

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

BİR HİBRİT HAVA AKIŞKANLI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN
PERFORMANSININ SAYISAL İNCELENMESİ

HAZIRLAYAN

LEVENT AKBULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA – 2022

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

BİR HİBRİT HAVA AKIŞKANLI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN
PERFORMANSININ SAYISAL İNCELENMESİ

HAZIRLAYAN

LEVENT AKBULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR.ÖĞR.ÜYESİ ÖZGÜR EROL

ANKARA – 2022

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Fen Bilimleri Anabilim Dalı Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Levent Akbulut tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06 / 04 /2022

Tez Adı: Bir Hibrit Hava Akışkanlı Güneş Kolektörünün Performansının Sayısal İncelenmesi

Tez Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Adem ACIR, Gazi Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Levent ÇOLAK, Başkent Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Özgür EROL, Başkent Üniversitesi

.....

ONAY

Prof. Dr. Faruk ELALDI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih : ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 28/04/2022

Öğrencinin Adı, Soyadı: Levent Akbulut

Öğrencinin Numarası: 21810069

Anabilim Dalı: Fen Bilimleri

Programı: Makine Mühendisliği

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi. Özgür Erol

Tez Başlığı: Bir Hibrit Havalı Akışkanlı Güneş Kolektörünün Performansının Sayısal İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisan tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 42 sayfalık kısmına ilişkin, 28/04/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4'dür. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: ... / ... / 20...

Öğrenci Danışmanı Unvan, Adı, Soyadı, İmza:
Dr.Öğr.Üyesi Özgür EROL

TEŞEKKÜR

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özgür EROL'a, çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında her zaman yardımcı ve yol gösterici olduğu için teşekkür ederim.

ÖZET

Levent Akbulut

BİR HİBRİT HAVA AKIŞKANLI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN PERFORMANSININ SAYISAL İNCELENMESİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

2022

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ve güneş enerjisi kullanan fotovoltaik termal (PVT) güneş kolektörünün modellenmesi ve sayısal incelenmesi yapılarak performansı farklı tipteki güneş panelleri ile karşılaştırılmıştır. İlk etapta hava akışkanlı güneş kolektörü, fotovoltaik (PV) sistem, PVT sistem ve çeşitli kanatçık yapılı PVT sistemlerin sayısal incelenmesi yapılmıştır. Ardından bu sistemlerden elde edilen enerji değerleri hesaplanmış ve bu sistemler üretilen enerji değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Sadece elektrik enerjisinden yararlanmak isteniyorsa PV sistemlerin, hem elektrik hem de termal kazanım isteniyorsa PVT sistemlerin kullanılmasının gerekli olduğu tespit edilmiştir. Sistemin kurulum amacı termal enerjinin yüksek olması ve aynı zamanda elektrik enerjisi depolama ve kullanımı ise kanatçık yapılı PVT sistemlerin en verimli olduğu gözlenmiştir. Kanatçık yapılı PVT sistemlerin termal enerjisi kazanımı en fazla %44,11 olurken, PVT sistemin en fazla %39,21 olduğu gözlemlenmiştir. Karşılaştırılan iki farklı kanatçık yapılı PVT sistem arasında da en verimli sistemin kazayağı kanatçık yapılı PVT sistem olduğu belirlenmiştir. Son olarak elde edilen enerjinin kullanım alanları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Havalı Güneş Kolektörü, Fotovoltaik Termal Sistemler.

ABSTRACT

Levent Akbulut

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF A HYBRID AIR FLUID SOLAR COLLECTOR

Baskent University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

2022

This study consists of all classifications related to photovoltaic thermal (PVT) solar energy, which is one of the energy energies and uses solar energy. In the first stage, an air-fluid solar collector, photovoltaic (PV) system, PVT system and various fins are made. evaluated according to the energy values in this system. If it is desired to use only electrical energy, PV systems are used, if both electrical and thermal gains are used, the use of PVT systems is used. It has been observed that PVT systems are the most efficient if the purpose of the system is to have high heat energy and at the same time to use and use electrical energy. The thermal gain of the fin-made PVT systems was observed at most 44%, 11 strokes, and 39.21% at most to PVT. The two different fins being compared are the PVT system, which is also the most efficient crowbar fin made PVT system. Finally, the usage areas of the obtained energy are discussed.

KEYWORDS: Solar Energy, Solar Air Heater, Photovoltaic Thermal Systems.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iix
1 GİRİŞ.....	1
2 GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ.....	2
2.1 Güneş Enerjisi ve Kullanımı.....	2
2.2 Hava Akışkanlı Güneş Kolektörü.....	3
2.3 Fotovoltaik ve Fotovoltaik Termal Sistemler.....	4
2.4 Kanatçıklı Fotovoltaik Termal Sistemler.....	5
3 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	6
4 MODELLEME VE ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	16
5 MODEL.....	19
5.1 Hava Akışkanlı Güneş kolektörü (GK).....	19
5.2 Fotovoltaik Panel (PV).....	21
5.3 Fotovoltaik Termal (PVT) Sistemi Modellemesi.....	22
5.4 Düz Kanatçık Yapılı PVT Sistem Modellemesi (DPTV).....	24
5.5 Kazayağı Kanatçık Yapılı Fotovoltaik Termal (KPVT) Sistemi Modellemesi..	26
6 BULGULAR.....	28
6.1 Doğrulama.....	28
6.2 Fotovoltaik (PV) Panel Sayısal Çözümü.....	33
6.3 PVT Sistemin Sayısal Çözümü.....	34
6.3.1 PVT sistemin elektrik çıktısı.....	36
6.3.2 PVT sistemin ısı çıktısı.....	37
6.4 DPVT Sistemin Sayısal Çözümü.....	39
6.4.1 DPVT sistemin elektrik çıktısı.....	40
6.4.2 DPVT sistemin ısı çıktısı.....	40
6.5 KPVT Sistemin Sayısal Çözümü.....	42
6.5.1 KPVT sistemin elektrik çıktısı.....	43

6.5.2	KPVT sistemin ısı çıktısı.....	44
6.6	Genel Karşılaştırma	47
7	SONUÇ.....	56
8	KAYNAKLAR.....	57
EK 1	Termodinamik özgül ısı değerleri tablosu.....	
EK 2.	Basınç düşümünden kaynaklı kolektör ve PVT sistemler için fan tablosu [46]	
EK 3.	Basınç düşümünden kaynaklı kanatçıklı pvt sistemler için fan tablosu[46].....	
EK 4.	Bazı ürünlerin kuruma süreleri ve kurutma sıcaklıkları [47].....	

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 5.1 Modelde kullanılan malzemeler ve kalınlıkları [44].....	19
Tablo 5.2 Malzemelerin sınır şart değerleri tablosu.....	20
Tablo 5.3 PV malzemelerin fiziksel özellik tablosu	21
Tablo 5.4. PVT Sistem malzemeleri ve kalınlıkları	23
Tablo 6.1 Deneysel çalışma değer tablosu	29
Tablo 6.2. GK Simülasyon ve Literatür Sonuçları.....	30
Tablo 6.3. PV sistem sayısal çözüm değerleri tablosu.....	34
Tablo 6.4. PVT elektriksel sayısal çözüm tablosu	36
Tablo 6.5. PVT sistem termal sayısal çözüm tablosu	37
Tablo 6.6. DPVT sistem elektriksel sayısal çözüm tablosu	40
Tablo 6.7. DPVT sistem termal sayısal çözüm tablosu.....	41
Tablo 6.8. KPVT sistemi saatlik elektrik üretimi.....	44
Tablo 6.9. KPVT sistemi termal enerji üretimi	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Güneş kolektörü şematik görünüşü [6]	3
Şekil 2.2 Fotovoltaik (PV) panel görseli [7]	4
Şekil 2.3 Fotovoltaik termal (PVT) sistem görseli [8]	5
Şekil 2.4 Yutucu yüzeyler üzerindeki farklı kanatçık yapıları [9]	6
Şekil 5.1. Panelin konumu, dış boyutları ve giriş sınır şartları	20
Şekil 5.2. Panel modelinin kesiti	21
Şekil 5.3. Modelde kullanılan PV panel	22
Şekil 5.4. PVT sistemin teknik görünüşü	23
Şekil 5.5. PVT sistemin kesit görünüşü	24
Şekil 5.6. DPVT sisteminin görünüşü	25
Şekil 5.7. DPVT sistemin kesit görünüşü	25
Şekil 5.8. KPVT sistemin teknik görünüşü	26
Şekil 5.9. KPVT sistemin kesit görünüşü	27
Şekil 6.1 Güneş kolektörü ağ yapısı görseli	28
Şekil 6.2. Ağ sayısı ile Çıkış sıcaklığı değişimi	29
Şekil 6.3. Çıkış sıcaklık - Saat grafikleri	31
Şekil 6.4. Doğrulama için gün boyu termal verim grafikleri	32
Şekil 6.5. Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği	33
Şekil 6.6. PVT Çıkış Sıcaklığı – Ağ Sayısı Grafiği	35
Şekil 6.7. PVT ve kolektör çıkış hava sıcaklık grafiği	38
Şekil 6.8. PVT Termal Verim - – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği	38
Şekil 6.9. DPVT Çıkış Sıcaklığı – Ağ Sayısı Grafiği	39
Şekil 6.10. DPVT ile kolektör sistemlerinin zamana göre çıkış hava sıcaklık grafikleri	41
Şekil 6.11. DPVT Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği	42
Şekil 6.12. KPVT sistemin ağdan bağımsızlık grafiği	43
Şekil 6.13. KPVT ile kolektör sistemlerinin zamana göre çıkış hava sıcaklık grafiği	45
Şekil 6.14. KPVT Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği	46
Şekil 6.15. GK'nin saat 11:00 için sıcaklık kontörü	47
Şekil 6.16. PVT sistemin 11:00 için sıcaklık kontörü	47
Şekil 6.17. DPVT sistemin saat 11.00 sıcaklık kontörü	48

Şekil 6.18. KPVT sistemi saat 11:00 sıcaklık kontörü.....	48
Şekil 6.19. GK sistemin saat 13:00 sıcaklık kontörü	49
Şekil 6.20. PVT sistemi saat 13:00 için sıcaklık kontörü.....	49
Şekil 6.21. DPVT sistemin saat 13:00 için sıcaklık kontörü.....	50
Şekil 6.22. KPVT sistemin saat 13:00 için sayısal çözümü	50
Şekil 6.23. GK sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü	51
Şekil 6.24. PVT sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü.....	51
Şekil 6.25. DPVT sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü.....	52
Şekil 6.26. KPVT sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü.....	52
Şekil 6.27. Tüm sistemlerin elektrik güç değerlerinin grafiği.....	53
Şekil 6.28. Net elektrik güç grafiği	54
Şekil 6.29. Sistemlerin kurutma için çıkış hava sıcaklık grafiği.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A_K	kolektörün yüzey alanı
C_p	çalışma akışkanı özgül ısısı
I	güneşten gelen ışınım değeri
I_m	pvt sistemlerde akım değeri
\dot{m}	çalışma akışkanı kütleli debisi
η_Q	fotovoltaik sistemlerin yüzde ısı verimi
T_c	akışkanının kolektörden çıkış sıcaklığı
T_g	akışkanının kolektöre giriş sıcaklığı
T_0	ortam sıcaklığı
T_s	güneş yüzey sıcaklığı
V_m	pvt sistemlerde voltaj değeri
ΔT	akışkanın giriş ve çıkış sıcaklık farkı
Q	kazanılan termal ısı
Q_{PV}	pvt sistem termal ısı kazanımı
Q_{PVT}	pvt termal sistem ısı kazanım değeri
W_E	pvt sistem sıcaklığa bağlı güç değeri
μ	dinamik viskozite
ρ	yoğunluk
P	basınç
Pr	Prandtl sayısı
PV	Fotovoltaik
PVT	Fotovoltaik Termal
GK	Hava Akışkanlı Güneş Kolektörü
$DPVT$	Düz kanatçıklı Fotovoltaik Termal
$KPVT$	Kazayağı Kanatçıklı Fotovoltaik Termal

1 GİRİŞ

Enerji yaşadığımız dünyada hem ekonomik hem de sosyal kalkınmanın oluşması için önemli bir yere sahiptir. Enerji ülkelerin yaşam kalitesini yükselmesinde büyük bir katkı sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji, güneş, rüzgar, gelgitler ve jeotermal ısı gibi doğal kaynaklardan elde edilebilen enerjiye denir. Yenilenebilir enerji kaynakları kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarına bağımlılığı ve buna bağlı olan karbon salımını azaltmada etkili olmaktadır [1]. Yenilenebilir enerjiler arasında güneş enerjisi sonsuz ve bitmeyen enerji kaynağı olması önemli bir yere sahiptir. Yüzeye düşen güneş enerji değeri yıl içinde gün ve saate göre değişiklik göstermektedir. Güneş yüzeyindeki hidrojenin helyuma dönüşmesinden ortaya çıkan reaksiyondan güneş enerjisi açığa çıkmaktadır [2]. Güneşten enerji kazanımı sağlamak için tasarlanan sistemler güneş ışınlarını doğrudan toplayıp bu enerjiyi termal ve elektrik formunda faydalı enerji haline getirmektedirler. Bu sistemler termal güneş kolektörleri, fotovoltaiik kolektörler (PV) ve fotovoltaiik/termal kolektörler (PVT) olarak adlandırılırlar. PV sistemler güneş enerjisinde elektrik enerjisi elde etmektedirler. Bu güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemler bina çatılarında, araçlar da ve hatta hesap makineleri gibi güneş gören ve elektrik ihtiyacı olan bütün alanlara yerleştirilebilirler. Termal sistemler ise iş akışkanı olan hava veya suyu ısıtarak faydalı enerjiye döndürürler. Son olarak bu iki sistemin birleşimi olan PVT sistemler elektrik ve ısı enerji ihtiyacını bir arada karşılayan sistemlerdir. Bu sistemlerde iş akışkanı PV gözeleri soğutarak verim artışı sağlarken akışkana yüklenerek uzaklaştırılan enerji ise ihtiyaç duyulan farklı alanlarda kullanılabilir. Hava akışkanlı güneş kolektörleri ile fotovoltaiik termal (PVT) sistemlerin soğurucu plakaları üzerine kanatçık yapıları ekleyerek ısı transfer alanını artırmak ve bu sistemlerden daha yüksek çıkış sıcaklığı ve verim almak mümkündür.

Bu çalışmada türbülütörler ile verimi artırılmış olan PVT sistemlerin sayısal incelemesi yapılarak performansları hava akışkanlı kolektörler ile fotovoltaiik panellerin performansları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için ANSYS Fluent hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı kullanılmıştır.

2 GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

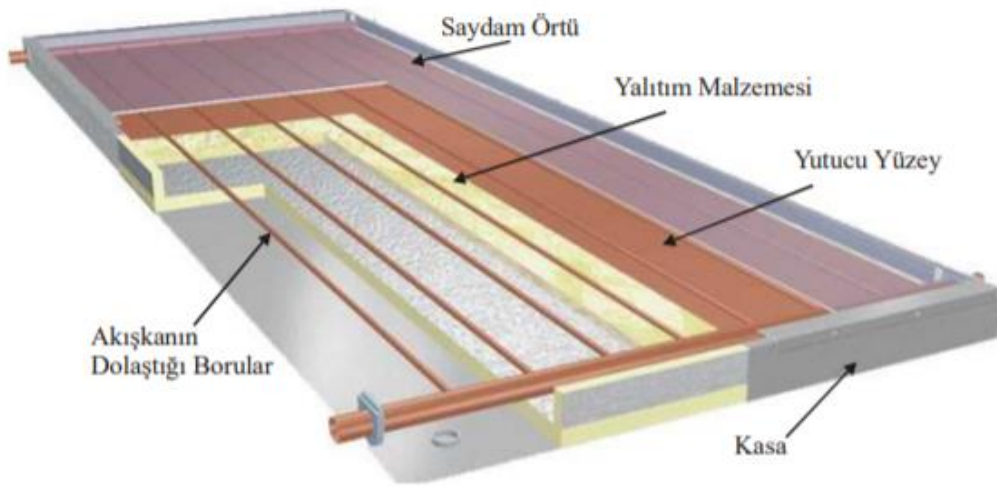
2.1 Güneş Enerjisi ve Kullanımı

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarının birleşiminden oluşan orta büyüklükte bir yıldız türüdür. Güneşte bulunan hidrojen gazının helyum gazına dönüşmesi aşamasındaki açığa çıkan enerjiye güneş enerjisi denmektedir. Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır bu fark, güneşten ışın olarak çıkan enerjiyi verir (güneş radyasyonu) Açığa çıkan güneş enerjisi güneşten çeşitli dalga boyları şeklinde yayılmaktadır, yayılan bu dalga boylarının çok az bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının yarısı dünya üzerine ulaşırken kalan yarısının bir kısmı atmosfer yüzeyi üzerinden geri yansıtılıp bir diğer kısmında atmosfer üzerindeki bulutlar tarafından tutulmaktadır [3].

Güneş enerjisi eski çağlardan günümüze kadar çeşitli analarda kullanılıp yararlanılmıştır. Güneş birçok kesim tarafından sadece ısı kaynağı olarak görülse de fotoelektrik etkinin keşif ve kullanımı ile bu bakış açısı zaman içinde değişmiştir. Zamanla güneş enerjisinden yararlanılabilen teknolojiler geliştirilerek çeşitli düzenekler geliştirilmiştir. Bu düzeneklerin en önemlisi olan havalı güneş kolektörü bu zincirin en önemli halkası olmuştur. Güneş kolektörü ilk kez 1767 yılında İsviçreli bilim adamı Horace de Saussur tarafından icat edilmiştir [4]. Tasarlanan bu güneş kolektörü başlangıçta yemek pişirme amacı ile kullanılmıştır. Tarih 1839 yılında Fransız fizikçi Alexandre-Edmund Becquerel tarafından fotovoltajik etki keşfedilmiştir [5]. Becquerel'in geliştirdiği bu icat ile iki metal plaka arasındaki elektrik akım şiddetine bakarak fotovoltajik etkinin gözlenmesi sağlanmıştır. Bu fotovoltajik etki, plakalar tarafından soğurulan güneş ışınlarının enerjisinin plakanın atomlarından elektronlar kopartarak sistem içerisinde elektrik üreten bir süreçtir. Fotovoltajik sistemlerin zaman içerisinde çeşitli yapılar ile geliştirilerek günümüzde yaygın kullanımı sağlanmıştır. Bu gelişen sistemler günümüzde de etkisini sürdürüp gelişmeye devam etmektedir. Bu geliştirmelerde hedef güneşin sahip olduğu enerjiyi en yüksek oranda faydalı işe çevirebilmektir.

2.2 Hava Akışkanlı Güneş Kolektörü

Hava akışkanlı güneş kolektörü (GK), kolektör plakaları arasından geçen havanın ısıtılması ile güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürebilen sistemlerdir. Kolektör yüzeyine gelen güneş enerjisinin büyük bir kısmı soğurucu yüzeyler tarafından yutularak, kolektör arasında geçen havaya aktarılır. Bu süreçte enerjinin bir kısmında kayıp enerji olarak dış ortama geçiş yapar. Kolektörden elde edilen faydalı ısı değeri kolektörün arasından geçen havanın giriş ve çıkış sıcaklığının arasındaki fark, akışkanın debisi ve özgül ısı değeri ile hesaplanabilir. GK'lar ile elde edilen bu sıcak hava kurutma, ısıtma ve endüstrinin diğer alanlarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Güneş kolektörü şematik görünüşü [6]

Klasik bir GK, bir yutucu plaka, hava akımının geçişi için paralel plaka veya plakalardan meydana gelmiş bir kısım, en üstte bir cam veya plastik örtü ve alt ve yan kısımlarından yalıtılmış bir kasadan meydana gelir. Hava ısıtıcılarının tasarımı ve bakımı basittir. Korozyon ve sızıntı problemleri sıvılı güneş kolektörlerine göre daha azdır. Temel eksiklikleri yutucu plaka ile hava akımı arasındaki ısı transfer katsayısının düşük olması ve böylelikle ısı veriminin düşük olmasıdır. Yutucu plaka ile hava arasındaki ısı transfer katsayısının iyileştirmek için birçok tasarım önerilmiş ve uygulanmıştır. Bunlar yutucu plakaya kanatçıklar takmak, dalgalı yutucu plakalar, katı dolgu malzemeli, delikli küre veya V şekli verilmiş yutucu plakalı değişikliklerdir.

2.3 Fotovoltaik ve Fotovoltaik Termal Sistemler

Fotovoltaik (PV) sistemler, fotoelektrik etkiyi kullanarak güneşten elektrik üretmede kullanılan sistemlerdir. Buradan elde edilen enerji doğru akım olarak doğrudan kullanılabilmesinin ve/veya depolanabilmesinin yanında alternatif akıma çevrilerek ya doğrudan kullanılır ya da şebekeye verilir. Bu üretim ise PV paneller üzerinde bulunan gözeler ile sağlanır. Herhangi bir hareketli parçası olmamasından dolayı uzun ömürlü sistemlerdir. Gözelerin sayısına ve bağlanmalarına bağlı olarak farklı kapasitelerde üretim yapan güneş panelleri mevcuttur.



Şekil 2.2 Fotovoltaik (PV) panel görseli [7]

PV sistemlerde kullanılan gözelerin sorunlarından birisi kullanılan gözenin malzemesine göre sıcaklık artışı ile verimde oluşan kayıplardır. Güneş pillerinin sıcaklığı; üzerine düşen ışınım miktarı, ortam sıcaklığı, nem ve rüzgâr miktarına gibi durumlara bağlıdır. PV sistemlerde güneş pillerinin referans çalışma sıcaklığı 25 °C olarak alınmaktadır. Bu çalışma sıcaklığının üzerindeki her 1 °C'lık artış verime olumsuz yansırken azalış ise verim artışı olarak kayda geçmektedir. Ayrıca, yanında sadece elektrik üretimi yapıldığından dolayı bu sistemlerde farklı formlarda bulunan enerjinin kullanılması mümkün olmamaktadır.

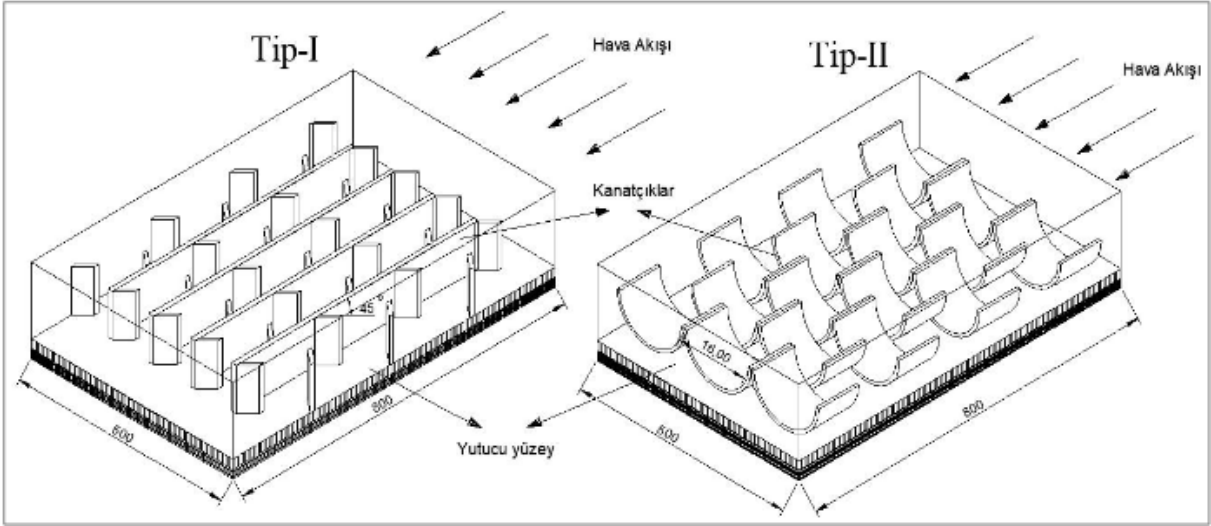
Fotovoltaik termal (PVT) paneller ise hem elektrik hem de termal enerjinin aynı anda elde edildiği sistemlerdir. Bu sistemlerde fotovoltaik hücreler, güneşten gelen ışınları elektriğe dönüştürürken bir diğer yandan güneş gözelerinin altından geçen iş akışkanı sayesinde faydalı ısı enerjisi üretebilmektedir. PVT sistemlerde ağırlıklı olarak kullanılan iş akışkanı hava ve sudur. Bu sistemlerde pompa veya kompresör dışında hareketli mekanik parçası olmaması nedeniyle bakımları oldukça kolay ve kullanışlıdır.



Şekil 2.3 Fotovoltaik termal (PVT) sistem görseli [8]

2.4 Kanatçıklı Fotovoltaik Termal Sistemler

Güneş panellerinde, panel yüzey sıcaklığının artması elektrik üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebepten fotovoltaik (PV) ve fotovoltaik termal (PVT) sistemlerin de, güneş panelinin soğutulması sağlanarak verimliliğin artırılması hedeflenmektedir. Hedefe ulaşmada kullanılan yöntemlerden birisi ise güneş gözelerinin üzerine oturduğu plakaya kanatçıkların eklenmesidir. Kanatçıklar iletim katsayıları yüksek malzemelerden üretilmekte olup, bu kanatçık yapılarının görevi ise ısı transfer alanını ve türbülansı artırarak plakanın üzerinden iş akışkanına olan ısı transferini artırmaktır. Bu yüzden güneş panellerinde verimliliği artırmak için Fotovoltaik termal (PVT) sistemlerde kanatçıkların kullanımı verimli bir yol olarak görünmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, kanal içerisine çeşitli malzeme ve geometrilerine sahip kanatçıklar yerleştirilerek sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir [9].



Şekil 2.4 Yutucu yüzeyler üzerindeki farklı kanatçık yapıları [9]

3 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemleri çevreyi kirletmeyen az bakım gerektiren ve aynı zamanda enerji kaynağı olarak çevre dostu olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları arasında tercih edilen bir hal almıştır. Havalı güneş kolektörünün termal ve elektrik enerji performansı kolektörün malzeme cinsine, yapısına ve farklı tasarımlarda olmasına bağlıdır. Güneş enerjisinden elde edilecek ısı ve elektrik enerji verimliliğini yükseltmek ve ideal çalışma şartını sağlamak için farklı tasarımlarda ve yapılarda olan havalı güneş kolektörlerine literatür de yer verilmiştir.

Kabir ve Kumar Yapmış oldukları çalışmada güneş enerjisinin yararları ve zararını karşılaştırıp değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmede güneş enerjisi teknolojisindeki hızlı büyüme, düşük güneş enerjisi verimlilikleri, düşük performanslı sistemler, ekonomik ve kurumsal engeller gibi çeşitli nedenler ve durumları incelemiştir. Yenilenebilir enerji araştırmalarını etkileyen bir dizi teknik problemin yanı sıra, düzenleme politikası çevreleri ve bunların gelecekteki beklentileri arasındaki faydalı etkileşimlerde vurgulanmaktadır. Güneş enerji araştırmaları ve uygulamaları ile ilgili yeni yöntemler açılmasına yardımcı olmak için bir yol haritası çıkartmışlardır [10].

Almasoud ve Gandayh, Suudi Arabistan'da elektrik talebinin artmaya devam etmesi ile, elektrik üretiminin artırılmasının gerektiğini göstermiştir. Sanayileşmenin artması, çevre kirliliğinin önemli bir nedenidir ve sera gazı salımları yoluyla insan sağlığını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, çevreyi ve sağlığı koruyan ve yoğun saatlerde mevcut geleneksel nesli destekleyecek alternatif bir üretim yönteminin bulunması esas alınmıştır. Suudi Arabistan ise coğrafi bölge olarak uygundur, çünkü bu bölge güneş kuşağında bulunur ve bu durum da onu en büyük güneş enerjisi üreticilerinden biri haline getirmiştir. Güneş enerjisi, fosil yakıtların dolaylı maliyetleri dâhil edildiğinde geleneksel nesil için ciddi bir rakiptir. Bu nedenle, güneş ışığının fotovoltaik hücreler yoluyla işlenmesi, temiz enerji üretmek için önemli bir yöntemdir. Bu çalışmada, çevresel ve sağlık zararlarının maliyeti dikkate alındığında, güneş enerjisinin maliyetinin fosil yakıt enerjisinin maliyetinden daha az olacağını kanıtlamaktadır [11].

Fu ve Margolis yapmış oldukları çalışmada ABD'de güneş fotovoltaik (PV) sisteminin 2017 yılındaki kurulum maliyetlerini incelemişlerdir. Çalışmada konut, ticaret ve kamu hizmeti sistemlerin maliyetlerini modellemek için ve kurulum sırasında ortaya çıkan ve tüm maliyetleri hesaba katan bir yöntem kullanılmıştır. Çalışmada genel olarak, tipik kurulum tekniklerinden bahsedilmiştir. PV sistemlerinin kurulum maliyetinin yıllara göre kıyaslaması yapıldığında gelişen teknoloji bu maliyetin azaldığı gözlemlenmiştir. Ve çalışma sonucunda bu maliyetin azaltılabileceği kanatine varılmıştır [12].

Awasti ve Shukla PV sistemlerinin türlerini ve güneş izleme sistemlerinin türlerini tartışmışlardır. Son yıllarda önerilen çeşitli çift eksenli izleme güneş sistemlerinin tasarımını ve performansının analizini incelemektedir. Yapılan incelemeler sonucunda arazinin fiziksel özelliklerine bağlı olmakla birlikte, bu sistemin tek eksenli ve sabit olmasının muadillerine göre daha verimli olduğu sonucuna varmıştır [13].

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yayınlanan dünya enerji tüketimi ile ilgili çalışmada, 2050 yılında güneş enerjisi tesislerinin dünyadaki enerji talebinin yaklaşık %45'ini sağlayacağını göstermektedir. Termal endüstriyel uygulamalarda dikkate değer bir artışta olduğu gözlenmektedir. Güneş enerjisi, elektrik üretmek, kimyasalları işlemek ve hatta alanı ısıtmak için bir alternatiftir. Öte yandan, güneş enerjisi tarım, su arıtma ve inşaat sektöründe, pompalar, motorlar, fanlar, buzdolabı ve su ısıtıcılar için uygulanır. Çok çeşitli uygulamalar için güneş enerjisi uygulamak ve uygulanan güneş enerji ile enerji kazanımı sağlamak, bu nedenle sistem verimliliği artırmak çok önemlidir. Bu çalışma, endüstriyel uygulamalarda

güneş enerji sistemlerinin kullanımını incelemeyi ve güneş enerjisi sistemleri ile uyum sağlamak için daha uyumlu olan endüstriyel uygulamaları incelemeyi amaçlamıştır [14].

Mondal ve Islam tarafından yapılmış olan çalışmada, Bangladeş deki elektrik üretim kaynağı olan güneş fotovoltağin finansal uygulanabilirliğinin incelenmiştir. Bangladeş'teki şebekeye bağlı 14 yaygın lokasyon için güneş PV sisteminin potansiyeli ve güneş radyasyon verilerini belirlemişlerdir. Önerilen sistemin lokasyona bağlı yıllık elektrik üretimi 1653MW ile 1854 MW arasında değişmekte olurken, incelemede Bangladeş'te PV sisteminin potansiyelini 50174 MW olarak hesaplamışlardır. Yaptıkları inceleme sonucunda Bangladeş'te önerilen güneş PV sisteminin geliştirilmesi için uygun koşullar olduğunu göstermiş oldular [15].

Me ve Yang yapmış oldukları çalışmada fotovoltaik (PV) sistemin güç üretimi ve performans tahmini için bir simülasyon modeli vermişlerdir. Çalışmada beş parametrelilik bir model seçmişler ve standart test koşullarında parametrelilik cebirsel eş zamanlı hesaplamasını yapmışlardır. Modelin simülasyon performansını diğer modeller ile karşılaştırmasını yapmışlar ve I-V eğrileri ile dış mekan testleri ile doğrulamışlardır. Doğrulama sonrasında modelin gerçek koşullar altında güç çıkışını belirlemek için kullanmışlardır [16].

Ramani ve Gupta'nın çalışmasında gözenekli malzemeli ve gözeneksiz çift geçişli güneş hava toplayıcısının teorik ve deneysel analizi sunulmaktadır. Sonuçların karşılaştırılması yapıldığında ise, çift geçişli güneş hava kolektörünün gözenekli emici malzeme ile termal verimliliğinin, gözenekli emici malzeme ve tek geçişli kolektör olmadan çift geçişli güneş hava kolektöründen %20-25 ve %30-35 daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır Bu konfigürasyonların termal performans ve basınç düşüşü özellikleri üzerindeki etkileri tartışmışlardır [17].

Peng ve Zang'ın deneysel çalışmasında termal verimliliği artırmak amaçlanarak havalı güneş kolektörü tasarlanmıştır. Deneysel sonuçlara göre, düz havalı güneş kolektörünün ortalama termal verimliliği, cam için 0.83'lük güneş geçirgenliğine kıyasla 0.5-0.74'e ulaşmaktadır. Yirmi beş farklı güneş toplayıcı panelin maksimum termal verimliliğini (max) yansıtmak için bir korelasyon denklemi ortaya konabilir. Teorik hesaplama ile, güneş ışınımının ve hava akışının giriş koşullarının ısı verim üzerindeki etkilerini temsil eden düz plaka kolektörü de dahil olmak üzere yirmi altı kolektörün ısı verimliliğinin matematiksel modelleri elde edilmiştir. Kolektör üzerinde değişen akış hızının performans analizi, ısı transfer katsayısı üzerindeki korelasyon denklemi elde edilip ve bu verimlilik değişimi ve hava akış hızı

belirlenir. Yapılan çalışma sonucunda yirmi altı sistem çeşidi içerisinde en verimli olan belirlenmiştir [18].

Khelifa ve Touafek deneysel çalışmalarında hibrit havalı güneş kolektörünün fotovoltaik hücreler ve soğutucu arasındaki ısı transferi performansını ANSYS programı kullanarak belirlemişlerdir. Yapmış oldukları bu model ile kolektörün içinden geçen sıvının sıcaklığını hesaplamışlardır. Yapılan bu çalışma ile sistemin elektriksel ve termal verim performansını gözlemlemişlerdir [19].

Hua, Huang ve Chen yapmış oldukları çalışmalarında fotovoltaik (PV) sistemlerde hızlı ve değişken ortamlardaki maksimum güç noktasını gözlemek ve sistemi güç bakımından bu noktaya yükseltmek için iki farklı sayısal algoritma geliştirilmiştir. Bu geliştirilen sistem ile fotovoltaik sistemlerin daha uygun kullanımı hedeflemişlerdir. Yapmış oldukları deneysel çalışma ile de algoritmalarının doğruluğunu test etmişlerdir [20].

Hibrit havalı güneş kolektörünün (PVT) farklı konseptlerde performansının incelendiği çalışmadır. Matuska yaptığı çalışmada apartman bloğu içerisindeki sıcak suyun kullanım analizi gerçekleştirmiştir. Aynı yük koşulları için aynı alana sahip fotovoltaik (PV) ve fotovoltaik termal (PVT) sistemlerin karşılaştırılmasını yapmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda sistem açısından en yararlı sistemin hibrit havalı güneş kolektör sistemi olduğu sonucunu çıkarmışlardır [21].

Charfi ve Chaabane belirli bir fotovoltaik (PV) panelin deneysel çalışmasını yapmışlardır. Fotovoltaik güneş paneli (PV) hem beyaz ve toprak zemin üzerinde hem de 0° ve 30° eğim açılarında test edilmiştir. Çalışma sonucunda toprak zeminde 30° eğim açısında daha iyi bir performans olduğu gözlemlenmiştir. Sonrasında panelin CFD modeli gerçekleştirilip deneysel sonuçlar ile sayısal sonuçların verileri arasındaki uyuma bakılmıştır [22].

Saini ve Hans'ın deneysel çalışması güneş hava ısıtıcılarına pürüzlülük yapısı kazandırılarak, ısıtıcının performansını incelenmiştir. Isı transferi ve sürtünme faktörü bağlantıları ile pürüzlü yüzeyli hava ısıtıcılarının pürüzsüz yüzeylere göre kıyaslamasını gözlemlenmiştir. Bu gözlem sonucunda ısı transferi açısından en verimli sistemi belirlemişler [23].

Abdullah ve Misha yapmış oldukları çalışmada PVT sistemde kullanılan iş akışkanlarının performanslarını deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Birbirinin eşi olarak tasarlanan bu iki

sitemin birisinde akışkan olarak hava kullanılırken, ikinci sistemde akışkan olarak su kullanılmıştır [24].

Dupeyrat ve Fortuin yaptıkları çalışma ile bir PVT kolektörün performansını deneysel olarak değerlendirmişlerdir. Öncelikle deneysel bir düz hava akışkanlı kolektörün geliştirilmesi ve test sonuçları anlatılmıştır. Daha sonra bir binadaki hibrit kolektörün performansı belirlenmiş ve standart güneş enerji cihazlarıyla PV ve PVT sistemler karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, güneş kolektörü alanı için sınırlı kullanılabilir alan konfigürasyonunda, PVT kolektörünün PV paneline göre kullanılmasının daha verimli olduğu gösterilmiştir [25].

Moumami, Youcef ve Desmons çalışmalarında güneş kolektörlerinin verimliliğini arttırmak için, soğurucu ve arka ahşap plaka arasına koydukları türbülötörler aracılığı ile türbülanslı bir akış oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, türbülötör olarak akışa dik olarak yerleştirilmiş dikdörtgen plakalar seçilmiştir.. Sonuçlar incelendiğinde, seçici veya seçici olmayan (siyah boyalı alüminyum) iki tip emici kullanılarak, kanatçık olmayan bir güneş hava kolektörü ile elde edilenlerle karşılaştırılmışlardır [26].

Kolb ve Winter'ın çalışması, verimli tek camlı hava akışkanlı güneş kolektörünün geliştirilmesini ve test edilmesini açıklamaktadır. Bu kolektör, geleneksel düz plakalı hava kolektörlerinin fiziksel problemlerine ek olarak hava kolektörlerinin teknik problemlerinin üstesinden gelmek için tasarlanmıştır. Kolektörün emici yüzeyi, bakır malzemesinden yapılmıştır. İki paralel siyah oksitlenmiş veya siyah galvanizli endüstriyel dokuma, ince örgülü tel ekrandan oluşur. Bu tasarlanan kolektör modeli, uygun maliyetlerle endüstriyel olarak kolayca üretilebilir olmuştur. Yapılan kolektörü, bir radyasyon kaynağı olarak bir güneş simülatörü kullanılarak çeşitli tasarım özellikleri ve çalışma koşulları ile iç mekânlarda geliştirilmiş ve test edilmiştir. Yeni kolektör, kütle akış hızı ve kolektör kanalı yüksekliği açısından çok dayanıklı ve esnektir ve çok düşük basınç kayıplarında yüksek termal performanslar sağlamıştır. Yüksek çıkış sıcaklıkları elde edilebilir, böylece elde edilen ısının kalitesi artar. Bu tip kolektörler, kurutma ve ısıtma uygulamaları için kullanılabilir ve hafif tasarımı ile binaların cephelerine dikey olarak kolayca entegre edilebilir [27].

Tiwari ve Sodha'nın çalışmasında, Hindistan'ın iklimi için hava kanalı ile fotovoltaiik (PV) modülün performansını değerlendirmektir. Termal enerji, daha yüksek verimliliğe sahip bir PV modülü tarafından üretilen elektrik enerjisi ile birlikte üretilir. Her bir bileşen için enerji dengesi denklemi kullanılarak genel bir verimlilik (elektriksel ve termal) için analitik bir ifade

türetilmiştir. Hibrit fotovoltaik termal (PVT) sistemin termal modelinin deneysel doğrulaması da gerçekleştirilmiştir. Teorik ve deneysel gözlemler arasında birbirine oldukça yakın bir değerler olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, PVT sisteminin genel termal verimliliğinin, PV modülündeki termal enerjinin kullanımı nedeniyle önemli ölçüde arttığı sonucuna varılmıştır [28].

Zhai ve Dai deneysel çalışmalarında ile hava kanalı uzunluğu 1500 mm, genişliği 500 mm, ve değişken hava kanalı sayıda 100 500 mm arasında olan güneş hava kolektörü incelenmiştir. Denejde, hava kanalı boyunca düzgün ısı akışı güneş radyasyonu olarak rol oynayan üç elektrikli ısıtma plakaları etkili olmuştur. Havanın sıcaklık dağılımının ve doğal hava akış hızının, ısı girişine, eğim açısına, kanal boşluğuna bağlı olduğu bulunmuştur. Deneysel sonuçlar, uygun değer eğim açısının 45° olduğunu ve bunun altında maksimum doğal havalandırma oranının oluşturulabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada, elde edilen ısı ve doğal havalandırma hızının önemli ölçüde arttırılamayacağı yaklaşık 1 m'lik uygun bir kanal uzunluğu olduğu bulunmuştur. Güneş hava kolektörü ile hava giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı, sonuç olarak, maksimum ısı elde etmek için hava sıcaklığının yükselmesi ve uygun mekanik bir hava akış hızı arasında dengeli olmalıdır [29].

Lertsatitthanakorn ve Khaseea çift geçişli bir PVT güneş hava kolektörü geliştirilmiş ve sistemi test etmişlerdir. Güneş kolektörü şeffaf cam, hava boşluğu, bir emici plaka, termoelektrik modüller ve dikdörtgen kanatlı ısı emiciden oluşur. Gelen güneş radyasyonu, emici plakayı ısıtır, böylece doğru akım üreten termoelektrik modüller arasında bir sıcaklık farkı oluşur. Emilen güneş radyasyonunun sadece küçük bir kısmı elektriğe dönüştürülürken, geri kalanı emici plakanın sıcaklığını artırır. Ortam havası, ısı kazanmak için alt kanalda bulunan ısı emiciden akar. Isıtılmış hava daha sonra emici plakadan ek ısıtma aldığı üst kanala akar. Çift geçişli kolektör sistemi termal ve genel verimliliklerinde iyileştirmeler sağlanabilir. Deneysel sonuçlar, hava akış hızı arttıkça termal verimliliğin arttığını göstermektedir. Elektrik gücü çıkışı ve verimliliği, modüllerinin sıcak ve soğuk tarafı arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. 22.8°C 'lik bir sıcaklık farkıyla, ünite 2.13 W 'lık bir güç çıkışı ve $\%6.17$ 'lik bir dönüşüm verimliliği elde edilmiştir. Bu nedenle, önerilen güneş kolektörü konseptinin, genel verimliliğin artması nedeniyle hibrit sistemlerinin daha geniş uygulamalarına katkıda bulunması beklenmektedir [30].

Bu çalışma, iç bölmelere sahip basit yapıları bir mekanik havalandırma güneş hava kolektörünü araştırmayı amaçlamıştır. Hu ve Sun sayısal bir model geliştirilmiştir. Bu geliştirilen sayısal

modelin doğrulanması için örnek bir deney sistemi oluşturulup ve test edilmiştir. Araştırma sonuçları, bölmelerin uygulanmasının taşınımsal ısı transfer sürecini güçlendirebileceğini ve radyasyon ısı kaybını azaltabileceğini ve bu da verimliliğin artmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir [31].

Zhao ve Bai'nin çalışmasında, sıcaklık ısı gereksinimleri için üç farklı alıcı tüplü parabolik oluklu güneş hava kolektörünün genel performansı değerlendirilmiştir. Yapılan deneylerde pürüzsüz bir alıcı tüp ve dâhili pim yüzgeçleri olan iki alıcı tüp test edilmiştir. Güneş kolektörünün performansı sırasıyla enerji verimliliği, ekserji verimliliği ve termal–hidrolik verimlilik ile karakterize edilmiştir. Hava sıcaklığı artışı, 900 W/m² civarında güneş radyasyonu altında 266 °C'ye ulaşmıştır. Deneysel sonuçlar, iç pim kanatlı tüpün hava sıcaklığı artışının ve basınç düşüşünün pürüzsüz tüpünkenden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen hava debisi aralığında, içten pimli kanatlı borudaki enerji verimliliği ve ekserji verimliliği %10,4-14,5 ve %2,55-4,29 daha yüksek bulunmuştur [32].

Khanlari, Güler ve Tuncerin çalışmaları üç farklı hava kolektörünün incelemesi ve bunların karşılaştırmasını içermektedir. Çift bölmeli paralel geçişli, bölmeli paralel geçişli ve bölmesi olmayan paralel geçişli kurutma uygulaması için tasarlanmışlar ve test etmişlerdir. Bölmeler, yüksek termal performans elde etmek için artı şeklinde ve delikli olarak üretilmiştir. Güneş kolektörlerinin performansı sayısal ve deneysel olarak analiz edilmiştir. Deneysel olarak kereviz kökü ürün olarak kurutulup, kurutulmuş numunelerin kalitesi deneysel olarak analiz edilmiştir. Deneyler 0,009 kg/s ve 0,011 kg/s hava kütle akış hızlarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel bulgulara göre, ortalama termal verimleri sırasıyla %62,10–66,32, %65,72–69,62 ve %71,12–75,11 aralığında olmuştur. Ayrıca, deneysel ve sayısal sonuçlar arasındaki maksimum sapma %9,5 olarak belirlenmiştir [33].

Tuncer ve Sözen çalışmalarında, pilot ölçekli sera kurutucusu (GD) ile birlikte dört geçişli bir güneş hava kolektörü deneysel ve sayısal olarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın ilk bölümünde, kurutucu ve güneş kolektörünün tasarımları yapılmıştır. İkinci bölümde, başarılı tasarımların üretimi gerçekleştirilmiş ve bunların performansı deneysel olarak analiz edilmiştir. Yapılan deneyde kırmızıbiber ve kivi kurutma sisteminde numune ürün olarak kurutulmuştur. Performans testleri 0,008 ve 0,010 kg/s akış hızlarında yapılmıştır. Dört geçişli hava kolektörü için elde edilen ortalama termal verimlilik %71,63–80,66 aralığındadır. Deneysel incelemede dört geçişli hava kolektöründe en yüksek anlık sıcaklık farkı, 0,008 kg/s

hava akış hızında 28,10 °C olarak elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar, dört geçişli hava kolektöründe GD ile entegrasyonunun kuruma süresini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ayrıca, CFD ve deneysel bulgular arasındaki maksimum sapma %10 olarak bulunmuştur [34].

Zheng ve Zhang tarafından yapılan çalışmada, soğuk bölgelerin binalarında metal oluklu ambalajlı yeni bir güneş hava toplayıcısının termal performansı incelenmiştir. Kolektörün termal performansını araştırmak için matematiksel modeller geliştirilmiş ve sonuçlar deneylerle incelenmiştir. Hidrolik analiz, oluklu ambalajdaki hava akışlarının basınç düşüşlerini incelemek için deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Kolektörün termal performansını optimize etmek için kolektör genişliği, yüksekliği, yüzey alanı ve güneş radyasyonu yoğunluğu, ortam hava sıcaklığı, hava giriş sıcaklığı ve hızı gibi yapısal ve çalışma parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Metal oluklu ambalajlı güneş hava kolektörü, sırsız güneş kolektörü, sırlı güneş kolektörü ve demir talaşlı paketlenmiş yatak güneş kolektörü arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar, metal oluklu ambalajlı güneş hava toplayıcısının, geniş ısı transfer alanı, yüksek ısı transfer katsayısı ve iyi ekonomik performans avantajları için soğuk bölgelerin kırsal binalarında kullanılması daha uygun olduğunu göstermiştir [35].

Bu çalışmada bir güneş hava kolektörü için farklı modelleme yaklaşımları incelenmiştir. İlk olarak, enerji denklemlerinin korunumunun doğrulmasına dayanan klasik bir model üretilmiştir. Klasik doğrulanması yapılmış modelle elde edilen sonuçlardan ile toplayıcının tasarım değişkenlerini açıkça içeren basitleştirilmiş modeller önerilmiştir. Bu önerilen modeller daha sonra doğruluk, hassasiyet ve uzmanlık açısından değerlendirilmiştir. Luna ve Jannot değerlendirme sonucunda güneş hava kolektörünün tasarımı için çok uygun olduğu sonucuna varmışlardır [36].

Yapılan çalışmada güneş hava toplayıcıları üzerinde deneysel bir araştırmanın sonuçları sunulmuştur. Dalgalı bölmeli iki emici yüzey tasarımının termal verimlilik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Emici yüzey tasarımları, siyah boya ile kaplanmış üç dalga şekilli alüminyum levha panelinden oluşmuştur. Orta tabakayı tersine yerleştirerek, alternatif bir desen oluşturarak yeni bir tasarım elde edilmiştir. Deneysel inceleme bir laboratuvar ortamında kararlı durum yapay radyasyon koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Her kolektörden geçen akış yüzdürme ile tahrik edilmiştir. Işınım değeri $I = 0-990 \text{ W/m}^2$ aralığında değiştirilerek denenmiştir. Ölçülen değerler: giriş ve çıkıştaki hava sıcaklığı, kolektörün giriş kanalındaki

ortalama hava hızı, birden fazla noktada ışınlama olarak belirlenmiştir. Işınlamanın hacimsel akış hızı ve ısı verim üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Isıl verim açısından en iyi performans gösteren tasarımın, levha ters çevrilmeden dalgalı bölmelerle olduğu tespit edilmiştir. Işınlama değeri $I = 756 \text{ W/m}^2$ için termal verim $\eta = \%73,8$ 'e eşitken, aynı ışınım değeri için kolektörün ters çevrilmesi ile verim değeri $\eta = \%58$ olmuştur. Düz plaka kolektörünün verim değeri ise $\eta = \%46$ 'dır. Toplanan değerler literatür ile karşılaştırıldığında, önerilen tasarımların genel olarak iyi bir performans gösterdiği görülmektedir [37].

Yapılan çalışma tek geçişli düz plakalı bir güneş hava toplayıcısının termal performansını hesaplamak için matematiksel bir modelin geliştirilmesini incelemektedir. Yapılan matematiksel modellemede hava kanalları, güneş hava toplayıcısının termal verimliliğini artırmak için emici plakayı alttan bağlayan sirküle edilmiş hava geçişi boyunca uzanan metal çıtalar sağlayarak oluşturulmuştur. Metal çıtaların eklenmesi ile güneş kolektörünün verimliliği üzerindeki etkisinin incelendiği matematiksel bir model geliştirilmiştir. Kolektörün ortalama sıcaklıklarını tahmin etmek için yöneten enerji denklemlerini çözmek için bilgisayar kodu oluşturulmuştur. Hacim hava akış hızının, kolektör uzunluğunun ve emici ile alt plakalar arasındaki aralığın mevcut güneş enerjili hava ısıtıcısının termal performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, mevcut tasarımın en yaygın güneş enerjili hava ısıtıcıları ile sayısal bir karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları, tasarlanan sistemin daha iyi termal performansın elde edildiğini göstermiştir [38].

Kumar ve Chad tarafından yapılan çalışma da, farklı büküm oranına sahip bükülmüş bant ekleri ile donatılmış uzatılmış yüzey emici güneş hava ısıtma kolektörünün termal ve termohidrolik performansını incelenmiştir. Söz konusu kolektörün çeşitli elemanlarının enerji tasarrufu denklemlerine dayanan matematiksel bir model tasarlanmıştır. Bu model, MATLAB programı kullanılarak sayısal olarak çözülmüştür. MATLAB programı ile kütle akış hızı, büküm oranları ve ısıtıcının performansının güneş yoğunluğunun etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, düz ve kanatçıklı yapıları güneş hava kolektörünün sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, 0.025 kg/s kütle akış hızında, 500 W/m^2 'den 1000 W/m^2 'ye kadar güneş ışınım yoğunluğunda bir artışla, $y = 2$ büküm oranına sahip kolektörün termal verimliliğinin $\%8.3$ arttığını göstermiştir [39].

Ahmad tarafından yapılan deneysel çalışma bir çiftlikte (tahıl, meyve, balık vb.) kurutma işlemlerinde kullanılmak üzere hava kabarcıkları olan ucuz plastik ambalaj filminden basit bir güneş hava ısıtıcısının modellemesi üzerinedir. Kullanılan bu model, tek tabakalı silindirik bir

kolektördür. Kolektör bir miktar ısı kazandıktan sonra, çevreye konveksiyon ısı kayıplarını azaltmak için daha sonraki bir aşamada hava kabarcıkları olan başka bir plastik sargı filmi tabakası eklenmiştir. Her silindirik kolektör, kolektörün alt kısmını (yüzey alanının %30'u) kaplayan siyah bir iç bant ile 5 m uzunluğunda ve 0.36 m çapındadır. Kolektörün içindeki maksimum hava akışını sağlamak için kolektörün giriş yönü her zaman rüzgâra doğru olmuştur. Kullanılan yöntem basit olmasına rağmen, hava akışının sıcaklığında önemli bir kazanç elde edilmiştir: yaklaşık 10°C'lik bir sıcaklık farkı ölçülmüştür [40].

Tayland'daki güneşli gün sayısının fazla olması nedeni ile kurutma tesislerinin çatıları, kurutma havasını önceden ısıtmak için güneş kolektörleri olarak hizmet verecek şekilde uyarlanabilir. Bu uygulama ile fosil yakıtlardan kaynaklanan enerji ihtiyacını azaltılabilir. Roman, Nagle ve Leis tarafından yapılan çalışmada birkaç kurutma tesisinin koşulları göz önüne alındığında, kurutma havasını ön ısıtma potansiyelini tahmin etmek için düz plakalı bir güneş hava ısıtıcısı incelenmiştir. Sonuçlar, güneş kolektörlerinin kurutma mevsimi boyunca termal enerji talebinin %19,6'sının yerini alabileceğini göstermiştir. Daha büyük kolektörler ve daha küçük hava kanalları daha kullanışlı ısıya neden olur, ancak sırasıyla maliyetlere ve basınç düşüşüne dikkat edilmelidir. Yıllık parasal tasarrufları Tayland para birimi cinsi ile 56.000 THB'YE kadar çıkabilir [41].

Das ve Mondal değişken hava debileri ile kontrollü iç mekân koşullarında yeni bir kum kaplı polikarbonat levha bazlı güneş hava kolektörünün performansını araştırmak için bir deneysel çalışma yapmışlardır. Bu yeni emicinin performansı alüminyum emiciyle (kum kaplamalı ve kumsuz) karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar da, emici üzerinde kum kaplamanın varlığı nedeniyle, hava akışının yeniden dağıtılmasıyla ısı transfer hızının arttığını göstermiştir. Ayrıca, poli karbonat tabakası içindeki kumun varlığı, güneş olmayan saatlerde kullanılacak bir termal ısı depolama ortamı olarak işlev görmüştür. Kütle akış hızındaki %87'lik artış, depolanan enerjinin büyüklüklerinde %10-24'lük bir azalmaya neden olur ve ancak ortalama boşaltma verimliliği %15 oranında artmıştır. Önerilen kolektörün maksimum termal verimliliğini şarj sırasında %42 olduğu bulunmuşlardır. Hava boşluğunun 5 cm'den 3 cm'ye düşürülmesi, kum kaplı alüminyum emici bazlı kese için %11 daha yüksek termal verimlilik ile sonuçlanmıştır. Depolanmış sacın, siyah boya kaplı alüminyum emici ve kum kaplı alüminyum emiciden sırasıyla %39 ve %20 daha yüksek termal verimlilik sağladığını bulunmuşlardır [42].

Dliran ve Ajabshirchi yaptıkları çalışmada kanatçıklı ve kanatçıksız iki farklı fotovoltaik termal sistemin incelemesini ve sonuçların karşılaştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Model 1 (kanatçık olmadan) ve model 2 (kanatçıklı) için güneş kolektörünün ısıl verimliliği incelenmiştir. Hava sıcaklığını ölçmek için termal sensörler kullanılmış, bunların arasında bazıları emici plakaya ve geri kalanları ise arka tahtaya monte edilmiştir. Deneysel modelin fiziksel tasarımı, MATLAB yazılımında programlanmasında gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, hava akışı üretmek için sabit kütle akış hızı 0.033 kg/s olan bir fan kullanılmaktadır. Sonuçlar, hava kanalındaki kanatçıkların uygulanmasının sadece Nusselt sayısını 19.67'den 16.23'e düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda hidrolik çapın azalması ve hava akışı türbülansı yaratması nedeniyle, emici plakadan hava akışına ısı transfer katsayısının artmasına ve sonuç olarak toplam ısı kaybının ve daha yüksek çıkış hava sıcaklıklarının azalmasına neden olduğunu göstermektedir. Her iki kollektör için (1 ve 2) deneysel ve teorik sonuçlar arasındaki çıkış havası sıcaklığının ortalama farkı sırasıyla %7.6 ve %9.4 olarak kaydedilmiştir. Isıl verim, kanatçık yapılı ve kanatçık olmadan deneysel tipler için sırasıyla %30 ve %51, teorik çalışmalar için genellikle makul görünenler için %33 ve %55 olarak hesaplanmıştır [43].

4 MODELLEME VE ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Bu çalışmada, PVT tipi güneş kolektörlerinin sayısal performans analizi yapılmıştır. Sayısal çözümleme ile karmaşık modellerin daha az kabuller kullanılarak gerçeğe daha yakın sonuçların sanal ortamda elde edilmesini ve deney sayılarının daha az yapılması sağlanmaktadır. Yapılmış olan bu çalışmada Navier-Stokes denklemlerinin sonlu hacimler metodu ile çözümünü yapan ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır. Sonlu hacimler yöntemi ile tek parça halinde analizi çok zor olan karmaşık geometrideki cisimlerin küçük ve çok sayıda parçalara bölünerek ayrı ayrı analizleri yapılmaktadır. Sonlu sayıdaki elemanın analizi sonucu elde edilen sonuçlar birleştirilerek tek ve tutarlı bir analiz sonucu elde edilir. Ancak modelin doğru şekilde tanımlanmaması veya metodların doğru seçilememesi sonucu çözüm sonuçları çok farklı değerler verebileceğinden verilerin daha önce yapılmış çalışmalar ile doğrulanması önemlidir. Çalışmada, kullanılan yöntemler Kalaiarasi ve arkadalarının [44] yapmış oldukları çalışma ile doğrulandıktan sonra diğer modeller üzerinde uygulanmıştır.

Çözümlemede SIMPLE (Semi-Implicit Pressure Linked Equations) algoritması kullanılarak ısı, kütle ve momentum denklemleri k-ε türbülans modeli kullanılarak çözülmüştür. Bu sayede çıkış sıcaklıkları ve basınç düşüşü gibi değerler tespit edilmiştir. Bu denklemler;

Kütle korunumu;

$$\frac{\partial(\rho u_j)}{\partial x_j} = 0 \quad (4.1)$$

Momentum korunumu;

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (4.2)$$

Enerji korunumu;

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j T) - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\Gamma + \Gamma_t) \frac{\partial T}{\partial x_j} \right] = 0 \quad (4.3)$$

Γ ve Γ_t sırasıyla moleküler termal yayılım ve türbülanslı termal yayılım, aşağıda verilmiştir;

$$\Gamma = \frac{\mu}{Pr} \quad (4.4)$$

$$\Gamma_t = \frac{\mu_t}{Pr} \quad (4.5)$$

Burada μ , μ_t ve Pr değerleri sırası ile viskozite, termal viskozite ve Prandtl sayılarını ifade etmektedir.

Bu çalışmada havalı güneş kolektörü, PV, PVT sistem, düz ve kazayağı kanatçık yapılı PVT sistemlerinin öncelikle modellenmesi ve tasarımı belirlenip ardından termal enerjisi ve verim değerleri incelenmiştir. Doğrulması gerçekleştiren makalenin havalı güneş kolektör modeli referans alınmıştır. Bu referans ile üzerine seçilen ve incelenen (PV) paneli eklenip fotovoltaiik termal (PVT) sistemi elde edilip incelenmiştir. Ardından fotovoltaiik termal (PVT) sistemine düz ve kazayağı kanatçık yapılar eklenmiştir.

İncelenen durumlar için ısı enerji kazanımı:

$$\Delta T = (T_c - T_g) \quad (4.6)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (4.7)$$

\dot{m} : çalışma akışkanı kütleli debisi (kg/s),

C_p : çalışma akışkanı özgül ısısı (J/kg°C),

$T_{\dot{c}}$ ve $T_{\dot{g}}$: sırasıyla çalışma akışkanının kolektörden çıkış ve kolektöre giriş sıcaklıklarıdır(°C).

ΔT : kolektörün içinden geçen akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkıdır(°C).

Düzlemsel güneş kolektörü ısı verim deneyleri için alınan ölçüm değerleri kullanılarak gelen güneş enerjisi, yararlı ısı ve çevreye olan ısı kayıpları belirlenir.

Bu denklemlerde yer alan ve kullanılan bazı sabit değerler: $\dot{m} = 0,028$ kg/s, $C_p = 1046$ J/kg°C $A_K=2,160$ m² doğrulması yapılan [44] çalışmadan alınmıştır. Giriş sıcaklığı, dış hava sıcaklığı, ışıınım değeri gibi değerler doğrulama yapılan yer ve saat değerleri için ayrı ayrı doğrulama yapılan deney verilerine göre girilmiş ve ANSYS programı kullanılarak hesaplanmıştır.

(4.7) numaralı denklemden kazanılan ısı değeri ile elde edilen kolektör verimi:

$$\eta_Q = \frac{Q}{I \times A_K} \times 100 \quad (4.8)$$

Denklemleri kullanılarak elde edilmiştir.

A_K : kolektörün yüzey alanı (m²)

I : güneşten gelen ışıınım değeri (W/m²)

Elektrik enerjisi üretebilen PV, PVT ve farklı kanatçık formlarında PVT sistemlerdeki sıcaklığa bağlı güç elektriksel güç değeri:

$$W_E = \left\{ \frac{100 - [(ortalama\ panel\ sıcaklığı - 25^\circ C) \times 0,0039]}{100} \right\} \times W_{MAX} \quad (4.9)$$

kullanılarak belirlenmiştir.

Eşitlik 4.9'daki 0,0039 değeri PV panelin referans sıcaklık değerinden her 1⁰C'lık artışın panelde neden olduğu verim kaybıdır ve ürün kataloğunda verilmiştir[45].

W_E değeri fotovoltaik sistemlerin elektirksel güç sabiti olup ürün PV panelin ürün kataloğundaki grafikten alınmıştır [45].

5 MODEL

5.1 Hava Akışkanlı Güneş kolektörü (GK)

Hava akışkanlı güneş kolektörü sadece doğrulama için değil, aynı zamanda ısı etkinliklerinde karşılaştırılması için modellenmiştir. Model bir hava kanalı ile havanın durgun bir şekilde hapsedildiği bir odacıktan oluşmaktadır. Odacık ile kanal arasını alüminyumdan imal edilmiş bir soğurucu plaka ayırmaktadır. Camdan geçerek plaka üzerine düşen güneş ışınlarının bir kısmı yansırken kalan kısımda bu plaka tarafından yutularak alt kısmından akan akışkan tarafından alınır. Kanalın ısı yalıtımının yapılması için kanal ve odacığın etraf taş yünü ile çevrelenmiş ve tüm sistem kontrplak bir kasa içerisine yerleştirilmiştir.

Bu çalışmada Kalairarasi'nin [44] yapmış olduğu deneysel çalışmaların verileri referans alınmıştır. Çalışmada oluşturulan model Madurai/Hindistan konumunda, güney yönüne bakacak ve yer ile 12⁰ açı yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Kullanılan malzemeler ve kalınlıkları ile modelin boyutları, sistemin yapısı sırası ile Tablo 5.1'de ve Şekil 5.1 ve 5.2'de verilmiştir.

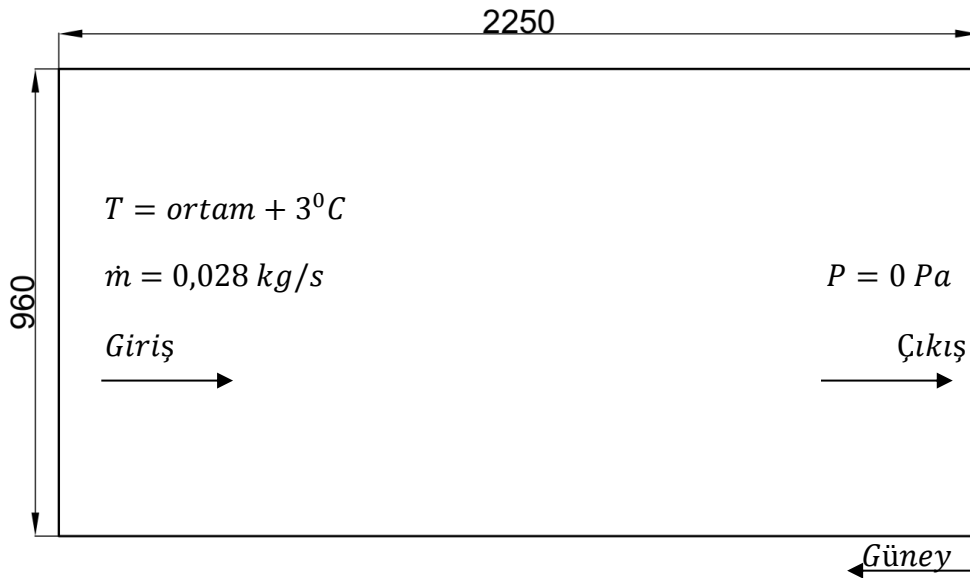
Tablo 5.1 Modelde kullanılan malzemeler ve kalınlıkları [44]

Malzeme	Kalınlık (mm)
Kolektör camı	4
Yalıtkan (Taş yünü, Alt Kısım)	50
Yalıtkan (Taş yünü, Yan Kısımlar)	20
Alüminyum plaka	1
Kontrplak	12

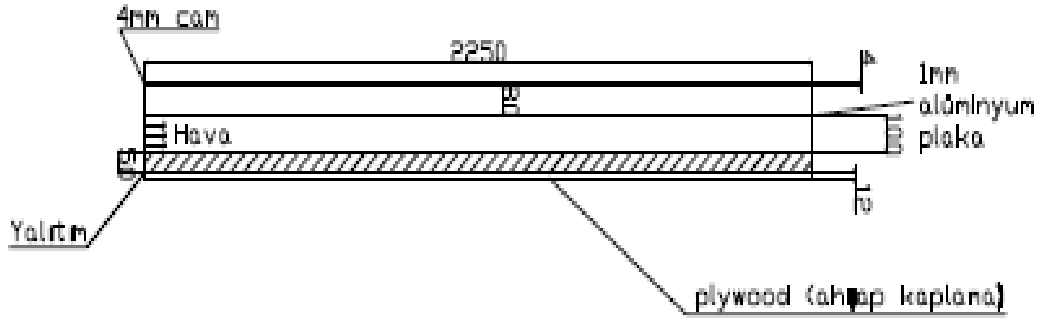
Tablo 5.2 Malzemelerin sınır şart değerleri tablosu

Malzeme	Yoğunluk (gr/cm ³)	Soğurma	Isıl iletim katsayısı(w/mK)	Kırılma indisi	Termik genleşme katsayısı	Sertlik(HB)	Emisyon
Cam	2,4	0,95	2,7	1,52	80*10-6 °C	34	0,92
Alüminyum	2,72	0,87	247	4	23*10- 6°C	20	0,09
Taş yünü	0,065		0,035	0,36	5*10-6°C	0,07	0,14
Kontrplak	0,345	0,75	0,137	2,21	55*10- 6°C	6	0,885
Bakır	8,96	0,18	413	2,9	17*10- 6°C	90	0,03

Modelin giriş hava sıcaklığı her saat için ortam sıcaklığının 3⁰C yukarısında olup kütleli debisi sabit 0,028 kg/s olarak alınmıştır. Modelde çıkış kısmının atmosfere açıldığı kabul edildiğinden basınç değeri 0 Pa olarak girilmiştir. Geri kalan kısımlar duvar sınır şartı olarak verilmiştir.



Şekil 5.1. Panelin konumu, dış boyutları ve giriş sınır şartları



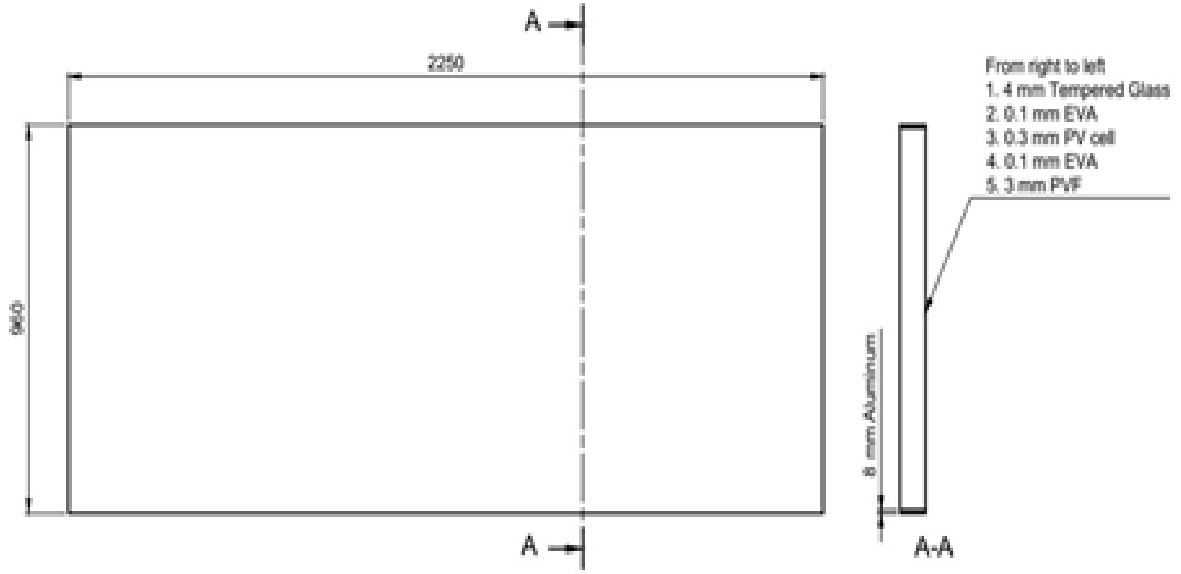
Şekil 5.2. Panel modelinin kesiti

5.2 Fotovoltaik Panel (PV)

Fotovoltaik panel, doğrulmasını yapılan havalı güneş kolektörü modelinin yüzey alanına uygun olarak seçilip üzerine yerleştirilmiştir. Seçilen panelin elektriksel verileri SOMERA Grand [45] fotovoltaik panelinin değerlerine uygun olarak alınmıştır. Monokristal hücrelere sahip olan bu panelin modellemede kullanılan ölçüleri Şekil 5.3’de verilmiş olup PV hücresinin modellemesinde kullanılan malzeme kalınlıkları Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3 PV malzemelerin fiziksel özellik tablosu

PV Hücre	Kalınlık
Etinel Vinil Asit EVA	0,1 mm
PV cell	0,3 mm
Temperli cam	4 mm
PV cell	0,3 mm



Şekil 5.3. Modelde kullanılan PV panel

Modellemesi yapılan bu sistemde sadece elektrik gücü çıktı değeri olacağından bu kısımda panel sıcaklığının etkisi ile PV panelden elde edilebilecek azami güç hesaplanacaktır.

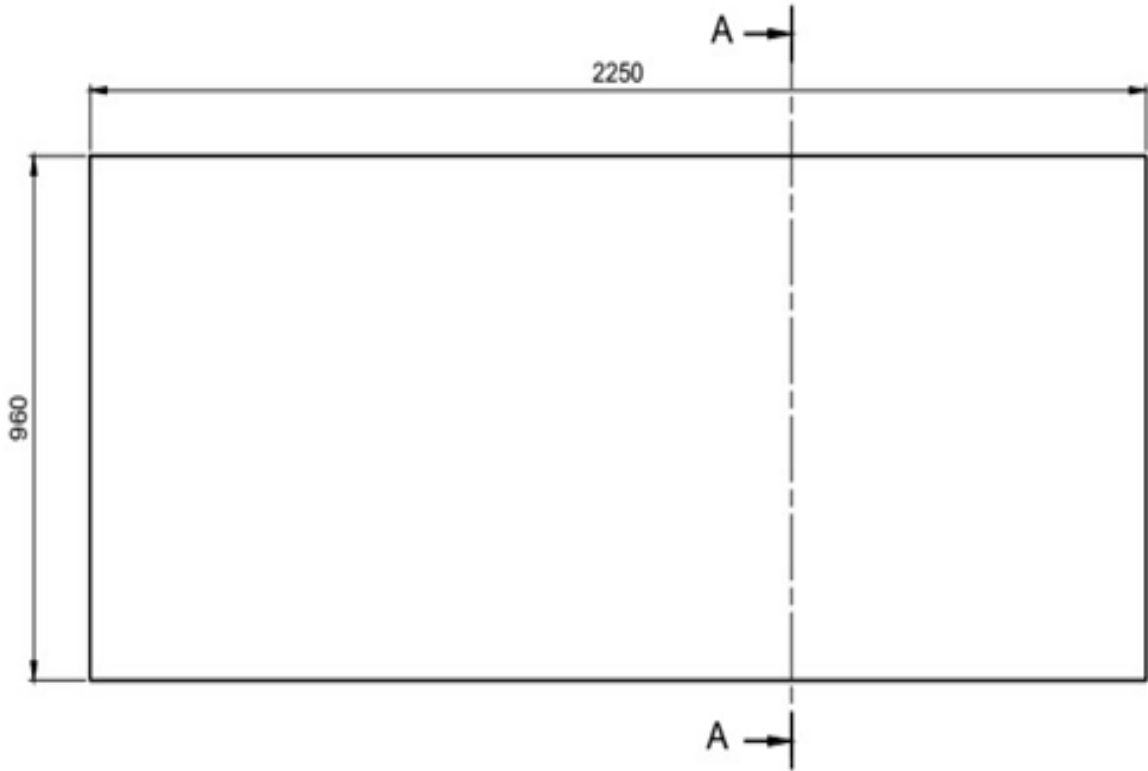
5.3 Fotovoltaik Termal (PVT) Sistemi Modellemesi

PVT sistemi incelenecek fotovoltaik termal sistemler içerisinde en az karmaşık olan sistemdir. Kanal yapısı GK'da olduğu gibi içerisinde herhangi bir kanaçık veya türbülötör bulunmayan kanaldır. Sistem yalıtım için GK'da kullanıldığı gibi taşıyünü kullanmakta ve kontrplak bir kasa içerisinde bulunmaktadır. Bu sistemlerin GK'dan farkları üst kısmında herhangi bir odacık bulunmaması ve bunun yerine PV hücrelerin soğurucu plaka üzerine yerleştirilmesidir.. Bu sayede güneşin konumuna bağlı olarak oluşan gölgelerin PV hücreler üzerindeki etkisi en aza indirgenmektedir.

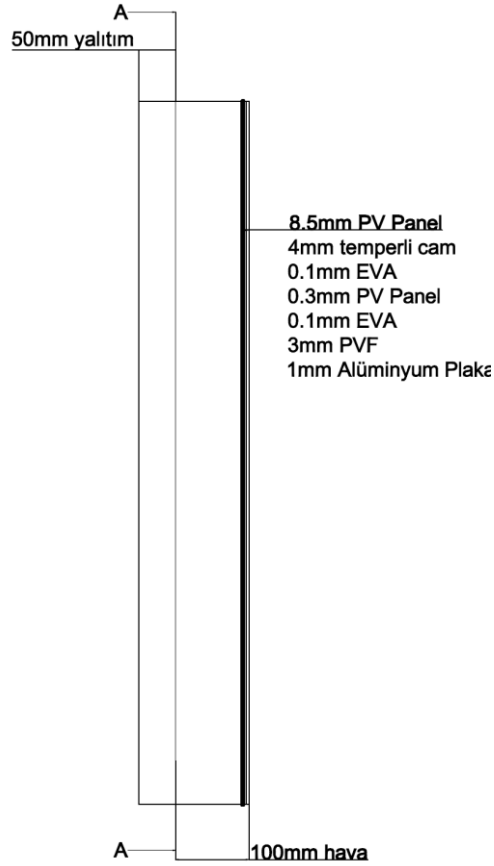
PVT sistemde, üst kısmın da 4 mm kalınlığında cam kullanılırken altında ise sırasıyla 0,1mm Etilen Vinil Asetat filmi, güneş gözesi, 0,1 EVA filmi ve en altta da alüminyum olan soğurucu yüzey kullanılmıştır. Tablo 5.4'de PVT sisteminde kullanılan malzeme kalınlıkları verilirken Şekiller 5.4 ve 5.5'de ise modellemde kullanılan sistemin görünüşleri bulunmaktadır.

Tablo 5.4. PVT Sistem malzemeleri ve kalınlıkları

Malzeme	Kalınlık
Cam	4,0 mm
EVA	0,1 mm
PV panel	0,3 mm
EVA	0,1 mm
PVF	3 mm
Alüminyum plaka	1 mm
Yalıtkan (Taş yünü, Alt Kısım)	50
Yalıtkan (Taş yünü, Yan Kısımlar)	20
Kontrplak	12



Şekil 5.4. PVT sistemin teknik görünüşü

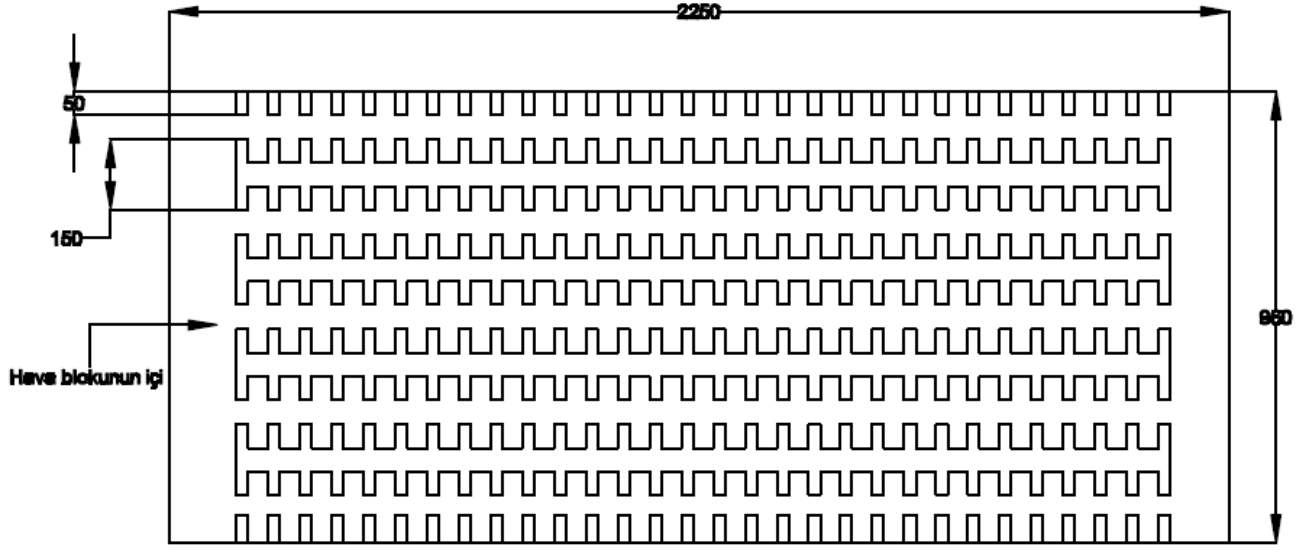


Şekil 5.5. PVT sistemin kesit görünüşü

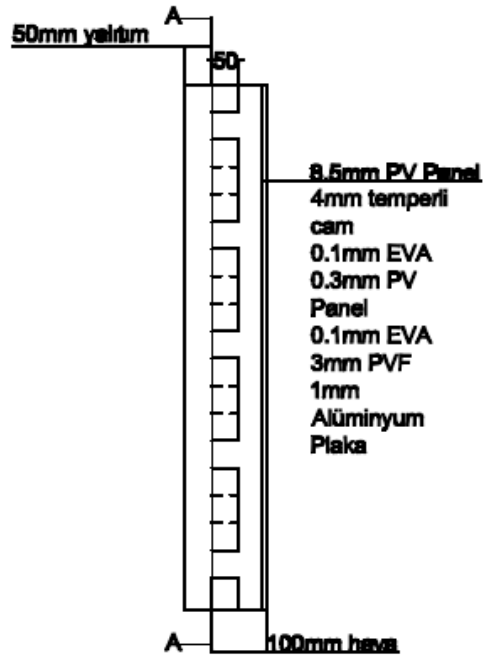
Bu sistemin diğer PVT sistemlerine göre avantajlarından bir tanesi akışkanı bulduğu kanal içerisinde herhangi bir engel bulunmadığından akışın işinin daha az olmasıdır. Ancak bunun yanında ısı transferi daha düşük olacağından hem çıkış sıcaklık değerinde hem de elektriksel verim artışında daha düşük değerlerin oluşacağı beklenmektedir.

5.4 Düz Kanatçık Yapılı PVT Sistem Modellemesi (DPTV)

Türbülötör kullanan fotovoltaik termal yapılardan ilki Düz Kanatçık Yapılı Fotovoltaik Termal Sistem (DPVT)dir. Bu sistemin PVT'den farkı iş akışkanının aktığı kanalda akışa dik düz kanatçıkların bulunmasıdır. Kanatçıkların yüksekliği tüm akışı engelleyerek akış için gereken işi çok yükseltmemek için 50 mm olarak tutulmuştur. Ayrıca türbülötör sırası incelenen kısmın 2000 mm'lik kısmına yerleştirilmiştir. Türbülötörlerin malzemesi, iletimin yüksek olması için bakır olarak seçilmiştir. Şekil 5.6 ve 5.7'de modelde kullanılan sistemin üst ve kesit görünüşleri verilmektedir. Kanatçıklarda kullanılan bakır malzeme dışında kullanılan model PVT ile aynıdır.



Şekil 5.6. DPVT sisteminin görünüşü



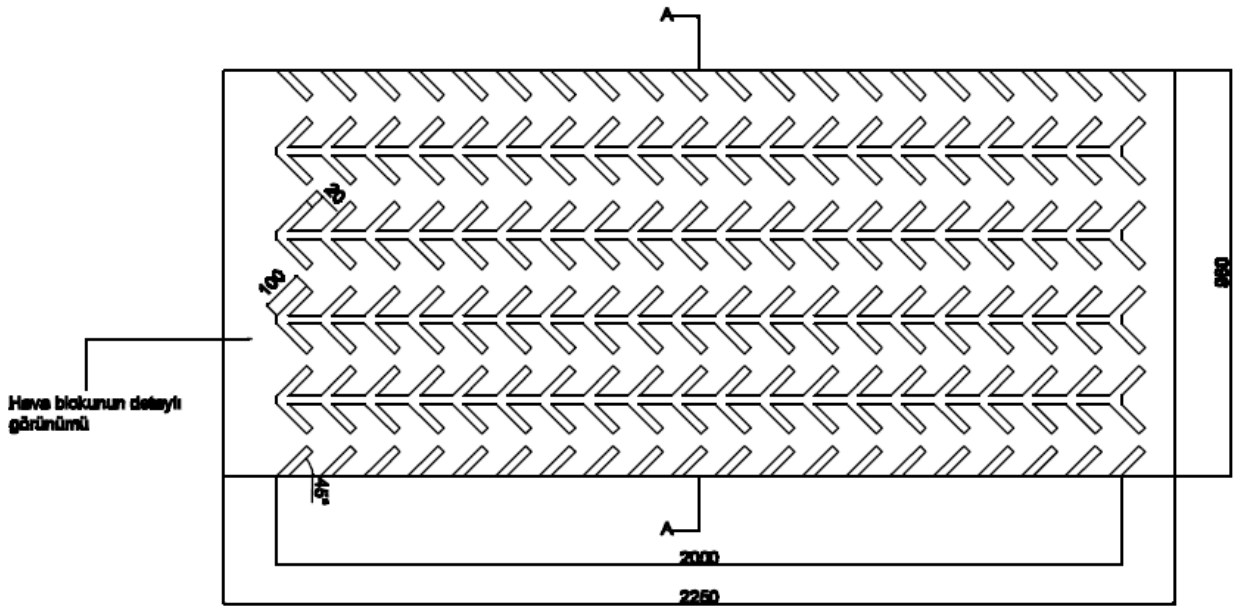
Şekil 5.7. DPVT sistemin kesit görünüşü

Bu sistemde kullanılan kanatçıklar nedeniyle akışın ihtiyaç duyduğu işi PVT ve GK sistemlerinden daha yüksek olması beklenmektedir. Ancak türbülötörler sayesinde PV hücrelerin daha düşük sıcaklık değerlerine gelerek verimlerinin artması, bunun yanında çıkış sıcaklıklarının ise PVT ve GK sistemlerinden daha yüksek olması beklenmektedir.

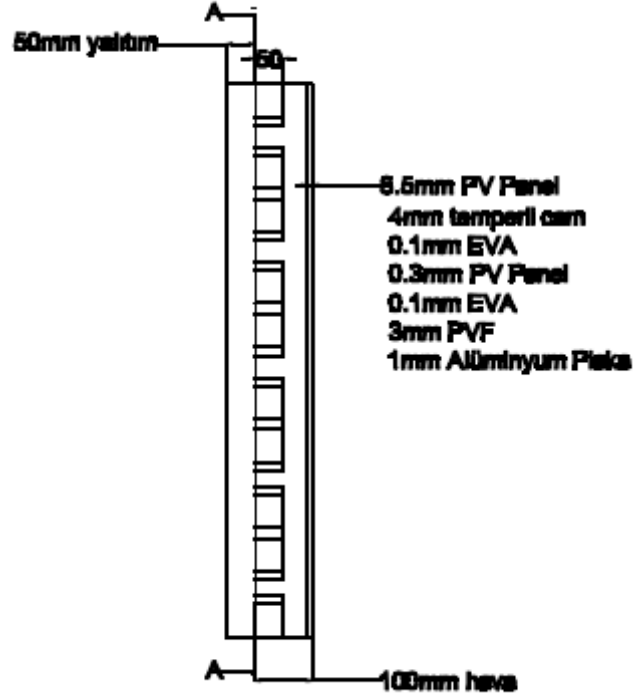
5.5 Kazayağı Kanatçık Yapılı Fotovoltaik Termal (KPVT) Sistemi Modellemesi

KPVT sistemi DPVT sisteminin yeniden düzenlenmiş halidir. Türbülötör kanatçıklarına 45° 'lik bir açı oluşturacak şekilde eğilerek havanın akışı daha rahatlatılmıştır. Bu modelde de türbülötörlerin malzemesi bakır olarak seçilmiştir. Kazayağı kanatçıklar 50 mm yüksekliğindedir. ve birbirlerine 20 mm'lik mesafe ile yerleştirilip tasarlanmıştır. Bu sıra DPVT'de olduğu gibi akış alanında 2000 mm'lik bir mesafede yerleşmiştir.

KPVT sisteminin soğurucu plaka üzerindeki görünümü Şekil 5.8'de verilirken sistemin kesiti Şekil 5.9'da verilmektedir.



Şekil 5.8. KPVT sistemin teknik görünüşü



Şekil 5.9. KPVT sistemin kesit görünüşü

Bu sistemde yapılan düzenleme ile kanatçıkların akışkanın akışına DPVT sistemden daha fazla izin vermesi ancak DPVT sistemine yakın bir sonuç elde edilmesi planlanmaktadır. KPVT sistemi ile panelin daha fazla soğutulması, çıkış hava sıcaklığının ise daha fazla artması hedeflenmiştir.

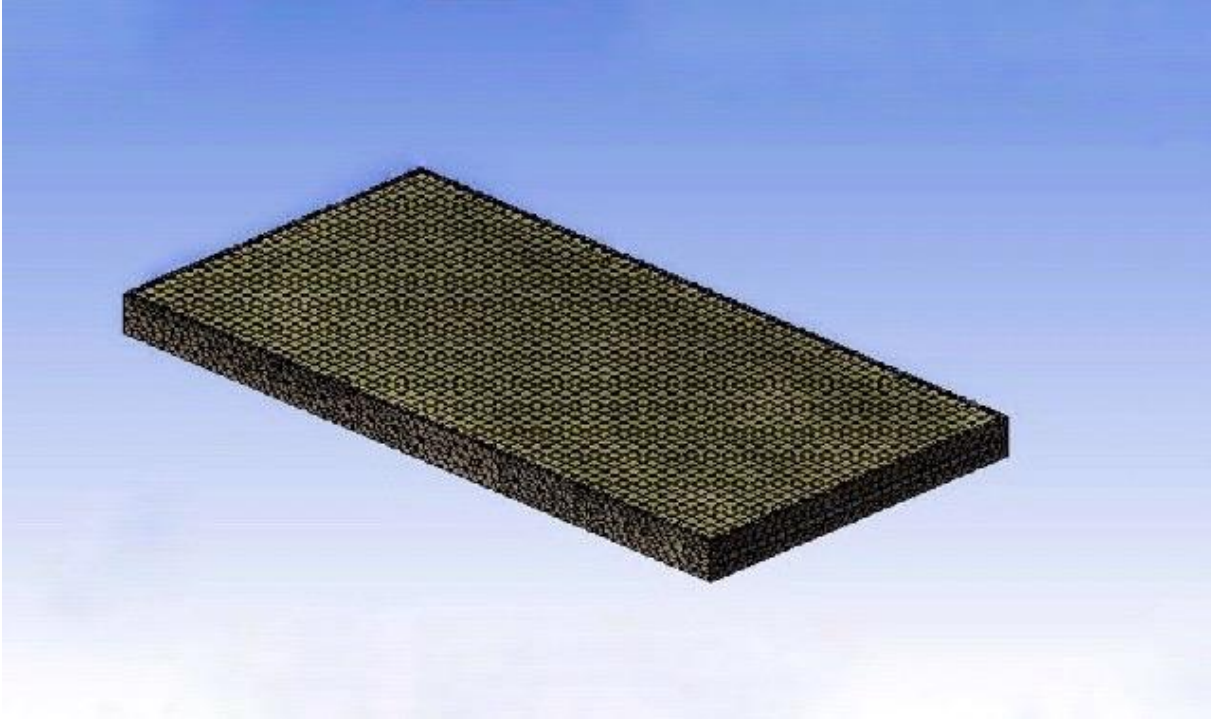
6 BULGULAR

6.1 Doğrulama

Yapılan çalışmada Kalaiarasi ve arkadaşlarının [44] yapmış olduğu çalışma referans alınarak önce modellemesi ve sonrasında doğrulaması gerçekleştirilmiştir.

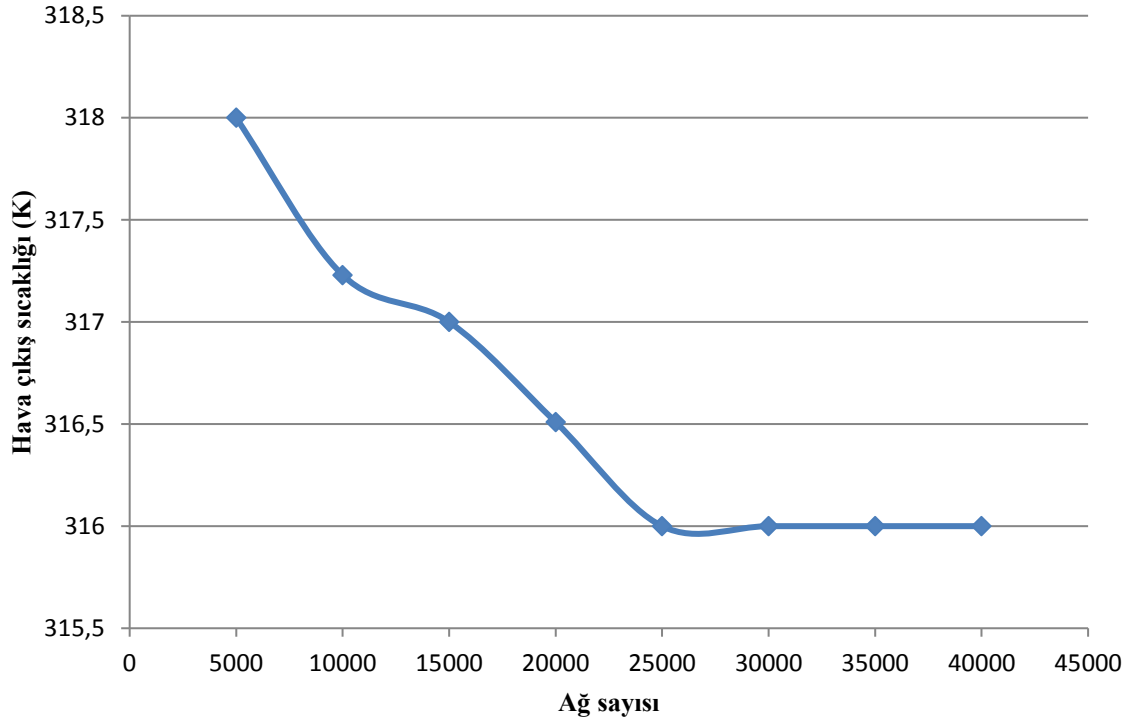
2 Haziran için Madurai/Hindistan da ($9^{\circ} 56' N$; $78^{\circ} 7' E$; GMT 5,5), güney yönüne bakan ve yer ile 12° 'lik bir açı yapacak şekilde yerleştirilmiş bir hava akışkanlı güneş kolektörünün üzerine düşen ışınım değerine göre ANSYS programı kullanılarak doğrulaması sağlanmıştır.

Doğrulamanın ilk aşamasında kullanılan ağ yapısının sonucu değiştirmedigine dair yapılan kontrol gelmektedir. Bu çalışmada ağ yapısında kullanılan aralıklar azaldıkça çıkış sıcaklığının değişmemesi gerekmektedir.



Şekil 6.1 Güneş kolektörü ağ yapısı görseli

Ağ yapısına bağlı olarak çıkış sıcaklıklarının değişimi Şekil 6.1'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre seçilen ağ sayısı 3000dir.



Şekil 6.2. Ağ sayısı ile Çıkış sıcaklığı değişimi

DeneySEL çalışmada kullanılan değerler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Bu değerler sayısal analizde referans alınıp, doğrulaması ve incelemesi için kullanılmıştır.

Tablo 6.1 DeneySEL çalışma değer tablosu

SAAT	IŞINIM	GİRİŞ SICA KLIĞI(°C)	ÇIKIŞ SICA KLIĞI (°C)	KOLEKTÖR VERİM (%)
10:00	518,39	35,69	43,03	20,03
11:00	788,13	37,89	60,25	39,98
12:00	853,85	39,15	63,28	39,32
13:00	818,75	43,19	63,43	34,78
14:00	695,91	42,95	61,11	36,71
15:00	573,57	40,13	58,84	45,15
16:00	476,01	38,56	54,25	46,37

Deneysel çalışmada ışı nım de ğerleri, giriş, çıkış sıcaklıkları ve termal verim de ğeri verilmiştir. Deneysel çalışmada termal verim de ğerin elde edilmesini sa ğlayan optik verim de ğerleri yetersiz verildi ği için. Doğrulama karşılaştırması yapılması için deneysel çalışmanın kolektör verim de ğeri hesaplanmıştır.

Elde edilen bu a ğ yapısı kullanılarak 2 Haziran gününün farklı zamanlarında yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen çıkış sıcaklıkları literatürdeki deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bu de ğerler Tablo 6.2’de verilmiştir.

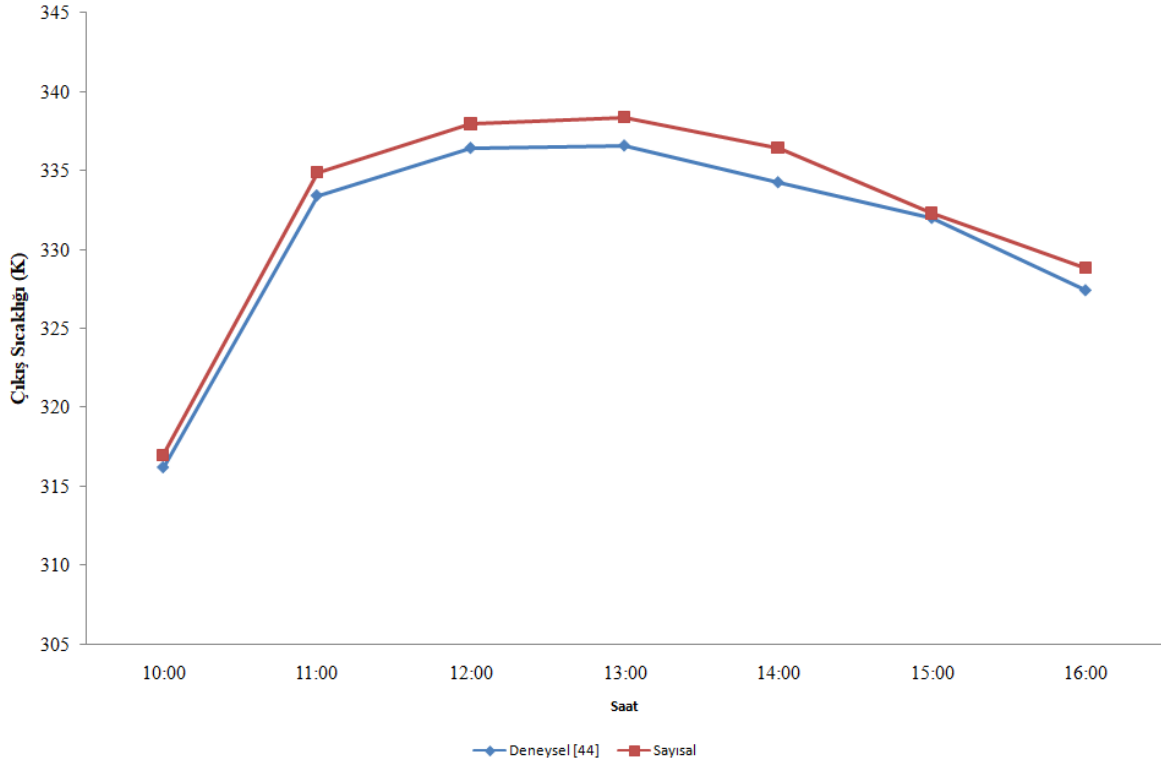
Tablo 6.2. GK Simülasyon ve Literatür Sonuçları

SAAT	IŞINIM	DENEYSEL ÇIKIŞ SICAKLIĞI	SAYISAL ÇIKIŞ SICAKLIĞI	DENEYSEL KOLEKTÖR VERİM (%)	SAYISAL KOLEKTÖR VERİM (%)	TÇ SICAKLIK SAPMASI(%)	KOLEKTÖR VERİM SAPMASI (%)
10:00	518,39	316,17	316,98	19,35	21,93	0,57	1,82
11:00	788,13	333,409	334,87	38,47	40,96	1,03	1,76
12:00	853,85	336,429	337,96	38,11	40,17	1,04	1,03
13:00	818,75	336,58	338,37	33,41	36,47	1,03	1,53
14:00	695,91	334,25	336,42	37,84	39,72	1,53	0,94
15:00	573,57	331,99	332,28	44,19	46,79	1,21	1,31
16:00	476,01	327,4	328,84	45,38	46,33	1,14	0,47

Elde edilen sayısal de ğerlerdeki çıkış hava sıcaklıkları, deneysel de ğerlere göre kıyaslandığında çok küçük bir farklar gözlenmiştir. Gözlemlenen farklar çıkış ve kolektör verim sapma de ğerleri olarak tabloda verilmiştir. Sayısal çalışmada her saat için giriş çıkış hava sıcaklık ortalamasından özgül ısı de ğerleri Yunus Çengel termodinamik mühendislik yaklaşımı adlı kitabının tablolar bölümünden seçilmiştir (Ek-1). Seçilen bu de ğerler ile kolektör verim de ğerleri hesaplanmıştır. Farklı sıcaklıklardaki her özgül ısı de ğeri kullanımı ile deneysel ve sayısal kolektör de ğerlerinin birbirine daha da çok yaklaştığı gözlemlenmiştir. Deneysel ve sayısal çalışmalardan kazanılan kolektör verimler karşılaştırıldığında maksimum %1,8 iken minimum %0,47 olarak %1,8 hesaplanmıştır.

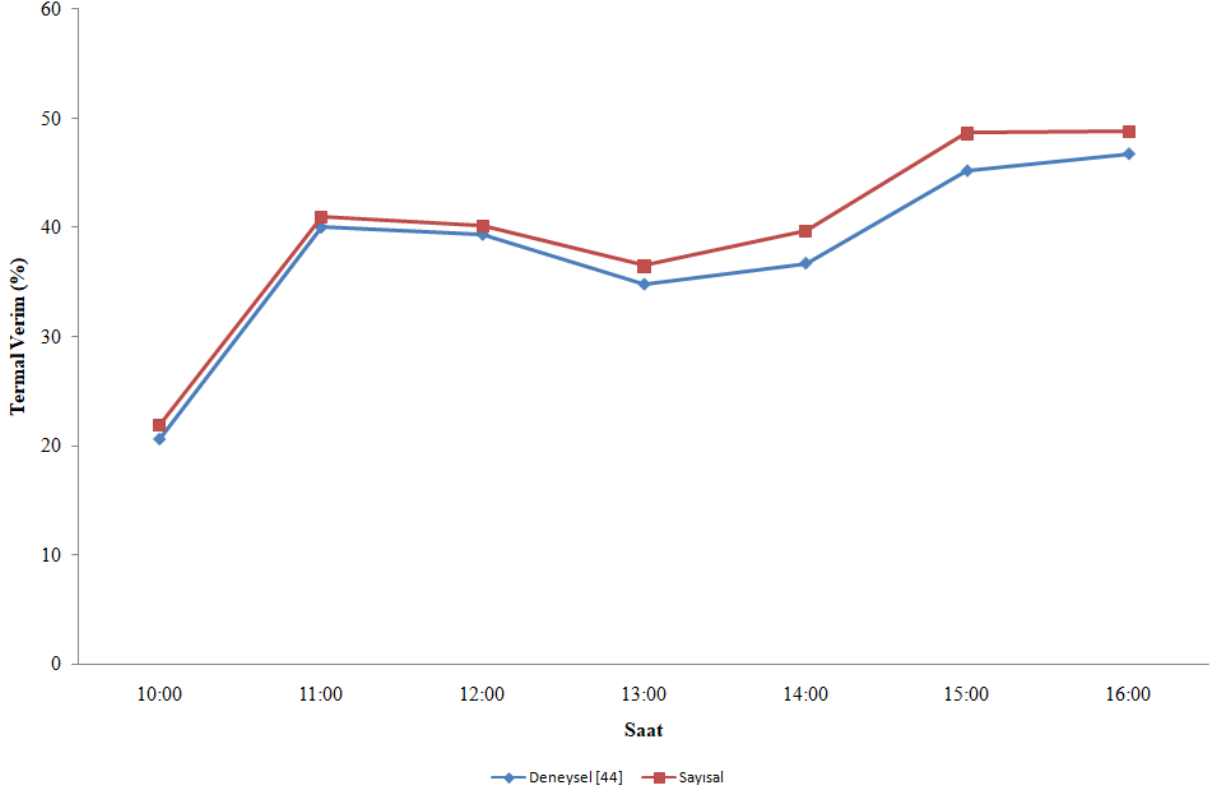
Bu gözlemlenen fark ise doğrulamanın başarılı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen değerler sonucunda deneysel ve sayısal çıkış hava sıcaklıkları ile verim değerleri sırası ile Şekil 6.3 ve 6.4’de gösterilmektedir.



Şekil 6.3. ıkış sıcaklık - Saat grafikleri

Şekil 6.2 incelendiğinde en yüksek çıkış sıcaklığının güneşin tepe saatlerde olduğu saatler olan 13:00 ve 14:00’de olduğu görülmüştür. Buna rağmen Şekil 6.3’de bu saatlerin kolektör verim değerleri gün sonuna doğru nispeten daha düşük kmaktadır. Saat 12:00’de verim değeri %40,17 iken bu değer saat 16:00’da %48,79’a kmaktadır.



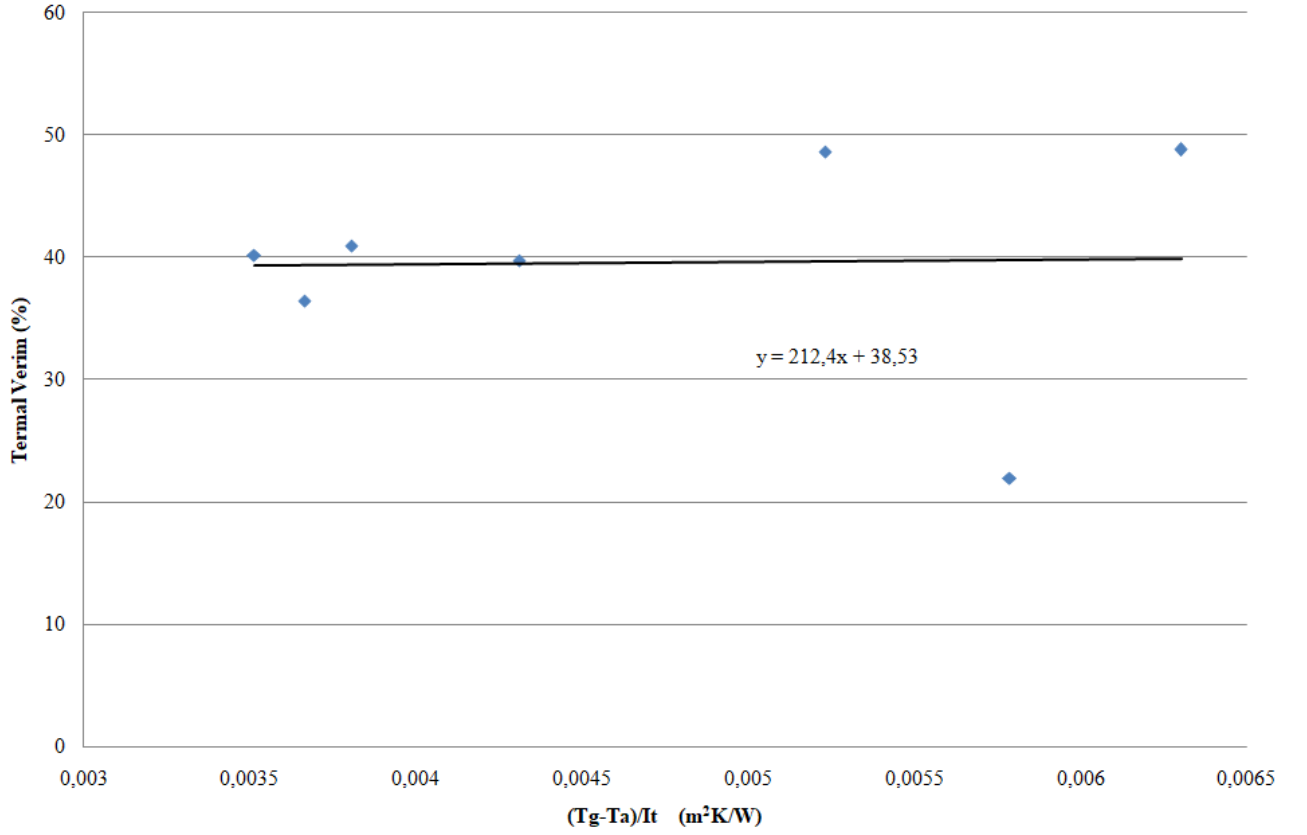
Şekil 6.4. Doğrulama için gün boyu termal verim grafikleri

Yapılan doğrulama sonrası, referans alınan çalışmada elde edilen ısı verim değerine göre kıyaslama yapıldığında %1,8'lik fark gözlenmiştir. GK'nün optik verim değeri, Şekil 6.4'de verilen termal verim-indirgenmiş sıcaklık farkı grafiğinden elde edilebilmektedir. Buna göre GK'nün optik verimi %38,53 olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışmada basınç düşümleri sabit çıkması beklenirken, ANSYS programından kaynaklı değerlerde dalgalanmalar gözlenmiştir. Bu dalgalanma değerlerini emniyete almak için basınç düşüm değerlerinden en yüksek değeri fan sistemi seçiminde referans alınmıştır.

Havalı kolektör için incelenen basınç düşümleri sonucunda en yüksek basınç düşümü 22,74 Pa saptanmış olup bu değere en uygun fan seçiminin yapılması sağlanmıştır

Akışkanın kolektör içerisindeki hareketini sağlayacak olan radyal fan seçiminde Bahçıvan firmasının fan seçim programı kullanılmıştır [46]. Bu işlemde bulunan basınç düşüş değerlerine göre kullanılabilir fan sistemi olarak BVN firmasının BDRAS 108-50 radyal fan sistemi uygun olarak seçilmiştir. Bu sistem ilgili debi değerinde 57 W'lık güç çekmektedir. Çekilen güç değerini fan sistemi kataloğundaki grafikten elde edilmiştir (Ek- 2).



Şekil 6.5. Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği

Elde edilen sonuçlara göre yapılmış olan varsayımlar, türbülans modeli ve sınır şartları doğru olarak kabul edilmektedir. Bu değerler ilerleyen bölümlerdeki modellerin simülasyonlarında kullanılmıştır.

6.2 Fotovoltaik (PV) Panel Sayısal Çözümü

Fotovoltaik (PV) sistemler fotovoltaik termal (PVT) sistemler gibi olmadığından sadece elektrik güç değeri çıktı olarak incelenebilir. Panelin ortalama sıcaklık değeri ile elde edilen azami güç değeri katalogdan farklı değerler vermektedir. Ortalama panel sıcaklığını belirlemek için ANSYS programı kullanılmıştır. Gün içindeki 7 farklı saat de panelin ortalama sıcaklıkları belirlenip, 4.9 denklemi ile PV güç değerleri bulunmuştur.

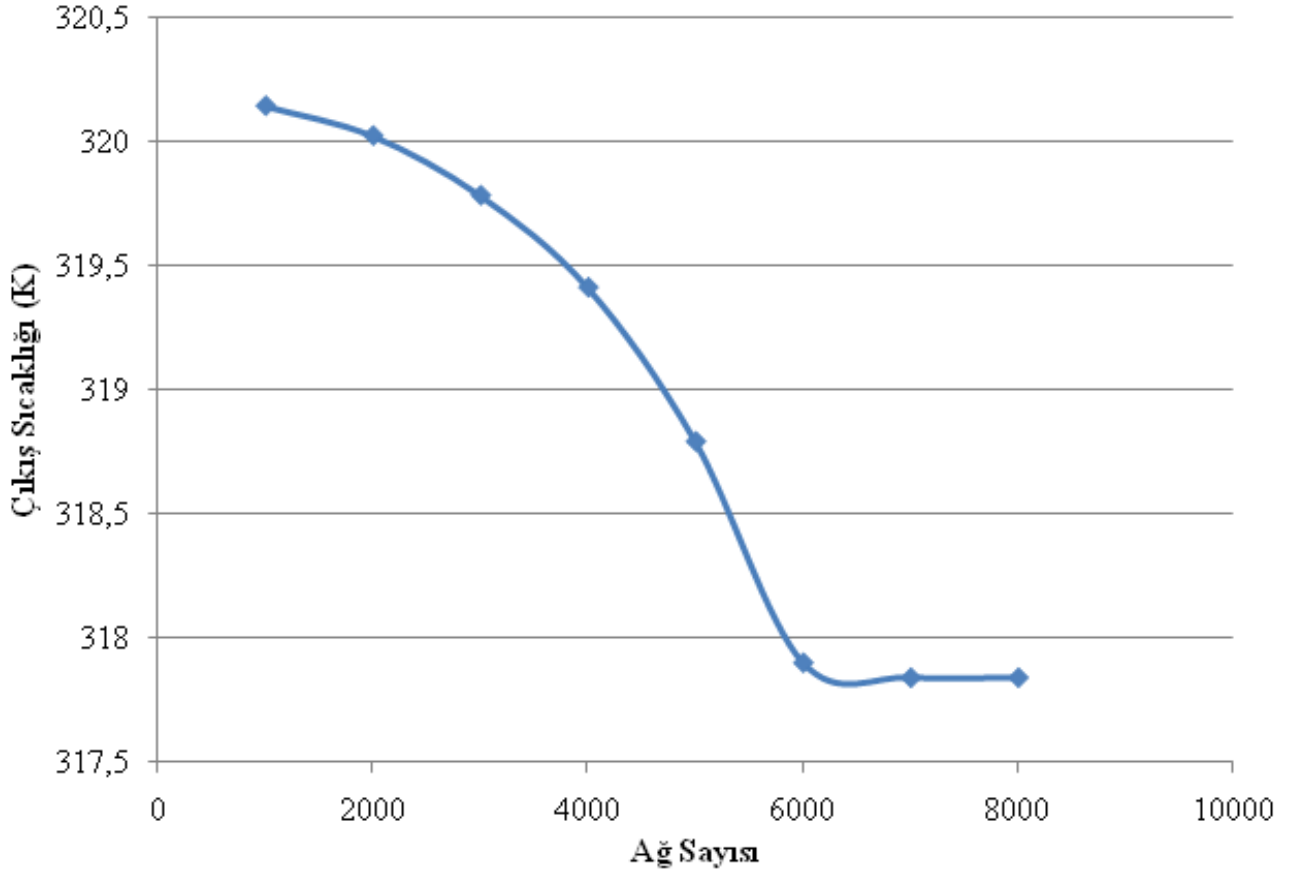
Tablo 6.3. PV sistem sayısal çözüm değerleri tablosu

SAAT	IŞINIM (W/m ²)	ELEKTRİKSEL GÜÇ DEĞERİ (W)	ORTALAMA PANEL SICAKLIĞI (K)
10:00	518,39	150,3846831	342,2
11:00	788,13	230,1478927	343,74
12:00	853,85	247,9973886	344,85
13:00	818,75	236,3739433	346,11
14:00	695,91	201,2805035	345,75
15:00	573,57	164,7704498	344,27
16:00	476,01	139,4103023	340,17

Gün içinde 7 farklı zaman diliminde incelenen PV sistem ile ortalama panel sıcaklığı gözlemlendiği tablo yukarda verilmiştir. Güneşin en tepede olduğu zamanlarda PV sisteminin ortalama panel sıcaklığının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumuna neden olan en önemli etken ışı nım değerlerinin farklı olmasıdır.

6.3 PVT Sistemin Sayısal Çözümü

PVT sistemlerde termal ve elektrik olmak üzere iki çeşit çıkış değerleri vardır. Bunların hesaplanabilmesi için hava çıkış sıcaklığı parametresine göre ağ sayısı değiştikçe sonucun değişmediğine göre test uygulanmıştır. Sistemin farklı ağ yapıları altında çıkış sıcaklıkları gözlemlenmiş. Ve bu çıkış sıcaklıkları belli bir ağ sayısından sonra sabit olduğu gözlemlenmiştir. Sabitlenen bu ağ sayısı ile tasarlanan sistemin ağdan bağımsız olduğu belirlenmiş olmaktadır. Şekil 6.5’de gösterilen ağdan bağımsızlık testine göre, sistemin bağımsız ağ sayısı 6114 olduğu saptanmıştır.



Şekil 6.6. PVT Çıkış Sıcaklığı – Ağ Sayısı Grafiği

Fotovoltaik termal (PVT) sistemi ANSYS programı kullanılarak sıcaklık analizi yapıp hava çıkış sıcaklığı ve ortalama panel sıcaklıkları 7 farklı zaman diliminde bulunmuştur.

Bulunan hava çıkış sıcaklığı ile (4.6) denklemi ile giriş ve çıkış hava sıcaklık farkı bulunmuştur. Bu değerler (4.7) denklemi ile elde edilen ısı kazançları hesaplanmıştır. Bu değerler (4.8) denkleminde taşınarak ısı enerjisi yüzde olarak elde edilmiştir.

Panelin ortalama sıcaklıkları ise (4.9) denkleminde yerine konularak sıcaklığa bağlı güç değerleri hesaplanmıştır.

6.3.1 PVT sistemin elektrik çıktısı

Sistemin 7 farklı zaman dilimi içerisinde incelenen PVT sistemin ortalama panel sıcaklıklarından hesaplanan elektrik güç değerleri hesaplanmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda ortalama panel sıcaklığının en yüksek olduğu değer 326,17 K olurken, elektriksel güç değerinin en yüksek çıktığı saat diliminin 265,26 Watt ile saat 12:00 olduğu gözlenmiştir.

Tablo 6.4. PVT elektriksel sayısal çözüm tablosu

SAAT	IŞINIM (W/m ²)	BASINÇ DÜŞÜŞ DEĞERLERİ (Pa)	PVT ORTALAMA PANEL SICAKLIĞI(K)	ELEKTRİK (W)
10:00	518,39	19,47	338	153,4
11:00	788,13	18,44	332,02	242,95
12:00	853,85	15,77	330,25	265,26
13:00	818,75	17,14	326,17	258,98
14:00	695,91	18,23	329,18	217,25
15:00	573,57	15,65	334,74	172,24
16:00	476,01	13,89	336,64	141,70

Yapılan çalışmada basınç düşümleri sabit çıkması beklenirken, ANSYS programından kaynaklı değerlerde dalgalanmalar gözlenmiştir. Bu dalgalanma değerlerini emniyete almak için basınç düşüm değerlerinden en yüksek değeri fan sistemi seçiminde referans alınmıştır.

Havalı kolektör için incelenen basınç düşümleri sonucunda en yüksek basınç düşümü 19,47 Pa saptanmış olup bu değere en uygun fan seçiminin yapılması sağlanmıştır

İncelenen sistemin basınç düşüş değerlerindeki en yüksek olan değere göre gerekli fan BVN firmasının BDRAS 108-50 radyal fan sistemi uygun olarak seçilmiştir [46]. Bu sistem ilgili debi değerinde 57 W'lık elektrik enerjisi çekmektedir. Bu çekilen enerji değeri fan tablosunun grafiğinden elde edilmiştir (Ek-3)

6.3.2 PVT sistemin ısı çıktısı

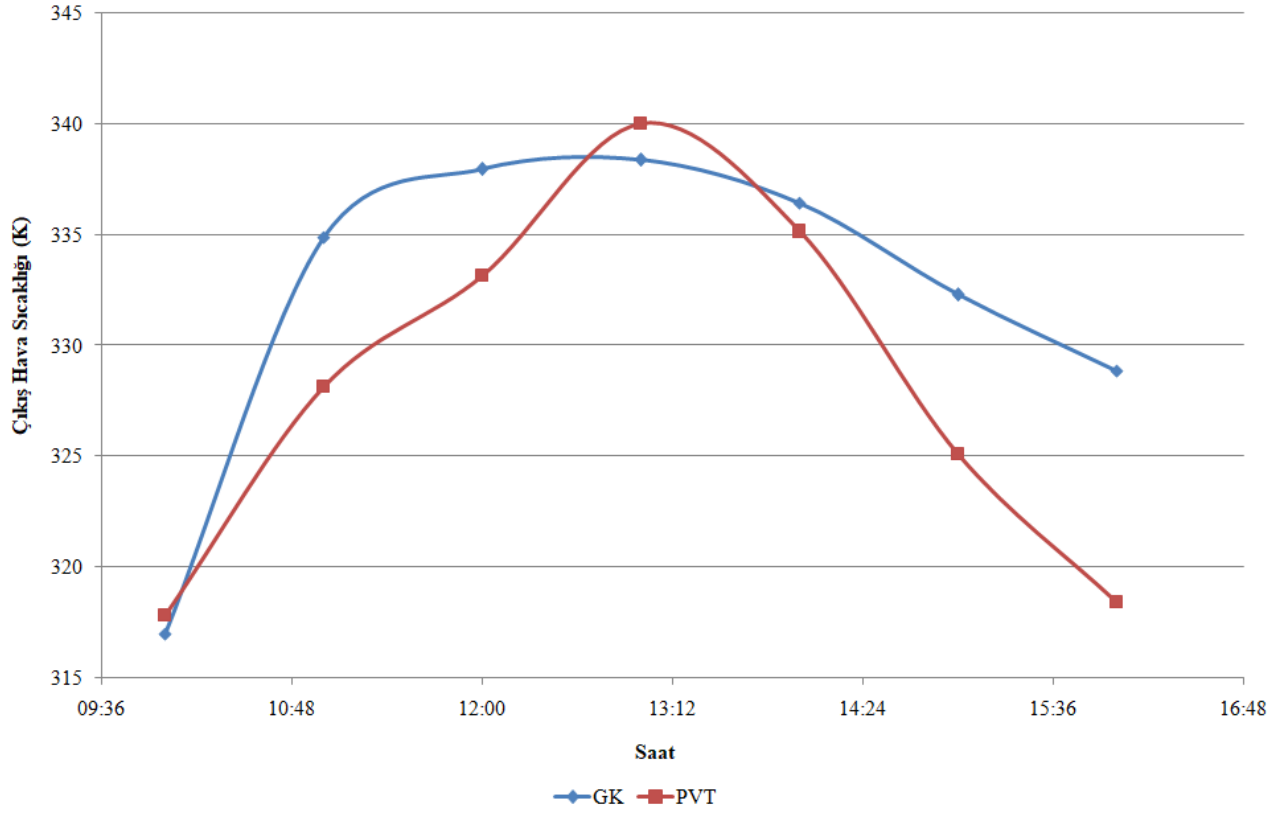
PVT sisteminde elektrik üretiminin yanında termal güç de elde edilmektedir. Yapılmış olan simülasyonlar sayesinde gün içerisinde saatlik olarak elde edilen çıkış sıcaklıkları ve buna göre hesaplanan sistemin termal verimi Tablo 6.5’de verilmektedir.

Tablo 6.5. PVT sistem termal sayısal çözüm tablosu

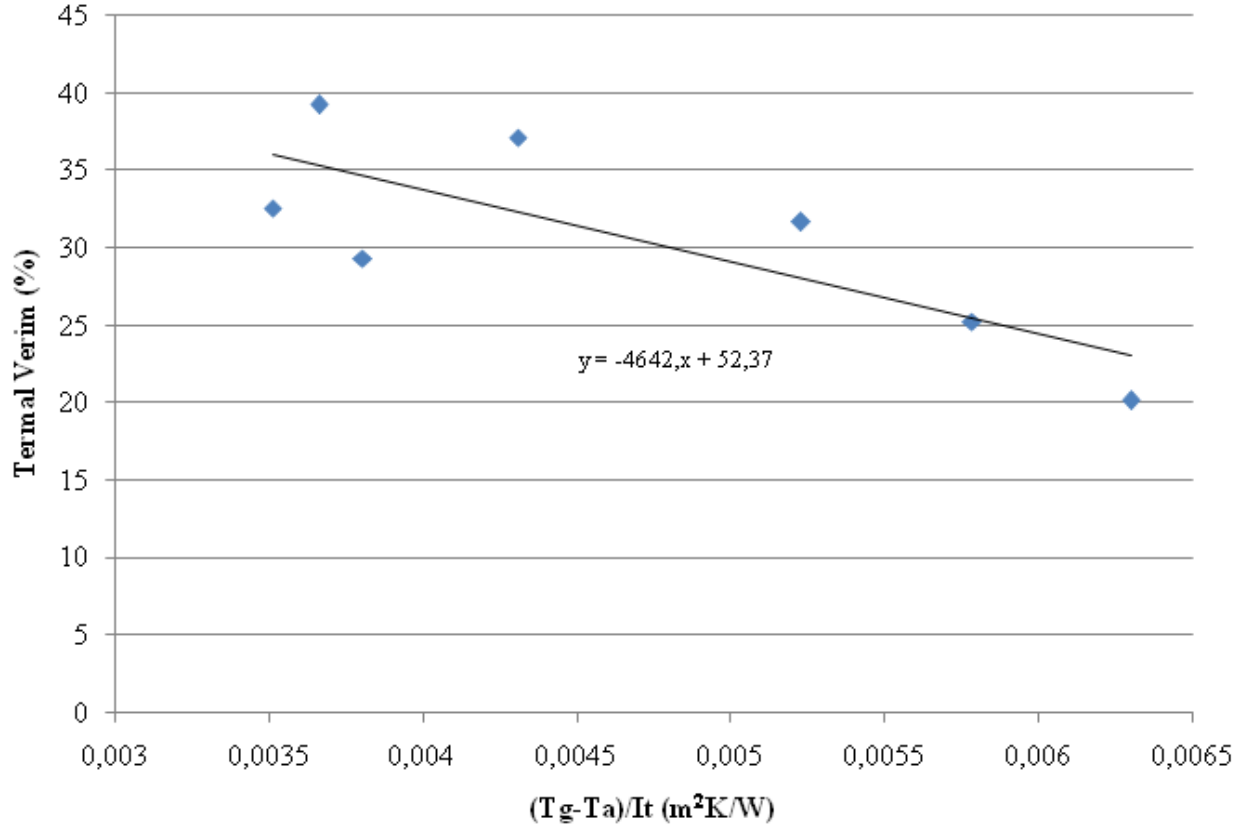
SAAT	IŞINIM (W/m ²)	ÇIKIŞ SICAKLIĞI (K)	TERMAL VERİM (%)
10:00	518,39	317,84	25,27
11:00	788,13	328,15	29,31
12:00	853,85	333,15	32,53
13:00	818,75	340,02	39,21
14:00	695,91	335,14	37,09
15:00	573,57	325,1	31,65
16:00	476,01	318,42	20,11

Bu inceleme sonucunda çıkış hava sıcaklığının en yüksek olduğu saat 340,02 K ile saat 13:00 olurken aynı zamanda bu zaman dilimi %39,21 ile en yüksek verim değerinin elde edildiği zaman aralığı olarak saptanmaktadır.

Şekil 6.6 incelendiğinde saat 13:00 dışındaki tüm zaman aralıklarında PVT’den elde edilen çıkış sıcaklık değerlerinin GK’den elde edilen değerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedenlerinden birisi soğurucu plakanın üzerinde bulunan panellerin soğurdukları ısının bir kısmını doğrudan atmosfere iletim ve taşınım yolu ile kaybetmesinden ve akışkana olan ısı transferinin verimli olmamasından kaynaklanmaktadır. Şekil 6.8’deki Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı incelendiğinde ise bu sistemin optik verimi 0,028 kg/s’lik kütleli debi değerine göre %52,37 olarak hesaplanmaktadır.



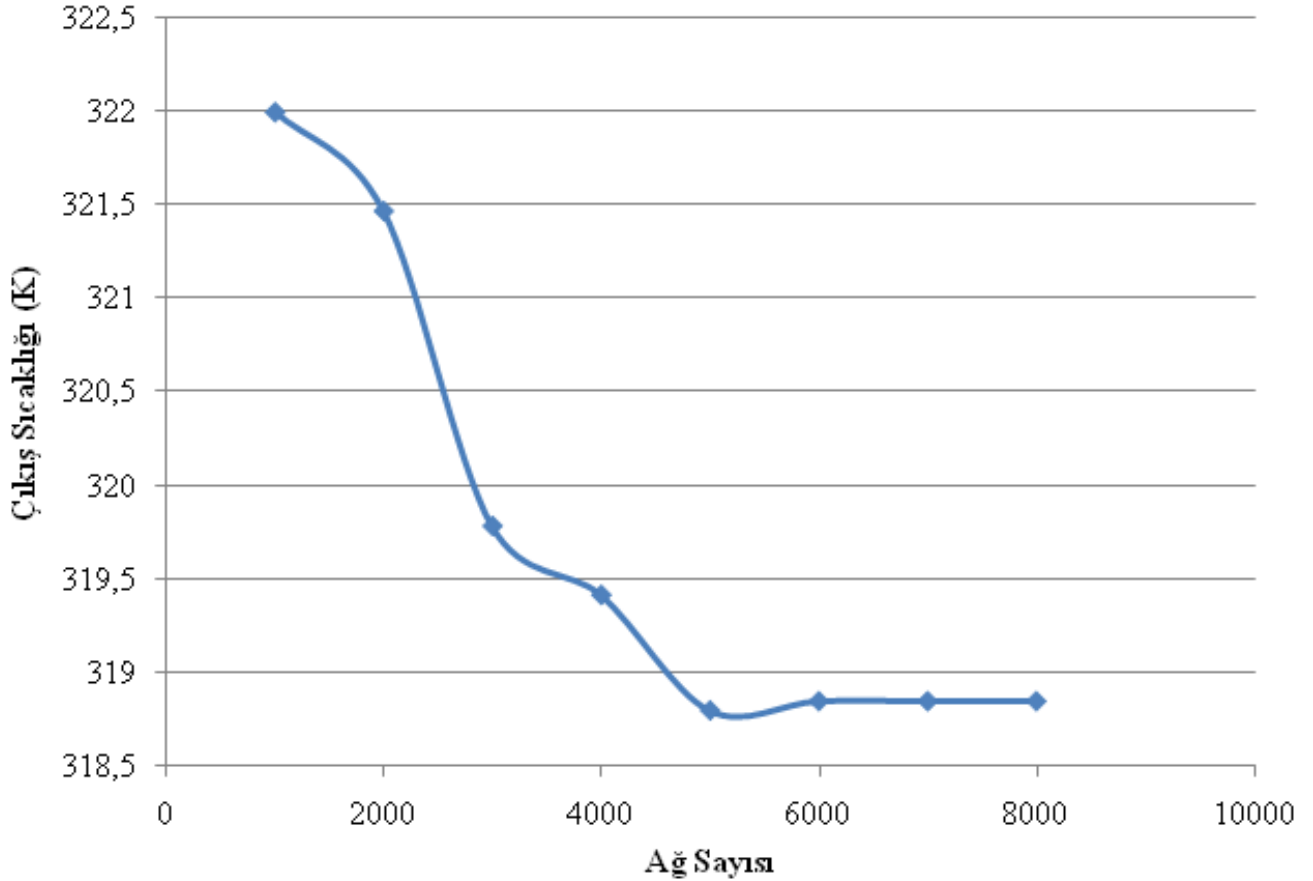
Şekil 6.7. PVT ve kolektör çıkış hava sıcaklık grafiği



Şekil 6.8. PVT Termal Verim - - İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği

6.4 DPVT Sistemin Sayısal Çözümü

DPVT sistemi içerisinde barındırdığı türbülatorler nedeniyle daha yüksek verim içermesine rağmen daha yüksek enerji harcamasına sahip bir sistemdir. Sistemin simülasyonundan önce ağ sayısından bağımsız olduğu noktayı belirlemek için ağdan bağımsızlık testi yapılmış olup ağ sayısına göre çıkış sıcaklığı değişimi Şekil 6.9’de verilmiştir. Buna göre bu sistemin hesaplamasında 5234 adet ağ kullanılması uygun bulunmaktadır.



Şekil 6.9. DPVT Çıkış Sıcaklığı – Ağ Sayısı Grafiği

İlk olarak bulunan hava çıkış sıcaklığı ile (4.6) denklemi ile giriş ve çıkış hava sıcaklık farkı bulunmuştur. Bu değerler (4.7) denklemi ile elde edilen ısı kazançları hesaplanmıştır. Kazanılan ısı değeri (4.8) denkleminde taşınarak ısı enerjisi yüzde olarak elde edilmiştir.

Panelin ortalama sıcaklıkları ise (4.9) denkleminde yerine konularak sıcaklığa bağlı güç değerleri hesaplanmıştır.

6.4.1 DPVT sistemin elektrik çıktısı

Tablo 6.6’de DPVT sisteminin sahip olduğu fotovoltaik hücrelerden elde edilebilecek elektrik enerjisi değerleri saatlik olarak verilmektedir. Tablo incelendiğinde en yüksek elektrik enerjisi değerinin ışınımın en yüksek olduğu saat 12:00’de elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6.6. DPVT sistem elektriksel sayısal çözüm tablosu

SAAT	IŞINIM (W/m ²)	BASINÇ DÜŞÜŞÜ (Pa)	ORTALAMA PANEL SICAKLIĞI (K)	ELEKTRİK (W)
10:00	518,39	198,17	335	155,4834
11:00	788,13	200,85	330,15	244,9838
12:00	853,85	202,63	328,42	267,427
13:00	818,75	200,41	325,68	259,5407
14:00	695,91	201,74	328,41	217,9952
15:00	573,57	203,74	331,98	174,4001
16:00	476,01	199,36	334,19	143,2989

Yapılan çalışmada basınç düşümleri sabit çıkması beklenirken, ANSYS programından kaynaklı değerlerde dalgalanmalar gözlenmiştir. Bu dalgalanma değerlerini emniyete almak için basınç düşüm değerlerinden en yüksek değeri fan sistemi seçiminde referans alınmıştır.

Havalı kolektör için incelenen basınç düşümleri sonucunda en yüksek basınç düşümü 203,74 Pa saptanmış olup bu değere en uygun fan seçiminin yapılması sağlanmıştır

İncelenen sistemin basınç düşüş değerlerindeki en yüksek olan değere göre seçilen fan BVN firmasının BASSF 120-60 radyal fan sistemi olarak uygun görülmektedir [46]. Bu sistem ilgili debi değerinde 70 W’lık elektrik enerjisi çekmektedir. Bu elektrik enerji çekim miktarı fan özellik tablosundan elde edilmiştir (Ek-3).

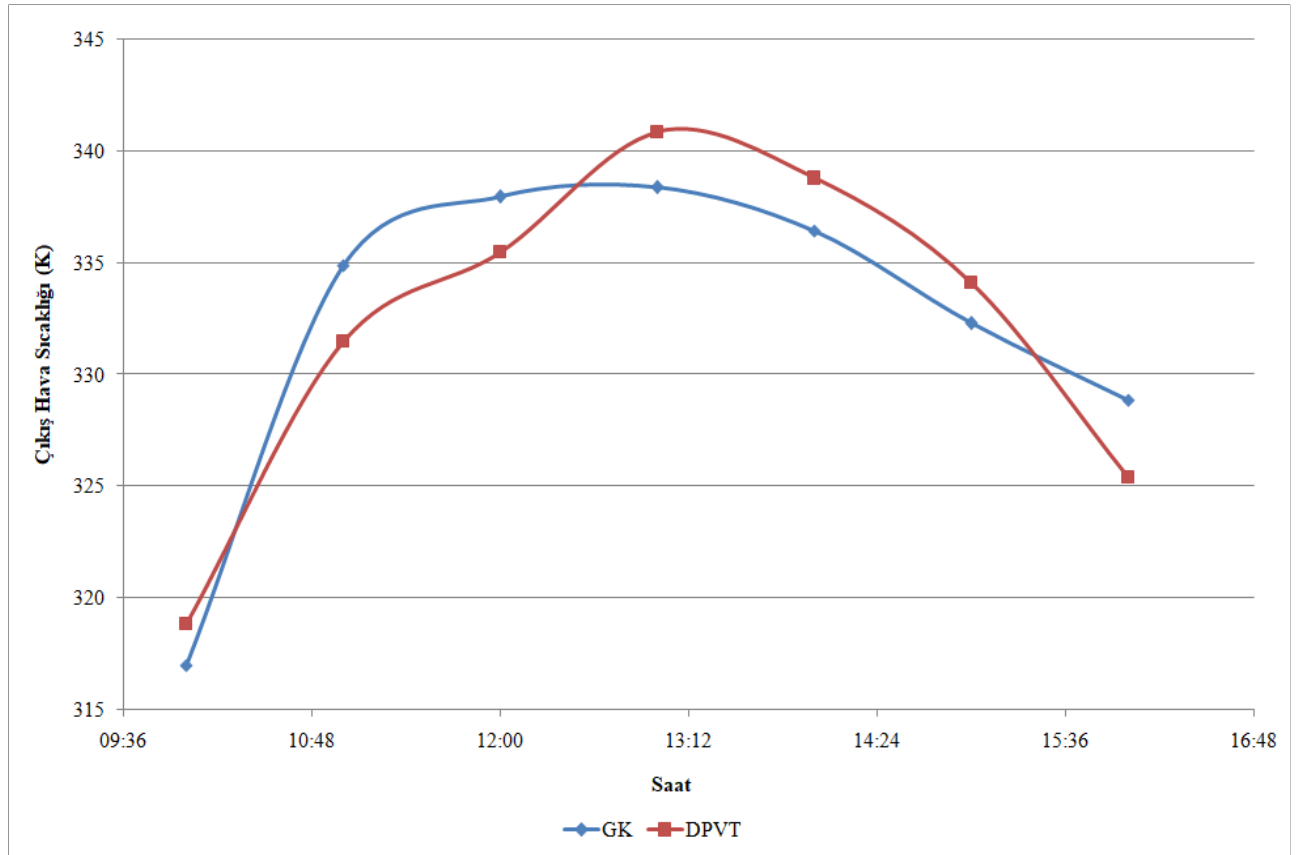
6.4.2 DPVT sistemin ısı çıktısı

DPVT sistemi PVT sisteminin türbülötörler ile değişikliğe uğratılmış halidir. Akış alanına konulan engellerden dolayı basınç düşüşünün artması gözlemlenmiş iken aynı zamanda iş akışkanına olan ısı transferinde artması beklenmektedir. Tablo 6.7 DPTV sisteminin çıkış sıcaklığı ve termal veriminin saatlere ve farklı ışınım değerlerine göre değişimini

göstermektedir. Şekil 6.10’da incelendiğinde günün büyük kısmında çıkış sıcaklık değerinin kullanılan standart GK’nın çıkış sıcaklık değerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. PVT sisteminde olduğu gibi bu sistemde de en yüksek verim saat 13:00’de %40,59 ile elde edilmektedir.

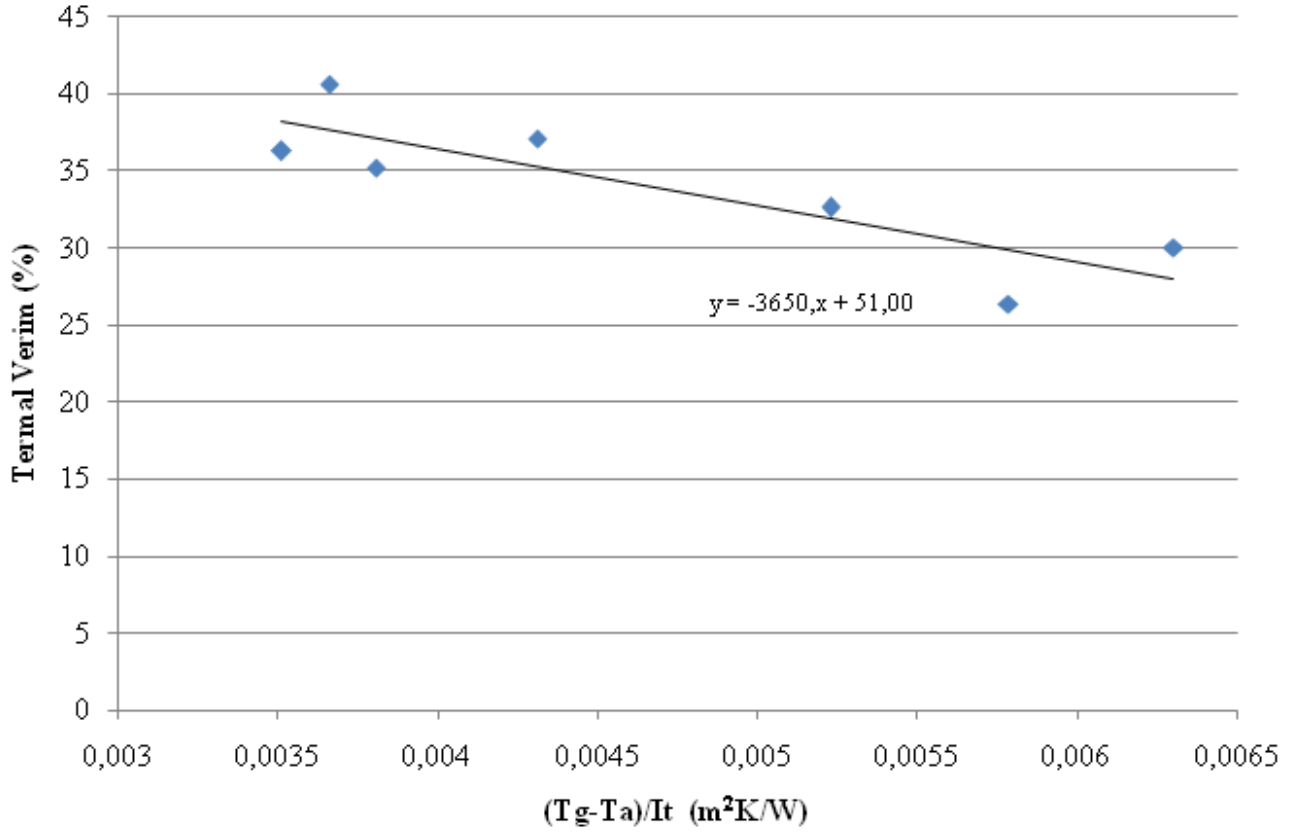
Tablo 6.7. DPVT sistem termal sayısal çözüm tablosu

SAAT	IŞINIM (W/m ²)	ÇIKIŞ SICAKLIĞI (K)	TERMAL VERİM (%)
10:00	518,39	318,84	26,34
11:00	788,13	331,47	35,15
12:00	853,85	335,49	36,25
13:00	818,75	340,85	40,59
14:00	695,91	338,78	37,09
15:00	573,57	334,12	32,56
16:00	476,01	325,41	30,02



Şekil 6.10. DPVT ile kolektör sistemlerinin zamana göre çıkış hava sıcaklık grafikleri

Şekil 6.10 incelendiğinde ise 0,028 kg/s kütleli debi değerindeki DPVT sistemi için optik verimin %51 olduğu görülmektedir.

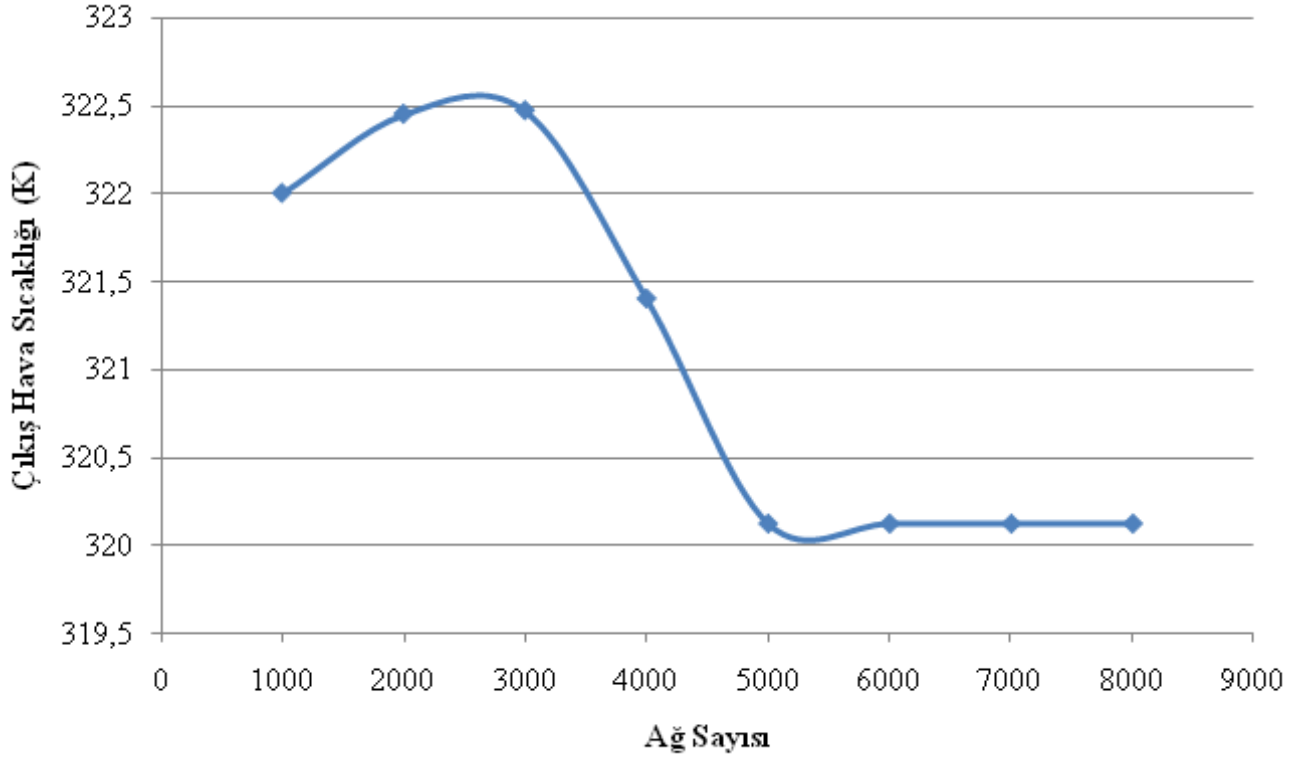


Şekil 6.11. DPVT Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği

6.5 KPVT Sistemin Sayısal Çözümü

KPVT sistemi DPVT sisteminin akışı rahatlatmak için kanatçıkların 45° kadar yatırıldığı bir sürümüdür. Bu sürümde basınç düşüşünün daha az olması hedeflenmiştir. Sistemin sayısal çözümüne başlamadan önce ağ yapısından bağımsızlığı test edilmiş ve buradan elde edilen veriler Şekil 6.12’de verilmiştir. Buna göre bu durumda yapılan simülasyonlarda ağ sayısı 6000 olarak seçilmiştir.

Sayısal analiz daha önceki durumlarda olduğu gibi bir gün boyunca saat 10:00 ile 16:00 arasındaki yedi saatlik bir aralıkta yapılmıştır.



Şekil 6.12. KPVT sistemin ağdan bağımsızlık grafiği

Bulunan hava çıkış sıcaklığı ile (4.6) denklemi ile giriş ve çıkış hava sıcaklık farkı bulunmuştur. Bu değerler (4.7) denklemi ile elde edilen ısı kazançları hesaplanmıştır. Bu değerler (4.8) denkleminde taşınarak ısı enerjisi yüzde olarak elde edilmiştir.

Panelin ortalama sıcaklıkları ise (4.9) denkleminde yerine konularak sıcaklığa bağlı güç değerleri hesaplanmıştır.

6.5.1 KPVT sistemin elektrik çıktısı

Yapılmış olan simülasyonlar sonucunda bulunan KPVT sisteminin ortalama panel sıcaklıkları ile bu sistemin üretebileceği elektrik enerjisi değerleri Tablo 6.8’de verilmektedir. Buna göre DPVT ile karşılaştırıldığında KPVT sistemi DPVT’den, çok önemli bir miktar olmasada, daha düşük basınç düşüşüne ve daha yüksek elektrik üretimine sahiptir.

Tablo 6.8. KPVT sistemi saatlik elektrik üretimi

SAAT	IŞINIM (W/m ²)	BASINÇ DÜŞÜŞÜ (Pa)	ORTALAMA PANEL SICAKLIĞI (K)	ELEKTRİK (W)
10:00	518,39	210,74	334,18	156,1
11:00	788,13	208,63	328,41	246,9
12:00	853,85	208,45	327,65	268,34
13:00	818,75	211,74	324,84	260,5
14:00	695,91	213,15	327,41	218,96
15:00	573,57	209,37	329,17	176,60
16:00	476,01	208,41	333,54	143,72

Yapılan çalışmada basınç düşümleri sabit çıkması beklenirken, ANSYS programından kaynaklı değerlerde dalgalanmalar gözlenmiştir. Bu dalgalanma değerlerini emniyete almak için basınç düşüm değerlerinden en yüksek değeri fan sistemi seçiminde referans alınmıştır.

Havalı kolektör için incelenen basınç düşümleri sonucunda en yüksek basınç düşümü 210,74 Pa saptanmış olup bu değere en uygun fan seçiminin yapılması sağlanmıştır

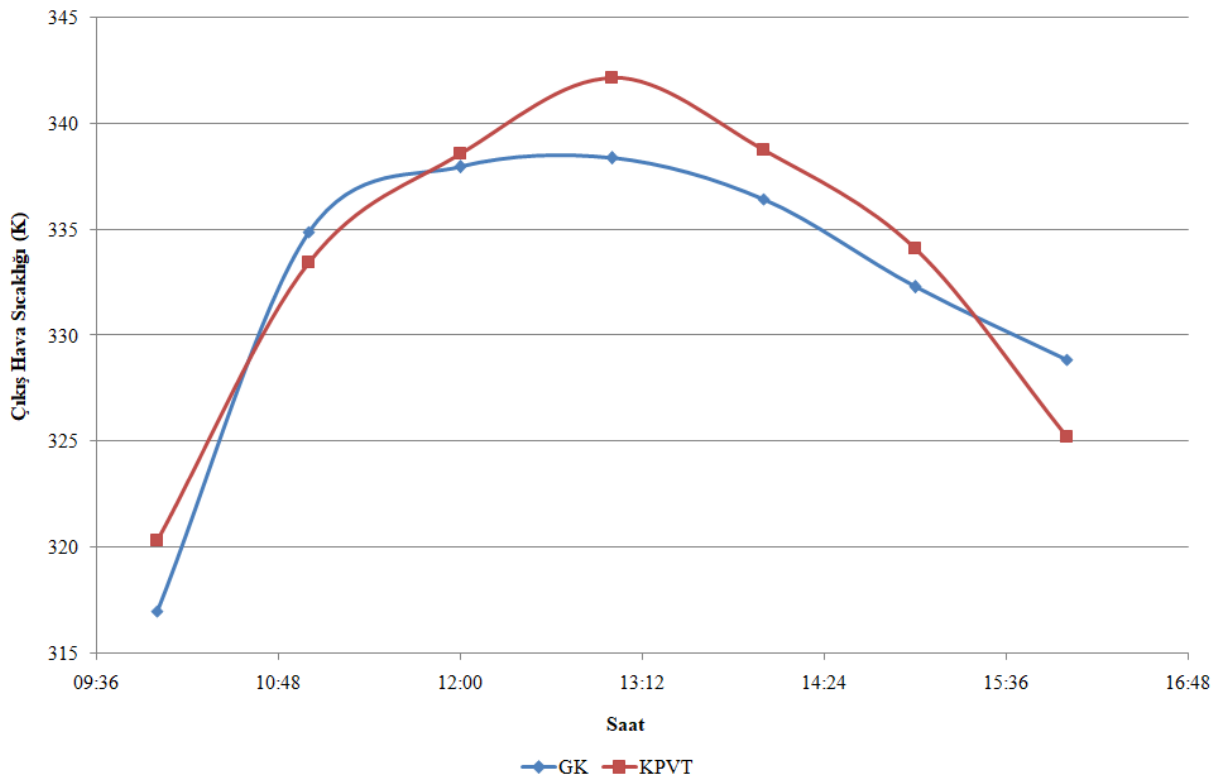
İncelenen sistemin basınç düşüş değerlerindeki en yüksek olan değere göre seçilen fan BVN firmasının BASSF 120-60 radyal fan sistemi olarak uygun görülmektedir [46]. Bu sistem ilgili debi değerinde 70 W'lık elektrik enerjisi çekmektedir. Bu elektrik enerji çekim miktarı fan tablosundan elde edilmiştir (Ek-3).

6.5.2 KPVT sistemin ısı çıktısı

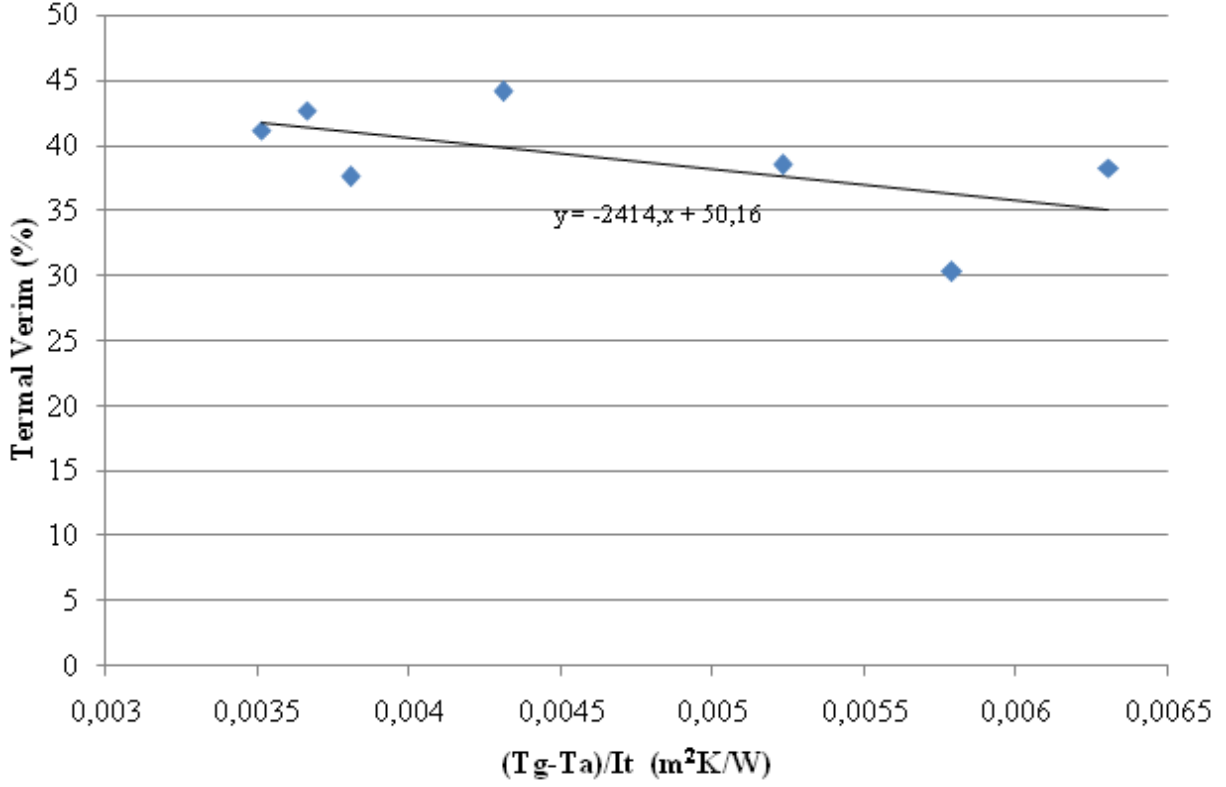
Tablo 6.9 incelendiğinde KPVT sistemindeki çıkış sıcaklığı DPVT sistemindeki çıkış sıcaklığından 1-2 K kadar daha yukarıdadır. Bu sayede soğurucu paneli ve dahası fotovoltaik hücreleri daha etkin olarak soğuttuğu söylenebilir. Bu sistemdeki en yüksek termal verim saat 14:00'de %44,11 olurken GK çıkış sıcaklığı ile karşılaştırıldığında DPVT'den bir saat daha fazla yüksek performansa sahip olduğu görülmektedir. Bu sistemin optik verimi ise Şekil 6.13'den %50,16 olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 6.9. KPVT sistemi termal enerji üretimi

SAAT	IŞINIM (W/m ²)	ÇIKIŞ SICAKLIĞI (K)	TERMAL VERİM (%)
10:00	518,39	320,32	30,23
11:00	788,13	333,45	37,55
12:00	853,85	338,56	41,11
13:00	818,75	342,15	42,66
14:00	695,91	338,74	44,11
15:00	573,57	334,09	38,46
16:00	476,01	325,23	38,28



Şekil 6.13. KPVT ile kolektör sistemlerinin zamana göre çıkış hava sıcaklık grafiği



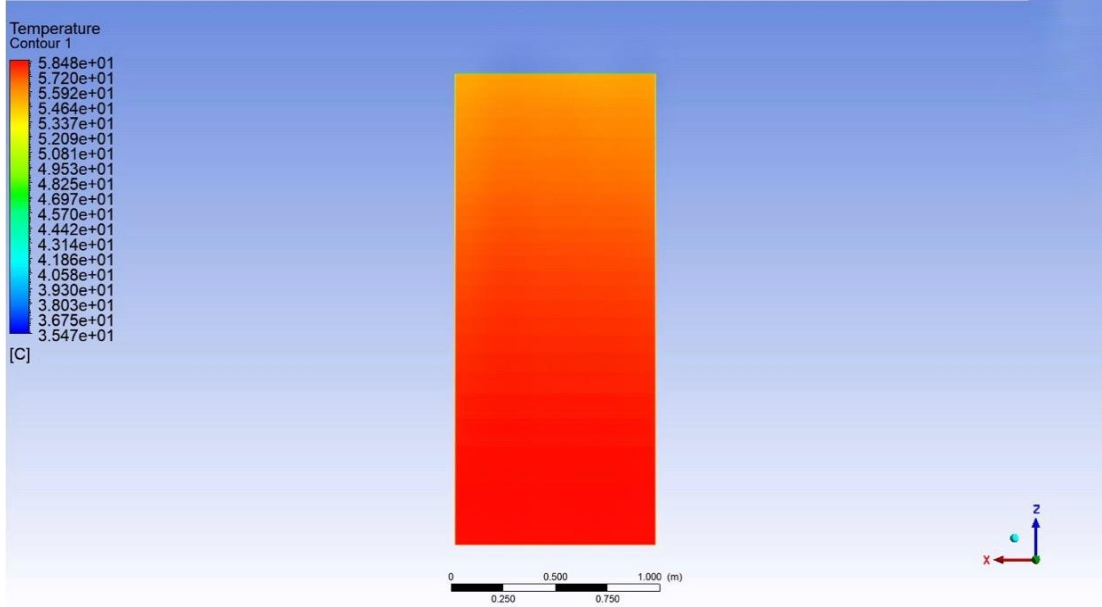
Şekil 6.14. KPVT Termal Verim – İndirgenmiş Sıcaklık Farkı Grafiği

KPVT sistemin optik verim değeri şekil 6.14 incelenmiş ve 50.16 olarak elde edilmiştir. Elde edilen optik verim değeri kazayağı ve düz kanatlı kanaçık yapılarında karşılaştırması yapılmıştır. Kazayağı kanatçık yapıli sistemlerin optik verimi düz kanatçıklı sistemlere göre daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda PVT sistemlerin kanatçık yapıli PVT sistemlere göre daha fazla optik verime sahip olduğu gözlemlenmiştir.

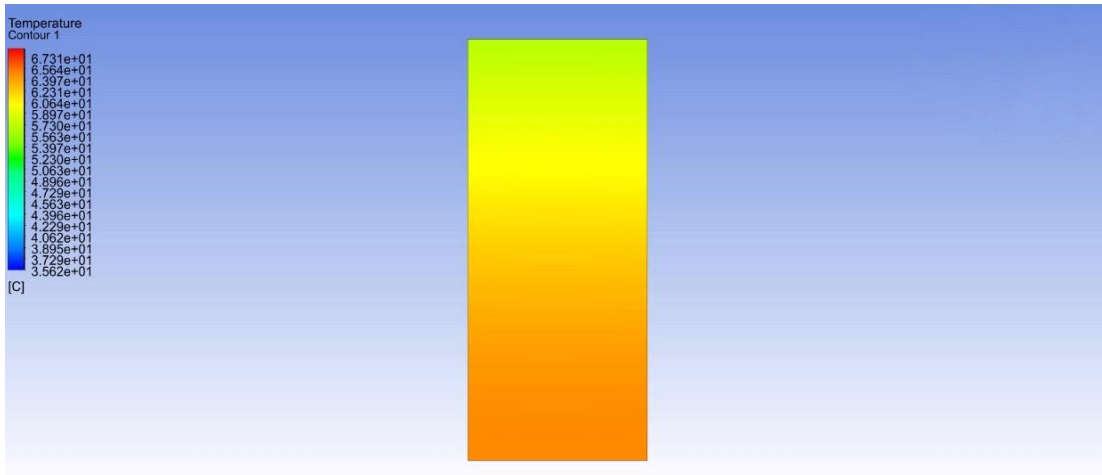
6.6 Genel Karşılaştırma

Yapılan inceleme sonucunda sistemlerin sıcaklık kontur görselleri aşağıda 3 farklı zaman diliminde gösterilmiştir.

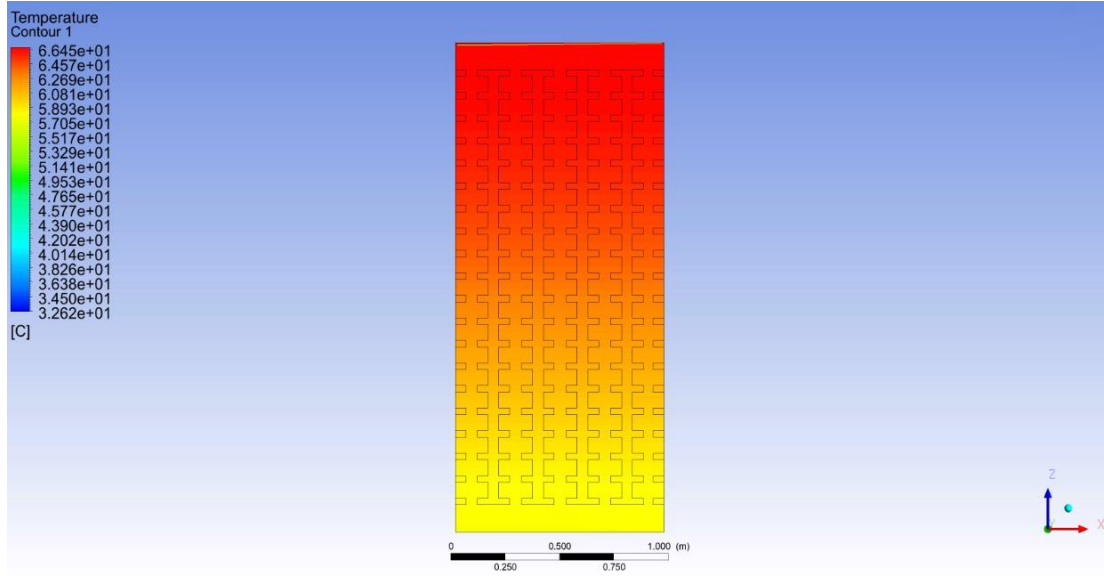
Saat 11:00 için:



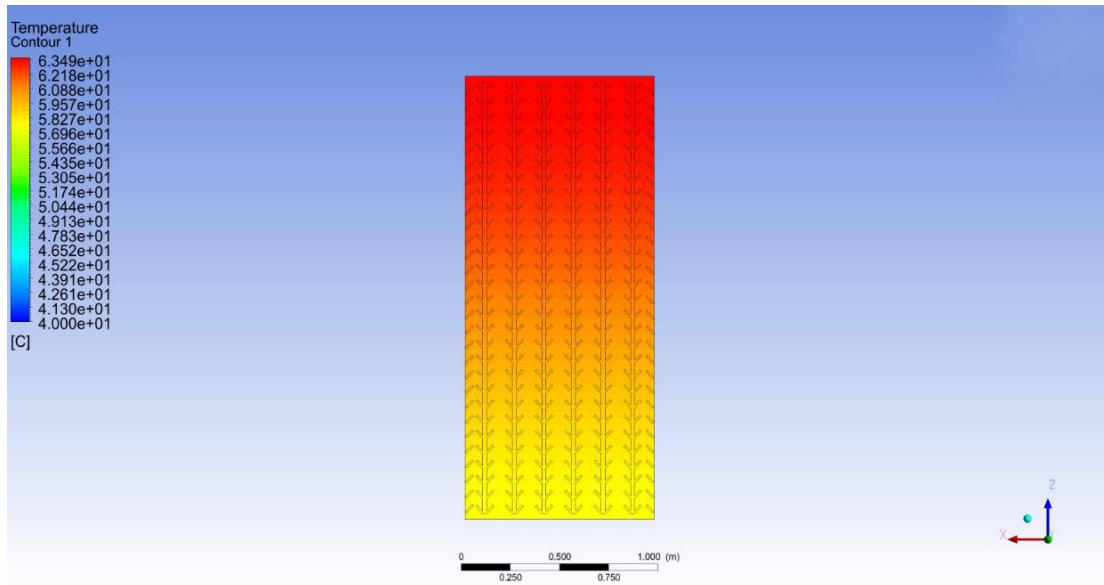
Şekil 6.15. GK'nin saat 11:00 için sıcaklık kontörü



Şekil 6.16. PVT sistemin 11:00 için sıcaklık kontörü

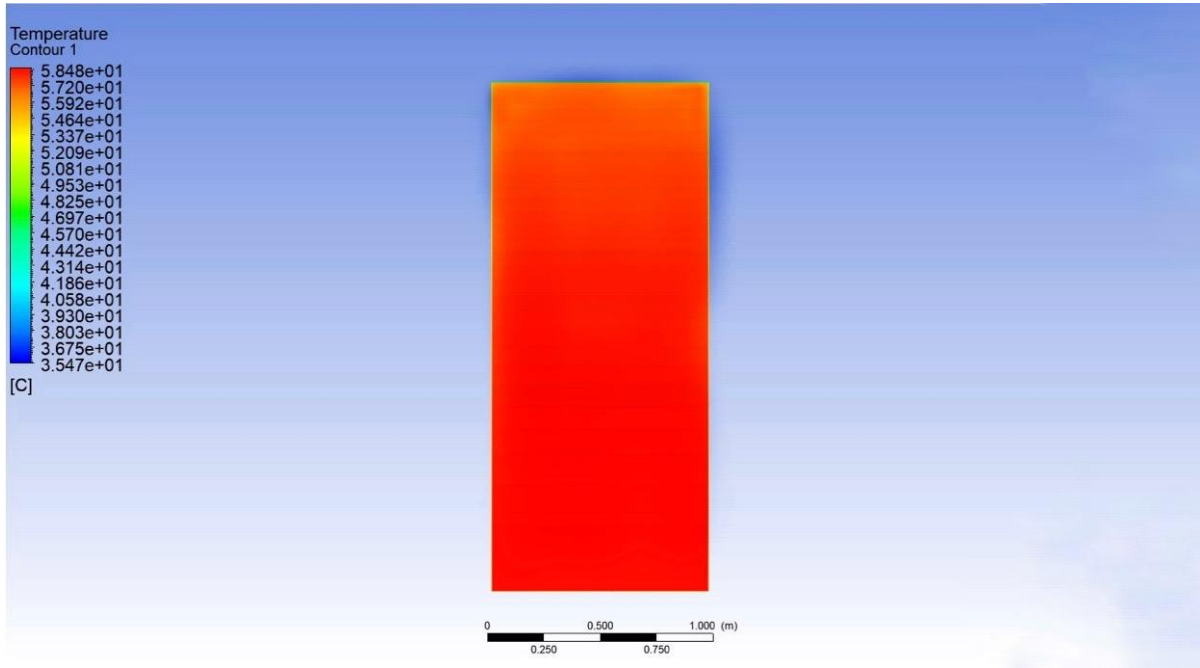


Şekil 6.17. DPVT sistemin saat 11.00 sıcaklık kontörü

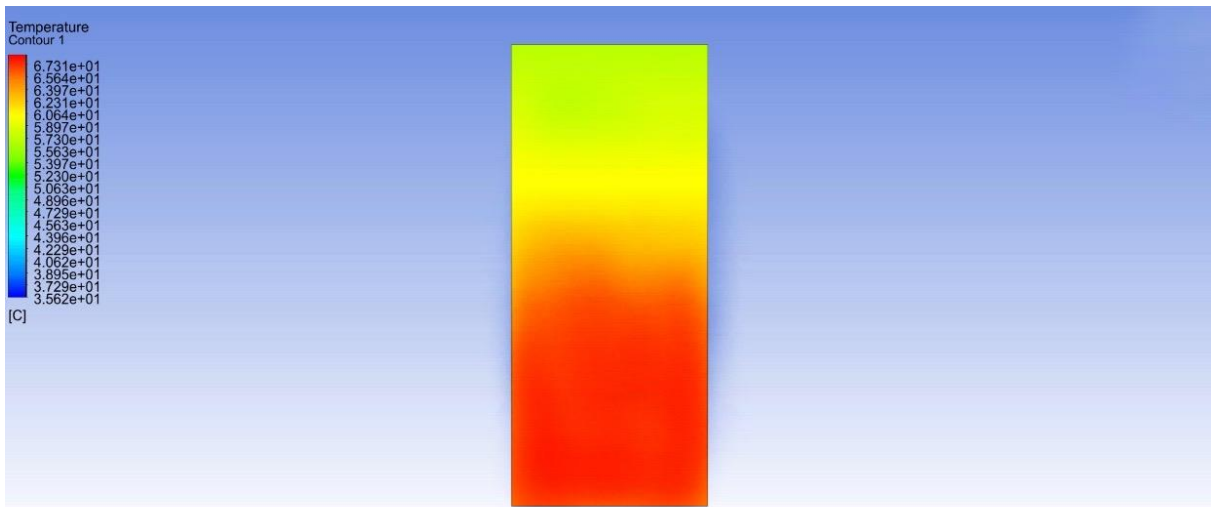


Şekil 6.18. KPVT sistemi saat 11:00 sıcaklık kontörü

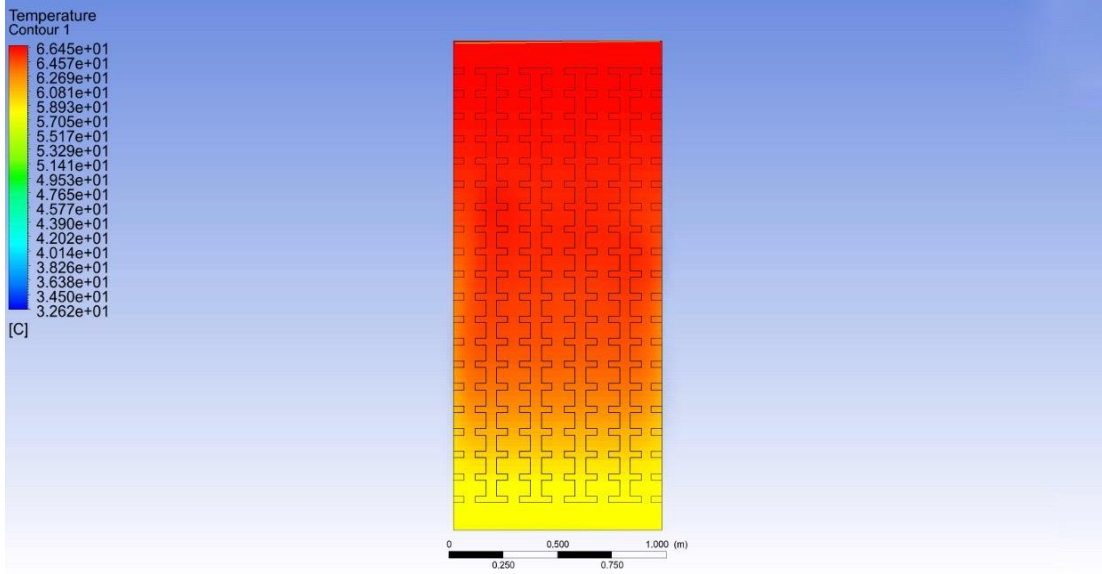
Saat 13:00 için:



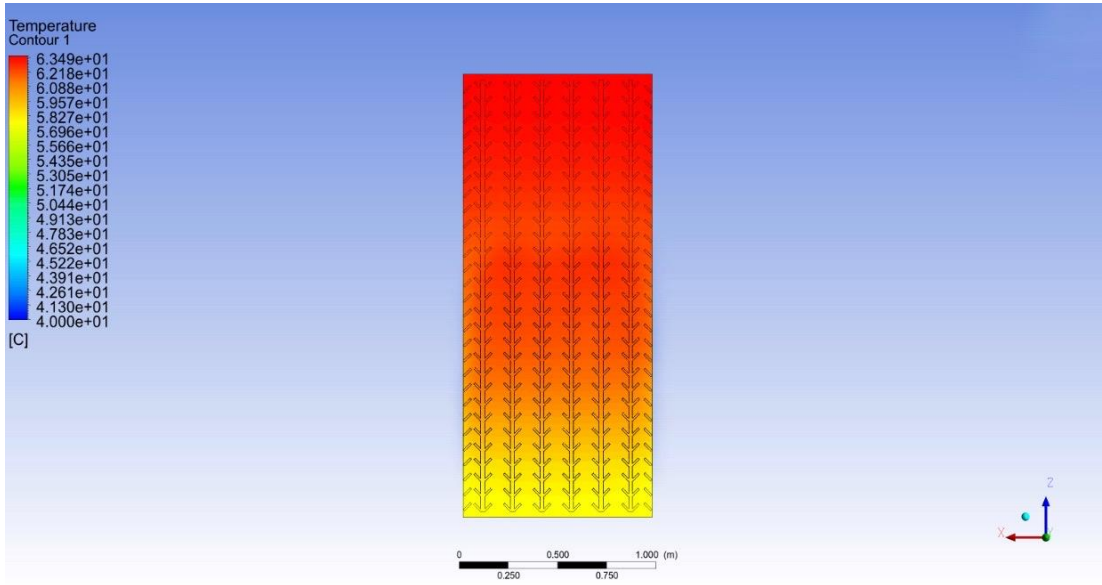
Şekil 6.19. GK sistemin saat 13:00 sıcaklık kontürü



Şekil 6.20. PVT sistemi saat 13:00 için sıcaklık kontörü

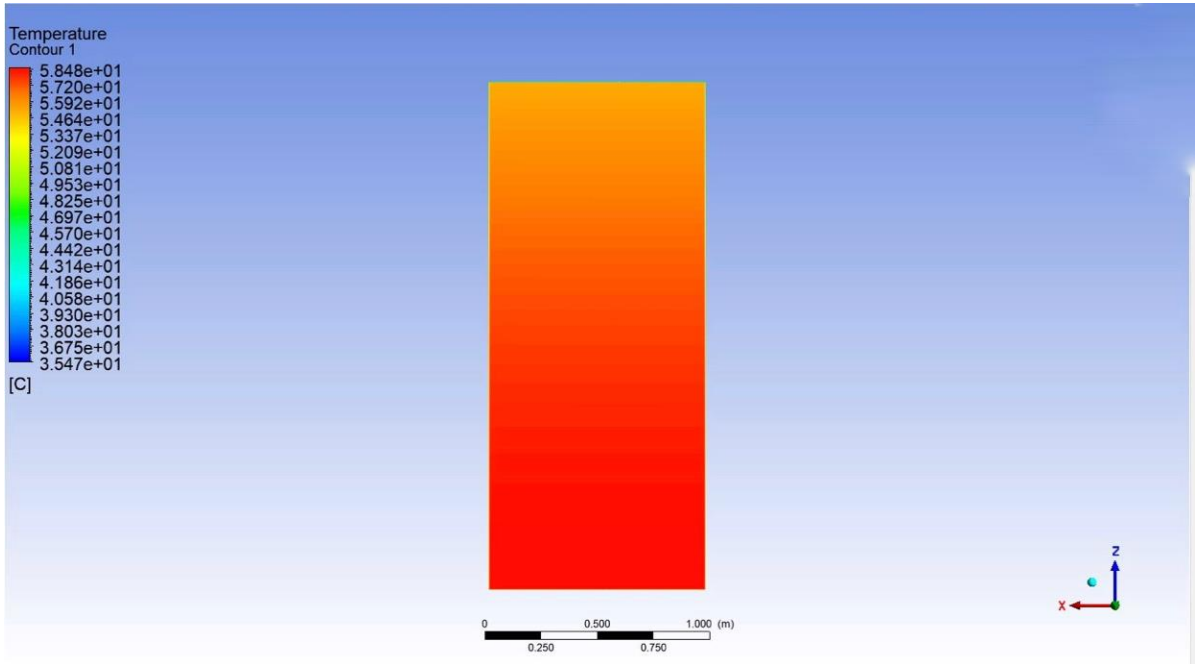


Şekil 6.21. DPVT sistemin saat 13:00 için sıcaklık kontürü

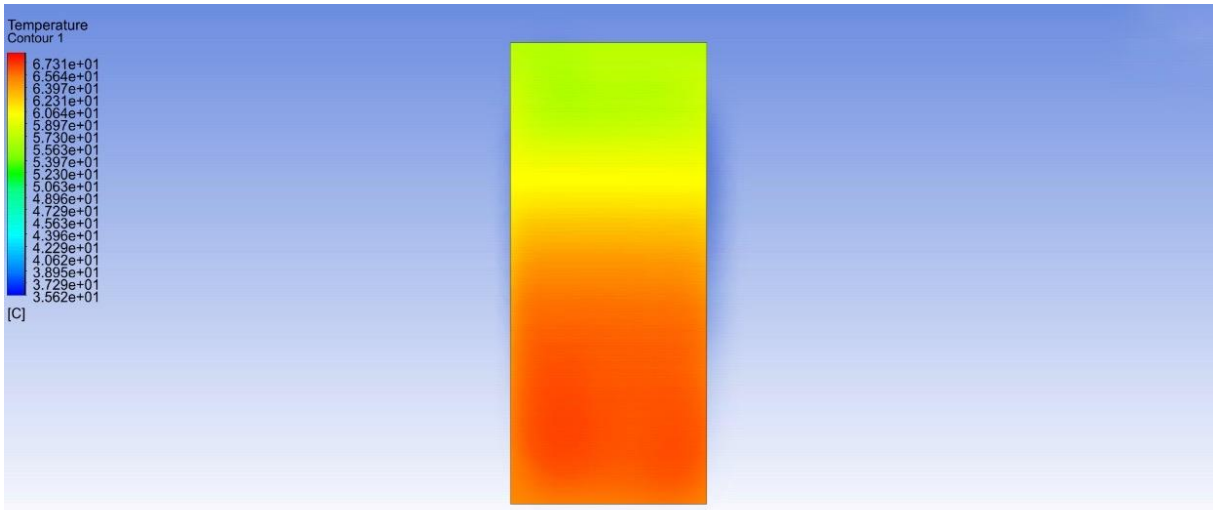


Şekil 6.22. KPVT sistemin saat 13:00 için sayısal çözümü

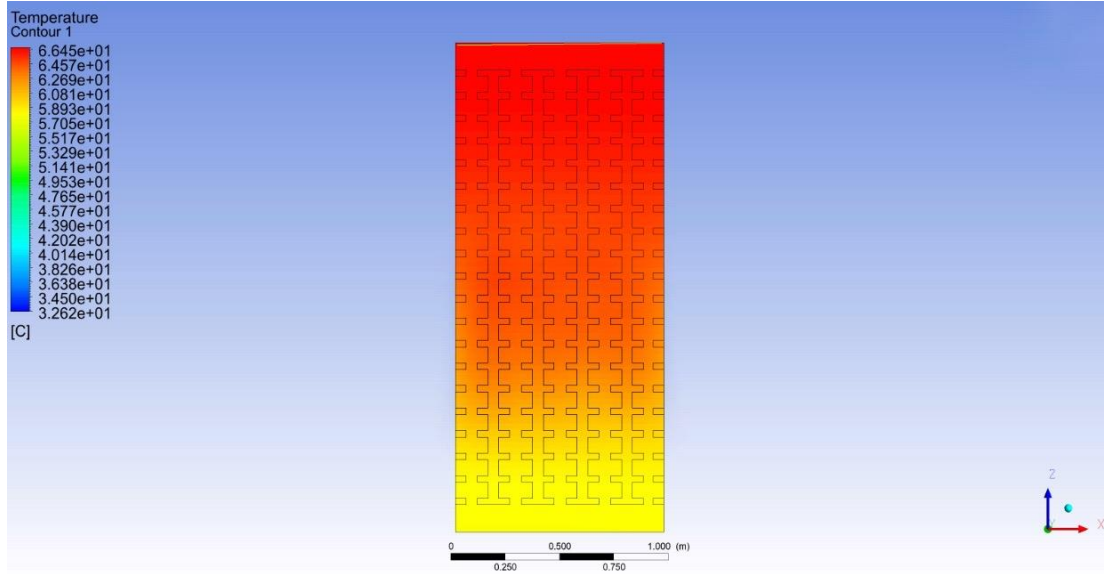
Saat 15:00 için:



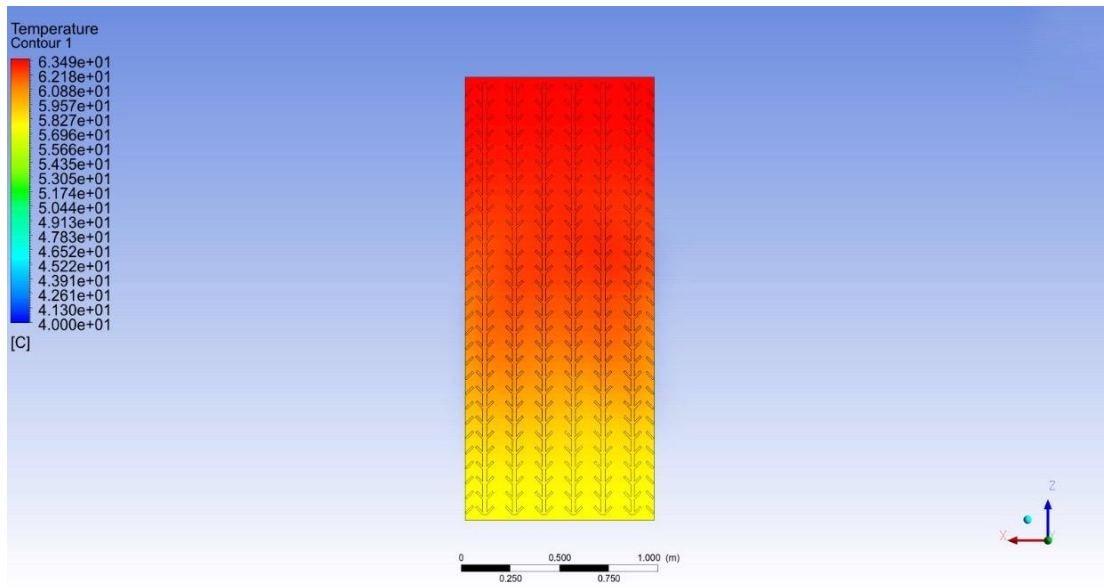
Şekil 6.23. GK sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü



Şekil 6.24. PVT sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü



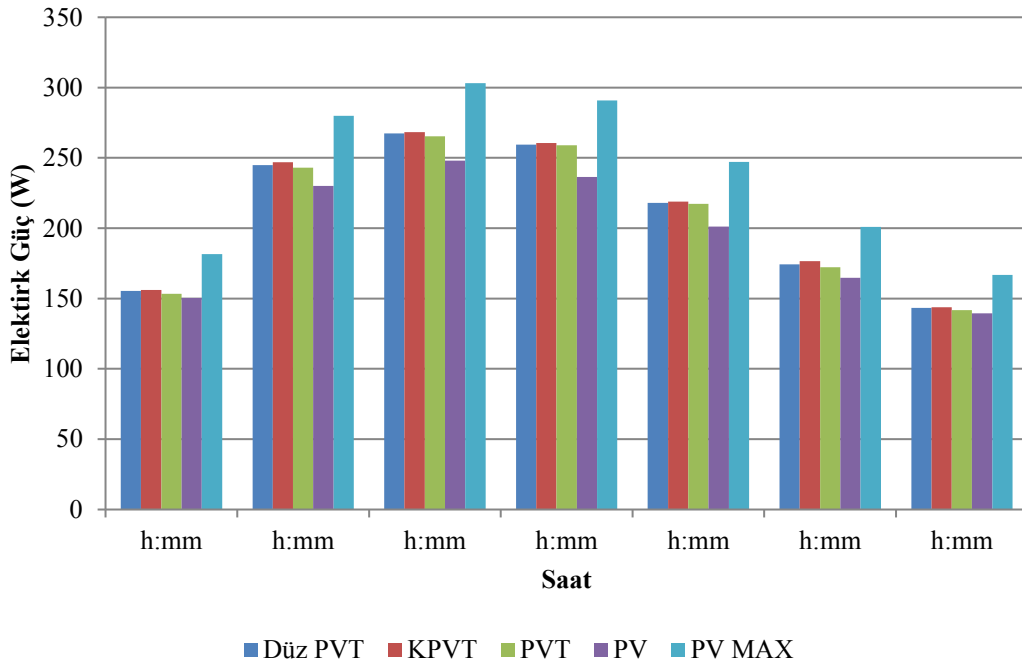
Şekil 6.25. DPVT sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü



Şekil 6.26. KPVT sistemin saat 15:00 için sıcaklık kontörü

Sıcaklık kontörleri incelemesi sonucunda sistemler arası karşılaştırma yapıldığında güneşin en tepede olduğu saatlerde daha koyu olduğu gözlenmiştir. Gün içindeki güneş farklı pozisyonlarının etkisi sıcaklık kontörlerinde gözlenebilmektedir.

Aşağıdaki tabloda 4 farklı sistemin elde ettikleri elektrik güç değerlerini kıyaslamasına yer verilmiştir.



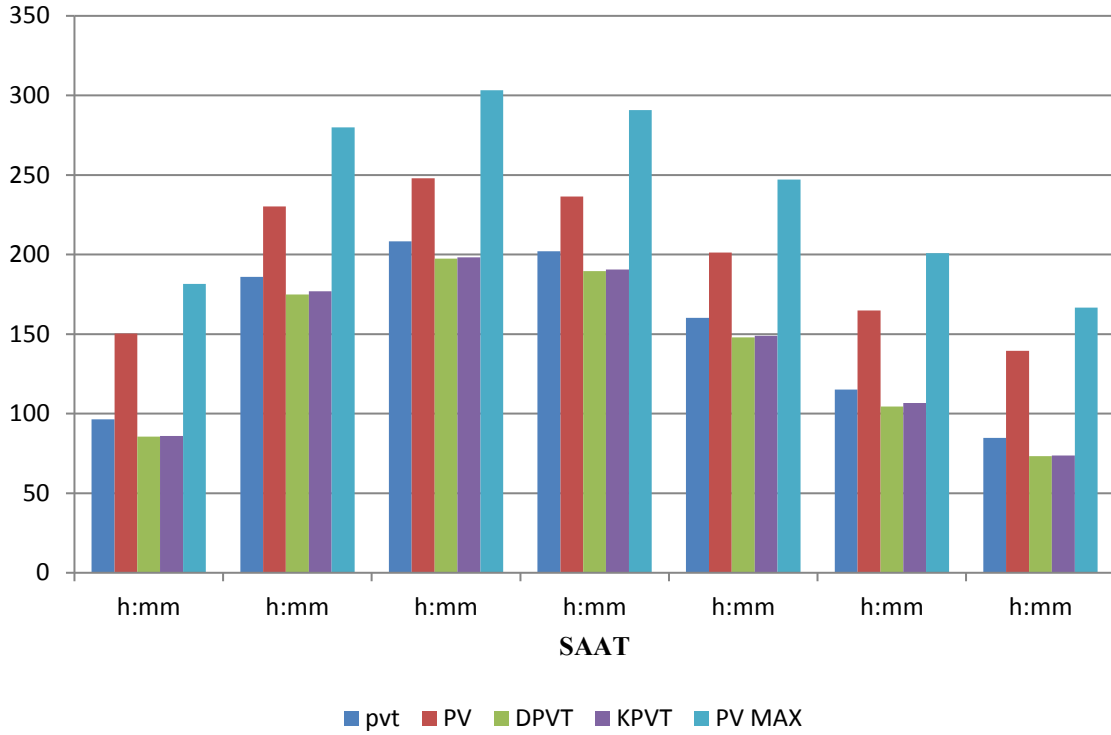
Şekil 6.27. Tüm sistemlerin elektrik güç değerlerinin grafiği

Yapılan çalışmada elektriksel güç değerleri karşılaştırıldığında, PVT ve DPVT ile KPVT sistemlerin PV sistemlere göre daha fazla güç elde ettiği görülmektedir. PVT ve türbülantörlü PVT sistemlerin elektrik üretiminde birbirine yakın olduğu da gözlemlenmiştir.

Kolektör ve PVT sistemlerde uygun olup seçilen fan sistemine göre 30 W değerinde iç tüketim değeri olurken, DPVT ve KPVT sistemlerinde seçilen fan sistemine göre 70 W değerinde bir iç tüketim olmaktadır.

Bütün sistem türlerinde kazanılan elektrik güç değerlerinden bu iç tüketim değerleri düşüldüğü zaman elde edilen net tüketim değeri şekil 6.28 de gösterilmiştir.

Ancak basınç düşüşlerinden dolayı seçilen fanın elektrik değeri, kazanılan elektrik değerlerinden düşüldüğünde elde edilen net elektrik değerleri Şekil 6.28’de verilmiştir.

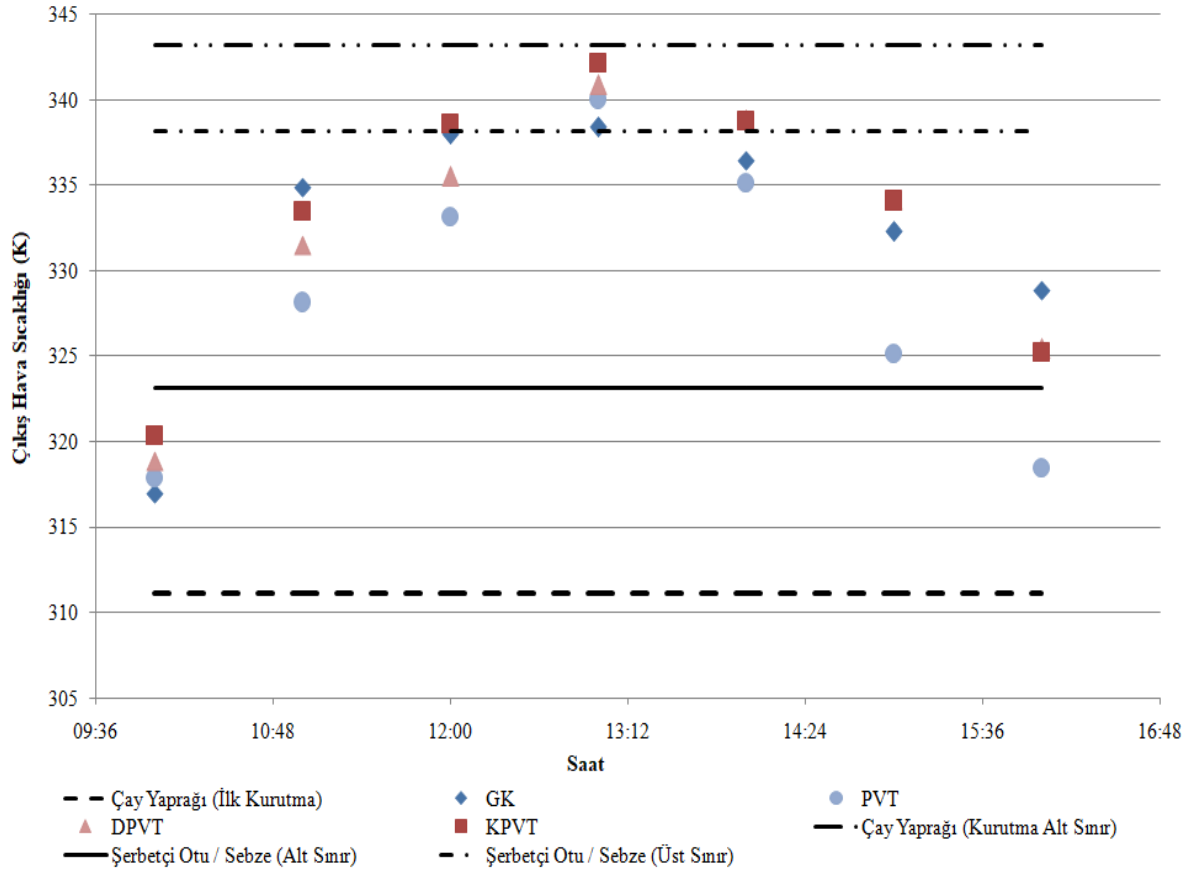


Şekil 6.28. Net elektrik güç grafiği

Buna göre fotovoltaik hücreler (PV) en yüksek vermektedir. Sonrasında PVT ve KPVT ile DPVT sistemler en düşük net elektrik değerini vermektedir.

Kanatçıklı PVT sistemler en düşük net elektrik kazancı vermesine rağmen bunun yanında PVT sistemlerinin ana amaçlarından birtanesi de ısı enerjisi elde edilmesidir. Yapılmış olan sayısal analizler bir araya getirilerek incelendiğinde en yüksek ısı enerjisi çıkışının kanatçıklı PVT sistemlerinde PVT sistemlere göre daha yüksek olduğu gözlenirken, kazayağı kanatçıklı yapıların düz kanatçıklı yapılara göre ısı enerji kazanımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sistemler arasında kazanılan elektrik enerji değerine göre hangi alanlarda kurutma olarak kullanabileceğini gösteren grafik aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Örnek çalışma olarak çay yaprağının ilk kurutma ve kurutma değerleri ile şerbetçiotu ve sebzeler için alt ve üst sınır değerleri referans alınmıştır (Ek -4).



Şekil 6.29. Sistemlerin kurutma için çıkış hava sıcaklık grafiği

2 Haziran günü için yapılmış olan çalışmada, kurutma için hiçbirisi uygun kurutma sıcaklığına ulaşamazken sadece KPVT en yakın değere gelmiştir. Yinede çok ufak bir güneş ışınımı ve hava sıcaklık artışı ile KPVT sisteminin farklı günlerde bu ihtiyacı rahatça giderebileceği görülmektedir. Bunun yanında tüm sistemler ilk kurutma için tüm gün rahatlıkla çalışabilmektedir.

Sebze ve şerbetçiotu kurutma için durum incelendiğinde ise GK, DPVT ve KPVT sistemleri PVT sisteminden daha iyi çalışabilmektedir

7 SONUÇ

Yapılmış olan bu çalışmada PVT, DPVT ve KPVT sistemlerinin performansları sayısal olarak incelenmiştir. Bu panellerin ısı performanslarının incelenmesi ve oluşturulan modellerin doğrulamalarının yapılması amacıyla literatürde deneysel olarak incelenmiş olan bir hava akışkanlı güneş kolektöründe [44] sayısal incelemesi yapılmış ve sonuçlar bu verilerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca literatürdeki hava akışkanlı güneş kolektörünün yapısı kullanılarak PVT, DPVT ve KPVT sistemleri modellenmiş, bu sistemlerin elektrik çıktılarının hesaplanabilmesi için soğurucu plaka üzerine piyasada bulunan fotovoltaiik panel gözeleri [45] modelde yerleştirilerek sayısal analizleri yapılmıştır. Fotovoltaiik Termal Sistemlerin yanında fotovoltaiik panelde modellenerek sıcaklık değerleri ve dolayısı ile sıcaklığa bağlı elektrik çıktı değerleri hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken iki çeşit senaryo incelenmiştir. Bunlardan birincisi, bu sistemlerin asıl görevi olarak kabul edilen bir kurutma işleminde kullanılması ve elektrik çıktısının bir yan ürün olarak elde edilmesidir. İkinci senaryo ise asıl hedefin elektrik elde edilmesi ve bunun yanında elde edilen ısının farklı işlemlerde kullanılması veya depolanmasıdır.

Asıl görev olarak kurutmanın seçilmesi durumunda en yüksek çıkış sıcaklığının en uzun süre korunduğu sistem uygun kabul edilebilmektedir. Bu durumda PV sistemler termal bir çıktı elde edilemediğinden elenirken en uygun sistem olarak KPVT sistemi öne çıkmaktadır. Bu sistem % 44,11 termal enerji elde etmenin yanında net olarak 198,33 W elektrik enerjisi de elde edebildiğinden en uygun sistem olmaktadır.

Asıl görevin elektrik elde edilmesi durumunda ise PV sistemler öne çıkmaktadır. Her ne kadar çok ısınmalarına rağmen verim düşüşleri diğer sistemlerden daha fazla görünse de PV sistemlerde herhangi bir enerji girdisi olmamasından dolayı 247,99 W net enerji üretimi olmaktadır. PVT sistemler bu konuda PV sistemlerden sonra gelmektedir. Ancak elde edilen termal enerjinin depolanarak farklı işlerde kullanılacağı düşünüldüğünde PVT sistem ikinci en iyi sistem olarak karşımıza çıkacaktır.

Bu çalışma ile sabit GK, PV, PVT DPVT ve KPVT sistemlerin termal ve elektrik performansları sayısal olarak incelenmiştir. İleride yapılabilecek çalışma konuları olarak türbülötör yüksekliklerinin veya kanatçık eğim açılarının performansla olan etkilerinin incelenmesi karşımıza çıkmaktadır.

8 KAYNAKLAR

- [1] “Yenilebilir Enerji Kaynakları”, https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/iklim_ve_enerji/, (Accessed: 10.03.2022)
- [2] “Güneş ve G <https://www.renklinot.com/soru/gunes-sistemi-nasil-olustu>, (Accessed: 10.03.2022)
- [3] A.Uyarel, E. Öz, Güneş enerjisi ve uygulamaları, Birsen Yayınevi, 1987.
- [4] “Horace Bénédict de Saussure”, https://en.wikipedia.org/wiki/Horace_B%C3%A9n%C3%A9dict_de_Saussure, (Accessed: 10.03.2022)
- [5] “Edmond Becquerel”, https://en.wikipedia.org/wiki/Edmond_Becquerel, (Accessed: 10.03.2022)
- [6] “Güneş Kollektörü Nedir”, <https://www.enerjiportali.com/gunes-kollektoru-nedir/>, (Accessed: 10.03.2022)
- [7] “Solar panel in the green field”, https://tr.123rf.com/photo_15541796_ye%C5%9Fil-alanda-g%C3%BCne%C5%9F-paneli.html, (Accessed: 10.03.2022)
- [8] “PVT sistemler nedir”, <https://diysolarshack.com/page/10/?blackhole=f279fd8fea>, (Accessed: 10.03.2022)
- [9] İ. Ata and A. Acır, “Hava Akışkanlı Güneş Kollektöründe Isı Transferi İyileştirmesine Etki Eden Parametrelerin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu”, Journal of Polytechnic, vol. 23, no. 2, pp. 527-535, 2020.
- [10] E. Kabir, P. Kumar and A. Adelodun. “Solar energy: Potential and future prospects”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.82, no. 1, pp 894-900, 2018.
- [11] A.H.Almasoud Hatim and M.Gandayh, “Future of solar energy in Saudi Arabia”, Journal of King Saud University - Engineering Sciences, vol 27, no. 2, pp 153-157, 2015
- [12] R. Fu, D. Feldman, R. Margolis, M. Woodhouse, and K. Ardani, “U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017”, National Renewable Energy Laboratory,

NREL/TP-6A20-68925, Date. Accessed: 15.03.2022, [Online], Available: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68925.pdf>.

[13] A. Awasthi, A.K. Shukla, et.al., “Review on sun tracking technology in solar PV system”, Energy Reports, vol. 6, pp. 392-405, 2020.

[14] S. Mekhilefa, R. Saidurb and A. Safaria, “A review on solar energy use in industries”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, no. 4, pp. 1777-1790, 2011.

[15] M. Mondal and A. Islam, “Potential and viability of grid connected solar PV system in Bangladesh”, Renewable energy, vol. 36, no. 6, pp. 1869-1874, 2011.

[16] T.Ma, H.Yang and L. Lu, “Solar photovoltaic system modeling and performance prediction”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 36, pp. 304-315, 2014.

[17] B.M.Ramani, A Gupta and R.Kumar, “Performance of a double pass solar air collector”, Solar Energy, vol. 84, no.11, pp. 1929-1937, 2010.

[18] D.Peng, X.Z Hang, H.Dong and K. Lv, “Performance study of a novel solar air collector”, Applied Thermal Engineering, vol. 30, no. 16, pp. 2594-2601, 2010.

[19] A. Khelifa, H. Haloui, et. al., “Analysis of hybrid solar collector photovoltaic thermal (PVT)”, Energy Procedia, vol. 74, pp. 835-843, 2015.

[20] Y.Hua Liu, C.Liang Liu, J.Weii Huang and J. Hsiau Chen, “Neural network based maximum power point tracking methods for photovoltaic systems operating under fast changing environments”, Solar Energy, vol. 89, pp. 42-53, 2013.

[21] T. Matuska, “Performance and economic analysis of hybrid PVT collectors in solar DHW system”, Energy Procedia, vol. 48, pp. 150-156, 2014.

[22] W. Charfi, M.Chaabane, H. Mhiri and P. Bournot, “Performance evaluation of a solar photovoltaic system”, Energy Reports, vol. 4, pp. 400-406, 2018.

[23] V.S. Hans, R.P. Saini and J.S. Saini, “Performance of artificially roughened solar air heaters-A Review”, Renewable And Sustainable Energy Reviews, vol. 13, no.8, pp. 1854-1856, 2009.

- [24] A.L. Abdullah, S. Misha and N. Tamaldin, "Photovoltaic thermal collector (PVT) system based on fluid absorber design: A Review", *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 48, no. 2, pp. 196-208, 2018.
- [25] P. Dupeyrat, C. Menezo and S. Fortuin, "Study of the thermal and electrical performances of PVT solar hot water system", *Energy and Buildings*, vol. 68, no. C, pp. 751-755, 2014.
- [26] N.Moumami, A.Youcef-Ali, A. Moumami and J.Y.Desmons. "Energy analysis of a solar air collector with rows of fins", *Renewable Energy*, vol. 29, no. 13, pp. 2053-2064, 2004.
- [27] A.Kolb, E.R.F.Winter and R.Viskanta, "Experimental studies on a solar air collector with metal matrix absorber", *Solar Energy*, vol. 65, no. 2, pp. 91-98, 2000.
- [28] A.Tiwari, M.S.Sodha, A. Chandra and J.C. Joshi, "Performance evaluation of photovoltaic thermal solar air collector for composite climate of India", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 90, no. 2, pp. 175-189, 2006.
- [29] X.Q.Zhai, Y.J.Dai and R.Z.Wang, "Experimental investigation on air heating and natural ventilation of a solar air collector", *Energy and Buildings*, vol. 37, no. 4, pp. 373-381, 2005.
- [30] C. Lertsatitthanakorna, N. Khaseea, S. Athhajariyakul, S. Soponronnarit, A. Therdyothin and Ryosuke O. Suzuki, "Performance analysis of a double-pass thermoelectric solar air collector", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 92, no. 9, pp. 1105-1109, 2008.
- [31] J.Hu, X.Sun, J.Xu and Z. Li, "Numerical analysis of mechanical ventilation solar air collector with internal baffles", *Energy and Buildings*, vol. 62, pp. 230-238, 2013.
- [32] Z.Zhao, F.Bai, X. Zhang and Z. Whang, "Experimental study of pin finned receiver tubes for a parabolic trough solar air collector", *Solar Energy*, vol. 207, no. 1, pp. 91-102, 2020.
- [33] A.Khanlaria, H.Güler, A.Tuncer, et. al., "Experimental and numerical study of the effect of integrating plus-shaped perforated baffles to solar air collector in drying application", *Renewable Energy*, vol. 145, pp. 1677-1692, 2020.

- [34] A.D. Tuncer, A.Sözen, A. Khanlari, A. Amini and C. Şirin, “Thermal performance analysis of a quadruple-pass solar air collector assisted pilot-scale greenhouse dryer”, *Solar Energy*, vol. 203, pp. 304-316, 2020.
- [35] W. Zheng, H. Zhang, S. You, Y. Fu and X. Zheng, “Thermal performance analysis of a metal corrugated packing solar air collector in cold regions”, *Applied Energy*, vol. 203, pp. 938-947, 2017.
- [36] D. Luna, Y. Jannot and J.P. Nadeau, “An oriented-design simplified model for the efficiency of a flat plate solar air collector”, *Applied Thermal Engineering*, vol. 30, no. 17-18, pp. 2808-2814, 2010.
- [37] J.J.Fiuk and K.Dutkowski. “Experimental investigations on thermal efficiency of a prototype passive solar air collector with wavelike baffles”, *Solar Energy*, vol. 188, pp. 495-506, 2019.
- [38] H.D.Ammari, “A mathematical model of thermal performance of a solar air heater with slats”, *Renewable Energy*, vol. 28, no. 10, pp. 1597-1615, 2003.
- [39] R. Kumar and P. Chand, “Performance prediction of extended surface absorber solar air collector with twisted tape inserts”, *Solar Energy*, vol. 169, pp. 40-48, 2018.
- [40] N.T. Ahmad, “Agricultural solar air collector made from low-cost plastic packing film”, *Renewable Energy*, vol. 23, no. 3-4, pp. 663-671, 2001.
- [41] F.Romána, M.Naglea, et. al., “Potential of roof-integrated solar collectors for preheating air at drying facilities in Northern Thailand”, *Renewable Energy*, vol. 34, no. 7, pp. 1661-1667, 2009.
- [42] B. Das, D. Mondol, et. al., “Experimental performance analysis of a novel sand coated and sand filled polycarbonate sheet based solar air collector”, *Renewable Energy*, vol. 164, pp. 990-1004, 2021.
- [43] A. Daliran and Y. Ajabshirchi, “Theoretical and experimental research on effect of fins attachment on operating parameters and thermal efficiency of solar air collector”, *Information Processing in Agriculture*, vol. 5, no. 4, pp. 411-421, 2018.

[44] G. Kalaiarasi, R. Velraj, M. N. Vanjeswaran, and N.G. Pandian, “Experimental analysis and comparison of flat plate solar air heater with and without integrated sensible heat storage” *Renewable Energy*, vol. 150, pp. 255-265, 2020.

[45] “Somera Grand Kataloğu”, <https://www.vikramsolar.com/homesolution/somera-grand/> (Accessed: 10.03.2022)

[46] “Fan Seçim Programı”, <http://fsp.bvnair.com:8080/bahcivan/selection/index.html> (Accessed: 10.03.2022)

[47] Güngör, A. ve Özbalta, N., “Endüstriyel Kurutma Sistemleri”, 3. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, C 2, Yayın No: 203/2, 20-23 Kasım 1997.

[48] Y. Çengel and M. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach* 7th Edition, McGraw-Hill, 2011.

EK 1 Termodinamik özgül ısı değerleri tablosu [48]



886 | Termodinamik

TABLO A-2

Bilinen bazı gazların mükemmel-gaz özgül ısıları (Devam)

(b) Değişik sıcaklıklarda

Sıcaklık, K	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k
	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		
	<i>Hava</i>			<i>Karbon dioksit, CO₂</i>			<i>Karbon monoksit, CO</i>		
250	1.003	0.716	1.401	0.791	0.602	1.314	1.039	0.743	1.400
300	1.005	0.718	1.400	0.846	0.657	1.288	1.040	0.744	1.399
350	1.008	0.721	1.398	0.895	0.706	1.268	1.043	0.746	1.398
400	1.013	0.726	1.395	0.939	0.750	1.252	1.047	0.751	1.395
450	1.020	0.733	1.391	0.978	0.790	1.239	1.054	0.757	1.392
500	1.029	0.742	1.387	1.014	0.825	1.229	1.063	0.767	1.387
550	1.040	0.753	1.381	1.046	0.857	1.220	1.075	0.778	1.382
600	1.051	0.764	1.376	1.075	0.886	1.213	1.087	0.790	1.376
650	1.063	0.776	1.370	1.102	0.913	1.207	1.100	0.803	1.370
700	1.075	0.788	1.364	1.126	0.937	1.202	1.113	0.816	1.364
750	1.087	0.800	1.359	1.148	0.959	1.197	1.126	0.829	1.358
800	1.099	0.812	1.354	1.169	0.980	1.193	1.139	0.842	1.353
900	1.121	0.834	1.344	1.204	1.015	1.186	1.163	0.866	1.343
1000	1.142	0.855	1.336	1.234	1.045	1.181	1.185	0.888	1.335
	<i>Hidrojen, H₂</i>			<i>Azot, N₂</i>			<i>Oksijen, O₂</i>		
250	14.051	9.927	1.416	1.039	0.742	1.400	0.913	0.653	1.398
300	14.307	10.183	1.405	1.039	0.743	1.400	0.918	0.658	1.395
350	14.427	10.302	1.400	1.041	0.744	1.399	0.928	0.668	1.389
400	14.476	10.352	1.398	1.044	0.747	1.397	0.941	0.681	1.382
450	14.501	10.377	1.398	1.049	0.752	1.395	0.956	0.696	1.373
500	14.513	10.389	1.397	1.056	0.759	1.391	0.972	0.712	1.365
550	14.530	10.405	1.396	1.065	0.768	1.387	0.988	0.728	1.358
600	14.546	10.422	1.396	1.075	0.778	1.382	1.003	0.743	1.350
650	14.571	10.447	1.395	1.086	0.789	1.376	1.017	0.758	1.343
700	14.604	10.480	1.394	1.098	0.801	1.371	1.031	0.771	1.337
750	14.645	10.521	1.392	1.110	0.813	1.365	1.043	0.783	1.332
800	14.695	10.570	1.390	1.121	0.825	1.360	1.054	0.794	1.327
900	14.822	10.698	1.385	1.145	0.849	1.349	1.074	0.814	1.319
1000	14.983	10.859	1.380	1.167	0.870	1.341	1.090	0.830	1.313

Kaynak: Kenneth Wark, *Thermodynamics*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1983), p. 783, Tablo A-4M. İlk olarak "Tables of Thermal Properties of Gases, NBS Circular 564, 1955" adlı kaynakta yayınlanmıştır.



EK 2. Basınç düşümünden kaynaklı kolektör ve PVT sistemler için fan tablosu [46]

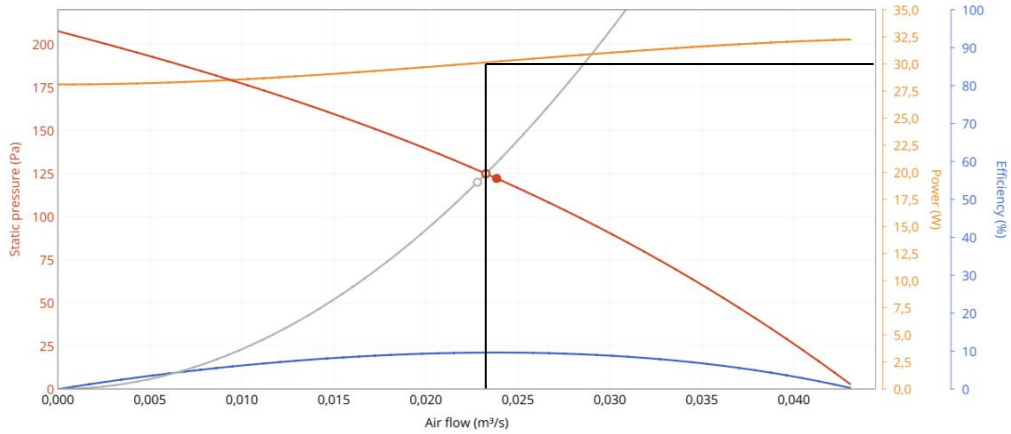


Date: 26-04-2022 11:01:13

Search Parameters

Design Point: 0.02 m³/s, 120 Pa (Ps)
Selected Ranges: BDRAS, BASSF

BDRAS 108-50



Design Point

Air Flow **0.02 m³/s**
Static Pressure **120 Pa**
Air Density **1.204 kg/m³**

Service Point

Air Flow **0.02 m³/s**
Static Pressure **125 Pa**
Dynamic Pressure **59 Pa**
Total Pressure **184 Pa**
Rotation **2056 RPM**
Efficiency **9.6 %**
Power **30 W**
Current **0.141 A**

Maximum Efficiency Point

Air Flow **0.02 m³/s**
Static Pressure **122 Pa**
Dynamic Pressure **63 Pa**
Total Pressure **185 Pa**
Efficiency **9.6 %**

Motor Characteristics

Poles **2**
Insulation Class **B**
Protection Class **IP44**
Frequency **50 Hz**
Power Supply **1-230 p-V**
Capacitor **1.5 uF**
Power **40 W**
Speed **1900 RPM**
Current at 230V **0.19 A**

www.bahcivanmotor.com.tr



[+90] 212 771 48 48 [+90] 212 771 48 42
Ofis / Office Merkez Mah. Akar Cad. I Tower Plaza
No:3 Kat:10 Ofis No:69 Sisli / Istanbul-TÜRKİYE
Fabrika / Facility Ömerli Mah. Tunaboşu Cd. 5 34555
Hadımköy / Istanbul-TÜRKİYE



5 OFTAVAC

EK 3. Basınç düşümünden kaynaklı kanatçıklı pvt sistemler için fan tablosu[46]

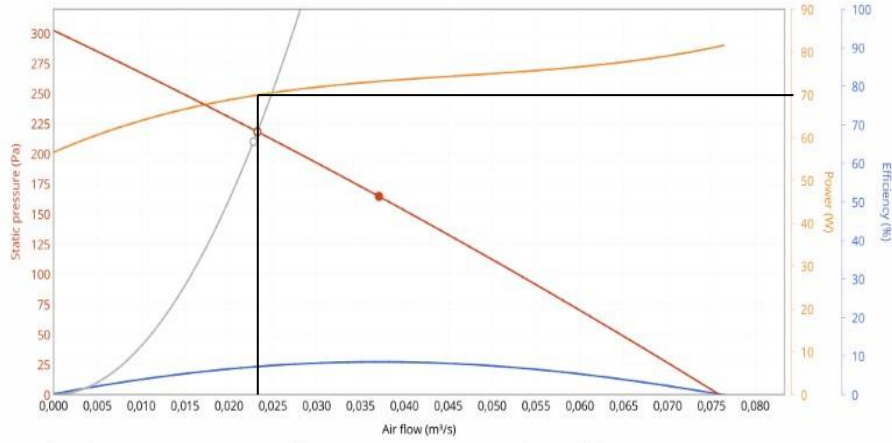


Date: 26-04-2022 11:01:58

Search Parameters

Design Point: 0.02 m³/s, 210 Pa (Ps)
Selected Ranges: BDRAS, BASSF

BASSF 120-60



Design Point	
Air Flow	0.02 m ³ /s
Static Pressure	210 Pa
Air Density	1.204 kg/m ³
Service Point	
Air Flow	0.02 m ³ /s
Static Pressure	218 Pa
Dynamic Pressure	2 Pa
Total Pressure	220 Pa
Rotation	2929 RPM
Efficiency	7.3 %
Power	70 W
Current	0.325 A

Motor Characteristics	
Poles	2
Insulation Class	B
Protection Class	IP54
Frequency	50 Hz
Power Supply	1-230 p-V
Capacitor	2.5 uF
Power	80 W
Speed	2680 RPM
Current at 230V	0.33 A

Maximum Efficiency Point	
Air Flow	0.04 m ³ /s
Static Pressure	165 Pa
Dynamic Pressure	2 Pa
Total Pressure	167 Pa
Efficiency	8.5 %

SOFTAVAC

www.bahcivanmotor.com.tr



+90 212 771 48 48 +90 212 771 48 42
Ofis / Office Merkez Mah. Akar Cad. I Tower Plaza
No:3 Kat:10 Ofis No:69 Şişli / İstanbul-TÜRKİYE
Fabrika / Factory Ömerli Mah. Tunaboyu Cd. 5 34555
Hadimköy / İstanbul-TÜRKİYE



EK 4. Bazı ürünlerin kuruma süreleri ve kurutma sıcaklıkları [47]

Malzeme	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Süre
Meşe Tahta	32-52	1-4 Hafta
Yumuşak Tahta	70-105	2-14 Gün
Kauçuk	36-60	2-6 Gün
Meşin ve Kösele	26-38	2-6 Gün
Tuğla	77	30 Saat
Kahve	50-72	12-48 Saat
Kabuksuz Hindistan Cevizi	65-92	4-20 Saat
Meyveler	55-80	6-24 Saat
Üzüm	60-65	24 Saat
Elma	1.Kademe: 70-88 2.Kademe: 74	8 Saat
Şeftali, Armut	68	24-30 Saat
Şerbetçi Out	50-65	6-12 Saat
Sebzeler	50-65	2-18 Saat
Havuç	1.Kademe: 70 2.Kademe: 65	14-24 Saat
Mantar	1.Kademe: 44 2.Kademe:65	14-24 Saat
Soğan	1.Kademe: 70-88 2.Kademe: 55-60	10-15 Saat
Deriler	21-32	2-150 Saat
Fırın Boyaları	105-175	0,25 – 6 Saat
Sabun	38-52	12-72 Saat
Tütün Yaprakları	29-55	12 Saat
Çay Yaprakları (İlk Kurutma)	38	4-8 Saat
Çay Yaprakları (Kurutma)	70-110	1-2 Saat