjisi teknolojisini kullanarak uygulanan fotovoltaik sistemler ve soğutma sistemlerinde performansı yükseltmek ve enerji kazancını arttırmak için birçok bilimsel çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu bağlamda literatürde yapılan bilimsel çalışmaların bir bölümü aşağıda verilmiştir.

Öztürk ve ark. [2] yaptıkları çalışmada şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız bir şekilde herhangi bir evin fotovoltaik enerji sistemlerinin maliyet analizini yapmışlardır. Yapılan uygulamaya göre şebeke bağımlı veya şebekeden bağımsız sistemin yılda ürettikleri güç miktarını bulmuşlar ve bununla beraber birim ünite başına düşen maliyetin elektrik üretim kapasitesiyle azaldığını görmüşlerdir.

Okyay[3] Kütahya şartları için fotovoltaik panellerin, kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmalarında 10 adet fotovoltaik panel, şarj regülatörü, akümülatör, inverter, transformatör, yük ve ölçü aletlerini kullanmıştır. Bunun sonucunda elde edilen verilerle panel verimi şarj regülatör verimi, akümülatör verimi ve invertör verimini çıkarmıştır. Sonuç olarak Kütahya ili baz alınarak yapılan çalışmada güneş enerjisi kullanımının iyi bir çözüm olduğuna karar vermişler ve yapılan deneyler sonucu verimliliği artırmak için panel açısını 35 dereceye getirmişlerdir.

Çelik ve ark. [4] yaptıkları çalışmada güneş enerjisini ayrıntılı olarak incelemiş sistemle ilgili bilgiler vermiş, Türkiye'deki ve dünyadaki fotovoltaik panellerle ilgili yapılan çalışmaların kullanılabilirlik durumunu açıklamışlardır..

Çolak ve ark.[5] ülkemizdeki enerji durumunu analiz etmiş bu konuda ayrıntılı bilgiler vermiştir. Türkiye'nin bu konuda hangi aşamada olduğunu gerekli uygulamaların ne kadar yeterli olduğunu çalışmada sunmuşlardır.

Lenain ve ark.[6] fotovoltaik enerji sistemleri için kurşun-asit ve nikel-kadmiyum hücreler ve panelleri incelemişlerdir.

Demircan ve ark. [7] günümüzde kullanılan fosil yakıtların çevreyi zararlı hale getirdiğinden dolayı güneş enerjisi kullanım yaygınlığının artırılması gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Konu ile ilgili çalışmada güneş enerjisinden elektrik üretiminin maliyet olarak yüksek olduğundan ve birtakım engellerden bahsetmişlerdir. Fotovoltaik panellerin

yaygın olarak okullarda ders olarak verilmesinden ve devlet destekli çalışmaların artırılması gerektiğini çalışmada belirtmişlerdir.

Dinçadam[8] fotovoltaiik panel yardımıyla 132 watt gücündeki rezistans ile depodaki 4 litre sunun ısıtıldığı ve ışığa duyarlı olarak çalışan 15 watt gücündeki lambanın yakıldığı ve 36 watt gücündeki DC motorunun çalıştırıldığı elemanlar için gerekli enerjinin üretiminde güneş takip sistemini uygulamıştır.

Çakır[9] elektrik enerjisinin olmadığı bir yerde soğutma yapılabilmek için güneş enerjisinden yararlanılarak termoelektrik soğutma tasarlamıştır. Bunun için termoelektrik modül ve fotovoltaiik paneli ortam şartlarına göre belirlenmiş termoelektrik soğutucunun cihaz dış sıcaklığı, dış sıcaklığı, modül soğuk ve sıcak yüzey sıcaklığı, fotovoltaiik panelden alınan akım ve gerilim değerlerini ölçmüş ve değerlendirmiştir. Yapılan deneyler sonucunda sistemin performans katsayısının dış sıcaklığa ve fotovoltaiik panelden alınan ışıyıma bağılı olduğunu görülmüş daha düşük iç sıcaklıklar elde etmek için termoelektrik modül sayısının ve fotovoltaiik panel sayısının artırılması gerektiğı açıklanmıştır.

Batman[10] fotovoltaiik panelin veriminin arttırılması için deneysel ve sayısal olarak çalışmalar yapmıştır. Çalışmada algoritmayla kontrol edilen sistemin sürekli güneşı izleyen panelden daha verimli olduğunu tespit etmiştir.

Dinçer[11] tarafından yapılan çalışmada güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi üzerinde durulmuştur. Hergün giderek yaygınlaşan fakat ülkemizde bu durumun Avrupa ülkelerine göre daha az bir ilgi gördüğünü açıklamıştır. Avrupa ülkelerinde bu durumun yaygınlaşması için yapılan çalışmaların geniş bir boyutta olduğunu belirtmiştir. Çalışmada ülkemizdeki güneş enerjisi kullanımıyla Avrupa ülkelerindeki kullanımını karşılaştırmış ve maliyet analizini yapmıştır.

Lalılar[12] yaptığı çalışmada yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının yaygınlaşmasından bahsetmiştir. Çalışmalarında solar enerjiyi iletişim alanında kullanmışlar bununla ilgili bilgileri, uygulamaları anlatmıştır. Çalışmanın elde edilen sonuçlara dayanarak uygulamanın iletişim alanındaki kullanım sıklığının az olduğunu ve yaygınlaştırılması gerektiğini savunmuştur.

Lee ve ark. [13], bir mikrokotrolör kullanarak fotovoltaiik batarya şarj sistemi için yeni bir kontrol algoritması geliştirmişlerdir. Önerilen algoritma doğrudan mikroişlemci tabanlı

bir birim tarafından kontrol edilmektedir. Sonuçta elde edilen sistem ile fotovoltaik sistemde mevcut döngü ile ilişkili kararsızlığı ortadan kaldırılmışlardır.

Schaetzle ve Boden [14] fotovoltaik uygulamalar için kurşun-asit bataryaların işletme, bakım ve çevrim ömrü verilerini incelemiş ve yorumlamışlardır.

Altın ve ark.[15] maksimum enerjiyi tespiti için bir fotovoltaik sistemi LabVIEW ve MATLAB/Simulink programları kullanılarak tasarlamışlardır. Çalışmada panel, dönüştürücü ve maksimum güç elde edilen noktayı izleme algoritmasını kullanmışlardır. Sonuç olarak tasarlanan similatör üreticilerden alınan katalog bilgileri girilerek modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece farklı modüllerin çeşitli ışınlım, sıcaklık, yük koşulları bilgisayar ortamında analiz etmişlerdir.

Özçalık ve ark.[16] fotovoltaik panelin bir diyotlu matematiksel modelini oluşturmuşlar ve güneş enerjisini etkileyen değerlerin karakteristikleri nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Oluşturulan modeli ışınlım ve sıcaklığının dışında devrenin paralel kol sayısına, seri direncine, hücre sayısına , yarı iletken sabiti gibi değişkenleri göz önünde bulundurarak araştırmışlardır.

Öztürk[17] tarafından yapılan çalışmada fotovoltaik panelden elektrik enerjisi elde etmek için çeşitli yöntemler incelenmiş ve bir karavanda güneş enerjisinden yararlanılarak fotovoltaik panel ile elektrik enerjisi elde etmenin teknik ve ekonomik analizlerini ve konvansiyonel sistemlerle karşılaştırması yapılmıştır.

Yılmaz ve ark.[18]nın yaptıkları çalışmada fotovoltaik panelin iki diyotlu eşdeğer devresi kullanılarak modellenmesi yapılarak, değişkenlerin yani akım-gerilim, ve güç-gerilim etkenlerinin güneş enerjisi üretimini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Matlab yardımıyla yapılan modelin ortam sıcaklığı, ışınlım, devrenin seri direnci, kol sayısı, hücre sayısı ve yarı iletken sabitinin fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Onat ve Ersöz .[19] fotovoltaik panellerin ilk kurulum aşamasının en iyi şartlarda olması gerektiği ve iyi bir verimle çalışacak şekilde tasarlanması gerektiğini belirtmiş, aksi takdirde maliyetin çok fazla olacağı ve enerji kayıplarına neden olacağını açıklamışlardır. Bunun için bir çözüm maksimum güç noktası izleyicisi olarak adlandırılan anahtarlamalı güç konvertörü kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Atay ve ark. [20] Şanlıurfa ilindeki güneş enerjisinden yararlanılarak kurulan ve fotovoltaik güçle çalışan bir mikro damlama sulama sistemi tasarımını incelemişler, oluşturulan sistemle tarladaki biberin sulama boyutuna göre doğru akımlı pompa kullanımı araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerle sulama sistemlerinde kullanılan fotovoltaik sistemlerin oldukça kullanışlı ve avantajlı olduğu belirtmişlerdir.

Hilali ve ark.[21] Fotovoltaik ve yakıt pili birleşik sistemini inceledikleri çalışmalarında güneş paneli enerji depolama ilişkilerini incelemişlerdir.

Bedeloğlu ve ark. [22] güneş enerjisiyle elektrik üretimi ve fotovoltaik teknolojinin, mevcut durumunu inceleyerek fotovoltaik panel uygulamaları hakkında bilgi vermişlerdir.

Karamanav[23]ın yaptığı çalışmada fotovoltaik panel ilkeleri ayrıntılı olarak incelemiş ve güneş enerjisiyle ilgili bilgiler değerlendirilerek ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları açısından yorumlanmıştır.

Alkan ve ark. [24]nın çalışması Düzce ilindeki bir ev baz alınarak güneş enerjisi sisteminin ekonomik analizini yapmışlardır.

Karasu [25] çalışmasında Bodrum ilçesindeki bir konutun sıcak su ihtiyacının sağlandığı güneş enerjisi sisteminden bahsetmiştir. Bilgisayar üzerinde irdelenmesini yapılan çalışmada ilçenin güneşten yararlanma oranının yüksek olduğu verimli sonuçlar elde edilebileceğini açıklamıştır.

Ghoneim[26] güneş enerjisi ile ilgili yaptığı çalışmada, Kuveyt iklim koşullarında fotovoltaik güçle çalışan bir su pompalama sisteminin performans optimizasyonu sonuçlarını sunmuştur. Çalışmada ele alınan sistem (fotovoltaik su pompalama sistemi), DC motoru, santrifüj pompası, batarya, bir depolama tankı ve sistemin verimini daha iyileştirmek için kullanılan maksimum güç noktası izleyicisinden oluşmaktadır.. Ayrıca sistemin bir bilgisayar simülasyon programı yapılmıştır.

Türkmen ve ark. [27] çalışmalarında ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini araştırarak bu potansiyelin uygulama alanlarını inceleyerek bilgi vermiş ve Türkiye'deki kullanımını açıklamışlar.

Mavromatidis ve ark.[28] binaların yenilenebilir enerji kaynak eldesine önemli bir katkıda bulunmasına yönelik olarak çatı alanlarının güneş teknolojilerinin kullanımını araştırmışlardır. İncelenen alanın güneş enerji potansiyelini hesaplamak, fotovoltaikleri

kurmak için en uygun yapıları tespit etmede ilk adım olduğu belirtilmiştir. Enerji merkezi üretimi enerji talebinin karşılanması maliyetini en aza indirecek ve/veya lokal olarak kullanılabilecek güneş enerjisi miktarını maksimize edecek güneş enerjisi kurulumları için en uygun çatı yüzeylerini çalışmada sunmuşlardır.

Aydinol ve ark. [29] güneş bacasının elektrik üretiminde kullanımı ile ilgili yaptıkları çalışmada ,bu uygulamanın kullanılmasıyla fosil yakıt kullanımının azalmasından ve çalışmanın merkezden çok uzak bölgelerde kullanıldığında ki yararından ve etkinliğinden bahsetmişlerdir.

Meah ve ark [30] yaptıkları çalışmada küçük ölçekli uzaktan su pompalama için güneş sistemi tasarımı, montajı, yer seçimi ve performans denetimini sunmuşlardır. çalışmada sistemin bağımsız jeneratör ve elektrik kullanımı ile karşılaştırılan SPV su pompalama sisteminin teknik, çevresel ve ekonomik faydalarını da belirtmişlerdir.

Baş ve ark. [31] çalışmalarında elektrik üretiminin fotovoltaik panellerle bağımsız olarak sağlandığı bir tesisde deneysel çalışmalar yaparak uygulamanın maliyetini irdelemişlerdir. Çalışmada fotovoltaik bir sistem ile üretilen elektriğin ekonomik olarak yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Ekici [32] çalışmasında Ankara'daki bir odanın döşemesinde ısıtmanın kaynağını güneş enerjisi olduğunu belirterek tasarladığı sistemde bu enerjiden yararlanıp uyguladığını belirtmiştir. Uygulamasında kendisinin de geliştirdiği PMV ve PPD uygulamalarını bilgisayarda kullanarak sonuçları analiz etmiştir.

Reca ve ark.[33] fotovoltaik (PV) sistemlerinin Akdeniz seralarındaki ürünleri sulamadaki karlılığı analiz etmiş ve bağımsız bir doğrudan pompalama sistemi olarak PV önermişlerdir. Bu sistemin ekonomik bakımdan en uygun tasarımına ulaşmak ve fizibilitesini değerlendirmek amacıyla sistemin simülasyon modelini geliştirmişlerdir.

Eke ve ark. [34] çalışmasını Muğla ilinde uygulayarak fotovoltaik sistemleri elektrik üretiminde kullanmış, tasarladıkları uygulamayı ayrıntılı bir şekilde çalışmalarında anlatmışlardır. Sistemin deneysel analizlerini yapıp bu sistem kurulduktan sonraki elektrik durumunu hesaplamışlardır.

Arı ve ark. [35] çalışmalarında güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma ve soğutma alanı bulunan bir piknik sepeti yapmışlardır. Uygulamada bir tarafı çok soğuk diğer tarafı

çok sıcak olan peltier elektronik cihazını kullanmışlardır. Böylece güneş enerjisi sayesinde bu uygulamayı birçok alanda kullanılabileceğini çalışmalarında açıklamışlardır.

Özdede ve ark. [36] yaptıkları çalışmalarında damla sulama sistemlerinde güneş enerjisini kullanmış bu uygulamayla ilgili bilgiler vermişlerdir. Sistem Konya ilinde tasarlanmış olup bu uygulamanın ilk başta ekonomik olarak masraflı olmasına rağmen elektriğin az olduğu alanlarda bu uygulamanın kullanılmasının avantajını çalışmalarında belirtmişlerdir.

Parmaksız ve ark. [37] bu çalışmada Bilecik ilinde bulunan güneş panellerini farklı eğim haline getirmiş bu durumdaki güç performansını incelemiş ve bu bilgileri değerlendirmek için Raspberry Pi (RPi) programıyla bilgisayar üzerinde sistemin analizini gerçekleştirmişlerdir.

Esen [38] çalışmasında farklı iki alanın soğutulmasını uygulamıştır. Sistemin enerji kaynağının güneş olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında uyguladığı sistemin deneysel analizlerini göstermiştir. Yenilebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin çevre dostu olduğunu yazısında sunmuştur.

Demiröz ve ark. [39] yaptıkları çalışmada güneş enerjisiyle ilgili ayrıntılı bilgiler vererek Kütahya-Bilecik ilinde tasarlanan uygulamada elektrik üretimini gerçekleştirerek deneysel analizlerini yazılarında sunmuşlardır. Bu uygulamaların geliştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Kutlu çalışmasında [40] Isparta ilinde ki bir konutun aydınlanması için güneş enerjisini kullanmıştır. Çalışmasında gerekli enerjiyi sağlamak için olması gereken fotovoltaiik panel sayısını, performansını irdeleyerek gerekli bilgileri sunmuştur.

Güçül çalışmasında [41] Konya ilindeki bir konuttan sıcak su elde etmek için enerji kaynağı olarak yenilebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisini kullanmıştır. Sistemde uyguladığı deneysel çalışmaları anlatarak ekonomik olarak irdelemiş ve çalışmasında doğalgaz kullanarak sıcak su elde etmeyle kıyas yaparak güneş enerjisinin kullanımın uygulama için daha iyi sonuçlar doğuracağını görmüştür.

Taşkın ve ark.[42] çalışmalarında tarım alanını dikkate alarak yenilebilir enerji kaynaklarını bu alanda hangi uygulamalarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu uygulamalarda yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının hem ekonomik hem de

evre sorunlarına çözüm olarak daha kaliteli sonuçlar doğuracağından çalışmalarında bahsetmişlerdir

Salem ve ark.[43] çalışmada, Akdeniz iklimi için en uygun sistemler olan BIPV sistemlerinin mimari sınırlılıklara göre incelemişler bir literatür taraması yoluyla BIPV sistemleri analiz etmişlerdir. Ticari binalar, farklı entegrasyon durumları karşılaştırılarak ve analiz edilerek ele almış olup,bu sektörün gelişimi için beklentileri çalışmanın sonunda tartışmışlardır.

Othman ve ark [44] çalışmada bina içi Tümleşik Fotovoltaik (BIPV) güneş enerjili Fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi üretmek için bina yapılarına entegre etmişlerdir. Bu araştırmayı, Shah Alam'daki evlerin çatılarında BIPV uygulamasının potansiyeli üzerinde yapmışlardır. Birkaç rnek seçilmiş, önemli parametreler ölçülmüş ve g üretimlerini etkileyen çatı formları, yönelimler ve PV tiplerini tespit etmek üzere analiz etmişlerdir.

Itoh ve ark [45] üç tür silikon-tabanlı güneş hücresinden oluşan farklı güneş düzeneğinden üretilmiş yıllık birikimli PV gücü üzerinde sistematik bir inceleme yapmışlardır. Mevsimlik ıkışı belirlemek için, c-Si ve a-Si hücrelerindeki sıcaklığın güç değişimleri ile PV sistem için önemli olduğunu çalışmada belirtmişlerdir. Buna göre a-Si düzeneğinden gelen elektrik çıkış gücü yazın c-Si'den gelene göre %20 daha büyük olduğunu sunmuşlardır.

Xinfang ve ark. [46] çalışmada şangay, in'de bulunan ilk ev tabanlı şebekeye bağlı çatıya yerleştirilmiş binaya ilişik fotovoltaik (BAPV) sistemin performans denetimini sunmaktadırlar. Kapasitesi ~2992 Wp olan sistem 2006 yılı Aralık sonlarında işletilmeye başlanmıştır. Fotovoltaik performansı 2007 ila 2009 yılları arasında izlenerek analiz etmişlerdir.

Nagengast ve ark. [47] bu araştırmada, özellikle sıcaklıkları ve elektrik üretim ilişkileri yoluyla eko çatıların ve solar fotovoltaiklerin kombinasyonunu değerlendirmektedirler. 1 Temmuz 2011 ila 30 Haziran 2012 dönemindeki bir yıllık çalışmadan elde edilen lmler Pittsburgh, Pennsylvania'daki büyük bir alanda gerçekleştirilmiştir ve yeşil ve siyah çatılardaki g çıkışı arasındaki farkları belirlemek, ayrıca arka yüzey panel sıcaklığı ile fotovoltaik (PV ıkışı) için iki regresyon

fonksiyonlarını elde etmek üzere kullanılmıştır. Bu tahmin fonksiyonları geniş bir ışınlam ve sıcaklık değerini temsil etmesi için seçilen üç farklı şehre uygulanmıştır.

Shahsavari ve ark. [48] çalışmada binaya entegre fotovoltaik-termal sistemler yardımıyla fotovoltaik panellerin soğutulmasında klima sistemlerinin havalandırma havasının soğutmasını incelemişlerdir. Sistem İran'ın güneyindeki Kerman şehrinde bulunan Kerman için test edilmiştir. Sonuçlara göre, havalandırma iklimlendirme sistemlerindeki PV panellerinin kullanılabileceği ve böylece PV panellerinin ve klima sisteminin verimlerini arttırılabileceğini açıklamışlardır.

Nayak ve ark.[49] çalışmada, Yeni Delhi'deki temiz hava için ortalama bir günlük termal modeli deneysel sonuçlarla doğrulamak üzere bir girişimde bulunmuşlardır. Delhi, Hindistan'daki bir sera için bütünleştirilmiş fotovoltaik/termal (PV/T) kolektörünün enerji ve ekserji analizi yapmışlardır.

Adam ve ark. [50] çalışmada, elektrik üretimi amacıyla kullanılan 500 kWp'lık bir güneş fotovoltaik (PV) sisteminin GHG emisyonu azaltımına yaptığı önemli katkıyı ve güneş PV elektrik üretimindeki CO₂ emisyon azaltımını uygulamaya koymanın potansiyel etkisini incelemişlerdir. Emisyon azaltımı yaklaşık olarak yüzlerce ton CO₂ olduğu ve CO₂ emisyon azaltımı maliyeti sistemin kümülatif nakit akışı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu çalışmada belirtmişlerdir.

Absorbsiyonlu soğutma istemelerine ait literatürde yapılan bilimsel çalışmaların bir bölümü aşağıda sunulmuştur.

Yılmazoğlu[51] güneş enerjisi destekli absorbsiyonlu soğutma sistemine ait termodinamik analizi yapmıştır. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin sürdürülebilir enerji bakımından önemli olduğu açıklanmıştır. Çalışmanın sonucuna dayanılarak absorbsiyonlu soğutma sistemleri için optimum ısı transferi alanını hesaplayıp, sistem performansının arttırılabileceğini belirtmiştir.

Kaynaklı ve ark. çalışmalarında [52] soğutmada kullanılan NH₃-H₂O ve LiBr-H₂O akışkanlarının sistemdeki durumlarını karşılaştırmışlardır. Sistemi termodinamik olarak irdelemiş çalışmada soğutucu akışkanlara ait farklı ortamlarda yaptıkları analize göre LiBr-H₂O ile çalışan soğutma sistemlerinin performans olarak daha iyi olduklarından bahsetmişlerdir.

Demir ve ark. [53] yaptıkları çalışmada buhar sıkıştırma soğutma sistemini ve absorpsiyonlu soğutma sistemini bir süt soğutma tankında uygulamış ve karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılan akışkan çift LiCl-su olduğunu belirterek gerekli deneysel çalışmaları sistemde uygulamışlardır. Çalışmada ülkemizde güneşten yararlanılarak yapılan soğutma uygulamalarının giderek artması gerektiğini belirtmişlerdir.

Akbulut ve ark.[54] çalışmalarında buhar sıkıştırma soğutma sistemleri hakkında bilgiler vererek sistemin termodinamik olarak analizini yapıp sunmuşlardır. Sistemde tek, çift kademeli, aşırı kızdırmalı aşırı soğutmalı olarak gerekli formülasyonlar yapıp ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Yakut ve ark. [55] absorpsiyonlu soğutma sistemlerini ele almış, bir toplantı salonunu iklimlendirmesini çalışmada incelemişler gerekli ısı enerjisinin panellerden sağlandığını uygulamada belirtmişlerdir.

Sözen ve ark. [56] içerisinde amonyak su karışımı olan absorpsiyonlu soğutma sistemlerini ele almış sistemi termodinamik olarak inceleyerek performans katsayılarını çalışmada hesaplayıp sunmuşlardır.

Onan ve ark. [57] birbirinden farklı olan absorpsiyonlu soğutma sistemlerini irdelerek karşılaştırmasını yapmışlardır. Soğutma sisteminin performansını ,ısı yükünü Türkiye şartlarındaki hava durumuna göre matlab programında analiz etmişlerdir.

Yakar ve ark. [58] içerisinde akışkan olarak LiBr-su bulunan absorpsiyonlu sistem ile mekanik sıkıştırma soğutma sisteminin ekserji ve enerji analizini yaparak karşılaştırmasını sunmuştur. Çalışma sonuçlarını da gerekli tablolar ve grafikler şeklinde sunmuşlardır.

Kent ve ark.[59] Antalya ‘ da bulunan elli yataklı otel için kış ve yaz iklim durumlarında sıcak su talebinin karşılanmasında güneş enerjisi destekli ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma yöntemini incelemişlerdir. Çalışmada ısıtma için çevrimde aktif güneş enerjili ısıtma sistemi ve soğutma sistemi için LiBr-H₂O çiftini kullanılarak yakıttan tasarruf sağlamışlardır. Sonuçta, toplayıcı alanı, yıllık faydalanma oranı, maliyet ve geri ödeme süresi verilmiştir.

Solum ve ark. [60] yaptıkları çalışmada jeotermal enerjiyi kullanarak bir soğutma sistemi tasarlamışlardır. Soğutmada akışkan olarak LiBr-su çiftini kullanarak; uygulamalarında verim analizini yapmışlar, incelemeler sonucunda çift etkili absorpsiyonlu soğutma sistemini etkileyen sıcaklık basınç değerlerini analiz etmişlerdir. Sistemde ki COP oranının 1 ve 1 'in üstüne çıkabileceği ancak bu değerin tek etkili soğutma sistemlerinde 1 üzerine çıkmayacağı çalışma sonucunda bahsedilmiştir.

Saka ve ark.[61] Bursa ilinde ki hava şartlarına göre çift etkili soğutma sistemlerini incelemişlerdir. Akışkan çift LiBr-su olup, sistemde mevsimlere göre değişen havadaki nem durumu, sıcaklığı ve entalpi değerinden çalışmada bahsetmişlerdir. Ayrıca ekserji oranındaki azalmanın en fazla Ocak ayında en az Temmuz ayında olduğunu, kondenser ve soğurucuyu soğutmak için ihtiyaç olan debinin en fazla Temmuz ayında en az Ocak ayında olduğu çalışmanın sonucunda belirtilmiştir.

Kuyumcu ve ark.[62] Kahramanmaraş ili için bir dairenin soğutulması işlemini çalışmada sunmuşlardır. Sistem güneş enerjili destekli olup dairenin soğutulması için gerekli olan enerji ihtiyacına göre kollektör çeşidini dikkate alarak alan hesabı yapılmıştır. Çalışmada MATLAB VE EES (Engineering Equation Solver) gibi bilgisayar programları kullanılmış olup çalışmanın sonucunda güneş kollektörünün enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda jeneratöre verilmesi gereken ısıнын başka enerji kaynaklarından faydalanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Akdemir ve ark. [63] bu çalışmada absorpsiyonlu sistemler hakkında genel bilgiler vermiş kullanılan soğutucu akışkanlar ve performanslarını karşılaştırmışlardır. Sistemde soğutma çevrimlerinden bahsedilmiş ayrıntılı olarak incelenmiş, sistem verimini artırmak için uygulanabilecek durumları çalışmada anlatmışlardır.

Misra ve ark. [64] çalışmada, termoeconomik ve toplam üretim maliyetini minimize etmek amacıyla amonyak ve sulu absorpsiyonlu soğutma sisteminin optimizasyonu yapmışlardır. Termoeconomik tasarıma dayalı olarak maliyet minimizasyonu formüle etmişlerdir.

Florides ve ark.[65] çalışmada tek aşamalı lityum bromid (LiBr)- Su absorpsiyonlu sistemin özelliklerini ve performansını değerlendirmek üzere bir yöntem sunmuşlardır. Gerekli olan sıcaklık ve kütle transfer denklemleri ve akışkanların özelliklerini uygun

denklemlerini belirtmişlerdir. Bu denklemler bir bilgisayar programında kullanılmış ve analiz gerçekleştirilmiştir. LiBr yüzde oranı, performans katsayısı, güç verimliliğini incelemişlerdir. Hesaplanan teorik değerleri, kapasitesi 1 kW olan sistem için elde edilen deneysel sonuçlarla karşılaştırılmışlar ve absorpsiyonlu soğutucu için maliyet analizini sunmuşlardır.

Şahin [66] İzmir ilinde LiBr-su akışkan çifti kullanılan soğutma odasını incelemişlerdir. Sistemin enerji kaynağı jeotermal enerji olup çalışmada uygulamayı ekonomik olarak incelemişler diğer elektrikli ve doğalgaz kaynaklarla kıyaslamışlardır.

Gomri [67] çalışmada tek etkili ve çift etkili absorpsiyonlu soğutma sistemleri arasında karşılaştırmalı bir çalışma yürütmüştür. Simülasyon sonuçları iki sistemin performans katsayısı, bileşenlerin termal yükleri, ekserjetik verimlilik ve ekserjideki toplam değişim üzerindeki farklı işletim parametrelerinin etkisini incelemek amacıyla kullanılmıştır. Çift etkili sistemin COP'u tek etkili sistemin COP'unun yaklaşık olarak iki katı olduğunu, ancak çift etkili sistemin ekserjetik verimliliği tek etkili sistemin ekserjetik verimliliği ile karşılaştırılınca az miktarda artış göstermekte olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada jeneratör sıcaklığı 60 °C ile 190 °C arasında değişmiş, tek etkili soğutma sisteminin maksimum performans değerleri 0.73–0.79 arasında ve çift etkili soğutma sistemi için bu değerler 1.22–1.42 arasında olmuştur. Tek etkili soğutma sistemlerinin maksimum ekserjetik verimlilik değerleri %12.5–23.2 aralığında ve çift etkili soğutma sistemleri için ise %14.3–25.1 aralığında olduğunu belirtmiştir.

Jianzhao ve ark. [68] yarı etkili, tekil etkili ve çift etkili H₂O/LiBr emilim soğutma döngüleri analiz etmiş ve tekil etkili döngünün maksimum jenerasyon sıcaklığı ile çift etkili döngünün minimum jenerasyon sıcaklığı arasında belirgin bir boşluk olduğunu görmüşlerdir. Tek ve yarı etkili (1.5-etki) döngü bu boşluğu mükemmel bir şekilde doldurabileceğini önermişlerdir. Son teknolojiye 1.5-etki döngülerindeki gelişme seviyesi değerlendirilmiş ve analiz edilmiş, 1.5-etki döngülerinin iki yeni biçimini önermişlerdir. Aracı akışkan olarak H₂O/LiBr için uygun olan 1.5-etki döngülerinin üç biçimi, ayrıntılı olarak analiz edilmek üzere seçilmiştir. 1.5-etki döngüsü jenerasyon sıcaklığının önceki boşluğundaki optimum performansı göstermekte olduğunu belirtmişlerdir.

Şahin [69] çalışmasında içerisinde amonyak- su akışkan çifti bulunan absorpsiyonlu soğutma sistemini Mersin ilinde incelemişler ve gerekli deneysel çalışmaları yaparak

sistemin termodinamik olarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda en yüksek etkinlik katsayısının Mayıs en az Temmuz ve Ağustos ayında olduğunu açıklamışlardır.

Kızılkan ve ark. [70] termoekonomik optimizasyon tekniğini LiBr absorpsiyonlu soğutma sistemine uygulanmışlardır. Yoğunlaştırıcı, buharlaştırıcı, jeneratör ve ısı değiştiricileri gibi çeşitli sistem bileşenlerini optimize etmişlerdir. Ayrıca, optimum ısı değiştirici alanları ve optimum işletim sıcaklıklarını tespit etmişlerdir. Optimum koşullar için bir maliyet değerini belirlemişlerdir.

Izquierdo ve ark.[71] doğrudan yakıtla çalışan yeni bir küçük hava soğutmalı çift etkili LiBr- H₂O absorpsiyonlu soğutma sisteminin prototipini yapmış ve Madrid'de enerji kaynağı olarak doğalgaz kullanımı ile gerçekleştirilen deneylerden elde edilen bulguları tartışmışlardır. Ortalama günlük performans katsayısını (COP) yaklaşık 1.05 olarak elde etmişlerdir.

Xu ve ark.[72] jeneratör sıcaklıkları çalışma koşulları altında 110 °C ila 140 °C çift etkili LiBr-su absorpsiyon sistem çevrimi için yeterli değilken tek etkili için yüksek olduğunu çalışmada açıklamışlardır. Sonuçta jeneratör sıcaklıkları 85 °C-93 °C aralığında ve 140 °C-150°C aralığında tek etki modunda ve çift etki modunda performans katsayısının (COP)sırasıyla 0.75, 0.75-1.08 ve 1.08-1.25 olduğunu görmüşlerdir.

Long ve ark.[73] tetraetilen glikol dimetil eter(TEGDME) ve trifluoroetanol(TFE) karışımlarının kullanıldığı absorpsiyonlu soğutma sisteminin performans analizini yapmışlardır. Soğutma ortamının, jeneratör sıcaklığının, buharlaşma sıcaklığının ve absorber verimliliğinin sistem performansı üzerindeki etkilerini analiz etmek için de parametrik çalışmalar yürütülmüştür. TFE-TEGDME ve NH₃-H₂O ile çalışan sistemlerin performansını COP karşılaştırmışlardır. Sonuçta, TFE-TEGDME karışımının absorpsiyonlu soğutma sistemi için daha iyi bir akışkan olduğu kanaatine varmışlardır.

Avanessian ve ark. [74] LiBr- H₂O absorpsiyonlu soğutma sistemlerini farklı işletim ve iklim koşulları altında analiz edilerek karşılaştırılmış ve bu gibi sistemlerin ikinci kanun analizi ve ekserjisini incelenmişlerdir. Sonuçlara göre enerji kullanım faktörü, jeneratör ve buharlaştırıcı sıcaklıklarının artması ile artmakta, sıcaklıktaki artış ve havanın nispi nemi ile azalmakta olduğunu görmüşlerdir.

Izquierdo ve ark.[75] yaptıkları çalışmada 4.5-kW'lık hava soğutmalı, tek etkili LiBr/H₂O absorpsiyonlu soğutucunun performansını tespit etmek üzere gerçekleştirmişlerdir. Çalışma için farklı dış hava sıcaklığı seçilmiştir. Çevrimin enerji dengesi ve COP hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, soğutma gücü yükselen kuru termometre sıcaklığı ile birlikte düşme eğilimi göstermekte olduğunu görmüşlerdir. Ortalama COP değerinin 0.37 olduğunu görmüşlerdir.

Yan ve ark. [76] büyük sıcaklık farklılıkları olan ısı kaynaklarında(atık gaz/su) termal enerjinin kullanım verimliliğini arttırmak için, iyileştirilmiş tek etkili/çift etkili olarak ele alınan yeni tip bir yüksek verimli absorpsiyonlu soğutma çevrimini incelemişlerdir. Soğutucu akışkan olarak Su-lityum bromid kullanılmış ve sabit çalışma koşulları altında bir simülasyon çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre önerilen yeni sistemde, simüle edilen çalışma koşullarında birim kütle başına daha fazla soğutma kapasitesi elde edebileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmada, yukarıda özet olarak verilen çalışmalar gözönüne alınarak yapılmıştır.

1.2. Güneş Enerjisi

Güneş yaşamın temel kaynağı olup, doğal enerjisinin büyük bir bölümü Güneşten sağlanır. Yaklaşık olarak 1.4 milyon kilometre çapında olan güneşin iç çevresinde çok yoğun gazlar bulunur. Güneş dünyadan yaklaşık 151.106 milyon km uzaklıktadır. Nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. İçinde, sürekli olarak Hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı, ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Güneş merkezi füzyon reaksiyonu için uygun bir ortamdır. Güneşten açığa çıkan bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173.104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1.395 kW'a düşmektedir[77].

Yeryüzüne düşen güneş ışınları, doğrudan güneşten gelen ve havakürede saçıldıktan sonra difüzyona uğramış ışınların toplamıdır. Hava koşullarına bağlı olarak doğrudan güneşten gelen ışınların, saçılmış ışına oranı değişir. Örneğin bulutlu bir günde güneş ışınlarının büyük bir bölümü, saçılmış ışınlardan oluşurken, bulutsuz güneşli bir günde

güneş enerjisinin büyük bir bölümü doğrudan ışınlardan oluşacaktır. Doğrudan ve yayılmış ışınım toplamı, küresel ışınım olarak adlandırılır.

1.2.1 Güneş Enerjisinden Faydalanma Yolları

Güneş enerjisinin uygulama alanları ve güneşten yararlanma yöntemleri şu şekilde özetlenebilir[78].

a) Isıl uygulamalar;

- Sıcak su temini,
- Kapalı hacimlerin ısıtılması,
- Yüzme havuzlarının ısıtılması,
- Buhar üretimi,
- Kapalı hacimlerin soğutulması,
- Sera ısıtma,
- Tuz üretimi,
- Saf su üretimi,
- Buz üretimi,

b) Elektrik enerjisi temini,

- Fotovoltaik sistemlerle,
- Isıl yöntemlerle.

Güneş enerjili sıcak su güneş kolektörleri yapısal olarak üç çeşittir. Bunlar;

- Düzlemsel güneş kolektörleri,
- Vakum tüplü güneş kolektörleri,
- Camsız güneş kolektörleridir.

1.2.2 Güneş Enerjisinin Türkiye’ deki Mevcut Durumu

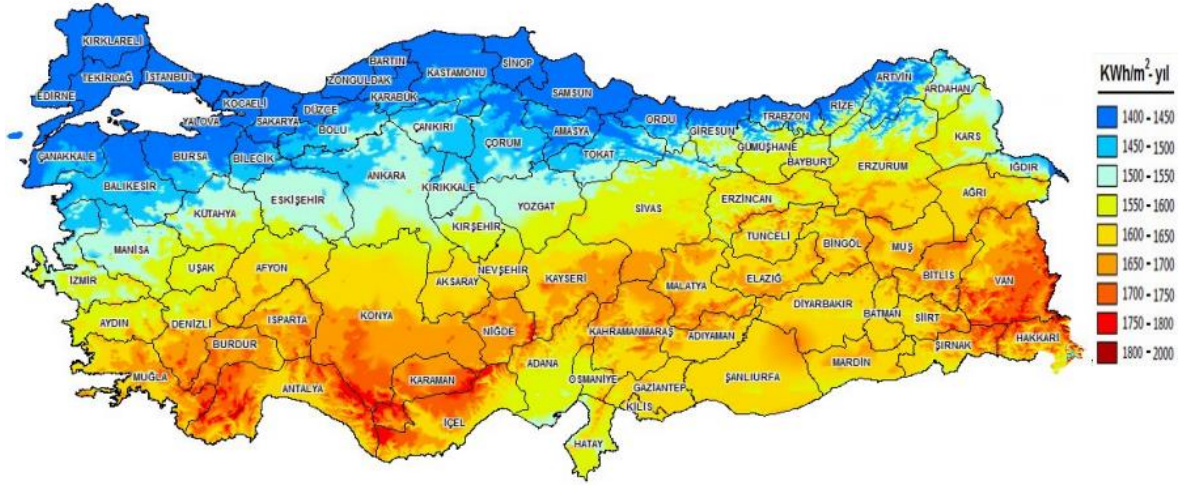
Ülkemiz, güneş enerjisi potansiyeli açısından şanslı bir konumdadır. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin güneş enerjisinin en fazla olduğu bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Türkiye ısısal güneş enerjisi kullanımı ve üretimi bakımından Çin, ABD ve Japonya’dan sonra dünya dördüncüsü durumundadır. Ancak elektrik enerjisi

kullanımı ve üretim açısından gereken mali ve teknolojik engeller bulunduğu görülmektedir. Ülkemizin aylara göre güneş enerji değeri Tablo 1.1 de verilmiştir.

Tablo 1.1. Türkiye'nin aylara göre güneş enerji değeri[79].

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/ay)
	(kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

EİE tarafından yapılan çalışma sonucunda Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünde (DMGM) bulunan 1966-1982 yılları arasındaki güneşlenme süresi ve ışıma verilerinin değerlendirilmesinden Türkiye'nin ortalama toplam ışıma şiddetinin 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) ve ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük 7,2 saat) olduğu tespit edilmiştir(Şekil 1.1).



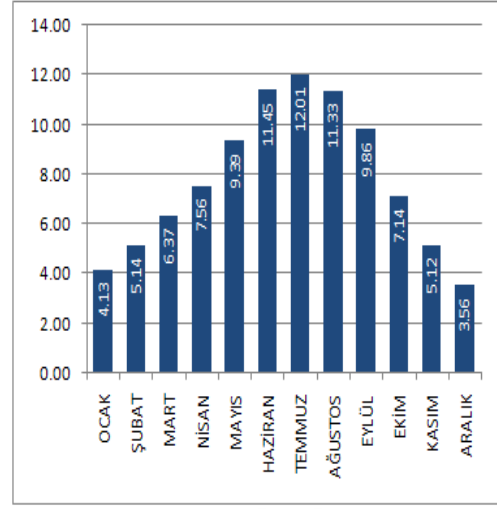
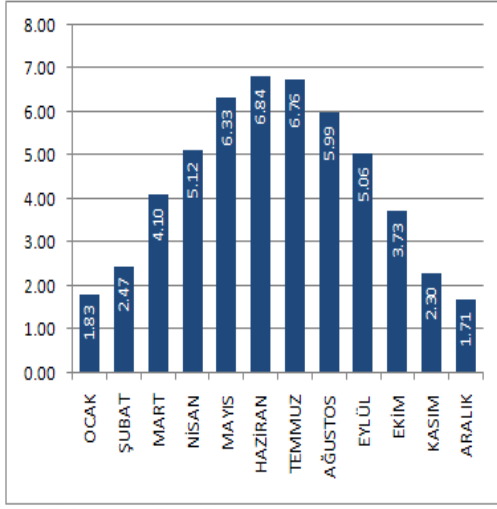
Şekil 1.1. Türkiye'nin güneşlenme haritası[80].

Şekilden Güney Doğu Anadolu Bölgesi' nin Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi olduğu ve bunu Akdeniz Bölgesi' nin izlediği görülmektedir. Tablo 1.2 de ülkemizin bölgelere göre güneş enerji potansiyeli ve bölgelerin güneşlenme süreleri verilmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye'nin bölgelerine göre güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi[81].

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Yenilenebilir Enerji Genel Kaynakları Müdürlüğü verilerine göre çalışmanın yapıldığı Elazığ ili için ısıtım ve güneşlenme süresi Şekil 1.2' de verilmiştir[80].



Şekil 1.2.a) Elazığ global radyasyon değerleri (KWh/m₂-gün) b) Elazığ güneşlenme süreleri (h) [80].

1.3. Fotovoltaik Paneller

1.3.1 Fotovoltaik Panellerin Tarihsel Gelişimi

Fotovoltaik paneller güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir.. Fotovoltaik panellerin çalışma ilkesi, Fotovoltaik (Photovoltaic) olayına dayanır. Becquerel, 1839 yılında elektrolit içerisine daldırılan elektrotların arasındaki gerilimin elektrolit üzerine düşen ışıığa bağlı olarak değiştiğini gözlemleyerek Fotovoltaik durumu tespit etmiştir. 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından benzer olarak katılardaki fotovoltaik olay selenyum kristalleri üzerinde gösterilmiştir. Sonraki yıllarda çalışmalar ve selenyuma ve bakır oksite dayalı foto diyotların, fotoğrafçılık alanında yaygın olarak ışıkmetrelerinde kullanılmasını durumunu sağlamıştır. Fotovoltaik diyotların verimliliği 1914 yılında %1 değerindedir. Gerçek anlamda 1954 yılında Chapin tarafından fotovoltaik diyotlar güneş enerjisini %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren silikon kristali üzerinde gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen bu tarihi izleyen yıllarda araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. Fotovoltaik güç sistemleri 1960'ların başından beri uzay çalışmalarının güvenilir kaynağı olmayı sürdürmektedir.

1970'li yılların başlarına kadar, fotovoltaik panellerin uygulamaları ile sınırlı kalmıştır. Fotovoltaik panellerin yeryüzünde de elektriksel güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik araştırma ve geliştirme çabaları 1954'lerde başlamış olmasına karşın, gerçek anlamda ilgi 1973 yılındaki “1. petrol bunalımı” nı izleyen yıllarda olmuştur. Amerika’da, Avrupa’da, Japonya’da büyük bütçeli ve geniş kapsamlı araştırma ve geliştirme projeleri başlatılmıştır. Bir yandan uzay çalışmalarında kendini ispatlamış silikon kristaline dayalı fotovoltaik panellerin verimliliğini artırma çabaları ve diğer yandan alternatif olmak üzere çok daha az yarı iletken malzemeye gerek duyulan ve bu neden ile daha ucuza üretilebilecek ince film paneller üzerindeki çalışmalara hız verilmiştir[82].

1990' lı yılların sonunda fotovoltaik panel üretimi yılda %15-25 oranında artmış ve bu da maliyetlerini düşürmüştür. Güneş hücreleri uzak yerlerde, navigasyon sistemlerinde, telekomünikasyonlarda kullanılmaya başlanmıştır[83].

Büyük şirketlerin fotovoltaik panellerin ile ilgili yatırımları ve bu konudaki teknolojik gelişmeler, güç sistemlerine artan talep buna bağlı olarak büyüyen üretim kapasitesi, maliyetlerin hızla düşmesini de beraberinde getirmiştir.

1.3.2 Fotovoltaik Panellerin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

- Sistemin hareketli parçaları bulunmamaktadır.
- Kullanılan enerji kaynağı sınırsız ve bedavadır.
- Az bakım gerektirmektedir.
- Sistemler modülerdir ve montajı kolaydır.
- Sistemde gürültü olmayıp, zararlı emisyonlar bulunmamaktadır.

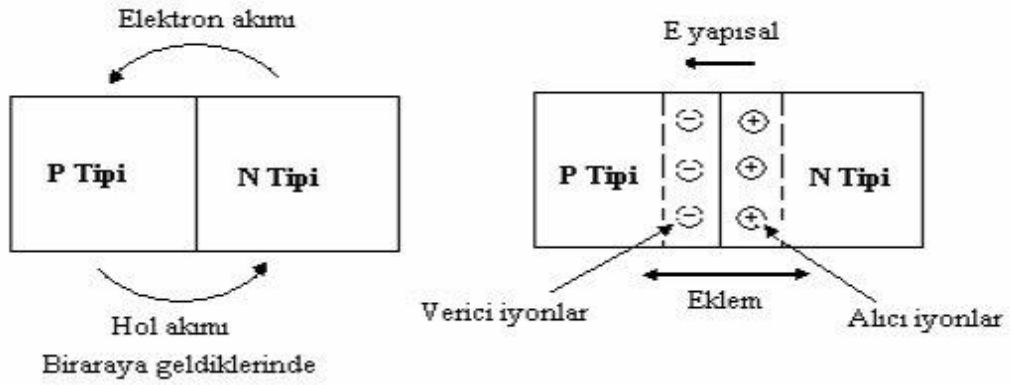
Dezavantajları

- Enerji kaynağı sürekli değildir.
- Kurulum maliyeti yüksektir
- Enerji depolama sistemleri ekonomik değildir.
- Enerji maliyeti fosil esaslı yakıtlara göre yüksektir.

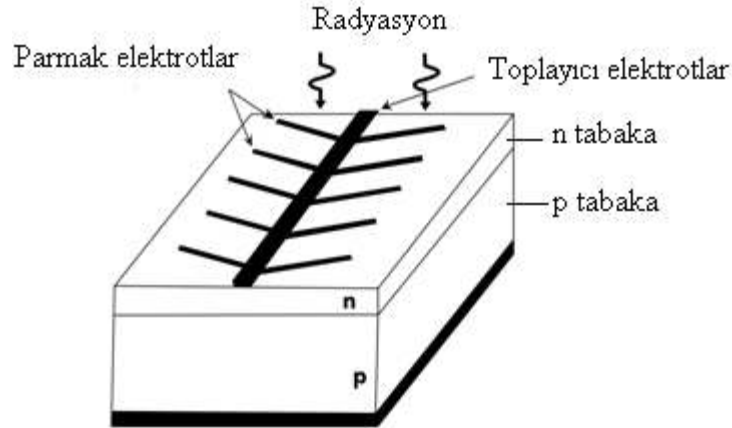
1.3.3 Fotovoltaik Panellerin Yapısı ve Çalışma Prensibi

Günümüz elektronik sistemlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar, ledler gibi fotovoltaik paneller de, yarıiletken maddelerden yapılırlar. Yarı iletkenlik özelliği gösteren maddeler arasında, en elverişli maddeler, silisyum, kadmiyumsülfür, galyumarsenik, kadmiyumtellürit, bakırindiyumdiselenit gibi malzemeler örnek olarak verilebilir. Yarıiletken maddelerin fotovoltaik panel olarak kullanılabilmesi için, N ya da P tipi katkıları gereklidir. Katkılanma, saf yarıiletken eriyik içerisine, istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarıiletkenin, N ya da P tipi olması katkı maddesine bağlıdır[84]. En yaygın fotovoltaik panel maddesi olarak kullanılan silisyumdan N tipi silisyum elde etmek için, silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. Silisyumun dış yörüngesinde 4, fosforun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için, fosforun fazla olan tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle 5. gruptaki elementlere ‘verici’ ya da ‘N tipi ‘ katkı maddesi denir. P tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe üçüncü gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde üç elektron olduğu için, kristalde bir elektron eksikliği oluşur. Bu elektron yokluğuna hole ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere ‘P tipi ‘ ya da ‘alıcı’ katkı maddeleri denir. P ya da N tipi ana malzemenin içerisine, gerekli katkı maddelerinin katılması ile yarıiletken eklemler oluşturulur. N tipi yarıiletkende elektronlar, P tipi yarıiletkende holler, çoğunluk taşıyıcısıdır. P ve N tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde elektriksel bakımdan nötrdür. Yani P tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, N tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. PN eklem oluştuğunda, N tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, P tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük denesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde yani eklem bölgesinde, P bölgesi tarafında negatif verici iyonlar, N bölgesi tarafında pozitif alıcı iyonlar birikir. Bu eklem bölgesine, geçiş bölgesi ya da yükten arındırılmış bölge denir. P-N eklemının oluşturulması Şekil 1.3’de verilmiştir. Bu bölgede oluşan elektrik alan, yapısal elektrik alan olarak adlandırılır. Yarıiletken eklem paneli olarak çalışması için, eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşülerek elektron – hol çiftleri oluşturulur. İkinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır. Birbirlerinden ayrılan

elektron-hol çiftleri panelin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluşturur. Daha sonra ön yüzey olan N tabakadan, olabildiğince az alan kapatılacak şekilde metal bağlantılar alınır, arka yüz olan P tabaka ise tamamen metal ile kaplanır. Ön yüzey güneş ışığının yansımalarını azaltmak için, yansımaya önleyici madde ile kaplanır. Son olarak aygıtın çevre koşullarından zarar görmemesi için saydam bir koruyucu malzeme kaplanarak panelin fabrikasyonu tamamlanır. Fotovoltaik panelin yapısı Şekil 1.4’de verilmiştir.



Şekil 1.3. P-N eklemine oluşturulması



Şekil 1.4. Güneş Panellerinin Yapısı

1.3.4 Fotovoltaik Panel Çeşitleri

Güneş panellerinin çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

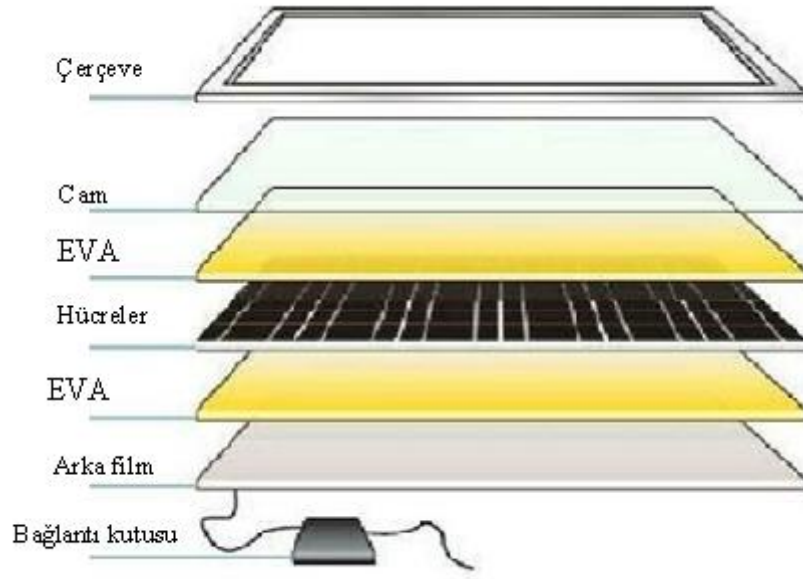
1. Kristal Silisyum Fotovoltaik Paneller
2. Monokristal Silisyum Fotovoltaik Paneller
3. Polikristal Silisyum Fotovoltaik Paneller
4. İnce Film Fotovoltaik Paneller
5. Amorf Silisyum Fotovoltaik Paneller
6. Bakır İndium Diselenoid Fotovoltaik Paneller
7. Diğer Yapılar

1.3.4.1. Kristal silisyum fotovoltaik panel

Silisyum yarı iletken özellikleri tipik olarak gösteren ve panel yapımında en çok kullanılan bir maddedir ve uzun yıllarda bu konumunu koruyacak gibi görünmektedir. Fotovoltaik özellikleri daha üstün olan başka maddeler de olmakla birlikte, silisyum hem teknolojisinin üstünlüğü nedeniyle hem de ekonomik nedenlerle tercih edilmektedir[85].

1.3.4.2. Monokristalin Tip Fotovoltaik Panel

Homojen bir yapıya sahiptir(Şekil 1.5). Bu paneller güneş verimlilik kapasiteleri en yüksek olan çeşididir. Monokristalin paneller, teknik bakımdan üretimi zor ve ayrıntılı olduğu için fiyatları da yüksektir. Ancak uzun süreli kullanım açısından düşünüldüğünde bu paneller dayanıklılık ve verimlilik (%20) açısından daha avantajlıdır.



Şekil 1.5. Monokristal panel yapısı[85]

1.3.4.3. Polikristalin Tip Fotovoltaik Paneller

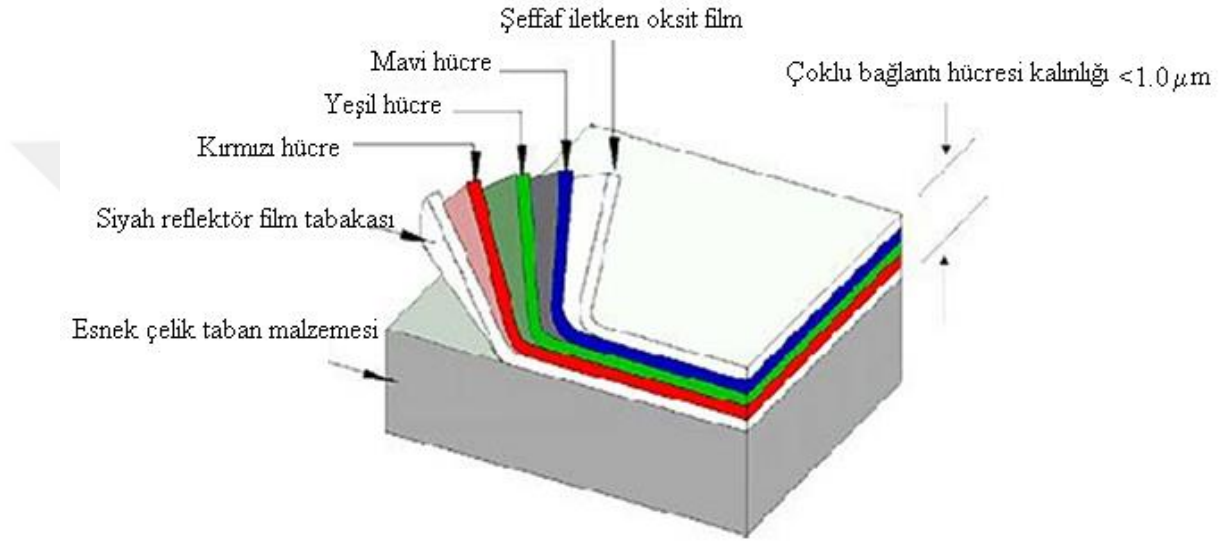
Ana malzemesi birçok monokristalden oluşur, ama homojen değildir. Polikristalin güneş panellerin verimlilik kapasitesi yaklaşık %16'dır. Polikristalin panel üretimi monokristal panelden daha kolay olduğu için maliyetleri de düşüktür. Bu tip paneller en sık üretilenlerdir.

1.3.4.4. İnce Film Fotovoltaik Panel

Bu teknikte, absorban özelliği daha iyi olan maddeler kullanılarak daha az kalınlıkta (tek kristalin 1-500'ü kalınlığında) paneller yapılır. Örneğin amorf silisyum panellerin absorpsiyon katsayısı kristal silisyum panellerin katsayısından daha fazladır. Dalga boyu katsayısı 0.7 mikrondan küçük bir bölgedeki güneş radyasyonu 1 mikron kalınlığında amorf silisyum ile absorblanabilirken, kristal silisyumda ise aynı radyasyonu absorblamak için 500 mikron kalınlıkta malzeme kullanılması gerekmektedir. Bu yüzden amorf yapıli panellerde daha az malzeme kullanılır ve montaj kolaylığı nedeniyle bir avantaj sağlar.

1.3.4.5. Amorf Silikon Tip Fotovoltaik Paneller

Bu panel türü kristal bir yapıya sahip değildir. Amorf Silikon panellerin yapısı nedeniyle verimlilik kapasiteleri %5 ile %8 arasında değişmektedir. Dayanıklılık ve verimlilik kapasiteleri düşüktür. Kullanım alanları daha düşük enerji ihtiyaçları içindir. Amorf silikon panellerde üçlü katman sistemi kullanılır(Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Amorf silikon fotovoltaik panel.[85]

1.3.4.6. CIS Tip Fotovoltaik Panel (Copper- Indium- Diselenid/ Bakır- İndiyum- Diselenid):

Panel yapısı olarak çok ince tabakalı ve verimlilik kapasitesi %10 civarında olan Fotovoltaik panel türüdür. Bu tür paneller ince yapılı olmaları nedeniyle, kolay monte edilirler ve maliyetleri düşüktür. Geniş yüzeylerde en rahat uygulanan türdür.

1.3.5. Fotovoltaik Panellerin Verimliliği

Fotovoltaik paneller sürekli gelişimler göstermekte ve buna bağlı olarak verimlilikler sürekli değişmektedir. Bu nedenle panellerin verimliliklerine ait çizgilerin geçerlilik süreleri de kısa sürelerde değişmektedir. Ancak, karşılaştırılma yapabilmek açısından Fraunhofer Enstitüsü tarafından verilen en yüksek verimlilikleri gösteren özet tablo aşağıda verilmiştir [86].

Tablo 1.3. Fotovoltaik panellerde en yüksek verimlilikler

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan (cm ²)	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4.00	24	UNSW, Sydney Avustralya
Çok kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
Cu/In, Ga,Se ₂	0,4	17,7	NREL, USA
CdTe/CdS		15,8	USA
GaAs Tek kristal	1	23,9	K.Univ. Nijmegen Hollanda

Fotovoltaik panel yapımında kullanılan malzemelerin rezervleri önemli değişkenler olarak kabul edilmektedir. Silisyum rezerv açısından doğada en çok bulunan element olup, rezerv durumu olarak geleceğe yönelik bir problemi yoktur. Diğer fotovoltaik panel malzemelerini oluşturan elementlerin dünyadaki rezerv durumları, yıllık üretim miktarları ve 500MW güç üretimi için gerekli miktarlar Tablo 1.4' de özetlenmiştir.

Tablo 1.4. Fotovoltaik panelde kullanılan maddelerin dünya rezervleri ve üretimi

Element	Dünya Rezervleri	Dünya Yıllık Üretimi	500MW güç için gereken miktar Ton
Cd	970 000	20 000	25
Te	39 000	404	28
In	5 700	180	25
Se	130 000	2000	60
Ga	1 000 000	35	5

1.3.6. Fotovoltaik Panel Sistemleri

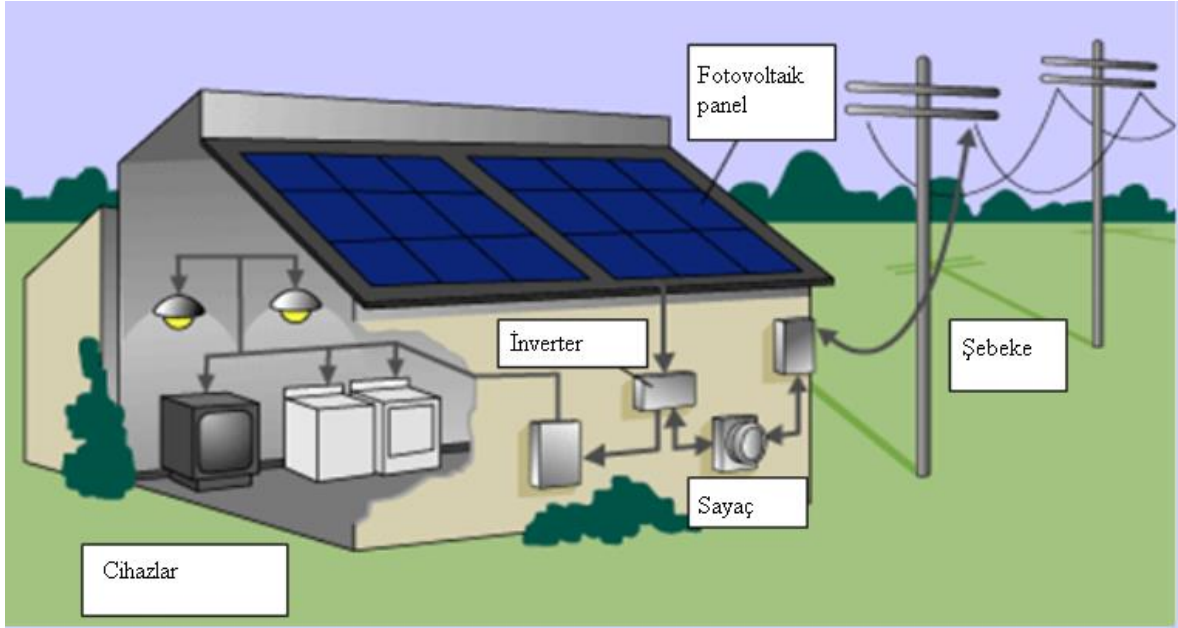
Fotovoltaik panel sistemlerinde belirli sayıda panele ait modüller, enerji kaynağı temininde kullanılmaktadır. Güneşin yetersiz olduğu durumlarda yada gece boyunca yararlanmak için sisteme akümülatör ilave edilir. Gün boyunca fotovoltaik panellerin ürettiği elektrik enerjisi akümülatörde depolanır ve yükün ihtiyacı olan enerji akümülatörden sağlanır. Akünün aşırı şarj ve deşarj sırasında zarar görmesini önlemek için regülatör kullanılıp, bu eleman akünün durumuna göre, ya fotovoltaik panellerden gelen akımı yada yükün çektiği akımı engeller. Şebeke bağlantılı alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenmesiyle akümülatördeki doğru akım, gerilimi alternatif akıma dönüştürülür. Benzer olarak, uygulamanın durumuna göre çeşitli destek elemanları elektronik devreler sisteme katılabilir. Duruma göre, bazı sistemlerde, fotovoltaik panellerin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur[87].

Fotovoltaik panel uygulamaları iki grupta incelenebilir:

- Şebeke bağlantılı sistemler(on-grid)
- Şebekeden bağımsız sistemler(off-grid)

1.3.6.1. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Panel Sistemleri

Şebeke bağlantılı fotovoltaik panel sistemlerinin gücü, birkaç kW' tan birkaç MW'lara kadar değişebilmektedir. Şebeke bağlantılı fotovoltaik panel sistemleri yüksek güçte, santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulamalar ise binalarda küçük güçlü uygulamalar şeklindedir(Şekil 1.7). Bu tür sistemler, iki ana gruba ayrılır[88].



Şekil 1.7. Şebeke bağlantılı fotovoltaik panel sistemleri[89]

İlk tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin mesela, bir konutun elektrik ihtiyacını karşılar. Bu sistemlerde, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır. Yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda şebekeden enerji satın alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen D.A. elektriğin, A.A. elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

İkinci tür şebekeye bağlı fotovoltaik panel sistemleri kendi başına elektrik üretilip, bunu şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklindedir. Bunların büyüklüğü 600-700 kW' tan MW' lara kadar değişir.

1.3.6.2. Bağımsız Fotovoltaik Panel Sisteminin Yapısı ve Özellikleri

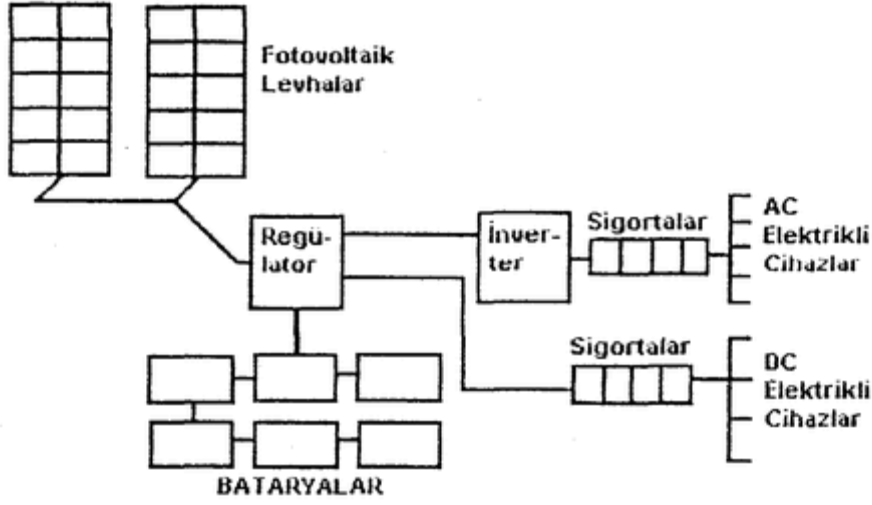
Fotovoltaik panelli sistemlerinin en yaygın kullanım şekli olarak yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde enerji ihtiyacını sağlayan bağımsız (stand – alone) sistemlerdir. Bu şekildeki sistemler birkaç watt'tan birkaç yüz kW' lara kadar değişebilen güçlerde ve çok çeşitli türlerde yüklerin enerji talebini karşılayabilir[90].

Bu sistemler, elektrik şebekesi ve altyapısının olmadığı kırsal alanlarda kullanılmaktadır. Sistem batarya bağlanır. İnverter alternatif akım sağlamak için kullanılabilir(Şekil 1.8) [89].



Bu tür sistemlerde yeterli sayıda fotovoltaik panel modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Fotovoltaik panel modelleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır.

Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan kontrol birimi ise akünün durumuna göre, ya fotovoltaik panellerden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek akümülatördeki D.A. gerilim 220 V 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreleri sisteme katılabilir. Şekil 1.9' da şebekeden bağımsız bir fotovoltaik panelli enerji sisteminin şeması verilmektedir.



Şekil 1.9. Şebekeden bağımsız bir fotovoltaik panellerde enerji sistemi elemanları

Fotovoltaik paneller güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürürler. Şekilde gösterildiği gibi bir fotovoltaik sistem çeşitli bölümlere ayrılabilir. Tipik bir panel güneşli havada 12 volt, 10 Amper kadar, dolayısıyla 120 Watt elektrik üretebilir. Panellerde elde edilen gerilimi arttırmak için paneller seri olarak, akımı arttırmak için ise paralel olarak bağlanırlar. Güneşten maksimum enerji elde edilmesi amacıyla fotovoltaik panellerin gün boyunca en çok güneş alan güney yönüne kurulmaları ve bulunan eyleme göre zamana bağlı olarak yatay ile belirli bir eğimde olmaları gerekir. Genel olarak kış aylarında panellerin açısı yaz aylarına göre daha dikey olmalıdır.

Güneş enerjisi değişen ve her zaman olmayan bir enerji türüdür. Mesela, güneş doğmadan önce, güneş battıktan sonra veya kapalı ve bulutlu havalarda güneş enerjisi olmadığından toplanan fazla enerjinin depolanıp bu zamanlarda kullanılması gerekir. Bu amaçla yüksek kapasiteli (mesela 100 Ah) batarya kullanılır. Genel olarak bir bataryanın ömrünü arttırmak için kapasitesinin %80'den fazla deşarj olmaması gerekir.

Fotovoltaik sistemlerde güneş olduğu zamanlarda bataryaların tamamıyla dolduktan sonra akım almalarını (overcharge) önlemek gerekir. Bataryaların fazla şarj olması bataryaların ısınmasına, sıvı kayıplarına ve batarya ömrünün kışalmasına neden olur. Regülatör, fotovoltaik paneller ile bataryalar arasına yerleştirilir ve böylece bataryaların aşırı şarj olmaları önler. İnverter yardımıyla 12 veya 24 voltluk doğru akım 240 voltluk

alternatif akıma dönüştürülür. Çok küçük uygulamalarda inverter yerine düşük gerilim ve doğru akımla çalışan elektrikli cihazlar kullanmak mümkündür.

Bağımsız üniteli fotovoltaik panelli sistemlerinin kullanıldığı genel uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır:

- Radyolink istasyonları, radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatları gibi sistemlerin katodik koruması, metal yapı elemanlarının korozyondan korunması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümlerde, hava gözlem istasyonlarında
- Bina içi yada dışı aydınlatma
- Yerleşim mahallerinden uzaktaki mekanlarda televizyon, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama amaçlı veya evsel kullanım amacıyla su pompası çalıştırılmasında
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- Alarm, güvenlik ve ilk yardım sistemleri
- İlaç ve aşı soğutma

1.3.6.3. Bağımsız Sistemler ile Şebeke Bağlantılı Sistemlerin Karşılaştırılması

Fotovoltaik sistemlerde üzerinde en çok düşünülen konu sistemin ne tip olacağıdır. İlk olarak üzerinde durulması gereken husus şebekeye olan uzaklığıdır. Bataryalı sistemin avantajı enterkonnekte şebekede bir sorun olsa dahi enerji kesintisi söz konusu değildir.

Fakat bu tip sistemlerde, maliyet fazladır. Bataryanın getireceği ek maliyet, bataryanın konacağı yer sorunu ve bakım gereksinimi, sistemin dezavantajlarıdır. Ayrıca bataryaların şarjı için şarj regülatörü gerekmektedir. Modül kapasitesi arttırıldıkça, akü kapasitesinin de aynı oranda arttırılması gerekmektedir.

1.3.6.4. Şebekeye Bağlı Sistemin Avantajları

- Batarya ihtiyacı bulunmamaktadır.
- Fotovoltaik sistem tarafından üretilen fazla olan elektrik enerjii enterkonnekte şebekeye satılabilir.
- Fotovoltaik sistemde herhangi bir arıza olması veya sistemin yeterli gelmediği durumda şebeke akımı direkt olarak devreye girer.
- Modül sayısı dolayısıyla çıkış gücü istenildiği şekilde artırılabilir
- Fotovoltaik sistem tasarlanırken modül boyutu tüketicinin aşırı kullanımına göre belirlenmemektedir. Fotovoltaik panel tarafından toplam yükün belirli bir oranım karşılanması yeterli olacaktır.

1.3.6.5.Şebekeye Bağlı Sistemin Dezavantajları

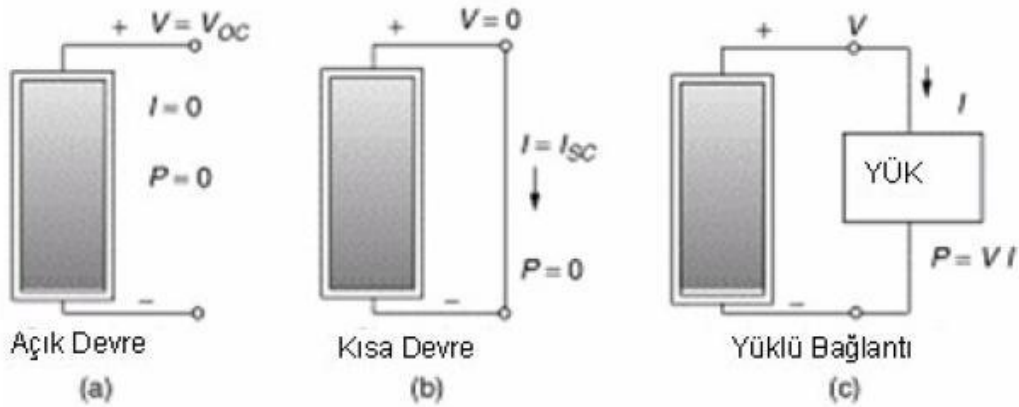
- Fotovoltaik sistem yeterli gelmediğinde veya sistemde bir problem olması durumunda enerji temin problemi yaşanacaktır..
- Frekans, harmonikler, güç faktörü, dalga şekli gibi elektriksel parametreler çok düzenli bir regülasyon ister. Şebekeye bağlı sistemlerde bunun yapılması için yüksek kalitede elektronik ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum ise maliyeti arttırmaktadır. Eğer sistemin az maliyetli ve güvenilir olması isteniyorsa şebekeye bağlı olarak ve küçük bir bataryalı sistemi ilave edilmesi uygun olacaktır.
- Şebekede bir problemin olması durumunda yada kullanıcı fotovoltaik sistemi şebekeden ayırmayı düşündüğünde, dual-mode inverter bataryadaki doğru akım gerilimi alternatif akım gerilime çevirecektir. Ayrıca, şebeke akım kesintisi genellikle kötü ve yağışlı havalarda olduğundan, bu şartlarda da fotovoltaik sistem elektrik üretemeyeceğinden, bu durum bir jeneratör ihtiyacını doğabilecektir.

1.3.7. Fotovoltaik Panellerde Verim Analizi

Bir fotovoltaik sistemde gerilim ve akımı ölçmek için panelin pozitif kısmının ve negatif kısmının çıkışlarına multimetreler bağlanır. Bu bağlanan multimetrelerin biri devreye paralel bağlanarak gerilim ölçerken diğeri seri bağlanarak akım değerini ölçer. Ölçümü yapılan akım ve gerilim değerleri kullanılarak aşağıdaki güç analizi yapılabilir.

$$P=I.V \quad (1.1)$$

Fotovoltaik panellerde açık devre gerilimi, kısa devre akımı ve dolgu faktörü belirlenir. PV modüllerdeki açık devre, kısa devre ve yüklü bağlantı Şekil 1.10' da gösterilmiştir.

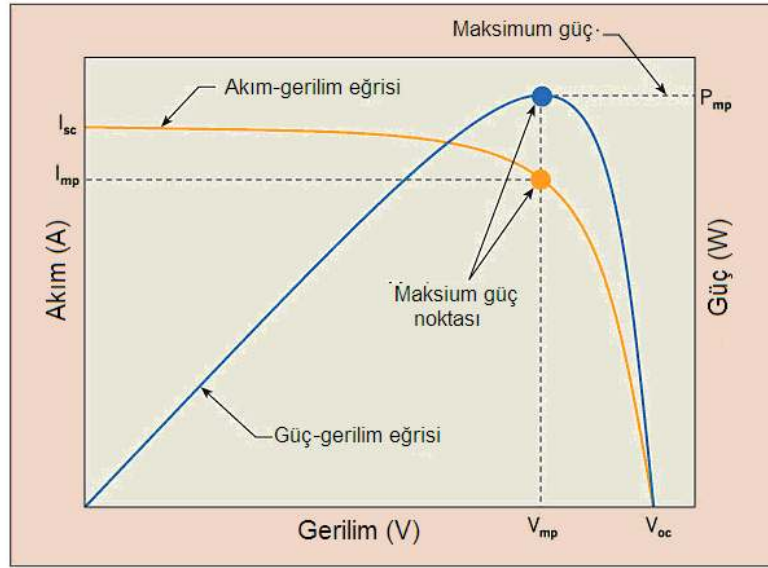


Şekil 1.10. PV modüllerdeki açık devre, kısa devre ve yüklü bağlantı[91]

- **Açık devre gerilimi (V_{oc})** :Akımın sıfır olduğu anda fotovoltaik hücrede ki ölçülen gerilimdir. [92]
- **Kısa Devre Akımı (I_{sc})** :Fotovoltaik hücreden geçen gerilimin sıfır olduğu ve ışıının etkisi olduğu andaki ölçülen akımıdır. [92]
- **Dolgu Faktörü(FF)**: Fotovoltaik sistemin maksimum gücünün açık devre gerilimi ile kısa devre akımının çarpımına oranını ifade eder[93]. Yani;

$$FF=P_m/V_{oc} \cdot I_{sc} \quad (1.2)$$

Şekil 1.11.' de Fotovoltaik hücrenin akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) özellikleri şematik olarak verilmiştir. [93]



Şekil 1.11. PV hücrenin akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) özellikleri [93]

Buna göre maksimum güç

$$P_m = V_m \cdot I_m \quad (1.3)$$

Şeklinde yazılır. Dolgu Faktörü

$$FF = P_m / (V_{oc} \cdot I_{sc}) \quad (1.4)$$

dikkate alınırsa maksimum güç

$$P_m = V_m \cdot I_m = FF \cdot V_{oc} \cdot I_{sc} \quad (1.5)$$

Şeklinde yazılır.

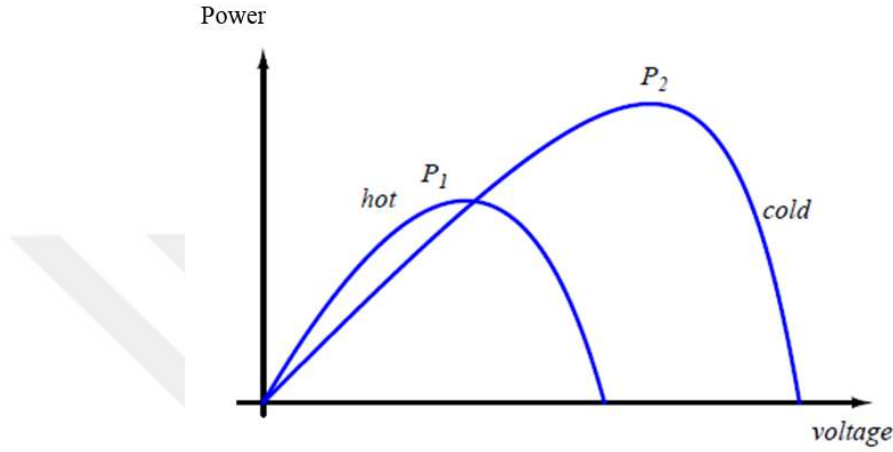
Bir fotovoltaiik panelin verimini hesaplamak için sistem gücünün sistem üzerine düşen ışıma oranıdır [91]. Yani ;

$$\eta = FF \cdot V_{oc} \cdot I_{sc} / I_g \quad (1.6)$$

Panelin elektriksel verimini hesaplamak için panelin gerilim, akım ,panelin üzerine düşen ışıma değeri, panel alanı bilinmelidir. Pyronometre cihazı ile ölçümü yapılan gerilim-akım değerleriyle ve ışıma şiddeti değeri kullanılarak elektrik verim analizi yapılabilir.

$$\eta = V_m \cdot I_m / A \cdot I_g \quad (1.7)$$

Foton akımı güneşin tam olduğu durumlarda maksimumdur. Havanın bulutlu olduğu durumlarda fotovoltaik akım azalacaktır. V eğrisi güneşin az olduğu durumlarda azalarak daha küçük alanlar kaplayacaktır. Düşük sıcaklıklarda PV'lerin ürettikleri güç daha yüksek olmaktadır(Şekil 1.12)[94].



Şekil 1.12. Güç –Gerilim grafiği[94].

Bir fotovoltaik sistemin erimini etkileyen faktörleri özetleyecek olursak

- Atmosferdeki yolun uzunluğu ve havanın kirlilik durumu
- Güneş ışınımının yoğunluğu
- Işın geliş açısı
- Aktarılan güç
- Panel yapısında kullanılan malzemenin cinsi ve niteliği
- En uygun verimlilik sıcaklığı
- Güneşlenme süresi

1.4. Soğutma ve Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri

Soğutmanın amacı; kapalı bir hacimdeki soğuk ortamdan yada sistemden ısı çekmektir ve böylece elde edilen soğuk ortamın özelliklerinin sürekliliğinin sağlanmasıdır. Normal şartlarda ısıнын aktarım eğilimi, sıcak kaynaktan soğuk kaynağa doğrudur.

Soğutma etkisinin sürekli hale getirilebilmesi için modern sistemlerde soğutucu akışkan kullanılır. Bu akışkan, sistemde kapalı çevrim halinde çalışır ve bir tur sonucunda soğutma işlemi gerçekleştirilmiş olur. Soğutma çevrimi içinde sistemde dolaşan akışkana

soğutucu akışkan adı verilir. Soğutucu akışkanın, soğuk bölmeden enerji alıp (soğuk bölme sıcaklığı ortam sıcaklığından daha düşük) ve bu enerjiyi soğutucu soğuk bölmeye gelmeden atması olayına, soğutma çevrimi adı verilir.

Kullanılabilecek soğutucu akışkanlar endüstriyel önemi olan soğutma tekniklerinin hepsinde dahili veya harici olarak buharlaşan bir sıvı soğutucu akışkan olarak kullanılır. Soğutma sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli sistem,
- Absorpsiyonlu sistem,
- Termoelektrikli sistem,
- Enjektörlü sistem,
- Adsorpsiyonlu sistem,
- Brayton çevrimli mekanik sistem

Bu soğutma çevrimlerinden Rankine çevrimli mekanik buhar türbini ve absorpsiyonlu sistemler ekonomik olarak değerlendirilebilecek düzeydedir. Absorpsiyonlu soğutma sistemi 1777 yılından itibaren bilinmektedir. İlk defa Michael Faraday tarafından bir soğutma çevrimi olarak uygulanıp bundan sonra yararlanılmaya başlanmıştır. Soğutucu olarak NH_3 ve absorbent olarak suyun kullanıldığı ilk absorpsiyonlu soğutma sistemi bir Fransız olan Ferdinand Corre tarafından icat edilmiştir.

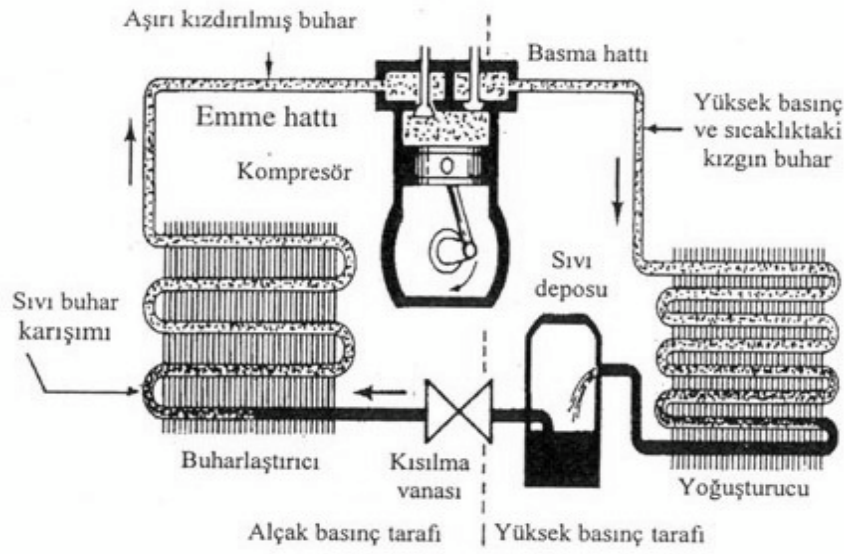
Yirminci yüzyılın ilk yıllarında absorpsiyonlu soğutma sistemi oldukça rağbet görmüş ve çeşitli uygulama alanları bulmuştur. Ancak klasik soğutma sistemleri ile soğutma daha ekonomik olduğu için 1930' lu yıllardan sonra uzun süre elektriğin ucuz olmasıyla değişik boyut ve kapasitelerdeki kompresörler kullanılmıştır. Elektrik fiyatlarının çok yüksek olduğu günümüzde absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin daha ekonomik olabileceği düşünülmektedir.

Enjektörlü soğutma sistemi ise ekonomik nedenler ve düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarının sağlanmasından dolayı diğerlerine göre daha az avantajlı olmaktadır. Soğutmada kullanılan yaygın soğutma sistemleri, buhar sıkıştırımlı soğutma sistemi ve absorpsiyonlu (soğurmalı) soğutma sistemleridir. Her iki sistemde de sıvı bir soğutkan kullanılmakta olup, basınç bir genişleme valfinden geçirilerek düşürülmektedir.

1.4.1. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi

Buhar sıkıştırılmalı bir soğutma çevriminde iki ana bölüm mevcuttur. (Şekil 1.13). Bu iki bölüm, alçak ve yüksek basınç tarafı olarak adlandırılır. Alçak ve yüksek basınç taraflarından oluşan soğutma çevrimi dört ana elemandan oluşmaktadır.

Bu elemanlar sırasıyla; kompresör, yoğuşturucu (kondenser), buharlaştırıcı (evaporatör) ve kısılma vanası (genleşme valfi)'dir. Bu dört elemandan birinin eksik olması halinde soğutma çevrimi oluşamaz.



Şekil 1.13. Buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma çevrimi

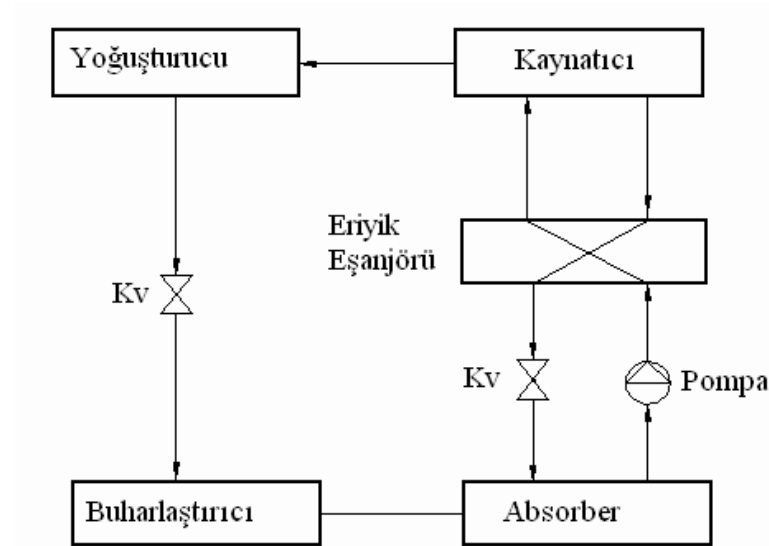
Mekanik buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde; kompresör tarafından yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar haline gelmekte ve bu şekilde yoğuşturucuya gönderilmektedir. Yoğuşturucuda, çevreye ısı verilerek soğutucu akışkan yoğuşmakta ve kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak buhar olarak kompresör tarafından emilir. Bu şekilde çevrim sürekli olarak tekrarlanmaktadır[95].

1.4.2. Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimi

Absorbsiyonlu soğutma çevrimi buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimine oldukça benzer. Soğutma yükü soğutucu akışkanın buharlaştırıcıda buharlaşmasıyla karşılanır. Buhar sıkıştırılmalı çevrimdeki mekanik işlemin yerini, absorbsiyonlu soğutma

sisteminde fiziko kimyasal işlemler almıştır. Buhar sıkıştırılmalı çevrimdeki kompresör yerini, absorpsiyonlu sistemlerde termik kompresör adı verilen absorber- kaynatıcı çifti almaktadır[94].

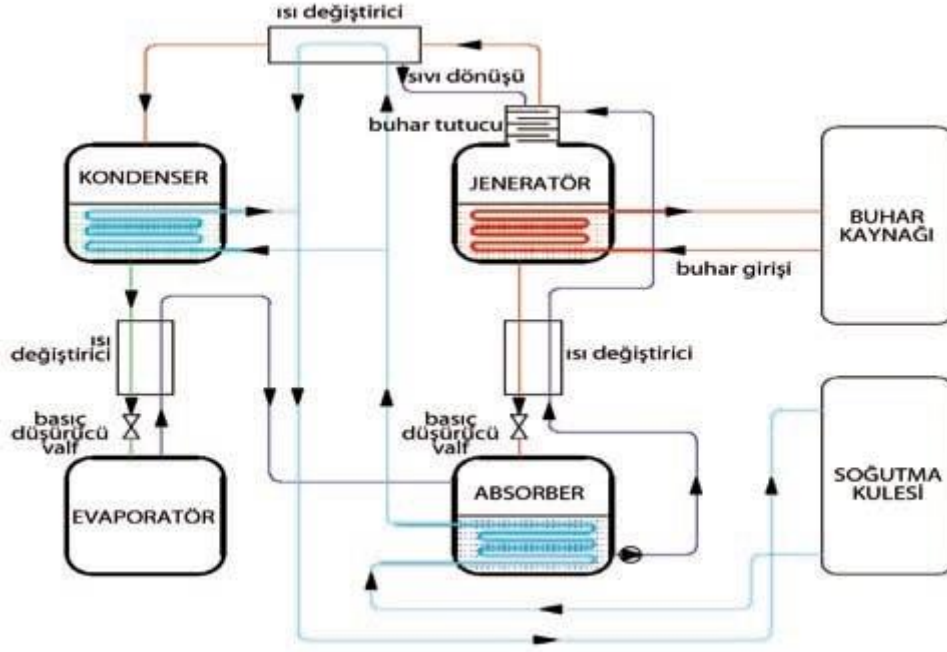
Şekil 1.14.'de gösterildiği gibi basit bir absorpsiyonlu soğutma sistemi buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemine benzemesine karşılık kompresörün yerini absorber, pompa ve jeneratör almıştır. Soğutkan ve soğutucu karışımı eriyik bu elemanlar içerisinde dolaşır. Soğutkan ise yalnızca kondenser, genleşme valfi ve evaporatörde dolaşır. Isı, jeneratörde soğutkan ve soğutucu sıvı eriyiğine transfer edilir ve jeneratörde soğutkan buharı karışımından ayrılır. Absorberde ise bu olayın tersi olur. Genel olarak absorpsiyon prensibi, karşılıklı çözünürlüğü olan maddelerin yüksek sıcaklıklarda daha az, düşük sıcaklıklarda ise daha fazla çözünür olmasıdır. Kompresörlü sistemlerde soğutucu akışkan olarak freon gazları kullanılır. Absorpsiyonlu sistemlerde ise iki akışkan çiftinden oluşan solüsyon, lityum bromür+su ve amonyak+su solüsyonları kullanılır. Bu solüsyonların birincisinde LiBr absorbent su ise soğutucu akışkandır. İkincisinde ise su absorbent, amonyak soğutucu akışkandır.



Şekil 1.14. Basit absorpsiyonlu çevrim

Bir amonyak emilimi soğutma sistemi, soğutucu olarak amonyak kullanır. Bu sistem - 60 ° C'ye kadar soğutulabilir. Bu düşük sıcaklıklardan dolayı su soğutma çıkışı olarak kullanılamaz. Su yerine tuzlu su veya amonyak kullanılabilir.

Absorbsiyonlu soğutma sistemini meydana getiren başlıca elemanlar; kaynatıcı, yoğusturucu, buharlaştırıcı, absorber ve sıvı ısı değıştirici (ekonomizer) olarak tanımlanır. Soğutucu akışkan soğutma sisteminin her tarafında dolaşır. Yutucu akışkan ise sadece kaynatıcı, absorber ve ısı değıştirici arasında dolaşır(Şekil 1.15).

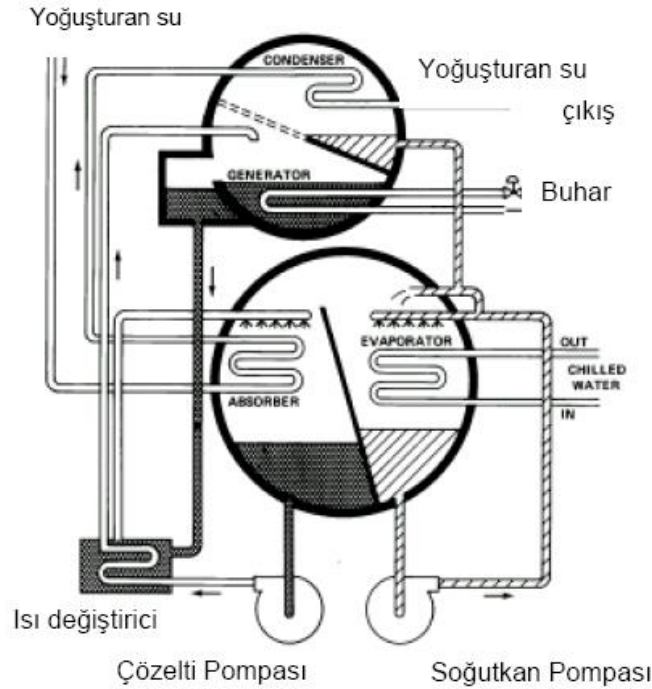


Şekil 1.15. Amonyak/su Absorbsiyonlu soğutma sistemi[96]

1.4.3. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Absorberden çıkıp bir pompa vasıtasıyla ısı değıştiricisinden geçerek ısınan LiBr bakımından fakir eriyik kaynatıcıya gelir. Burada dışarıdan verilen ısıyla (sıcak su, buhar, doğal gaz veya LPG) gibi yakıtların yakılması sonucu soğutucu akışkan tamamen buharlaşarak eriyikten ayrılır. Buharlaşarak kaynatıcıyı terk eden soğutucu buharı, yoğusturucuya girer. Kaynatıcıda eriyik içinden soğutucu buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından zenginleşen eriyik (zengin eriyik) ısı değıştiricisinden geçip fakir eriyiğe ısı verdikten sonra absorbere geri döner. Kaynatıcıdan buharlaşarak yoğusturucuya giren soğutucu buharı burada yoğuşarak dışarıya ısı atar. Yoğuşma basıncı, izafi olarak buharlaşma basıncından yüksektir. Her iki basınç mutlak olarak atmosfer basıncının altındadır(Şekil 1.16).

Basınç kayıpları düşünülmezse, kaynatıcı yoğuşturucu basıncında, absorber ise buharlaştırıcı basıncındadır. Yoğuşturucuda tamamen yoğuşmuş olarak çıkan soğutucu akışkan izafi olarak düşük basınçta çalışan buharlaştırıcıya girmeden evvel bir kısma vanasından geçirilir. Buharlaştırıcıya kısılarak giren soğutucu akışkan burada buharlaşarak gerekli soğutma yükünü ortamdaki alır. Buharlaştırıcıdan kızgın veya doymuş halde çıkan soğutucu buharı absorbere girer. Absorberde, ısı değiştiricisinden geçip ısı verdikten sonra bir kısma vanasından absorber basıncına kısılan zengin eriyik, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu buharını yutar. İşlem esnasında ısı açığa çıkar. Yutma işleminin gerçekleşmesi için açığa çıkan ısının absorberden atılması gerekir.



Şekil 1.16. Tek kademeli absorpsiyonlu sistem

Absorber içinde tekrar fakir hale gelen eriyik bir pompa vasıtasıyla tekrar kaynatıcıya gönderilir. Isı kayıplarını azaltmak için absorberden kaynatıcıya gönderilen fakir eriyik kaynatıcıdan dönen zengin eriyik tarafından bir ısı değiştiricisinde ısıtılır. Pompaya verilen küçük bir enerji haricinde absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışması için dış bir mekanik enerjiye ihtiyaç yoktur. Kaynatıcıda verilen ısı enerjisiyle sistem çalışır.

Absorbsiyonlu soğutma sisteminde, soğutucu akışkan iki kere buharlaştırılıp yoğuşturulmaktadır. Oysa buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminde bu işlem bir kere olur. İlave buharlaşma-yoğuşma mekanik enerjinin yerini alan fiziko- kimyasal bir işlemdir.

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin genel olarak performansları yeni sisteme verilen birim enerjiye karşılık alınan soğutma etkisi zayıftır. Fakat güneş, jeotermal veya bir güç santralinden atılan ısı absorbsiyonlu soğutma için iyi ve ekonomik bir ısı kaynağı olabilir.

1.4.4. Sistem Bileşenleri

- **Eriyik Pompası**

Zengin eriyiğin absorberden ısı değiştiricisine ön-ısıtma amaçlı olarak gönderilmesini sağlayan elemandır.

- **Jeneratör**

Boylar ya da kaynatıcı olarak ta bilinir. Jeneratörde verilen ısı ile soğutkan buharı zengin eriyikten ayrıştırılmaktadır[97].

- **Kondenser**

Jeneratörden gelen soğutucu buharın soğutularak yoğuşmasını sağlayan elemandır.

- **Evaporatör**

Sıvı haldeki soğutucu akışkanın ortam ısını çekerek buharlaştığı kısımdır.

- **Absorber**

Soğutucu akışkanın suda çözünmesini sağlayan ünitedir. Soğutucu akışkan evaporatörden çıktıktan sonra bir ısı değiştiriciden geçerek absorbere girer. Absorberdeki karışım, bir sıvı eriyik pompası ile sürekli püskürtülerek çözünmesinin kolaylaşması sağlanır.

- **Isı Değiştirgeci**

Ön ısıtıcı ve ön soğutucu olmak üzere iki adet ısı değiştirgeci kullanılabilir.

Genellikle karşı akımlı olarak imal edilirler. Sistemde absorberden gelen sıvı haldeki soğutucu akışkanın ısısı, jeneratörden dönen akışkanın ısını alır [98].

- **Kısılma Vanası**

Sistemde iki adet mevcuttur. Bunlardan biri soğutkan eriyiğin diğeri ise zengin eriyiğin basıncını düşürmek için kullanılmaktadır.

- **Ayrıştırıcı**

Sistemde NH₃ - H₂O çifti kullanılıyorsa ayrıştırıcı kullanılması gerekir. Ayrıştırıcı, kaynatıcıyı tamamlayan bir kısımdır. Kaynatıcıdan gelen soğutkan buharının içindeki çok az miktardaki suyu yoğunlaştırarak kuru soğutkan buharı sağlamaktadır.

1.4.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminde Kullanılan Akışkan Çiftleri

Herhangi bir soğutma sisteminde önemli noktalardan biri uygun çalışma akışkanının seçimidir. Soğutkan- absorbent çiftinin özellikleri; arandığında hemen bulunabilir olması, ucuz olması, viskozitelerinin düşük olması, soğutkan için yüksek buharlaşma ısısı, zehirli olmaması, korozyon olmaması, kararlı ve absorbent içinde soğutkanın yüksek eriyebilirlikte olması istenir.

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan akışkan çiftlerinin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bazı özellikler şunlardır:

- Çalışma şartlarında absorblayıcının katı halde bulunmaması gerekir.
- Soğutucu akışkanın absorbent akışkandan daha uçucu olması ve böylece zengin eriyikten kolayca ayrılması gerekir.
- Soğutucu akışkanın buharlaşma ısısı yüksek olmalıdır.
- Absorbent içindeki soğutucu akışkanın çözünübilirliği yüksek olmalıdır.
- İyi bir absorbsiyon işleminin gerçekleşmesi için soğutkan ve absorbentin birbirine karşı afinitesi(İlgisi) yüksek olmalıdır.
- Eriyiklerin viskoziteleri çalışma şartlarında düşük olmalıdır.
- Uzun çalışma şartlarında akışkan çifti stabil olmalıdır.
- Korozyon tesiri az ve emniyetli olmalıdır.

Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminde Kullanılan Akışkan Çiftleri olarak Lityum Bromür-Su ve H₂O-Amonyak karışımları yaygın olarak kullanılmaktadır(Tablo 1.5).

Tablo 1.5. Absorpsiyonlu soğutma makineleri için ikili karışımlar.

SOĞUTKAN	SOĞURUCU
Su	LiBr,LiI,LiSCN,CsF,RbF ve diğer tuz çözeltileri
Amonyak	Su, NaSCN,CaCl ₂ ,LiNO ₂ ve diğerleri
Halojene olmuş organik bileşikler (freonlar R-21, R-22)	Eter, ester,amid,amin ve diğerleri

- **H₂O-Amonyak Karışımının Avantaj ve Dezavantajları**

Avantajları:

- Kolay elde edilebilir. Raoult Kanunu'ndan negatif sapma gösterir.
- Molekül ağırlığı düşüktür, böylece soğutkanın buharlaşma ısısı yüksektir.
- Soğurucu olan su, amonyak ile iyi bir karışım yapma özelliğindedir. Toksik ve pahalı değildir.

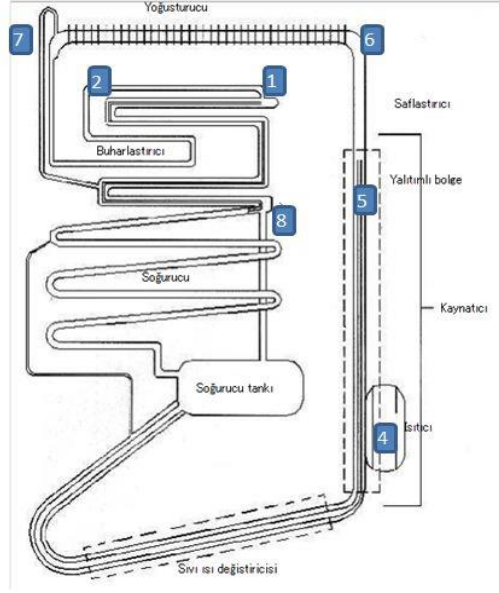
Dezavantajları:

- Soğurucu yani su uçucu olduğu için suyun bir kısmı buharlaşır ve soğutkan buharı ile birlikte gider. Böylece sistemin zenginleştirilmesi gerekir.
- Su – Amonyak sisteminde çalışma sıvısının absorber basıncından generatör basıncına pompalanması gereklidir.
- Amonyak toksik ve tutuşur özelliktedir.
- Faz değişimi sırasında (buharlaşma ve yoğunlaşma işlemleri) entropi ve hacim değişirken sıcaklık ve basınç sabit kalır.

1.4.6. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinde Enerji Analizi

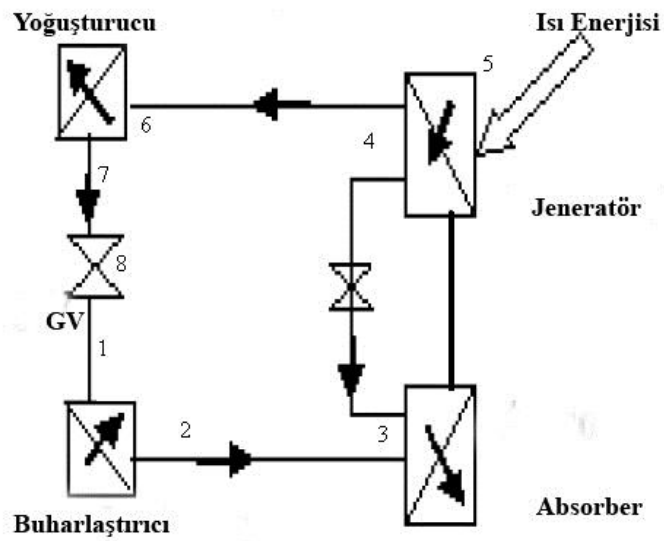
Absorpsiyonlu soğutma çevrimleri, iki farklı akışkanla çalışan ve yoğun olarak ısı enerjisinin kullanıldığı sistemlerdir. Kendi sistemimde kullandığım tek kademeli

absorbsiyonlu soğutma sisteminin genel yapısı bulunmaktadır. Numaralandırılan noktalar termokupulların bağlandığı noktalardır(Şekil 1.17).



Şekil 1.17. Sistemde kullanılan tek kademeli bir absorpsiyonlu soğutma sisteminin genel yapısı.

Sistemin enerji modeli Şekil 1.18’ de verilmektedir. Şekle göre sistemin kütle ve enerji dengesi aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.18 Absorpsiyonlu sistemin enerji modeli

- **Buharlaştırıcı enerji ve kütle dengesi**

Buharlaştırıcının işlevi sıvı olarak sisteme giren soğutucu akışkanın buharlaşıp gaz olarak çıkmasını sağlar.

$$Q_e = m_2.h_2 - m_1.h_1 \quad (1.7)$$

$m_2 = m_1$ olduğundan

$$Q_e = m_2.(h_2 - h_1) \quad (1.8)$$

elde edilir.

- **Jeneratör enerji ve kütle dengesi**

Jeneratörün görevi; dışardan beslenen ısı enerjisi yardımıyla çözelti pompasından gelen fakir çözeltiden, buharlaşma debisine eşit bir suyun buharlaştırılıp ayrıştırılarak yoğuşturucuya gönderilmesi, böylece oluşan zengin çözeltinin ısı değiştirgeci üzerinden tekrar absorbere iletilmesidir.

$$Q_j = m_6.h_6 - m_4.h_4 \quad (1.9)$$

$m_6 = m_4$ olduğundan

$$Q_j = m_6.(h_6 - h_4) \quad (1.10)$$

elde edilir.

- **Yoğuşturucu enerji ve kütle dengesi**

Yoğuşturucu , soğutucu makinelerde soğutkanın gaz olarak girdikten sonra ısısını çevreye vererek sıvı hale geçtiği bölümdür,

$$Q_c = m_7.h_7 - m_6.h_6 \quad (1.11)$$

$m_7 = m_6$ olduğundan

$$Q_c = m_7.(h_7 - h_6) \quad (1.12)$$

elde edilir.

- **Tek Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Etkinlik Katsayısının Hesabı**

Buharlaştırıcı ısısı ile jeneratör ısısı kullanılarak sistemin soğutma etkinlik katsayısı hesaplanır.

$$COP = Q_b / Q_j \quad (1.13)$$

Absorbsiyonlu sistemde amonyağın soğurularak kaynatıcı ve soğurucu arasında taşınmasını sağlayan sudur. Hesaplamalarda kullanılacak olan suyun ve amonyağın fiziksel özellikleri Tablo 1.6 ve Tablo 1.7’ da verilmiştir.

Tablo 1.6. Suyun Fiziksel Özellikleri

4°C'deki maksimum yoğunluğu	1000 kg/m ³
Donma sıcaklığı	0°C
Kaynama sıcaklığı	100°C
Kritik sıcaklığı	374°C
Kritik basıncı	222.4 bar
Özgül ısı (c_p)	4.187 kJ/kg K

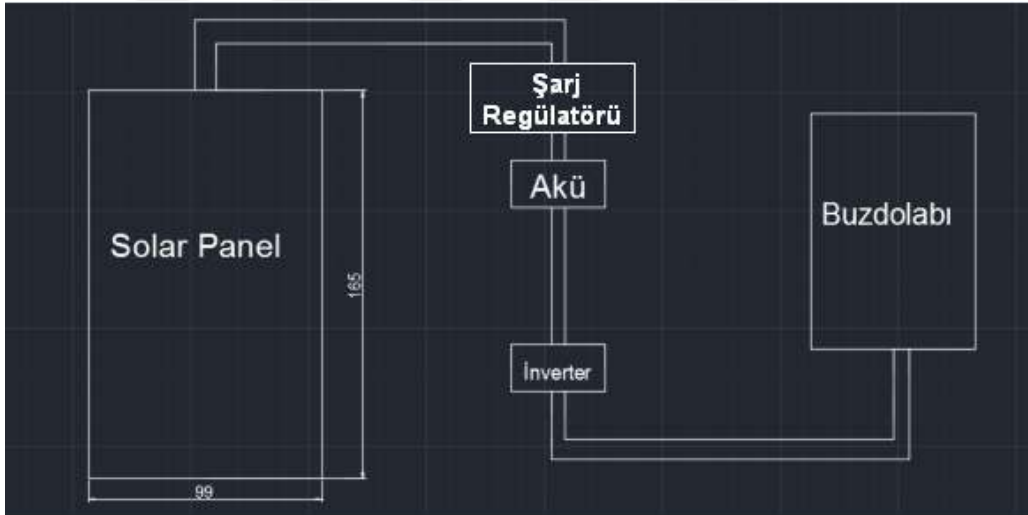
Tablo 1.7. Amoyağın fiziksel özellikleri

Moleküler ağırlığı	17.2 g/mol
Özgül hacmi	1.43 m ³ /kg
Atmosferik basınçta sıvı fazın	686 kg/m ³
Buhar Basıncı (25°C)	1 MN/m ²
Özgül ısı (c_p)	2175 J/kgK
Özgül ısı oranı (c_p/c_v)	1.3
Gaz sabiti	488 J/kg°C
Isıl iletkenlik	0.026 W/m°C
Kaynama noktası	-33.3°C
Donma noktası	-77.7°C
Kritik sıcaklığı	132.5°C
Kritik basıncı	11.4 MN/m ²
Yoğunluk	125 kg/m ³

2. MATERYAL ve METOT

Deneysel çalışma amacıyla Fotovoltaik panel destekli asbsorbsiyonlu soğutma sistemi tasarlanmıştır. Tasarıma ait şematik resim Şekil 2.1 'de verilmiş olup sistem şu kısımlardan oluşmaktadır.

- Fotovoltaik panel
- Şarj regülatörü
- Akü
- İnverter
- Buzdolabı



Şekil 2.1. Tasarıma ait şematik resim

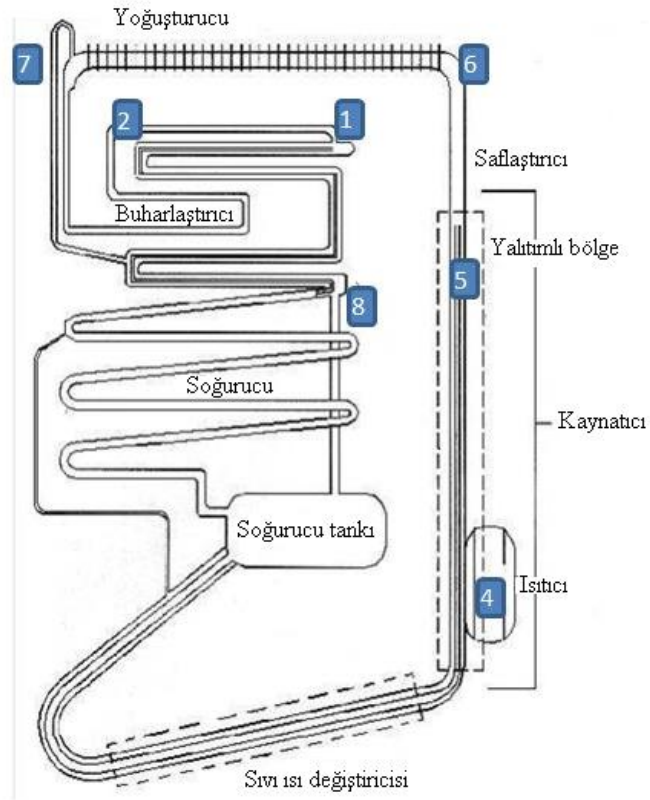
Yapılan deneysel çalışmaya ait sistemin genel görünümü Şekil 2.2' de gösterilmiştir. Deney düzeneği Elazığ' da 39:14 E 38:41 N koordinatlarında Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü' nde Temmuz-Ekim 2016-2018 döneminde çalıştırılarak sistem üzerindeki deneysel ölçümler kaydedilmiştir.



Şekil 2.2 Sistemin genel görünümü

Sistem üzerinde enerji kaynağı olarak kullanılan fotovoltaik panel ısı tekniği laboratuvarının teras katına yerleştirilmiştir. Diğer elemanlar ve soğutma sistemi ise yakın bir oda içerisine konulmuştur. Sistemde fotovoltaik panel çıkışları regülatör girişine bağlıdır. Elde edilen akım aküde depolanmakta ve inverterde alternatif akıma dönüştürülerek soğutucuya iletilmektedir.

Soğutucu ve hava sıcaklıklarını ölçmek için demir-constantan termokupllar ve çok kanallı dijital termometre kullanılmıştır. Ölçülen sıcaklıklara ait ölçme noktaları Şekil 2.3’ de gösterilmiştir. Solar radyasyon değerleri pironometre ile ölçülmüştür. Elektriksel voltaj, akım, güç tüketimi ve güç faktörü değerleri güç analizör cihazı ile ölçülmüştür.



1-evaporatör girişi 2-evaporatör çıkışı 3-iç ortam 4-ısıtıcı sıcaklığı 5-ısıtıcı sıcaklığı çıkışı 6-kondenser girişi 7-kondenser çıkışı 8-soğutucu sıcaklığı

Şekil 2.3. Termokupl bağlantıları

2.1. Sistemde Kullanılan Elemanlar

2.1.1. Absorbsiyonlu Soğutucu

Absorbsiyonlu soğutma sistemi tek kapılı olup, sistem Şekil 2.4’de gösterilmiştir. Ortalama 32 lt soğutma hacimli absorbe mini bar buzdolabında kullanılan akışkan NH₃-H₂O dur.



Şekil 2.4 Buzdolabının iç ve dış görünümü

2.1.2. Fotovoltaik Panel

Deney düzeneğinde kullanılan panel BSV-80m tip, 1206x556x35 mm ölçülerinde 80 W gücündedir. Teknik özellikleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Fotovoltaik panellerden maksimum verim elde etmek için Fotovoltaik panellere istenilen açıyı verebilecek mekanizma tasarlanmıştır. Fotovoltaik panel sehpası için fotovoltaik panel içine rahatlıkla yerleştirilebileceği şekilde profil demir kullanılmıştır. Kollektör sehpası eğim açısı ayarlanabilecek şekilde imal edilmiştir. Uygulamada kullanılan Fotovoltaik panele ait fotoğraf Şekil 2.5 ‘ de verilmiştir.

Tablo 2.1 Sistemde kullanılan fotovoltaiik panelin teknik özellikleri

Adet	1
Boyutlar	1206x556x35 mm
P_m	80 Watt
V_{mp}	17,3 Volt
I_{mp}	4,63 Amper
V_{osc}	21,3 Volt
I_{sc}	5,15 Amper
Hücre tipi	Mono125x125
Çalışma sıcaklık aralığı	-40 oC, +85 oC



Şekil 2.5 Sistemde kullanılan fotovoltaiik panel

2.1.3. Şarj Regülatörü

Deney düzeneğinde 12 V 10A yani yaklaşık 120W' lık bir solar şarj regülatörü kullanılmıştır(Şekil 2.6). Şarj regülatörünün teknik özellikleri Tablo 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.6. Şarj Regülatörü

Tablo 2.2 Şarj regülatörünün teknik özellikleri

Akü Gerilimi	12V
Sonunda Voltaj Şarj	14.1V / 14.4V
Yük / Şarj Sürekli Akım	10A
Boyutlar	134.2 x 58.4 x 33 mm

2.1.4. Akü

Sistemde kullanılan akü 12V 120A lik Jel Tipi akü olup Şekil 2.7de verilmiştir.



Şekil 2.7. Akü

2.1.5. İnverter

Güneş paneli yardımıyla elde edilen doğru akımı(DC) alternatif akıma(AC) çevirmek için bir inverter (elektriksel güç çeviricisi) kullanılmıştır(Şekil 2.8). Böylece, inverter vasıtasıyla kullanılan soğutucuyu mobil ortamlarda çalıştırılabilme imkanı oluşturuldu. Kullanılan inverterin teknik özellikleri Tablo 2.3' da verilmiştir.



Şekil 2.8. İnverter

Tablo 2.3. Kullanılan inverterin teknik özellikleri

AC gücü 25°C de (VA)	1200
Güç 25°C / 40°C de(W)	1000 / 900
Maksimum güç (W)	2400
Çıkış AC voltajı / frekansı	110 VAC or 230 VAC +/- 3% 50 Hz or 60 Hz +/- 0,1%
Giriş gerilim aralığı (V DC)	9,2 - 17,3 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 68,0
Düşük pil alarmı (V DC)	10,9 / 21,8 / 43,6
Max. verim (%)	92 / 94 / 94
Çalışma sıcaklık aralığı	40 to +50°C (fan destekli soğutma)
Max. nem (yoğuşmasız)	95%

2.2.Deneylerde Kullanılan Ölçme Cihazları

2.2.1.Piranometre

Yapılan deneylerde ışıyım şiddetinin ölçümünde Cem marka piranometre kullanılmıştır. Kullanılan piranometre sistemin çalışma açısına uygun bir eğimle yerleştirilmiş ve 30 dakikalık zaman dilimleri arasında ölçümler yapılmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Piranometre

2.2.2.Dijital Termometre

Sıcaklıklar 12 kanallı $\pm 0,5$ C hassasiyetinde ölçüm yapabilen Elimko 680 marka termokupllu dijital termometre ile ölçülmüştür(Şekil 2.10). Sıcaklıklar K-tipi demir-constant (Fe-Co) ısıl çiftler yardımıyla ölçülmüştür. Bu ısıl çiftler soğutucuda evaporatör, kondenser, ısıtıcı üzerine, buzluk ve soğutma odası merkez noktasına, ortam havasına yerleştirilerek sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 2.10. Dijital termometre

Tablo 2.4. Dijital termometre teknik özellikleri

Doğruluk	± 5
Gösterge	9 dijital LED
Gösterge tarama aralığı	1-9 saniye/kanal
Çalışma ortam sıcaklığı	-10, +55°C
Güç Sarfı	Max. 10 VA
Ölçü Elemanı	Termokupl Rezistans termometre Diğerleri = Standart ve özel çıkışlı transmitter ve çeviriciler

2.2.3. Dijital Multimetre

Deneylerde akım (Amper), gerilim (Volt), direnç (Ohm) değerlerini ölçmek için dijital Alfa II Multimetre kullanılmıştır (Şekil 2.11). Alet üzerindeki komutatorle istenilen ölçme değeri seçilip ölçme yapılabilir.



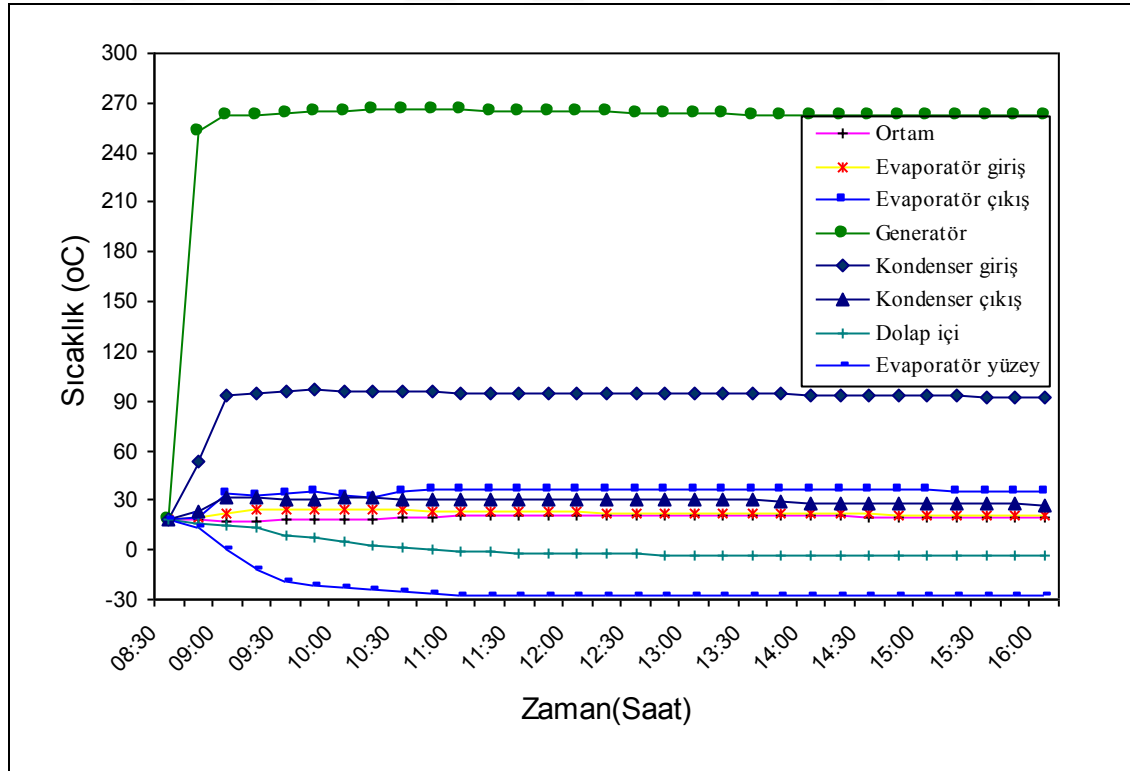
Şekil 2.11. Dijital Multimetre

3. BULGULAR

Absorbsiyonlu soğutma sistemi deneyleri şehir şebeke bağlantılı ve güneş enerjili fotovoltaik panelli olmak üzere iki kaynaklı ve 2017 Haziran -2018 Ocak tarihleri arasında yapılmıştır. Sistem kurulduktan sonra laboratuvar şartlarında şehir şebeke akım bağlantısı ile deneyler yapılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilmiş ve sonra fotovoltaik panel ile deneylere geçilmiştir. Yapılan deneylerinde, evaporatör sıcaklıkları, kondenser sıcaklıkları buzdolabı iç ortam sıcaklıkları, çevre sıcaklıkları ve güneş ışıyım değerleri ölçülmüş, yapılan ölçüm değerleri aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.

3.1.Şehir Şebeke Bağlantılı Absorbsiyonlu Soğutma Sistem Analizi

Sistem şehir elektriği bağlantılı 01 Haziran 2017 tarihinde çalıştırıldığında ölçülen sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 3.1’ de gösterilmiştir.



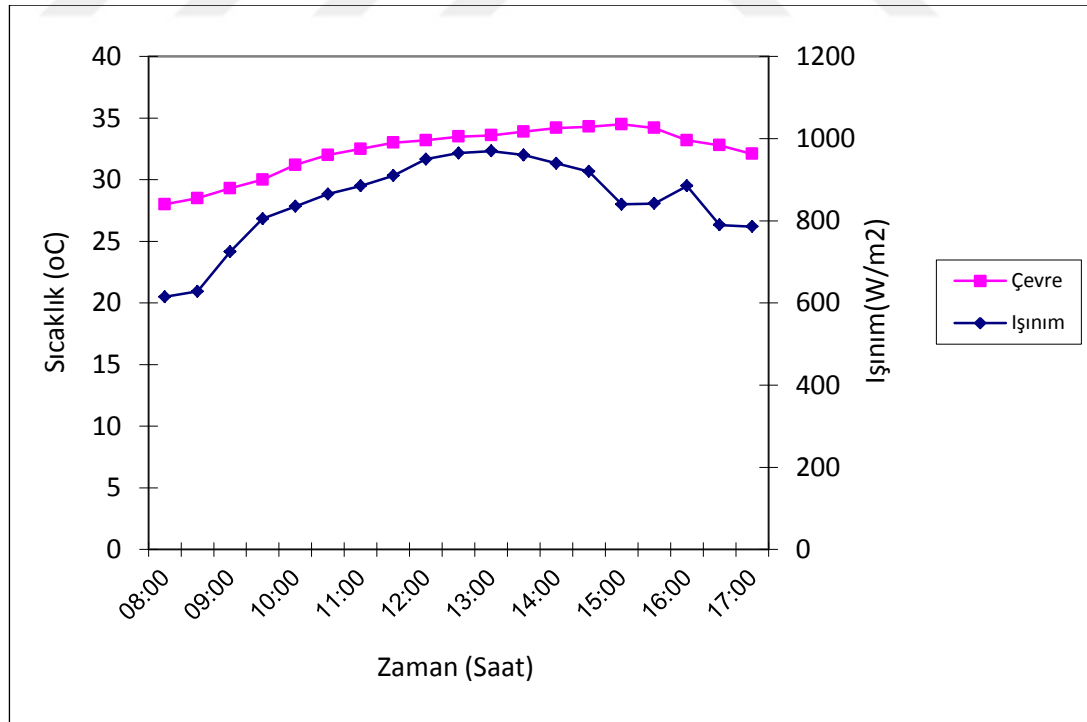
Şekil 3.1. Şebeke bağlantılı absorbsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi

Şekilde görüleceği gibi evaporatör sıcaklığı zamanla düşmekte ve , 15 dakika içinde sıfır derecenin elde edildiği görülmüştür. Evaporatör sıcaklığının yaklaşık 2 saat sonra -27 °C civarında sabitlendiği görülmektedir. Ortalama kondenser sıcaklıklarının da benzer şekilde değişerek ve yaklaşık 1 saat sonra sabitlendiği görülmüştür.

3.2. Fotovoltaik Absorbsiyonlu Soğutma Sistem Analizi

Fotovoltaik sistem de yapılan deneylerde, zamana bağlı olarak ışıınım ve sıcaklık değerleri ölçülmüş ve belirlenen günlere ait değerler şekilde verilmiştir. Ayrıca, aynı günlerde absorbsiyonlu buzdolabında elde edilen ölçüm sonuçları grafikte açıklanmıştır. Buna göre fotovoltaik sistemli yapılan deneylerde, elde edilen deney sonuçları aşağıdaki gibidir:

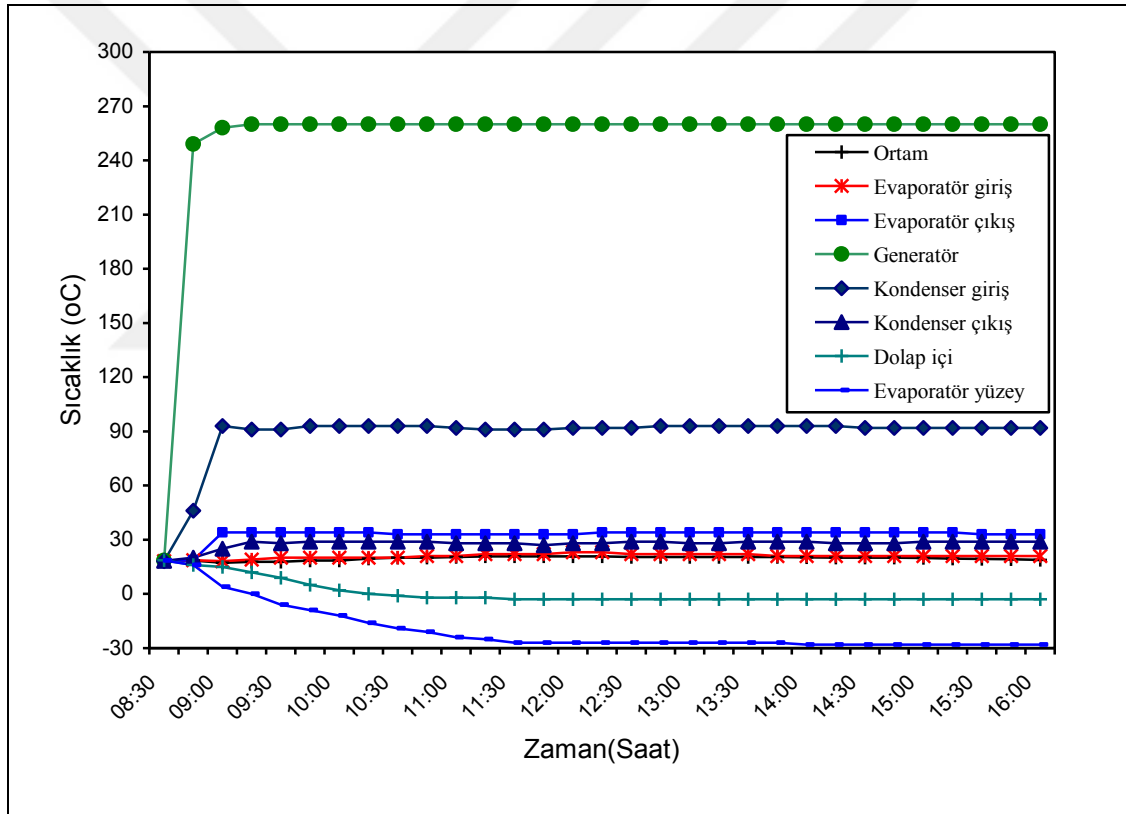
02 Haziran 2017 tarihinde yapılan deneylerde ışıınım ve çevre sıcaklıklarının günün saatlerine bağlı olarak değiştiği ve maksimum ışıınımın 13.00' de maksimum ışıınım 970 W/m² olarak belirlenmiştir(Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Işıınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi(02 Haziran 2017)

Benzer şekilde aynı gün içerisinde absorbsiyonlu buzdolabındaki sıcaklık değişimleri zamana bağlı olarak ölçülmüştür. Sistem fotovoltaik panel ile çalıştırıldığından itibaren

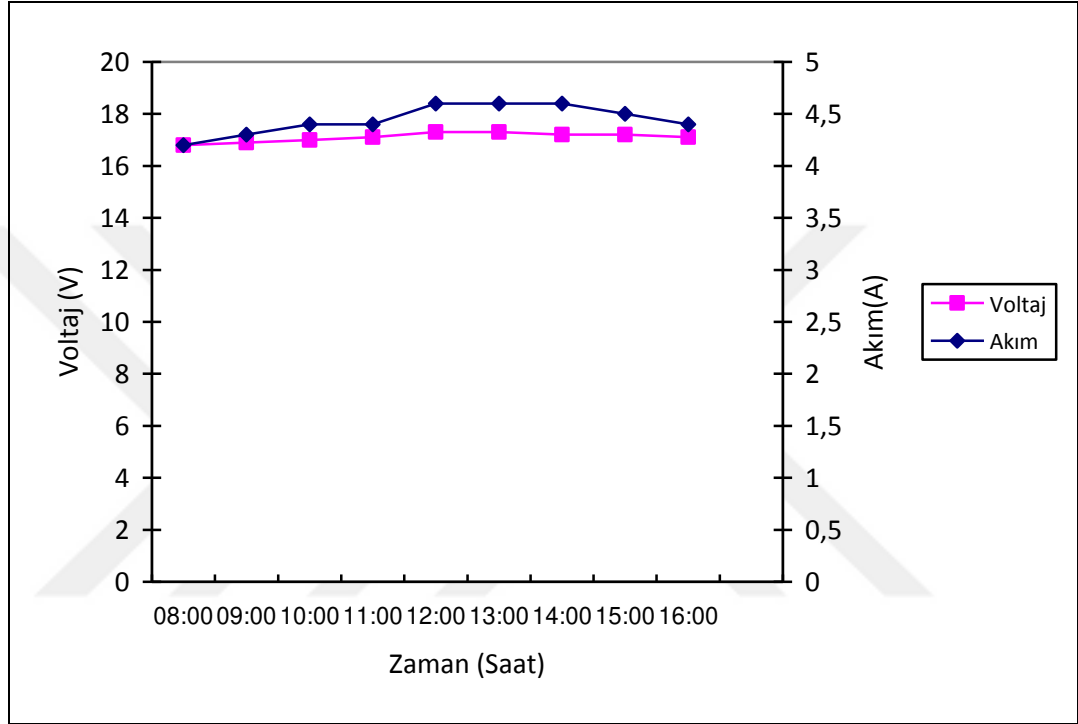
soğutucunun sıcaklığının şehir şebeke akımı ile çalıştırılmasına benzer şekilde düştüğü görülmektedir(Şekil 3.3). Saat:9:15'den saat: 11:15'e kadar evaporatör yüzey sıcaklığının istikrarlı bir şekilde düştüğü görülmektedir. Saat: 11:30'dan itibaren absorpsiyonlu soğutucudaki evaporatör yüzey sıcaklığının yaklaşık olarak -27 °C civarında sabit kaldığı görülmektedir. Dolap iç sıcaklığının evaporatör yüzey sıcaklığına paralel bir şekilde düştüğü ve belli saat 11:15 ten sonra sabitlendiği görülmektedir. Sistemin şebeke akımlı ve fotovoltaik panelli çalıştırılması durumunda sistemin sürekli rejime geçme süresi yaklaşık olarak 4 saat civarındadır. Sistemin şebeke bağlantılı ve fotovoltaik panel destekli çalıştırılmasıyla ilgili olarak sıcaklık değerlerinin sabit olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.



Şekil 3.3. Fotovoltaik destekli absorpsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(02 Haziran 2017)

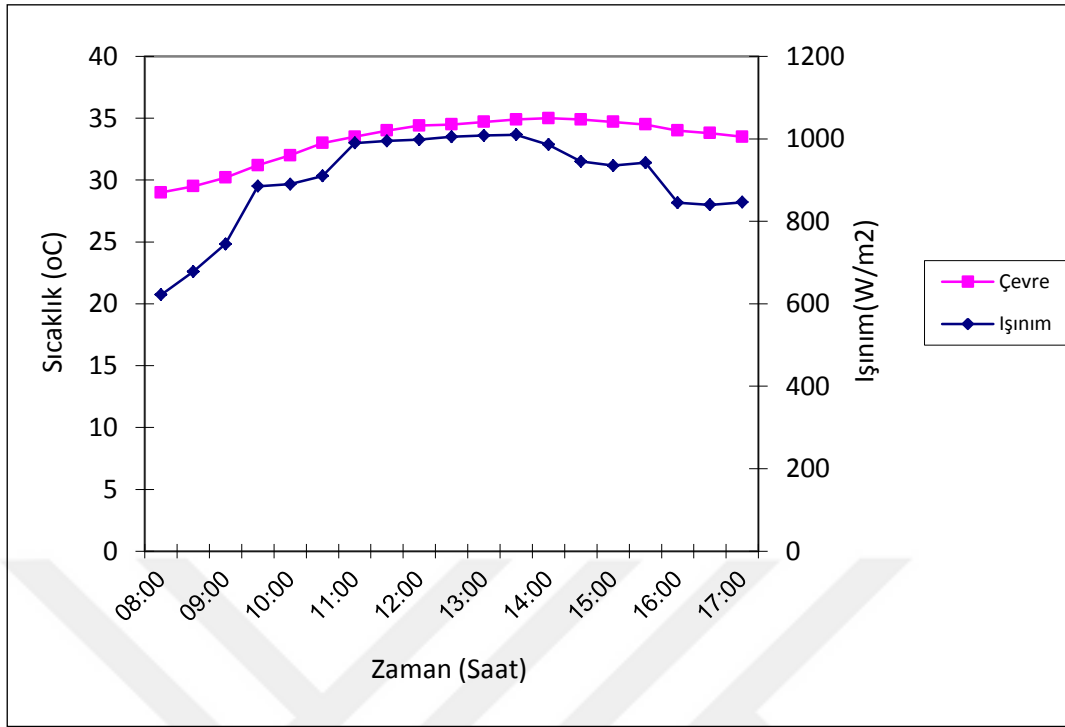
Fotovoltaik paneldeki gerilim ve akım değerleri tespit edilmiş ve zamana bağlı olarak elde edilen değerler grafiğe aktarılmıştır(Şekil 3.4). Buna göre zamana bağlı olarak dolayısıyla güneş ışınım değerlerine bağlı olarak akımın fazla değişmediği, voltajın ise ışınımın yüksek olduğu saatlere biraz artış gösterdiği görülmüştür.

Genel olarak fotovoltaik panelden gelen akım ve voltaj değerleri güneş ışıının değerine paralel olarak artmakta ve azalmaktadır. Elde edilen veriler neticesinde fotovoltaik panelden ölçülen akım ve gerilim değerleri arasında paralel bir ilişki söz konusudur.

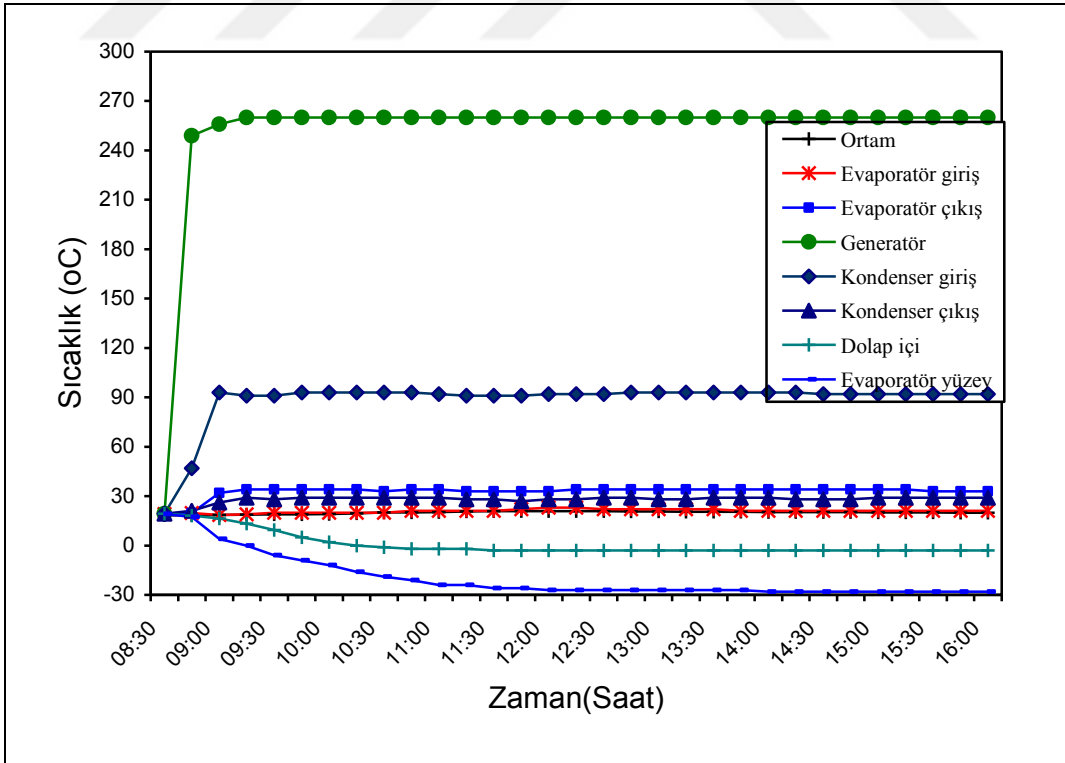


Şekil 3.4. Fotovoltaik panelde voltaj ve akımın zaman ile değişimi(02 Haziran 2017)

08 Temmuz 2017 tarihinde yapılan deneylerde çevre sıcaklıklarının ve ışıının değerlerinin benzer şekilde değiştiği saat 13.30' a kadar sürekli arttığı maksimum ışıının 1010 W/m^2 olduğu ve daha sonra azaldığı görülmüştür(Şekil3.5). Evaporatör sıcaklıklarının haziran ayı içerisinde yapılan deneylere benzer şekilde düştüğü ve aynı süre içerisinde yaklaşık olarak aynı değerlere ulaşıldığı belirlenmiştir(Şekil3.6).

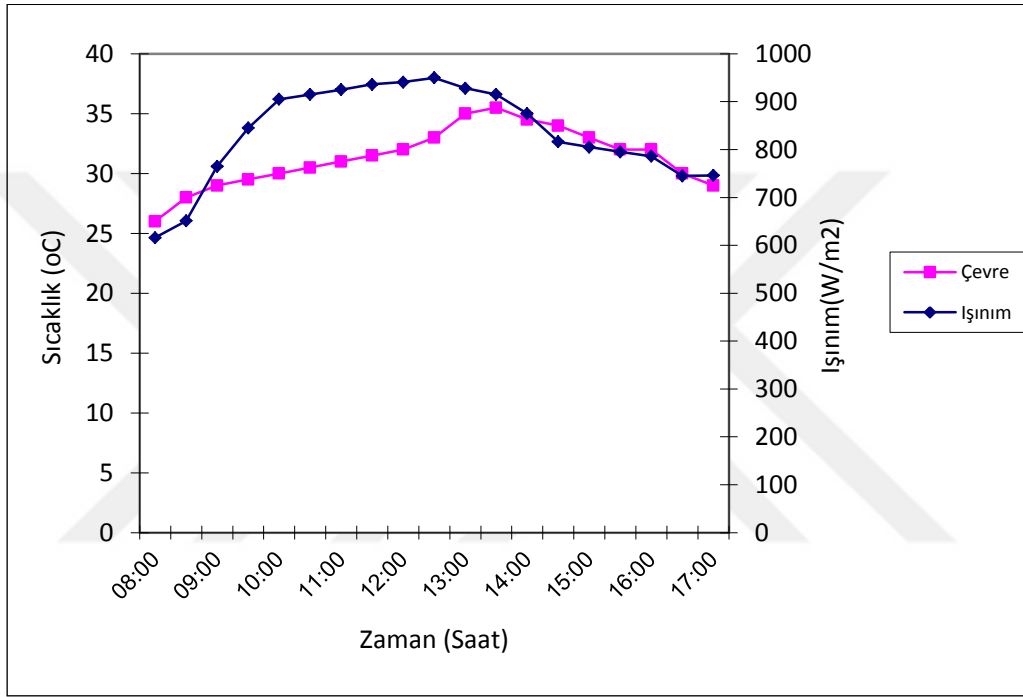


Şekil 3.5. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi (08 Temmuz 2017)

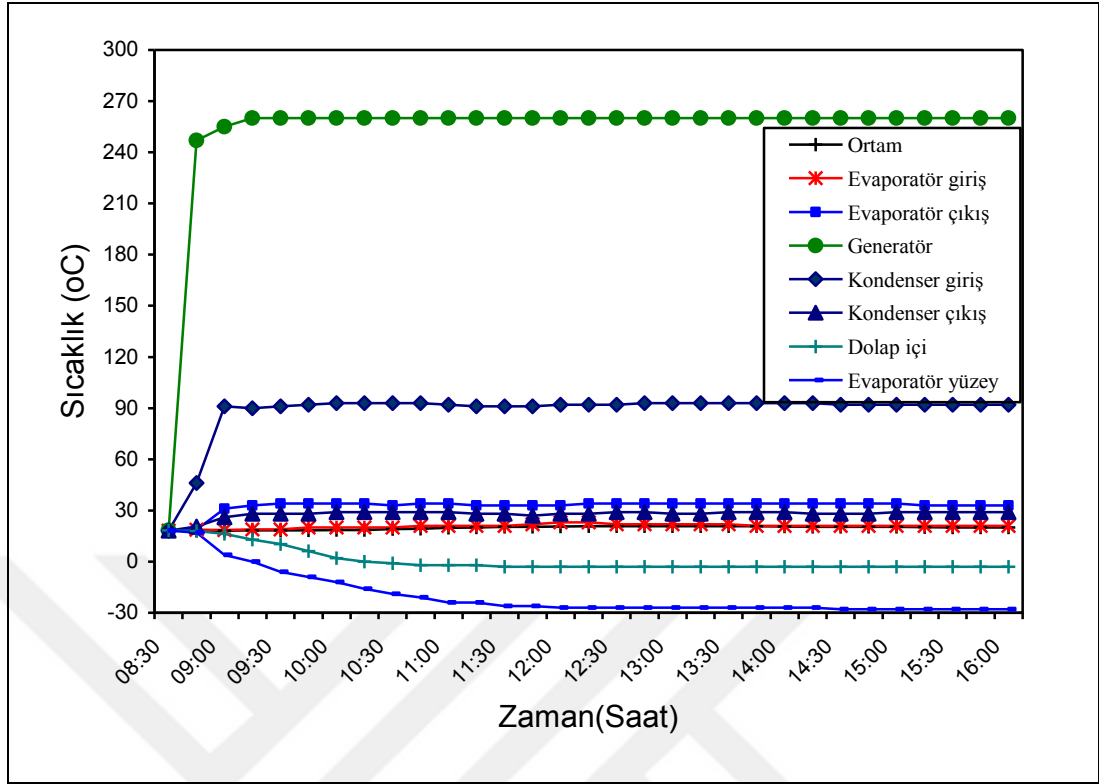


Şekil 3.6. Fotovoltaik destekli absorpsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi (08 Temmuz 2017)

10.08.2017 tarihinde yapılan deneylerdeki sıcaklık ve ışıınım değerlerinin günün saatlerine bağılı olarak değışimi Şekil 3.7 ‘ de gösterilmiş ve 950 W /m^2 ile saat 12.30’ da en yüksek değeri almıştır. Evaporatör ve kondenser ve ısıtıcı sıcaklıklarının değışimi ise Şekil 3.8’ de gösterilmiştir. Buna göre generatör sıcaklıklarının maksimum $260 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğı ve evaporatör yüzey sıcaklığının $-28 \text{ }^\circ\text{C}$ ye kadar indiğı ve oda sıcaklığının $-3 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğı görölmüştür.

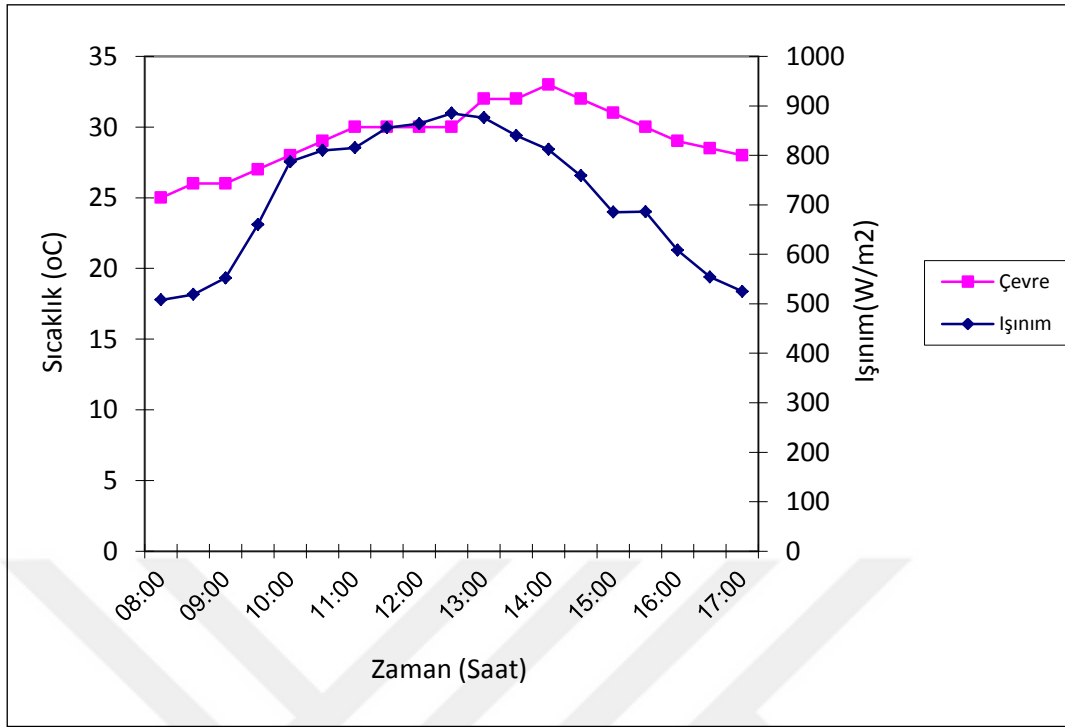


Şekil 3.7. Işıınım ve sıcaklıkların zaman ile değışimi(10 Ağustos 2017)

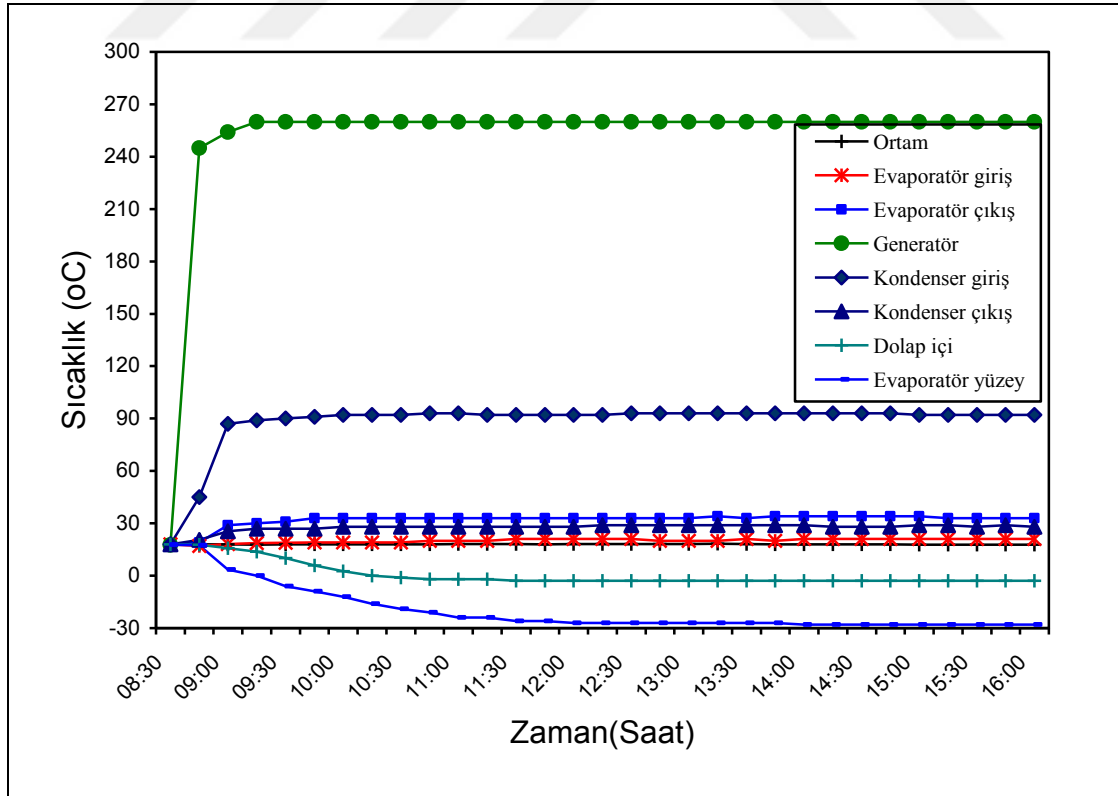


Şekil 3.8. Fotovoltaik destekli absorpsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(10 Ağustos 2017)

15 Eylül 2017 tarihinde yapılan deneysel çalışmadaki ışınlam ve sıcaklıkların değişimi Şekil 3.9' da gösterilmiştir. Buna göre ışınlam değerleri saat 12.30 kadar zamana bağlı olarak artış ve saat 12.30 ' da 885 W/m^2 olarak maksimum değeri almıştır. Evaporatör sıcaklığı $-28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve oda sıcaklığı $-3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve jeneratör maksimum sıcaklığı $260 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olmuştur(Şekil3.10).

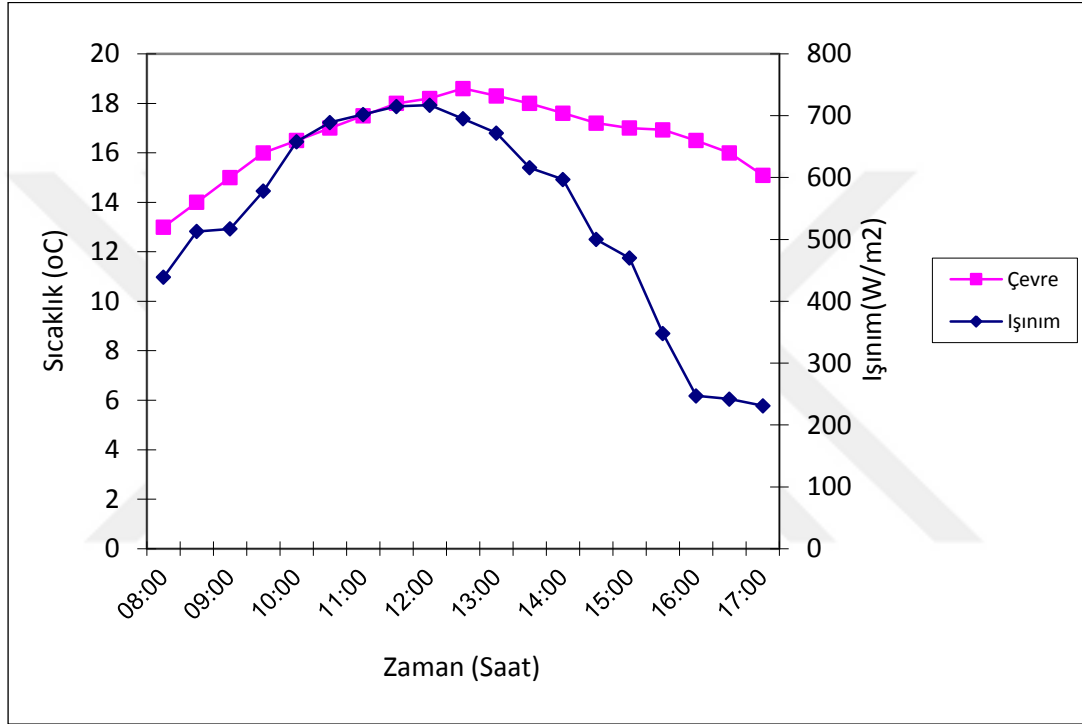


Şekil 3.9. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi (15 Eylül 2017)

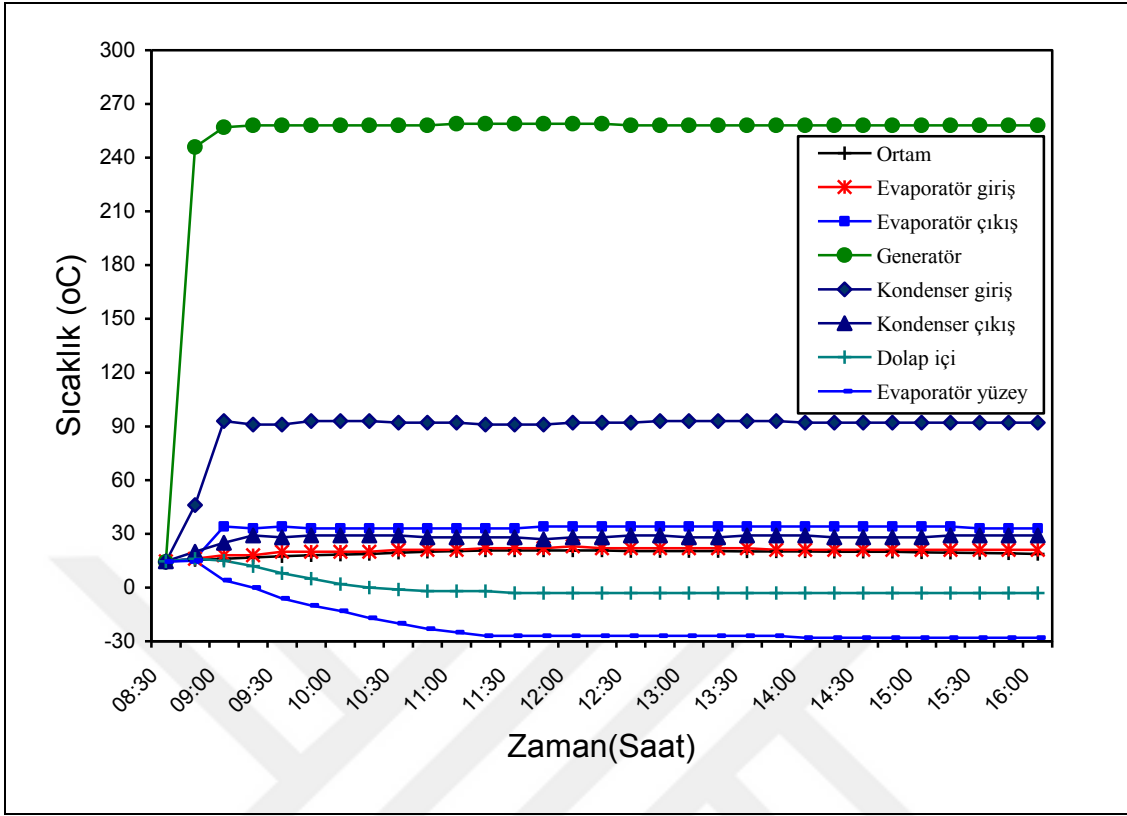


Şekil 3.10. Fotovoltaik destekli absorpsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi (15 Eylül 2017)

27 Ekim 2017 tarihinde yalan çalışmada ölçülen ışıınım ve sıcaklık değęerleri Şekil 3.11' de verilmiştir. Buna göre ışıınım değęerlerinin saat 12:00' de 717 W/m² olduğu görülmüştür. Ayrıca soğutma sistemi üzerindeki sıcaklık değışimleri Şekil 3.12' de verilmiş olup, evaporatör yüzey sıcaklığının -28 °C , oda sıcaklığının -3 °C ve generatör sıcaklığının 258 °C olduğu belirlemiştir.

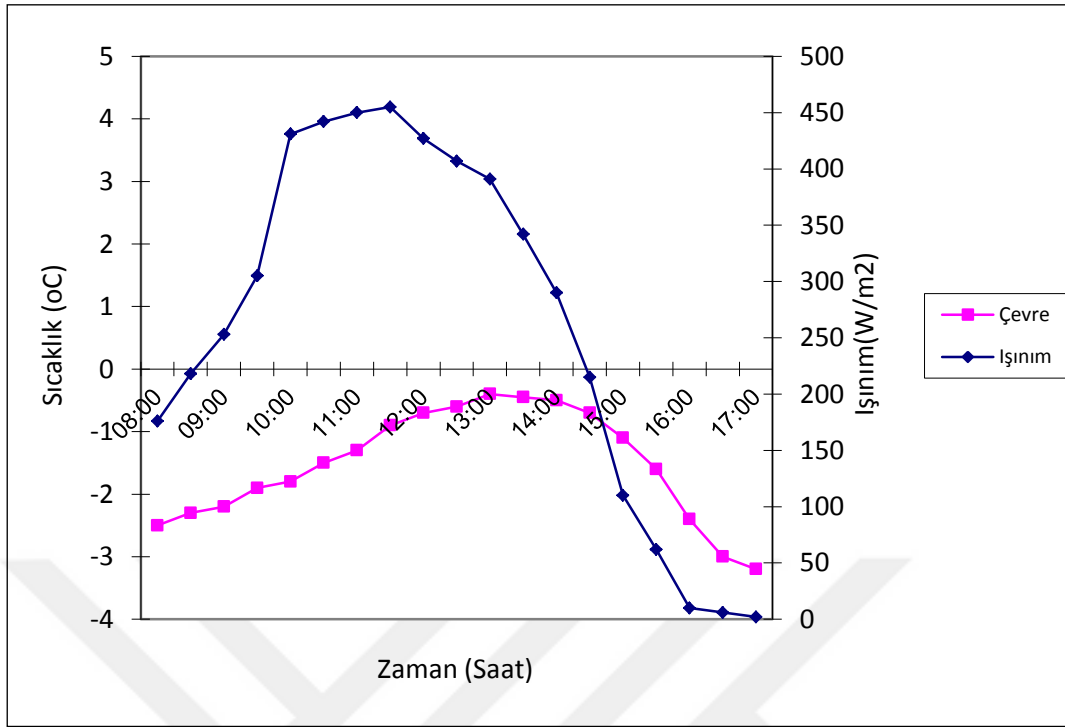


Şekil 3.11. Işıınım ve sıcaklıkların zaman ile değışimi (27 Ekim 2017)

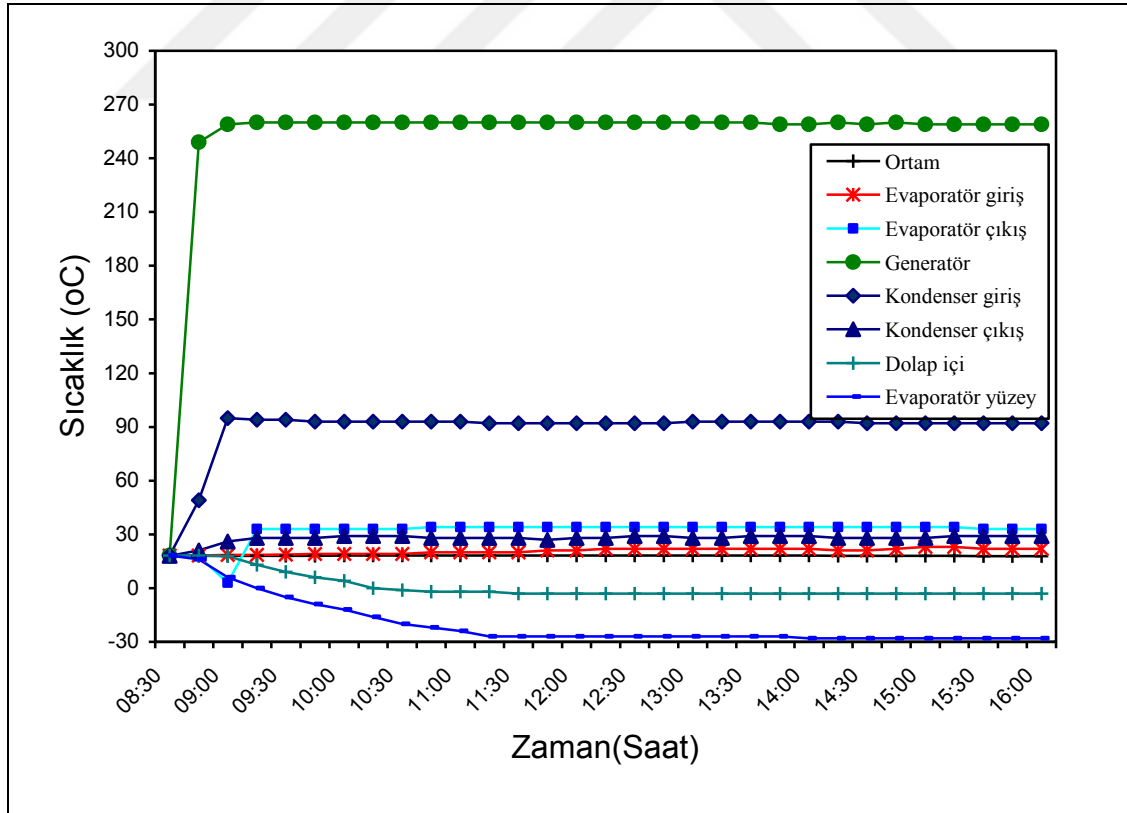


Şekil 3.12. Fotovoltaik destekli absorpsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi(27 Ekim 2017)

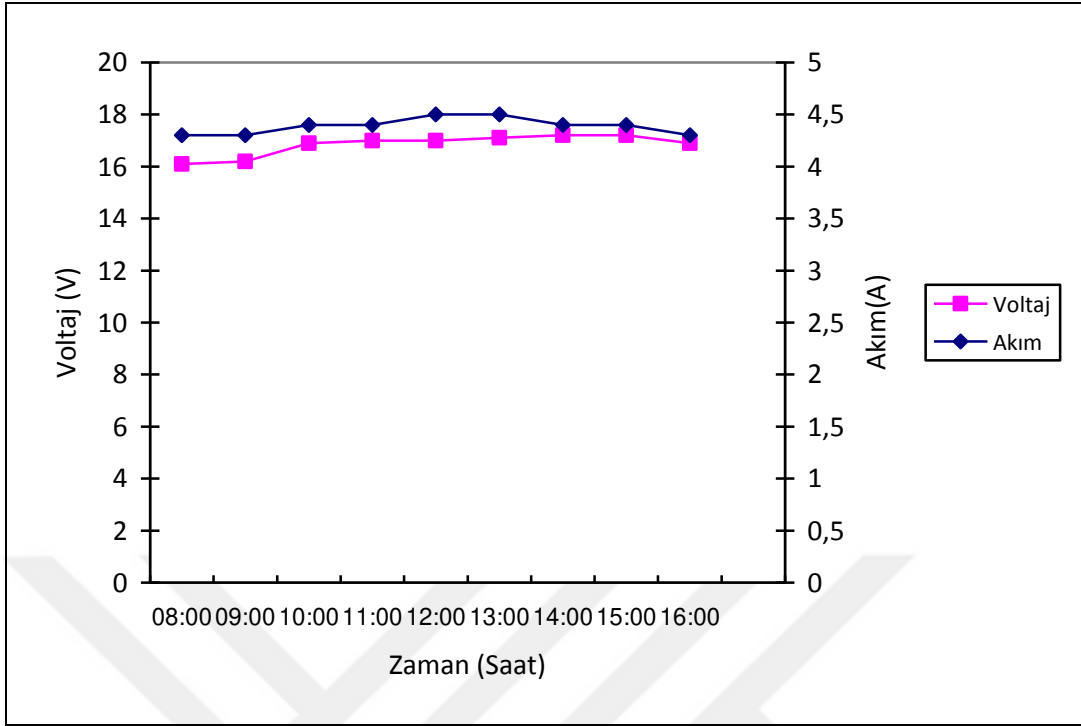
Benzer şekilde 15 Ocak 2018 tarihinde yapılan deneylerde sıcaklık ve ışıının değişimi Şekil 3.13' de gösterilmiştir. Buna göre maksimum ışıının değeri saat 11.30 da 455 W/m^2 olduğu ve sıcaklık değelerinin sıfırın altında olduğu görülmüştür(Şekil 3.14). Soğutucu üzerindeki sıcaklıkların okunmasından generatör sıcaklığının 260°C ye kadar ulaştığı, evaporatör yüzey sıcaklığının -28°C kadar ve oda sıcaklığının -3°C ye kadar indiği görülmüştür. Ayrıca fotovoltaik panelin akım ve voltaj değelerinin değişimi Şekil 3.15' de gösterilmiş ve günün saatlerine bağlı olarak akım ve voltaj değelerinde fazla bir değişim olmadığı görülmüştür.



Şekil 3.13. Işınım ve sıcaklıkların zaman ile değişimi (15 Ocak 2018)



Şekil 3.14. Fotovoltaik destekli absorpsiyonlu sistemde sıcaklıkların zaman ile değişimi (15 Ocak 2018)



Şekil 3.15. Fotovoltaik pabde voltaj ve akımın zaman ile değişimi(15 Ocak2018)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; şebekeden bağımsız olarak kullanılan fotovoltaiik paneller ile bir absorbsiyonlu soğutma sisteminin enerji ihtiyacı karşılanabilmesi için bir sistem tasarlanmış ve sistemin çalışma şartları deneysel olarak belirlenmiştir. Yapılan deneylerde fotovoltaiik panelli sistem ile şebeke akımlı sistem belli çalışma şartlarında çalıştırılarak sistemlerin sıcaklık değeri tespit edilmiştir. Ayrıca çevre şartlarının sisteme etkisi incelenmiştir.

Yapılan deneylerde elde edilen sonuçların genel değeriendirilmesi aşağıdaki şekildedir.

- Haziran ayı içerisinde şebeke akımı ve fotovoltaiik panel destekli sistemin çalıştırılması durumunda generatör sıcaklığının maksimum 260 °C olduğu, evaporatör ve dolap içi maksimum yüzey sıcaklıklarının -28 °C ve -4 °C olduğu görülmüştür.
- Temmuz ayı içerisinde yapılan deneyde generatör sıcaklığının maksimum 260 °C olduğu evaporatör ve dolap içi maksimum yüzey sıcaklıklarının -27 °C ve -4 °C olduğu görülmüştür.
- Ağustos ayı içerisinde yapılan deneylerde de benzer sonuçlar görülmüş ve dolap içi sıcaklıklarının -3 °C ye kadar evaporatör yüzey sıcaklıklarının -27 °C ye kadar düştüğü belirlenmiştir.
- Eylül ayında ve Ekim ayında da yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar görülmüş generatör sıcaklıklarının evaporatör yüzey sıcaklığının ve dolap içi sıcaklıklarının diğer aylara benzer şekilde değıştiği görülmüştür.
- Ocak ayında yapılan deneylerde evaporatör yüzey sıcaklığının -28 °C, dolap içi sıcaklıklarının -3 °C ye kadar düştüğü ve generatör sıcaklığının ise 260 °C ye kadar yükseldiği görülmüştür.
- Buna göre sistemin şebeke akımlı ve fotovoltaiik panel ile çalıştırılması durumunda soğutma sisteminin generatör, evaporatör yüzey sıcaklıkları, dolap içi sıcaklıkları ve sıcaklık değeriilerinin birbirine yakın çıktığı görülmüştür.

- Aylar bazında soğutma sistemindeki sıcaklıkların değişimini incelendiğinde sıcaklıkların birbirine çok yakın olduğu ve ısıtım değerlerinin uygun olması durumunda istenilen soğutmanın gerçekleştirileceği görülmüştür.
- Evaporatör yüzey sıcaklığının şebeke akımlı ve fotovoltaik panelli olarak sistemin çalıştırılması durumunda 15 dakika içinde sıfırın altına düştüğü ve yaklaşık 3- 4 saat içinde odada sürekli rejim şartlarının sağlandığı görülmüştür.
- Fotovoltaik panel yardımıyla gün boyunca güneş radyasyonunun olduğu saatlerde absorpsiyonlu soğutma sistemi için gerekli enerjinin sağlanması ve radyasyon tesiri bittikten sonra gece boyunca batarya yardımıyla depolanan enerjiden faydalanılarak istenilen soğutma şartları sağlanabilecektir.
- Fotovoltaik panellerin yardımıyla elde edilen enerjinin kullanılmasıyla elektrik faturası giderleri azaltılabilecektir.
- Özellikle absorpsiyonlu soğutma sistemlerin elektrik şebekesinden bağımsız olarak beslenmesi açısından fotovoltaik sistemler önem taşımaktadır. Bu çalışma enerji ihtiyacının yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı ve absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin yaygınlaştırabilmesi açısından önemlidir.
- Fotovoltaik sistemlerde de sistem verimi gelen güneş radyasyonuna, gölgeleme, fotovoltaik malzeme ve bağlantı şekillerine vb. parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle fotovoltaik sistemlerde elektrik üretim verimliliği yüksek olan seçici yüzey kullanılmalı ve bununla ilgili sistem verimini artırma çalışmaları yapılmalıdır.
- Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılacak olan soğutucu akışkan çiftlerin seçimi önemlidir. Bu nedenle soğutma ve işletme açısından verimli ve çevreye zarar vermeyecek soğutucu akışkan çiftleri seçilmelidir.
- Fotovoltaik sistemlerde akünün daha uzun süreli kullanımını sağlayacak ve ekonomik olarak kullanımını sağlayacak bataryalar geliştirilmelidir.
- Fotovoltaik sistemlerinin verimini arttıracak çevresel etkilerin oluşturduğu sorunlar en aza indirecek şekilde tedbirler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Çakmak, G., Yıldız, T., Yıldız, C., (2000) Fotovoltaik Güneş Pillerinin Tasarımı ve Modül Seçimi. Termodinamik Dergisi,91,50-59.
- [2] Öztürk, A., Dursun, M., (2011), 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 2, 10 ve 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı, Elazığ, Turkey.
- [3] Okyay Y,(2006),Kütahya Koşullarında Fotovoltaik Sistemin Deneysel İncelenmesi ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya
- [4] Çelik A, Demir A, Bozkurt Y,(2010), Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4, 43-58
- [5] Çolak İ. ,Bayındır R. ,Demirtaş M.,(2008),Türkiye'nin Enerji Geleceği, Tubag Bilim Dergisi, 1(2),36-44
- [6] Lenain, P., (2005), Secondary cells and batteries for photovoltaic energy systems (PVES) INTELEC, International Telecommunications Energy Conference.
- [7] Demircan N, Alakavuk Z,(2008), Fotovoltaik Prensipleriyle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu ,İstanbul, 17-19 Aralık , s. 415-422.
- [8] Dinçadam F,(2008),Güneş Pilleri ile Sıcak Su Elde Etme,Sokak Aydınlatması, Güneş Takip Sistemi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi,T.C Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van
- [9] Çakır H,(2006), Güneş Piliyle Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Termoelektrik Soğutmada Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük
- [10] Batman A,(2001),Elektrik Verimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Artırıcı Yeni Bir Yöntem, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul
- [11] Dinçer F,(2011), Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme, KSU Mühendislik Dergisi,14(1),8-17
- [12] Lalılar Ö. ,(2013),Solar Enerjinin Elektronik Haberleşme Sektöründeki Uygulama Alanları ; Türkiye İncelemesi ve Öneriler ,Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu ,Teknik Uzmanlık Tezi

- [13] Lee, J. H., Bae, H. S., Cho, B. H., (2008) Resistive Control for a Photovoltaic Battery Charging System Using a Microcontroller IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 55, NO. 7, 2767-2775.
- [14] Schaetzle H.J., Boden D.P.,(1979), Lead-acid batteries for remote photovoltaic applications, Journal of Power Sources, Volume 4, Issue 4, Pages 327-336
- [15] Altın,N., Yıldırımoglu T., (2011),Labview/Matlab Tabanlı Maksimum Güç Noktasını Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Simülatörü, Polytechnic dergisi Cilt 14, Sayı 4 s. 271-280
- [16] Özçalık, H. R., Yılmaz, Ş. and Kılıç E. (2013), Güneş Pilinin Bir Diyotlu Eşdeğer Devre Yardımıyla Matematiksel Modelinin Çıkartılması ve Parametrelerinin İncelenmesi, KSU Journal of Engineering Sciences, 16(1).
- [17] Öztürk, R. (2003), Güneş Pilleri İle Elektrik Enerjisi Üretimi Ve Karavanlarda Uygulamasını Teknik ve Ekonomik Analizi, Tesisat Mühendisliği, Temmuz-Ağustos, s. 14-18.
- [18] Yılmaz, Ş., Kılıç, E., Özçalık, H.R., Gani A., (2013), Fotovoltaik (PV) Güneş Pilinin İki Diyotlu Modellenmesi, Akademik platform, 715-720
- [19] Onat, N., Ersöz S., (2009), Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılması, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Diyarbakır50-56
- [20] Atay, Ü., Işiker, Y., Yeşilata, B., Başçetinçelik, A., (2013),Mobil güneş pili sulama makinasının arazi koşullarında bazı deneysel çalışmaları, Tarım makinaları bilimi dergisi, 9,2,135-139.
- [21] Hilali İ.,Aktacir M.A. ,Yeşilata B. ,(2009),Fotovoltaik –Yakıt Pili Birleşik Sisteminin Deneysel İncelenmesi, V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ,Diyarbakır, Haziran , s.141-147
- [22] Bedeloğlu A. Ç. Demir A., Bozkurt Y., (2010), Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller Electronic Journal of Textile Technologies Vol: 4, No: 2, 43-58.
- [23] Karamanav M. ,(2007),Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri ,Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- [24] Alkan S. ,Öztürk A.,Zavrak S.Tosun S. ,Avcı E. ,(2014), Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu , Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu ,Bursa ,78 – 82.

- [25] Karasu A. ,(2009), Bodrum Konut Sektöründe Güneş Enerjili Evsel Sıcak Su Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi , V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu,Diyarbakır, 67-71
- [26] Ghoneim A.A. ,(2006), Design Optimization Of Photovoltaic Powered Water Pumping Systems , Energy Conversion and Management ,47, 1449–1463
- [27] Türkmen E., Kurban M., Filik B. Ü,(2009), Güneş Bacaları ve Türkiye’de Kullanılabilirliği V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ,223-226.
- [28] Mavromatidis G., Orehounig K. , Carmeliet J. ,(2015), Evaluation of photovoltaic integration potential in a village, Solar Energy,121, 152–168.
- [29] Aydınol M., Aslan T.,(2009), Güneş Bacası Yardımıyla Laboratuvar Şartlarında Elektrik Üretimi (Model Çalışma), V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, Haziran, s.226-230
- [30] Meah K. ,Steven F. ,Ula S. ,(2008), Solar photovoltaic water pumping for remote locations, Renewable and Sustainable Energy Reviews,12, 472–487
- [31] Baş Z.,Zıba S. ,Yılmaz, A.S ,(2017), Fotovoltaik Üretim Sistemlerinin Şebekeye ve Maliyetlere Etkisinin İncelenmesi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(3) 72-78
- [32] Ekici C. ,(2017), Güneş Enerjisi Destekli Döşemeden Isıtma Sisteminin Ankara’da Kullanılabilirliğinin Bir Soğuk Kış Gününde İncelenmesi , Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi ,13(3), 815-818
- [33] Reca J. ,Torrente C. , Lopez-Luque R. , Martínez J, (2016), Feasibility analysis of a standalone direct pumping photovoltaic system for irrigation in Mediterranean greenhouses , Renewable Energy ,85, 1143-1154
- [34] Eke R. ,Senturk A. ,(2016),Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi’deki Güneş Enerjisi Uygulamaları , Muğla Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(1), 93-97
- [35] Arı M. , Bilgin G. ,Özcan O. ,(2017), Alternatif Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Günlük Hayatta Kullanılabilirliği ve Güneş Enerjisi ile Çalışan Piknik Sepeti Tasarımı , Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1 ,163-171
- [36] Özdede D. ,Çakmak B. ,Avcı S. ,(2017), Damla Sulama Sistemlerinin İşletilmesinde Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları; Konya İli Örneği , Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6(özel) 52-60.
- [37] Parmaksız H.,Karafil A. ,Özbay H. ,Kesler M. ,(2016), Farklı Eğim Açılarındaki Fotovoltaik Panellerin Elektriksel Ölçümlerinin Raspberry Pi ile İzlenmesi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 ,2016

- [38]Esen H. ,(2017), Fotovoltaik Paneller Kullanılarak Sisleme Sistemi ile Dış Ortamların Soğutulmasının Araştırılması , Politeknik Dergisi, 20 (2) , 341-349
- [39]Demiröz E. ,Kurban M.,Dokur E. ,(2016),Güneş Enerji Sistemlerinin Verimlilik Analizi Bilecik-Kütahya Uygulaması , İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi , 5(2), 2147-3455
- [40]Kutlu N. ,(2016), Isparta İlinde Bir Evin Elektrik İhtiyacını Karşılacak Panel Sayısı, Verimi ve Ekonomik Analizinin Hesabı, Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi 1 (1), 41-52
- [41]Güçül G.N ,(2017), Konya İli için Konutlarda Güneş Enerjisi ile Sıcak Su Temininin Tekno-Ekonomik Analizi , S.ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi ,43(2), 91-101
- [42]Taşkın O. ,Vardar A. , (2016), Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı , U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi , 30(1) , 179-184
- [43]Salem T. ,Kinab E. ,(2015), Analysis of Building-Integrated Photovoltaic Systems: A Case Study of Commercial Buildings under Mediterranean Climate , Procedia Engineering, 118, 538 – 545
- [44]Othman A.R. ,Rushdi A.T.,(2014), Potential of Building Integrated Photovoltaic Application on Roof Top of Residential Development in Shah Alam , Procedia - Social and Behavioral Sciences, 153, 491 – 500
- [45]Itoh M. , Takahashi H. , Fujii T. , Takakura H. , Hamakawa Y. , Matsumoto Y. ,(2001), Evaluation of electric energy performance by democratic module PV system "field test ,Solar Energy Materials & Solar Cells, 67, 435-440
- [46]Xinfang W. , Yongsheng L. , Juan X. , Wei L. , Xiaodong Si. , Wenlong D. , Chunjiang Z. , Yunbo Z. , Lin P. , Jia L. ,(2015), Monitoring the performance of the building attached photovoltaic(BAPV) system in Shanghai , Energy and Buildings ,88, 174–182.
- [47]Nagengast A. , Hendrickson C. , Matthews H.S . ,(2013), Variations in photovoltaic performance due to climate and low-sloperooft choice, Energy and Buildings, 64, 493–502.
- [48]Shahsavari A. , Salmanzadeh M. , Ameri M. , Talebizadeh P. ,(2011), Energy saving in buildings by using the exhaust and ventilation air for cooling of photovoltaic panels, Energy and Buildings,43, 2219–2226.
- [49]Nayak S. , Tiwari G.N. Ü, (2008) ,Energy and exergy analysis of photovoltaic/thermal integrated with a solar greenhouse , Energy and Buildings,40, 2015–2021.
- [50]Adam A.D. , Apaydin G., (2016), Grid connected solar photovoltaic system as a tool for green house gas emission reduction in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews ,53, 1086–1091

- [51] Yılmazoğlu M.Z , (2010), Tek Etkili Bir Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 25(2), 397-404
- [52] Kaynaklı Ö. , Yamankaradeniz R. , (2003), H₂O-LiBr ve NH₃-H₂O Eriyiği Kullanan Tek Kademeli Soğurmalı Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması , Deü Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi , 5(2) , 73-87
- [53] Demir V., Günhan T., Yalçın Ç. , Karacabey E. , Bilgen H. , (2012), Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri ve Tarımsal Amaçlı Kullanılabilirliği , Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 8(4) 421-423.
- [54] Akbulut U. , Kıncay O., (2006), Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimlerinde Enerji ve Ekserji Analizi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 94, 24-32
- [55] Yakut A., Şencan A., Reşat S., Dikmen E., Görgülü B., Dostuçok B., Kutlu S., (2015), Güneş Enerjisi Destekli Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi ile Buz Pistinin Soğutulmasının Teorik İncelenmesi, TTMD dergisi, 24-31.
- [56] Sözen A, Ataer Ö, (1999), Amonyak Su İle Çalışan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinde Isı Değiştiricilerin Performansa Etkisi, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 403-413.
- [57] Onan C. , Özkan D. , (2009), Güneş Enerjisi Destekli Soğutma Sistemleri ve Örnek Projenin Diğer Uygulamalarla Karşılaştırılması , Tesisat Mühendisliği , 113, 11-18.
- [58] Yakar G. , Karabacak R. , Altan B. , (2005), Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri İle Mekanik Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemlerinin Etkinlik ve Ekserji Verimlilikleri Yönünden Karşılaştırılması, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(2), 161-169.
- [59] Kent, E.F , Kaptan, İ.N , (2009), Güneş Enerjisi Destekl Isıtma ve Absorpsiyonlu Soğutma Uygulaması, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) , Karabük ,
- [60] Solum C. , Heperkan H. , (2015), Jeotermal Enerjili Çift Etkili Lityum Bromür-Su Akışkanlı Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Ekserji Analizi, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1089-1097.
- [61] Saka K., Yamankaradeniz N., Kaynaklı F., Kaynaklı Ö., (2015), Hava Soğutmalı Çift Kademeli Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi , 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi , İzmir, 1137-1151
- [62] Kuyumcu M.E , Şahin H.E , Yumrutaş R. , İmal M. , (2015), Kahramanmaraş Kentinde Güneş Enerjisi Destekli Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi Kullanılarak Bir Apartman Dairesinin Soğutulması , KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi , 18(2), 25-32
- [63] Akdemir Ö. , Güngör A., (2001), Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri Verimlerini Artırmak İçin Geliştirilen Çevrimler , V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi , İzmir , 3-10 Ekim , s. 99 -112.

- [64] Misra R.D. , Sahoo P.K. , Gupta A. ,(2006), Thermoeconomic evaluation and optimization of an aqua-ammonia vapour-absorption refrigeration system , International Journal of Refrigeration , 29, 47–59.
- [65] Florides G.A. , Kalogirou S.A. , Tassou S.A. Wrobel L.C. , Design and construction of a LiBr–water absorption machine , Energy Conversion and Management,44, 2483–2508
- [66] Şahin T. ,(2006), İzmir İli İçin Jeotermal Enerji Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğuk Oda Tasarımı ,Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,Ankara.
- [67] Gomri R. ,(2009), Second law comparison of single effect and double effect vapour absorption refrigeration systems, Energy Conversion and Management , 50, 1279–128
- [68] Jianzhao W. , Danxing Z. ,(2009), Performance of one and a half-effect absorption cooling cycle of H₂O/LiBr system , Energy Conversion and Management, 50, 3087–3095.
- [69] Şahin B.,Bilgili M. ,Çetingöz A. ,Kurtulmuş N. ,(2016), Mersin İli için Güneş Enerji Destekli Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Performans Analizi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi ,31(1), 371-379.
- [70] Kızılkıran Ö. , Sencan A. , Kalogirou S.A. , (2007), Thermoeconomic Optimization Of A LiBr Absorption Refrigeration System , Chemical Engineering and Processing ,46, 1376–1384.
- [71] Izquierdo M. , Marcos J.D. , Palacios M.E., González-Gil A. ,(2012), Experimental Evaluation Of A Low-Power Direct Air-Cooled Double-Effect LiBr-H₂O Absorption Prototype, Energy,37.
- [72] Xu Z.Y. , Wang R.Z , Xia Z.Z , (2013), A Novel Variable Effect LiBr-Water Absorption Refrigeration Cycle , Energy ,60, 457-463.
- [73] Long Z. ,Yong L. , Huashan L., Xianbiao B., Weibin M. ,(2013), Performance Analysis Of A Diffusion Absorption Refrigeration Cycle Working With TFE–TEGDME Mixture, Energy and Buildings ,58, 86–92.
- [74] Avanesian T. ,Ameri M. ,(2014), Energy, Exergy, And Economic Analysis Of Single And Double Effect LiBr–H₂O Absorption Chillers , Energy and Buildings,73, 26–36.
- [75] Izquierdo M. , Lizarte R. , Marcos J.D., Gutierrez G. , (2008), Air Conditioning Using An Air-Cooled Single Effect Lithium Bromide Absorption Chiller: Results of a Trial Conducted In Madrid In August 2005, Applied Thermal Engineering ,28 , 1074–1081

- [76] Yan, X., Chen, G. Hong, D., Lin, S., Tang L., (2013), A Novel Absorption Refrigeration Cycle For Heat Sources With Large Temperature Change, Applied Thermal Engineering, 52, 179-186.
- [77] Bannani F.K., Sharif T.A., Ben-Khalifa A.O.R., (2006), Estimation of monthly average solar radiation in Libya, Theoretical and Applied Climatology, 83(1): 211–215.
- [78] Kılıç, A., Öztürk A., Güneş Enerjisi KİPAŞ, 1980-331s.
- [79] Varınca, K. B., Gönüllü, M. T., (2006), Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, UGHEK’2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Esogü, Eskişehir-270-275.
- [80] Kıncay, O., Güneş Enerjisi, (2018), <http://www.solar-academy.com/menus/GunesEnerjisi.021720.pdf>
- [81] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Resmi internet sayfası, (2016) www.eie.gov.tr.
- [82] Akman, E., Akın, S., Karanfil, G., Sönmezoğlu, S., (2013), Organik Güneş Pilleri, <http://Fbe.Trakya.Edu.Tr/Tujs>, Trakya Univ J Sci, 14(1): 1-30, , Issn 2147–0308, Dıç: 001EAKT1411304130413.
- [83] Vozel V., Solar Cells, (2011), Seminar -1st year, 2nd cycle, Ljubljana, 3-4.
- [84] Caferov, T., (2000), Katıhal Elektroniği, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- [85] Bagher A. , Vahid M. , Mohsen M., (2015), Types of Solar Cells and Application, American Journal of Optics and Photonics, 3(5) 94-113
- [86] T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, (2012), http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx
- [87] Çeker, S., (2010), Üç Fazlı İnverterler İle Şebekeye Enerji Aktarımının İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [88] Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, K. Ç., Tümay M., (2010), Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı, Elektrik Mühendisliği, 439. Sayı, , 98-104.
- [89] Cotar ,A. ,Filcic , A., (2012), Photovoltaic Systems ,IPA Adriatic Cross-border coopration, Rijeka, 29, 13-17
- [90] Kıncay, O, Utlu, Z., Ağustos, H., Akbulut, U., Açıkgoz, Ö., (2009), Combining Trend Of Renewable Energy Sources, Sigma Dergisi, 27, 60-82,

- [91] Gilbert, M. M., (2004), Renewable and Efficient Electric Power Systems, John Wiley & Sons Hoboken, USA, 471-486.
- [92] Öztürk, H.H. (2008), Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, BİRSEN Yayınevi, ISTANBUL, ISBN 978- 975-511-502-3
- [93] Arora, N.D., Hauser, J.R., (1982), Temperature dependence of silicon solar cell characteristics. Sol. Energy Mater., 6, 151–158.
- [94] Duman, S., Yörükeren, N., Altaş, İ. H., (2014), Fotovoltaik Enerji Sistemlerinin Modellenmesi, Benzetimi ve Uygulaması, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Cilt 3, Sayı 1, 9-23, Cilt 3, Sayı 1, 9-23.
- [95] Herold, K. E., Radermacher, R., Klein, S. A., (1996), Absorption Chillers and Heat Pumps, Crc Press.
- [96] Everts M., Boer D., Viliet R., (2011), Absorption cooling, Rotterdam Mainport University of Applied Sciences – RMU, 1-25.
- [97] Güngör A., (1991), İklimlendirmede güneş enerjili soğutma Sistemleri, Mühendis ve Makina Cilt: 32 Sayı: 380, 17-24.
- [98] Acar, H., İ., Canbek , A., Keçeciler, A., (1997), Jeotermal Enerji Kaynaklı Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi- Bir Uygulama, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Damla DOĞAN, 1988 yılında Elbistan’ da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elbistan’da tamamladı. 2012 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü bitirdi. 2012 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Ana Bilim Dalı’ nda Yüksek Lisans programına başladı. Halen Aksa Doğalgaz Dağıtım AŞ’ de Makine Mühendisi olarak çalışmaktadır.

