T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADIYAMAN İKLİM ŞARTLARINDA HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İLE MAHAL ISITILMASININ ARAŞTIRILMASI

İBRAHİM SANCAR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2014

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADIYAMAN İKLİM ŞARTLARINDA HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İLE MAHAL ISITILMASININ ARAŞTIRILMASI

İBRAHİM SANCAR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2014

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT danışmanlığında, İbrahim SANCAR' ın hazırladığı **"Adıyaman İklim Şartlarında Havalı Güneş Kollektörleri İle Mahal Isıtılmasının Araştırılması"** konulu bu çalışma 15/09/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Hüsamettin BULUT ……

Üye : Doç. Dr. Refet KARADAĞ ……..……

Üye : Doç. Dr. Abdulcelil BUĞUTEKİN …….……

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK ve ADYÜBAP Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: HÜBAK 13050 - ADMYOBBAP/2013-004

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ADIYAMAN İKLİM ŞARTLARINDA HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İLE MAHAL ISITILMASININ ARAŞTIRILMASI

İBRAHİM SANCAR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Yıl: 2014, Sayfa: ix + 96

Mahal ısıtılmasında kullanılan enerji miktarının düşürülmesi için farklı yöntemler ve kaynaklar kullanılabilir. Bu çalışmada bir ortamın ısıtılmasında güneş enerjisi, toprak enerjisi ve atık ısıdan yararlanılmıştır. Bunun için çalışılan sistemde havalı güneş kollektörleri, bir toprak-hava ısı değiştiricisi ve bir reküperatör kullanılmıştır.

Bir toprak-hava ısı değiştirici yardımıyla toprak altı ısısından faydalanılarak dış havanın ön ısıtılması sağlanmıştır. Daha sonra bir reküperatör yardımı ile içerden dışarıya atılan egzos havasının faydalı ısısı içeri verilecek havanın tekrar ön ısıtılmasında kullanılmıştır. Seri–paralel şekilde montajı yapılmış güneş kollektörlerinden geçirilerek hedeflenen sıcaklığa getirilen hava, bir fan yardımı ile ısıtılacak ortama verilmiştir. Sistem elemanları üzerindeki havanın giriş ve çıkış sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, egzos havasının sıcaklığı, havanın debisi, kollektörlere gelen güneş ışınımı, iç ve dış ortamın bağıl nemi, iç ortamın karbondioksit miktarı gibi parametreler ölçülerek sistemin ısıl ve konfor analizi yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada güneş ışınımının, dış hava sıcaklığı, hava hızı ve hava debisinin ısıtma sisteminin performansını etkileyen en önemli parametreler olduğu belirlenmiştir. Yapılan ölçümler değerlendirildiğinde kolektör veriminin, güneş ışınımı ve hava debisi ile doğru orantılı olduğu görülmüştür. Güneş ışınımının ve hava debisinin yüksek olduğu günlerde kollektör ısıl verimliliği yüksek hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda güneş enerjisinden yararlanılarak bir ortamın ısıtılmasında toprak-hava ısı değiştirici destekli, ısı geri kazanımlı, havalı güneş kolektörlerinin Adıyaman iklim şartlarında alternatif ısıtma sistemi olabileceği ve iç ortam ısıl konfor şartlarını sağlayabileceği görülmüştür.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Havalı Güneş Kollektörü, Reküperatör, Toprak-Hava Isı Değiştiricisi, Mahal Isıtma, Atık Isı

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF SPACE HEATING WITH SOLAR AIR COLLECTORS IN ADIYAMAN CLIMATIC CONDITIONS

İBRAHİM SANCAR

Harran University
Institute of Science
Department of Mechanical Engineering

Advisor: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Year: 2014, Page: ix + 96

Different methods and resources for reducing the amount of energy consumption can be used in space heating. In this study, solar energy, soil and waste heat energy is utilized in a space heating. For this purpose, solar air collectors, an earth-air heat exchanger and a recuperator are used in the proposed heating system.

Outdoor air is preheated via an earth-air exchanger by utilizing underground energy. Then, the useful heat of air discharged from the inside to outside is used to preheat the air again with the aid of a recuperator. The air passed through series-parallel mounted solar collectors and reached to desired temperature is provided to the space with the aid of a fan. The parameters such as the inlet and outlet air temperatures of the elements in the system, ambient temperature, exhaust air temperature, air velocity, solar radiation incident on collectors, indoor and outdoor relative humidity and indoor carbon dioxide were measured and thermal and comfort analysis of the system was conducted.

In this study, solar radiation, outside air temperature, air velocity and air flow rate were determined to be the most important parameters affects the performance of the heating system. Considering the measurements, collector efficiency has been shown to be directly proportional to air flow rate and solar radiation. High collector efficiencies are obtained in the days have high solar radiation and air flow rate. As a results of this study, the heating system utilizing solar energy with aid of earth-air heat exchanger, heat recover and solar air collectors has been proved to be an alternative system for space heating in Adıyaman climatic conditions and it is seen that indoor thermal comfort could be achieved by the proposed system.

KEYWORDS: Solar air collector, recuperator, earth-air heat exchanger, space heating, waste heat.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçiminde, uygulanmasında ve çalışmamın tamamında bilgilerini, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen danışmanım, değerli hocam, sayın Prof. Dr. Hüsamettin BULUT'a, tez uygulama projesinin her aşamasında teknik destek veren bölüm hocamız Yrd. Doç. Dr. Vahdettin KOÇ'a, Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve desteğini benden esirgemeyen Doç. Dr. Abdulcelil BUĞUTEKİN'e, tez çalışmamın yazım aşamasında teknik anlamda destek olan, mesai ve oda arkadaşım Öğr. Gör. Yasin İÇEL'e, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (HÜBAK) tarafından maddi olarak desteklenen HÜBAK/13050 no' lu projemize desteklerinden dolayı HÜBAK yönetimine, Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (ADYÜBAP) tarafından maddi olarak desteklenen ADMYOBBAP/2013-004 no' lu projemize desteklerinden dolayı ADYÜBAP yönetimine, teşekkür ederim.

Ayrıca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET …….....	i
ABSTRACT ……	ii
TEŞEKKÜR ……...	iii
İÇİNDEKİLER ……...	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ …….	v
ÇİZELGELER DİZİNİ …….	viii
SİMGELER DİZİNİ …….	ix
1. GİRİŞ ……..	1
1.1.Mahal Isıtma Sistemleri ……	3
1.1.1.Boyutlarına Göre Isıtma Sistemleri ……	4
1.1.1.1. Bireysel Isıtma Sistemleri ……	4
1.1.1.2. Merkezi Isıtma Sistemleri ……	5
1.1.1.3. Bölgesel Isıtma Sistemleri ……	6
1.1.2.Yakıt Cinsine Göre Isıtma Sistemleri ……	8
1.1.2.1.Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri ……	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ……..…….	20
2.1. Sıvılı Akışkanlı Güneş Kollektörleri Üzerine Yapılan Çalışmalar …….	20
2.2. Havalı Güneş Kollektörleri Üzerine Yapılan Çalışmalar ……	22
2.3. Toprak-Hava Isı Değiştiricisi ve Reküperatör Üzerine Yapılan Çalışmalar …….	34
3. MATERYAL ve METOD ……	36
3.1. Materyal ……..	36
3.1.1. Havalı Güneş Kollektörlerinin İmalatı ……	37
3.1.2. Hava Kanalı İmalatı ve Yalıtımı ……	39
3.1.3. Toprak-Hava Isı Değiştiricisinin İmalatı ……..……	40
3.1.4. Reküperatör İmalatı ……..……...	42
3.1.5. Isıtılan Mahal……..……...	43
3.2. Metod …….	44
3.2.1. Ölçümler ……..	45
3.2.2. Sistem Elemanlarının Verim ve Etkinlikleri ……..	48
3.2.2.1. Kollektör Verimi ..……..…….....	48
3.2.2.2. Toprak-hava ısı değiştirici ……	50
3.2.2.3. Reküperatör Etkinliği ……..	50
3.2.2.4. Isıtma Sisteminin Performans Katsayısı …….	51
3.2.2.5. Geri Ödeme Süresi ……	52
3.2.3. Ölçüm Aletleri ……	52
3.2.3.1. Dijital Termometre ve Sıcaklık Dataloggeri ……	52
3.2.3.2. Piranometre ……	53
3.2.3.3. Sıcaklık ve Nem Ölçer ……..	54
3.2.3.4. Anemometre (Hız Ölçer) ……..	54
3.2.3.5. Karbondioksit Ölçer ……..	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ……	56
4.1. Ekonomik Analiz ……..	84
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ……	86
5.1. Sonuçlar ……	86
5.2. Öneriler ……	88
KAYNAKLAR ……	90
ÖZGEÇMİŞ …….	95
EK-1 ……	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Düzlemsel yüzeyli güneş kollektörün kısımları …….. 9
Şekil 1.2. Odaklamalı (yoğunlaştırıcı) tip güneş kollektörleri …… 9
Şekil 1.3. Sıvı akışkanlı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü …… 11
Şekil 1.4. Havalı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü …….. 12
Şekil 3.1. Güneş enerjili, toprak-hava ısı değiştiricili ve reküperatörlü ısıtma sisteminin şematik görünümü …… 36
Şekil 3.2. Güneş enerjili, toprak-hava ısı değiştiricili ve reküperatörlü ısıtma sistemi …….. 37
Şekil 3.3. Kollektör hava kanalı imalatı …… 38
Şekil 3.4. Kolektör grubu …… 38
Şekil 3.5. Hava kanalı yalıtımı …….. 39
Şekil 3.6. Deney odasındaki basma ve emme kanal ve menfezleri…… 39
Şekil 3.7. Hava fanı ve ek ısıtıcı …… 40
Şekil 3.8. Ek ısıtıcı imalatı …….. 40
Şekil 3.9. Toprak-hava ısı değiştirici imalatı …… 40
Şekil 3.10. Toprak-hava ısı değiştiricinin toprağa yerleştirilmesi …….. 41
Şekil 3.11. Hava giriş ağzı ve filtresi …… 41
Şekil 3.12. Reküperatör şematik görünümü…….. 42
Şekil 3.13. Isı geri kazanım cihazı kaset imalatı ……. 42
Şekil 3.14. Isı geri kazanım cihazı (reküperatör) ……. 43
Şekil 3.15. Deney odasının krokisi…… 44
Şekil 3.16. Isıtma sisteminde ölçüm noktaları ……. 46
Şekil 3.17. 52^{o} eğimde kollektör grubu ve piranometre ……. 46
Şekil 3.18. Hava fanı ve ek ısıtıcı bağlantısı şematik görünümü ……... 47
Şekil 3.19. Deney odası kesit görünümü ……..…….. 48
Şekil 3.20. Dijital termometre ……. 53
Şekil 3.21. Sıcaklık dataloggeri …… 53
Şekil 3.22. Piranometre ……... 53
Şekil 3.23. Sıcaklık – nemölçer ……. 54
Şekil 3.24. Anemometre ……... 54
Şekil 3.25. Karbondioksit ölçer ……. 55
Şekil 4.1. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…… 58
Şekil 4.2. 28 Ocak 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için) ……..……. 58
Şekil 4.3. 04 Şubat 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)……..... 59
Şekil 4.4. 12 Şubat 2014 günü giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)…….……. 59
Şekil 4.5. 20 Şubat 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)……..……... 60
Şekil 4.6. 28 Şubat 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için) ……... 60
Şekil 4.7. 04 Mart 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)……... 61
Şekil 4.8. 12 Mart 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için) …… 61
Şekil 4.9. 20 Mart 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için) ……... 62
Şekil 4.10. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…….……... 63
Şekil 4.11. 28 Ocak 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının

zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için) …….. 63
Şekil 4.12. 04 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)…… 64
Şekil 4.13. 12 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)…….... 64
Şekil 4.14. 20 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)…… 65
Şekil 4.15. 28 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…….... 65
Şekil 4.16. 04 Mart 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…… 66
Şekil 4.17. 12 Mart 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…… 66
Şekil 4.18. 20 Mart 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…… 67
Şekil 4.19. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör giriş -çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…….. 68
Şekil 4.20. 28 Ocak 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için)…… 68
Şekil 4.21. 04 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)……. 69
Şekil 4.22. 12 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)…….. 69
Şekil 4.23. 20 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)…….. 70
Şekil 4.24. 28 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için) …..…….. 70
Şekil 4.25. 04 Mart 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)……. 71
Şekil 4.26. 12 Mart 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…… 71
Şekil 4.27. 20 Mart 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için) …..…….. 72
Şekil 4.28. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…….. 73
Şekil 4.29. 28 Ocak 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için) …… 73
Şekil 4.30. 04 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)…… 74
Şekil 4.31. 12 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)…….. 74
Şekil 4.32. 20 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)……. 75
Şekil 4.33. 28 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…….. 75
Şekil 4.34. 04 Mart 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)……..... 76
Şekil 4.35. 12 Mart 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)……... 76
Şekil 4.36. 20 Mart 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)……... 77
Şekil 4.37. Kollektör verimi, THID etkinliği ve reküperatör etkinliğinin hava hızıyla değişimi 77
Şekil 4.38. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör veriminin güneş ışınımıyla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)……. 78
Şekil 4.39. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör veriminin kollektör giriş sıcaklığıyla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)……. 79
Şekil 4.40. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası THID etkinliği ve dış sıcaklığın değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…… 79

Şekil 4.41. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası THID etkinliğinin dış sıcaklıkla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…… 80
Şekil 4.42. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör etkinliği ve egzost havası reküperatör giriş sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…….. 81
Şekil 4.43. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör etkinliğinin egzost havası reküperatör giriş sıcaklığıyla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)……. 81
Şekil 4.44. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası mahal sıcaklığının dış sıcaklıkla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)…… 82
Şekil 4.45. 03 Mart 2014 – 22 Mart 2014 tarih, 17:00 – 08:00 saatleri arasında gece şartlarında dış sıcaklık, toprak sıcaklığı, THID çıkış sıcaklığı ve mahal sıcaklığının değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)…….. 83
Şekil 4.46. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası dış ve iç ortam bağıl nem oranı ile iç ortam karbondioksit miktarının zamanla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)……. 83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Hava ve sıvı akışkanlı kollektörlerin karşılaştırılması…….. 10
Çizelge 1.2. Çeşitli örtü malzemelerinin özellikleri……. 13
Çizelge 1.3. Bazı malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları…… 15
Çizelge 1.4. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri…… 17
Çizelge 3.1. İmalatı yapılan havalı güneş kollektörlerinin teknik özellikleri…… 38
Çizelge 4.1. Ölçülen parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama ile standart sapma değerleri ……...……. 56
Çizelge 4.2. Hesaplanan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama ile standart sapma değerleri…….. 56
Çizelge 4.3. Ölçülen parametrelerin aylık ve mevsimlik ortalama değerleri……. 57
Çizelge 4.4. Hesaplanan parametrelerin aylık ve mevsimlik ortalama değerleri…… 57
Çizelge 4.5. Kollektör verimi, THID etkinliği, reküperatör etkinliği ve oda COP değerinin günlük ortalama değişimi……..…. 57
Çizelge 4.6. Güneş enerjili ısıtma sisteminin toplam maliyeti ……. 84

SİMGELER DİZİNİ

T_d	Dış hava sıcaklığı (^oC)
T_t	2 metre derinlikteki toprak sıcaklığı (^oC)
$T_{sç}$	Toprak-hava ısı değiştirici çıkış sıcaklığı (^oC)
T_{rg}	Reküperatör giriş sıcaklığı (^oC)
$T_{rç}$	Reküperatör çıkış sıcaklığı (^oC)
T_{kg}	Kollektör giriş sıcaklığı (^oC)
$T_{kç}$	Kollektör çıkış sıcaklığı (^oC)
$T_ü$	Menfez üfleme sıcaklığı (^oC)
T_m	Mahal sıcaklığı (^oC)
T_{eg}	Egzost havası reküperatör giriş sıcaklığı (^oC)
$T_{eç}$	Egzost havası reküperatör çıkış sıcaklığı (^oC)
I_g	Kollektör yüzeyine gelen ışınım miktarı ($Watt/m^2$)
η	Kollektör grubu verimi (%)
ε_s	Toprak-hava ısı değiştirici etkinliği (%)
ε_r	Reküperatör etkinliği (%)
V	Hava hızı (m/s)
$\dot{m}$	Kollektörden geçen havanın kütlesel debisi (kg/s)
ΔT_k	Kollektörden çıkan ve kollektöre giren havanın sıcaklık farkı
COP_{oda}	Isıtma sisteminin performans katsayısı
Q_{oda}	Deney odasına verilen güç (Watt)
W	Isınma sistemi için harcanan toplam güç (Watt)
W_{fan}	Fan gücü (Watt)
$\dot{m}_{oda}$	Deney odasından çekilen havanın kütlesel debisi (kg/s)
ΔT_{oda}	Deney odasına üflenen ve odadan atılan egzos havasının sıcaklık farkı
$Ø_d$	Dış ortam bağıl nem miktarı (%)
$Ø_i$	İç ortam bağıl nem miktarı (%)
CO_2	Karbondioksit (ppm)
Q_u	Kollektörden alınan kullanılabilir enerji (Watt)
C_p	Havanın sabit basınçta özgül ısısı ($kJ/kg\ ^oC$)
ρ	Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
A_k	Kollektör alanı (m^2)
$A_ç$	Havanın kollektör çıkış kesit alanı (m^2)
THID	Toprak-hava ısı değiştirici
X_t	Geri ödeme süresi (yıl)
I_s	Isıtma sisteminin ilk yatırım maliyeti (TL)
F_s	Alternatif sistemlerden sağlanan tasarruf (TL)

1. GİRİŞ

Enerji, insanlık tarihinde her zaman önemli rol oynamıştır. Çünkü ülkelerin kalkınmaları, enerjinin ve enerji kaynaklarının varlığına bağlıdır. Kişi başına tüketilen enerji miktarı toplumların gelişmişlik seviyelerini göstermektedir. Her ülkenin kendi enerji ihtiyacını karşılayacak kadar enerji kaynağı mevcut değildir. Kendi kaynaklarıyla ihtiyaçlarını karşılayamayan ülkeler ithalat yoluyla bu ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Bu durum büyük enerji maliyetlerine neden olmaktadır.

İnsanlığın gelişimi ile ihtiyaçlar da çeşitlenerek artmış ve beraberinde ihtiyaçların enerjiyle karşılanması mecburiyetini doğurmuştur. İlk zamanlar ısınma ihtiyacını karşılamak için yalnızca odun, kömür ve benzeri yakacaklar kullanılmış daha sonra bu yakıtların yerini petrol ve doğal gaz almaya başlamıştır. Günümüzde ise enerji ihtiyacı kömür, petrol, doğal gaz, hidrolik ve nükleer enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Yeryüzünde doğal enerji kaynağı sayılan ve çokça kullanılan petrol, doğal gaz gibi yer altı kaynakları hızla tükenmektedir. Ayrıca bu kaynakların çevre kirliliğine sebep olmaları nedeniyle yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur.

Güneş enerjisi, yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmaların yapıldığı bir konu olmuştur. Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır (Karım ve Hawlader, 2004).

Isıtma uygulamaları güneş enerjisinin en yaygın kullanım alanlarından biridir. Ancak güneş enerjisinin ısıtma uygulamaları, sıcak su üretimi dışında istenen seviyede değildir. Alternatif enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi güvenilir bir enerji kaynağı olup, kullanımı için çok yüksek ve özel teknolojiler

gerektirmemektedir. Güneş enerjisinin bir diğer büyük avantajı ise, çevreyle dost ve uzun süreli bir enerji kaynağı olmasıdır (Kelek, 1996; Toğrul ve Pehlivan, 2002).

Ülkemiz coğrafik konumu nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynakları açısından şanslı bir bölgede yer almaktadır ve yeterli güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Ancak ülkemizde güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar 1973'ten sonra başlamış ve zamanla hızlanmıştır. 1975 yılından itibaren güneş enerjisi ile sıcak su temin eden sistemler yaygınlaşmıştır (Kılıç ve Öztürk, 1984).

Türkiye, özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde, oldukça zengin bir potansiyel mevcut olduğu halde, yeteri kadar kullanamadığı güneş enerjisine sahip bulunmaktadır. Güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması bakımından genel olarak ilk yatırım dışında herhangi bir maliyet gerektirmeyen, özellikle konut, gıda, tekstil ve kimya gibi endüstriyel alanda, düşük sıcaklık uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilecek bir doğal kaynaktır (Oğulata, 1997).

Yeryüzüne gelen güneş enerjisinin % 46'sı sadece toprak tarafından absorbe edildiğine göre güneş enerjisini kullanarak ısıtma yapabilmek oldukça kazançlı bir kullanımdır. Bu nedenle havalı güneş kollektörleri konutlarda, seralarda ısıtma için önemli elemanlardan birisidir. İnsanoğlu için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak ısınmak her zaman arzu edilmiştir. Bu amaç sadece fosil yakıt kullanımını azaltmamakla kalmayacak yeşil bir ortamın korunmasına da yardımcı olacaktır. Seralar ve konutlar ısınma amaçlı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabileceği en etkili alanlardan birisidir. Türkiye gibi, enerjinin büyük bir kısmını dışarıdan ithalat ile karşılayan ülkelerde enerjinin ekonomik kullanımı oldukça önemlidir. Türkiye'de toplam enerji tüketiminin %65'i fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Buna karşın bunların kullanımı çevreye dost olmayan ve ülkemizin mali bütçesini oldukça zorlayan bir etmendir. Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak oldukça büyük önem arz etmektedir. Bunlar güneş, rüzgâr, hidrolik, biyogaz ve jeotermal enerjidir. Özellikle ülkemiz güneş ışınımı bakımından oldukça şanslı bir coğrafyada bulunmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanmak için, içerisinde dolaştırılan akışkanın cinsine bağlı olarak sıvı ve hava ısıtıcılı güneş kollektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren en basit düzeneklerdir (Atagündüz, 1989; İnallı ve ark., 2001).Dünya ve Türkiye'de son yıllarda havalı güneş kollektörlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır (Benli ve Durmuş, 2002).

Bu çalışmanın temel amacı havalı tip güneş kollektörlü bir ısıtma sisteminin Adıyaman iklim şartlarında uygulanabilirliğinin teorik ve deneysel olarak araştırılmasıdır. Bu amaç için güneş enerjisi, toprak enerjisi ve atık enerjiyi kullanan bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir.

1.1. Mahal Isıtma Sistemleri

Mahal ısıtma sistemleri kullanım mekânlarının istenen sıcaklıkta tutulabilmesi için iç ortamdan dış ortama (çevreye) olan ısı kaybının karşılanması prensibine göre çalışmaktadır.

İlk çağlardan beri insanlar çeşitli yöntemler ile dış şartlardan, özellikle soğuktan korunma çarelerini aramışlardır. Önceleri açık havada ateş yakarak ısınan insanlar, zamanla değişik ısınma teknikleri geliştirmişlerdir. Sobaların geliştirilmesi ile yakılan yakıttan açığa çıkan ısı çevreye hem ışınım, hem de taşınım ile geçtiği görülmüştür. Kapalı hacimlerde yakılan sobalar istenmeyen olaylara neden olmakta ve tehlikeli durumlar yaratabildiğinden merkezi ısıtma sistemleri geliştirilmiştir. Bir ısı santralinde hazırlanan sıcak akışkanın istenilen ortama taşınması ile bu ortamların ısıtılmasını sağlayan merkezi ısıtma sistemleri geliştirilmiştir.

Modern ısıtma teknikleri ile geleneksel ısıtma teknikleri arasındaki fark kullanılan sıcak akışkanın cinsi ve sistemin büyüklüğüdür. Akışkan cinsi olarak günümüzde sıcak su, kaynar su, hava, sıcak yağ veya buhar kullanılabilmektedir.

1.1.1. Boyutlarına Göre Isıtma Sistemleri

Isıtma sistemlerini boyutlarına göre; bireysel ısıtma sistemleri (kat ısıtması), merkezi ısıtma sistemleri (bina bazında ısıtma) ve bölgesel ısıtması sistemleri (uzaktan ısıtma) olarak ele almak mümkündür (Küçükçalı, 2000).

1.1.1.1. Bireysel Isıtma Sistemleri

Isının ısıtılacak ortamda üretildiği yöntemlerdir. Bu yöntemlerde ısıtılacak mahalde bir ısı üreticisinin olması gerekmektedir. Bireysel ısıtmada mantık belirli bir bölgeyi orada bulunan bir sistemle ısıtabilmektir. En bilinen örnekleri klimalar (sıcak hava konveksiyonu), sobalar (katı yakıtlı, elektrikli veya gazyağı gibi sıvı yakıtlı) ve Şömine gibi bireysel ısınma gereçleri de günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bireysel ısıtma sistemleri de genel olarak merkezi ısıtma ile aynı prensipleri taşır. Fakat burada kullanıcılar binalarını ortak (merkezi) bir sistemden değil bireysel olarak ısıtırlar. Burada merkezi ısıtmada olduğu gibi, sıcak sulu ısıtma sistemleri kullanılabilir. Bu durumda kullanıcılar kendi dairelerindeki radyatörleri ısıtmak için kombi veya kat kaloriferi adı verilen ısıtma cihazlarını kullanırlar. Bu cihazlar kazanlardan daha küçük kapasiteli ve kompakt cihazlardır. Genellikle sirkülasyon pompaları cihazın üzerinde olur.

Bireysel ısıtma sistemleri, kombi veya kazan tipi ısıtma cihazları kullanarak yapılacak kat kaloriferi sistemi ile villa tipi binaların veya tesisatı bulunmayan çok katlı binaların bağımsız olarak ısıtılmasıdır. Bu tesisatın ilk tesis ve işletme masrafları merkezi sistemlere göre daha fazladır. Merkezi kalorifer tesisatı bulunan binalarda kat sahipleri arasında çıkan anlaşmazlıklar nedeniyle, bu tip tesisatın uygulama sahasını gün geçtikçe artırmış bulunmaktadır. Ayrıca bu sistemle ısıtılan dairelerin büyük çapta işletme avantajları vardır (Ünlü, 2005). Bunlar; değişik sıcaklıklara ayarlanabilir olması, tatil günlerinde tamamen söndürülebilmesi, dairede kısmi ısıtmanın yapılabilmesi ve otomatik kontrol düzeniyle büyük çapta yakıt tasarrufunun sağlanabilmesidir.

1.1.1.2. Merkezi Isıtma Sistemleri

Merkezi ısıtmada amaç bütün binayı veya evi belli bir merkezden kurulan sistemlerle ısıtmaktır. Yerel ısınmadan farkı ısınmanın tek merkezden kontrol edilmesidir. Kalorifer sistemleri, merkezi ısıtma sistemlerinin en güzel örnekleridir.

Günümüzde en yaygın kullanılan ısıtma sistemleri kat kaloriferleri, yerden ısıtma sistemleri, duvardan ısıtma sistemleri ve doğalgaz ısıtma sistemleridir. Bunların yanında eski tip buhar kazanları da kullanılmaktadır.

Merkezi ısıtma, genel olarak, soğuk iklimlerdeki özel apartman veya kamu binalarında kullanılır. Sistem, kullanılacak akışkanı (su, hava veya buharı) ısıtmak için merkezi kazan veya ısıtıcı, ısıtılmış akışkanın dağıtımı için boru tesisatı ve ısıyı ortam havasına transfer etmek için radyatörleri içerir. Radyatör burada, ısıyı ortama konveksiyon (taşınım) yolu ile ileten bir ısı eşanjörüdür. Genelde binalarda radyatörler duvarlara monte edilir, fakat radyatör kullanılmadan özel boruların zemin altına gömme yapılması ile zeminden ısıtma yapılan merkezi ısıtma tesisatları da mevcuttur (Ünlü, 2005).

Tüm sistemler, bütün radyatörlere ısının ulaşmasını sağlamak için sistemde suyu sirküle ettiren bir pompaya sahiptir. Sıcak su, genellikle bir su deposu içinde saklanan sıcak kullanım suyu sağlamak için başka bir ısı eşanjörünü beslemek için de kullanılır.

Hava kullanılan ısıtma sistemlerinde; hava, kanal sistemleri boyunca dolaştırılır. Kanal sistemleri, soğutma ve klima içinde kullanılabilir ve havayı filtrelerden geçirerek temizleyebilir.

Isıtma elemanları (radyatör veya kanallar) , odanın ısı kaybının en fazla olduğu bölüme yerleştirilmelidir. Bu bölümler genel olarak pencere altlarıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi, ısıtma sistemlerinin asıl amacı ortamı / binayı istenen sıcaklıkta tutmak, yani dış ortama olan ısı kaybını karşılamaktır. Yani ısıtma sistemlerinin

verimli olabilmesi için kayıpları önlemek yani iyi bir yalıtım yapmak da şarttır.

1.1.1.3. Bölgesel Isıtma Sistemleri

Bölgesel ısıtma tesisatlarında ısı taşıyıcı ortam olarak en yaygın uygulama sıcak su olmasına rağmen özel nedenlerden dolayı başka akışkanlar da kullanılabilir. Bu akışkanlar sıcak su, kızgın su, alçak basınçlı buhar, yüksek basınçlı buhar, sıcak hava, kızgın yağ olabilir (Ünlü, 2005).

Bölge ısıtmasında günümüzde çok önemli bir imkân ise elektrik ve ısının birlikte üretilmesidir. Kojenerasyon sistemlerinde ve bileşik ısı-güç santrallarında elektrik üretilirken, atık ısı genel olarak ısıtmada veya endüstride ısıl proseslerde kullanılmaktadır. Böylece çok yüksek verimli bir sisteme ulaşılmakta veya ısıtma enerjisi çok ucuza üretilebilmektedir.

a) Sıcak Sulu Kazan Sistemleri

Bunlardan en çok rastlanılan sıcak su ile ısıtma (sıcak sulu kalorifer) sistemleridir. Sistemde ısı kazanda üretilmektedir. Kazanda kömür, sıvı yakıt (fueloil, motorin) ya da gaz yakılır.

Kazanın ocağında yakılan yakıtın ısısı suya geçerek suyu ısıtır. Isınan su hafifler ve sol üstteki gidiş kollektöründen ve gidiş kollektöründen geçerek binanın üst katlarına doğru çıkar. Bir yandan da katlarda bulunan ısıtıcılara dolar. Isıtıcılara dolan su ısısı odaya vererek ısıtır. Fakat kendisi de soğuyup ağırlaşacağından, ısıtıcının altındaki dönüş borusundan dönüş kolonuna ve oradan da dönüş kollektörüne doğru hareket ederek kazana geri döner. Kazanda tekrar ısınan su bir öncekine benzer bir yol izleyerek binayı ısıtmaya devam eder. Isınan suyun kendi kendine kazandığı hareket yetmezse araya bir de pompa (devir daim tulumbası) ilave edilerek su akışı hızlandırılabilir. Isınınca genişleyen suyun kazanı ve tesisatı patlatmaması için tesise (çatı arasına) bir imbisat (genleşme) deposu ilave edilmiş ve kazan ile imbisat deposu arasına iki tane emniyet borusu yerleştirilir. Ayrıca kazan

üzerinde tesisattaki su seviyesini gösteren bir hidrometre ile kazan su sıcaklığını gösteren termometre bulunmaktadır.(Kısa,2007)

Yapımı, işletme ve bakımı daha kolay olduğu için daha elverişli bulunduğu için günümüzde daha ziyade sıcak sulu kalorifer sistemleri kullanılmaktadır. Sıcak sulu kalorifer sisteminde kazanda hazırlanan sıcak su bodrum katından binadaki ısıtıcılara dağıtılabileceği gibi sıcak su doğruca çatı arasına çıkarılıp oradan da dağıtılabilir. Bu dağıtım şekline de üstten dağıtım denir.

b) Kızgın Sulu Kazan Sistemleri

Isıtma tesisatında 120 °C ve üzerindeki sıcaklıktaki suya kızgın su denilmektedir. Kızgın su tesisatında sistem atmosfere kapalıdır. Basınçlandırma bir pompa veya denge kabı denilen bir basınçlı kap ile gerçekleştirilir. Denge kabı bir genleşme kabı olarak da düşünülebilir.

Kızgın su büyük kapasiteli bölge ve şehir ısıtması amacı ile kullanılacaksa, su gidiş sıcaklığı 180 °C'ye kadar çıkabilir. Sıcaklığın yüksek olması nedeniyle kızgın sulu tesislerde kullanılacak vana ve armatürler en az PN 16 serisi olmalıdır. Gidiş ve dönüş suyu arasındaki fark ise 80 °C ye kadar büyütülebilir. Kızgın su şebekesinin döşenmesinde en üst noktalarda havalandırma ve en alt noktalarda da boşaltma olanağı bulunmalıdır (Catan ve Baxter, 1985).

c) Buhar İle Bölge Isıtması

Buhar ile bölge ısıtması sadece endüstriyel tesisler için geçerlidir. Eğer sistemde, başka amaçlarla buhar üretiliyorsa, ısıtma içinde aynı buhardan yararlanılabilir. Sadece ısıtma amacı ile buharlı bölge ısıtması günümüzde kullanılmamaktadır.

d) Sıcak Havalı Sistemler

Sıcak havalı sistemler, hava kanalları ile birlikte kullanılır. Sıcak hava klima santrallerinden geçirilerek iç ortama verilir. Sıcak havayla ısıtma sistemi daha ucuz olup, villa tipi yapıların kısmen veya tamamen ısıtılmasında kullanılabilir. Sıcak hava üretici gaz, sıvı veya katı yakıtla çalışabileceği gibi, elektrikli tipleri de vardır. Sistemin kontrolü kolaydır ve çok hızlı etkiler, ısınma için gerekli zaman çok azdır. Su kaçağı ve donma riski yoktur. Hava kanallarının iyi izole edilmesi gerekir. Havanın sıcak hava üretecine tekrar geri döndürülmesi için kapılarda ızgaralar bırakılmalıdır. Kullanma sıcak suyu ayrı bir bireysel cihazla üretilir. Yanma havasının temini için dış hava giriş açıklıkları gerekir. Yapılardaki taze hava ihtiyacı genellikle açılabilen pencerelerden temin edilir. Ancak istenirse, dönüş havası kanalına taze hava bağlantısı yapılabilir (www.igdas.com.tr).

e) Kızgın Yağlı Sistemler

Endüstride yüksek sıcaklıklara (max. 300 °C) ihtiyaç duyulan proseslerde; bu sıcaklıklara çıkabilmek için ısı taşıyıcı olarak buhar ya da kızgın su kullanılabilir. Çok yüksek basınçlarda çalışan tesislerin ilk tesis maliyetleri yüksek olduğu gibi bu tesislerin bakım masrafları da yüksek olmaktadır. Ayrıca patlama riski de o nispette artmaktadır. Atmosfer basıncında yaklaşık 300 °C'ye kadar özellikleri bozulmadan kalabilen termik yağlar da ısı taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla yüksek basınç riski ortadan kalkmaktadır (Partin, 1985).

1.1.2. Yakıt Cinsine Göre Isıtma Sistemleri

Isı taşıyıcı akışkanı ısıtmak için ısı merkezinde kullanılan yakıt cinsine göre ısıtma sistemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür (Timur, 2013).

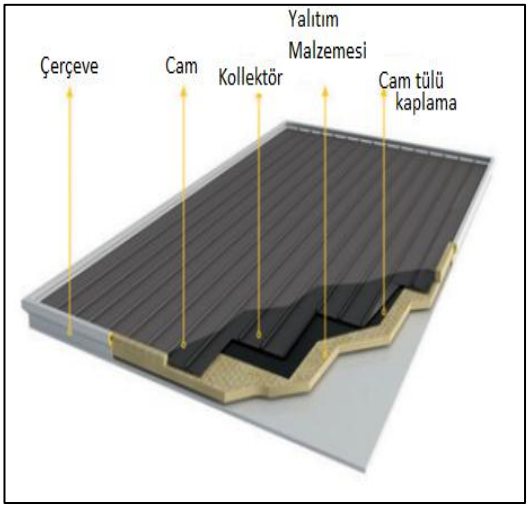
- Katı yakıtlı sistemler (kömür, odun vb.)
- Sıvı yakıtlı sistemler (fueloil, mazot vb.)
- Gaz yakıtlı sistemler (doğalgaz, LPG vb.)

- Elektrikle çalışan sistemler (ısı pompası, klima vb.)
- Alternatif enerjili sistemler (güneş enerjili, jeotermal vb.)

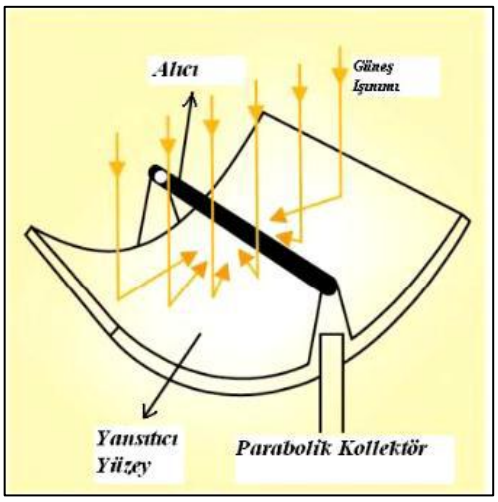
1.1.2.1.Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde güneş enerjili ısı değiştiricileri kullanılmaktadır. Güneş enerjili ısı değiştiricileri, güneşten aldığı ısıyı iç hacminde dolaştırılan akışkana (su, hava) ileten ısı değiştiricilerdir. Güneş ışınımını faydalı enerji şekline dönüştüren bu ısı değiştiricilerine güneş kollektörü denir. Uygulamada kullanılan kollektörlerde güneş ışınımı önce yatay bir düzlem (toplayıcı) tarafından yutulur. Sonra da iç enerjisi bir akışkana aktarılır. Kullanımda, ısı taşıyıcı akışkanın hava veya sıvı (su) olduğu iki tip güneş kollektörü mevcuttur.

Güneş kollektörleri yapısal olarak düzlemsel yüzeyli güneş kollektörleri ve odaklamalı (yoğunlaştırıcı) tip güneş kollektörleri olmak üzere iki tipte imal edilmektedir. Şekil 1.1.'de görüldüğü üzere üst örtü, emici plaka, ısı yalıtımı, kollektör kasası ve bunların birleştirilmesinde kullanılan parçalar düzlemsel yüzeyli güneş kollektörünü oluşturur. Şekil 1.2.'de ise odaklamalı tip güneş kollektörleri ve kısımları görülmektedir.



Şekil 1.1. Düzlemsel yüzeyli güneş kollektörün kısımları



Şekil 1.2. Odaklamalı (yoğunlaştırıcı) tip güneş kollektörleri

Güneş kollektörleri güneş ışınımının enerjisini ısıya çeviren ısı

değiştiricileridir. Kollektörler temelde güneş ışınımını yutan ve daha sonra bu ısıl enerjiyi devredeki akışkana geçiren bir yutucu yüzeyden oluşur. Gerek güneş ışınımın doğasından (dalga boyu, gün içinde ve mevsimsel değişiklikler, yayılı ışınımdaki değişiklikler) gerekse güneş enerjisinin ısıl kullanımına dayanan uygulama tiplerinin çokluğundan dolayı güneş kollektörlerinin analizi ve tasarımı, ısı geçişi, optik ve malzeme bilimi açısından değişik problemler gösterir. Güneş kollektörleri kullanılan akışkan (su, hava, yağ) tipine göre sınıflandırılabilir. En çok kullanılan akışkanlar su (donmadan korumak amacıyla glikol ilave edilmiş) ve havadır. Çizelge 1.1'de her iki akışkan tipi birbirine göre değişik özellikleriyle karşılaştırılmıştır (Gedik ve ark., 2008).

Akışkanın seçiminde asıl etken güneş enerjili ısıtma sisteminin kullanım amacıdır. Eğer konut ısıtma veya taşınım ile kurutma amaçlı sistemlerde kullanılacaksa havalı kollektörler, evsel veya endüstriyel sıcak su temininde kullanılacaksa sıvı akışkanlı kollektörler tercih edilir, yüksek sıcaklık uygulamalarında sıvı akışkan olarak su yerine daha iyi ısı geçişi özellikleri sağlayan ısıl transfer yağları kullanılır.

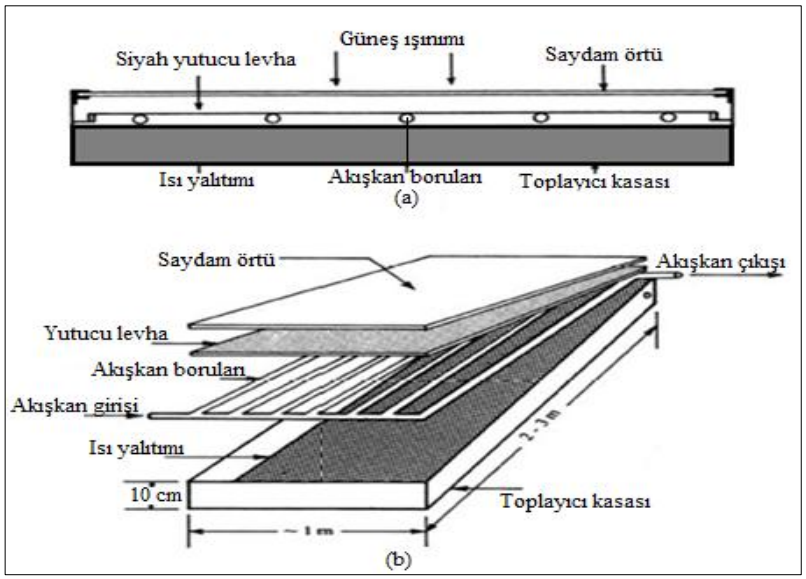
Çizelge 1.1. Hava ve sıvı akışkanlı kollektörlerin karşılaştırılması

Özellik	**Sıvı Akışkan**	**Hava**
Verim	Verilmiş sıcaklık farkında hava akışkanlı toplayıcıya göre daha verimlidir	Sıvı akışkana göre biraz daha düşük verimde çalışırlar.
Sistem	Kullanım sıcak suyu ve soğutma sistemleri ile birleştirilebilirler.	Soğutma sistemine kolaylıkla birleştirilemez fakat kullanım sıcak suyunun ön ısıtmasında kolaylıkla kullanılabilir.
Donma Koruması	Maliyeti arttırıp verimi düşüren antifriz ve ısı değiştiricileri kullanımı gerektirebilir.	Gerek yoktur.
Bakım	Sızdırma, korozyon ve kaynamaya karsı önlemeler alınmalıdır.	Düşük bakım ihtiyacı, kaçaklar tamir edilebilir fakat kaçağın yerini bulmak zordur.
Montaj Hacmi	İzole edilmiş borular en küçük hacmi kaplayacaktır ve mevcut yapılara kurulabilecek en uygun sistemdir.	Hava kanalları ve ısıl depo olarak kullanılan taş yatakları çok yer kaplayacaktır.
İşletme	Sıvıları pompalamak daha az enerji gerektirir.	Havayı hareket ettirmek daha çok enerji gerektirir ve gürültülü bir istir.
Maliyet	Toplayıcılar maliyetlidir. Isıl depolama maliyetlidir.	Isıl depolama maliyetlidir.

Bir güneş kollektöründeki enerji dönüşüm sürecini incelersek üç önemli olaydan bahsedebiliriz. Birincisi toplayıcı üzerine gelen güneş enerjisinin ne kadarının kollektör tarafından yutulduğudur, ikincisi toplayıcıdan etrafa olan ısı kayıpları, üçüncüsü, ise toplayıcının yutmuş olduğu enerjini ne kadarını akışkana geçirebildiğidir. Bahsedilen üç ana olay toplayıcının esas tasarım ölçütleridir (Sandal, 2006).

a) Sıvı Akışkanlı Güneş Kollektörleri

Sıvı Akışkanlı güneş kollektörleri bugün sıcak su üretiminde en çok kullanılan güneş kollektörü tipidir. Nedeni ise 100°C'a kadar olan uygulamalara enerji sağlamak açısından en uygun ve en ekonomik toplayıcı tipi olmasıdır. İmalatı diğer toplayıcı tiplerine göre daha basit ve piyasada birçok modeli mevcuttur. Şekil 1.3.'de sıvı akışkanlı güneş kollektörü görülmektedir (Reddy, 2001).



Şekil 1.3. Sıvı akışkanlı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü

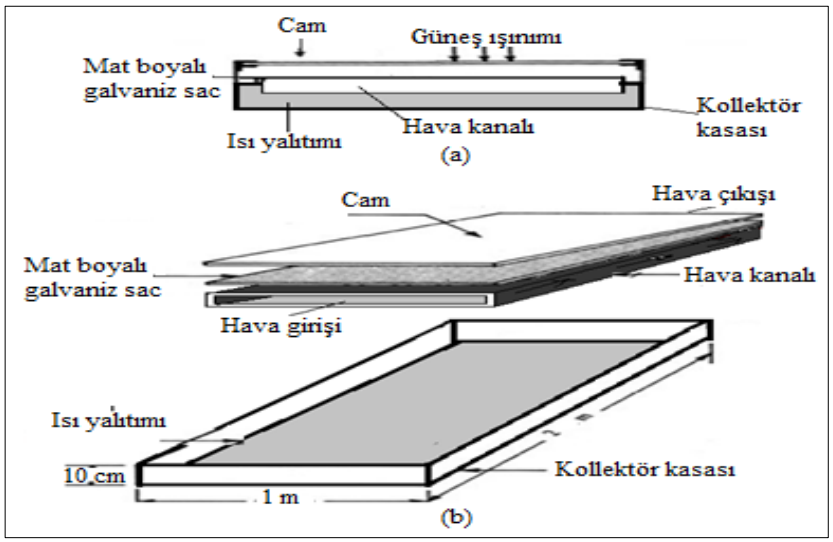
b) Havalı Güneş Kollektörleri

Hava akışkanlı güneş kollektörleri, güneş enerjisinin ısısını mahal ısıtılması için kullanılacak havaya aktaran en basit araçlardan biridir. Genel olarak bir cam veya plastik geçirgen örtü, emici plaka, plakaya entegre edilmiş veya altına

yerleştirilmiş borular veya kanallar, yalıtım malzemesi ve kasadan oluşmaktadır (şekil 1.4). Bu kollektörlerin en önemli elemanı, gelen güneş enerjisini yutan ve bu enerjiyi ısınma havasına aktaran emici plakalardır (Kırbaş, 2006).

Havalı güneş kollektörleri ürün kurutma ve hacim ısıtma uygulamaları gibi birçok alanda kullanılabilir. Kurutma uygulamalarında havalı kollektör tasarımlarının en önemli faktörlerden biri de ekonomik kontrolü sağlamaktır. Güneş enerjili kurutma sistemlerinde havalı kollektörler önemli bir yer tuttuğu için geliştirilen yeni tasarımlar havalı kollektör sistemlerinde en iyi performansı bulmaya yön verecektir (Karım ve Hawlader, 2006; El-Sebaii ve ark., 2001).

Günümüzde birçok araştırmacı havalı güneş kollektörleriyle ilgili akış ve ısı transferi karakteristiklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara devam etmektedirler. Bu bağlamda; düz plaka tipli havalı kollektörlerin kullanımı oldukça geniş yelpazededir. Yapılan tasarımlarda havanın akışı emici plakanın üstünde, altında veya her iki tarafta da olabilmektedir (Karım ve Hawlader, 2006).



Şekil 1.4. Havalı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü

- **Üst Örtü**

Saydam örtünün amacı, güneş ışınımını içeri alıp, çevreye olan ısı kaybını azaltmaktır. Örtüler, gelen ışınımın büyük bir kısmını geçiren buna karşılık çevreye

taşınımla ısı transferini ve yutucu yüzeyin yaydığı uzun dalga boylu ışınım kayıplarını en aza indiren levha veya film türünde malzemelerdir. Saydam örtü, ucuz olmalı, kolay zemin edilebilmeli, mor ve kızılötesi ısınlardan etkilenmemeli, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeli, kolay islenebilmeli ve çevreden gelen etkileri (dolu, taş, vs.) karşı dayanıklı olmalıdır. Ayrıca, gelen kısa dalga boylu ışınları geçirme oranı büyük, yutucu yüzeyden neşredilen uzun dalga boylu ısınları geçirme (dışarı verme) oranı küçük olmalıdır (Kelek, 1996).

Kollektörün üst geçirgen örtüsü, 3-4 mm' lik camdan veya eşdeğeri saydamlık ve ultraviyole ışınlarına karşı yeterli saydamlıkta malzemeden yapılmış olmalı ve üst örtünün geçirgenliği zamanla önemli ölçüde azalmamalıdır (Bilgili, 1998).

Örtü malzemesinin en önemli avantajı kollektörün ısı kayıplarını azaltmasıdır. Cam üzerine gelen güneş ışınlarının görülebilir olanları yutucu plakaya geçerler, yutucu plakadan olan radyasyonu dışarıya bırakmayarak bir kısmını tekrar yutucu plaka üzerine yansıtırlar. Örtü malzemesi, rüzgâr ve tabii konveksiyonla yutucu plakanın soğumasını önleyerek ısı kayıplarını önemli ölçüde düşürürler. Cam üzerine düşen güneş ışığının % 85-90'ını geçirir. Geriye kalan kısmı ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından absorbe edilir. Absorbe edilen ışık miktarı camın ihtiva ettiği demir oksit (Fe_2O_3) oranına bağlıdır. Demir oranının artmasıyla absorbe edilen ışık miktarı da artar.

Çizelge 1.2. Çeşitli örtü malzemelerinin özellikleri

Malzeme (mm)	Standart kalınlık (mm)	Güneş ışını geçirgenliği (%)	Fe_2O_3 (%)
Pencere camı	4	85	0.081
Düşük demirli cam	3	87	0.080
Su beyazı camı	3	90	0.016
Polyester katkılı fiberglas	1	87	…
Fleksiglas (Akrilik)	3	89	…

Çeşitli örtü malzemelerinin özellikleri çizelge 1.2.'de verilmiştir. Saydam plastikler cama göre dayanıklı ve elastiktirler. Ancak çizilmeye ve aşınmaya karşı

relatif olarak daha düşük dirençli ve hava koşullarına karşı dayanıksızdırlar (Varol ve Tırıs, 1994).

Plastik örtüler ise kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranları yüksektir. Fakat çoğu plastik örtü uzun dalga boylu ışınımlar (yutucu yüzeyden yansıyan) da geçirirler. Teflon gibi plastik esaslı malzemeler yüksek sıcaklığa dayanır, fakat pahalıdır (Kelek, 1996).

Genellikle saydam örtü sayısı arttıkça kollektördeki ısı kayıpları azalır, bu da çıkış sıcaklığını yükseltir. Fakat aynı zamanda kollektörün alabileceği güneş ışını azalır, bu nedenle verimin düşmesine neden olur (Kelek, 1996).

Kollektörlerin üstten olan ısı kayıplarını en aza indirgeyen ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Üst örtünün, kısa dalga boyundaki güneş ışınlarının, saydam ortamlardan kapalı hacimlere geçişi ve hacim içinde uzun dalga boyunca gelen ışınların aynı saydam ortamdan dış ortama geçirmemesini sağlamalıdır. En çok kullanılan örtü malzemesi camdır. Kolaylıkla bulunabilmesi, görünür ışınları geçirmesi ve emici plakadan yansıyan radyasyonun dışarıya çıkmasına engel olması camın üstünlükleridir. Dış hava şartlarından ve güneş ışığından etkilenmez. Plastik örtü malzemesi dış hava şartlarından ve mor ötesi ışınlardan etkilendiğinden en çok üç yıl kullanılabilir.

- **Emici Plaka**

Güneş ışınları, emici plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan akışkana aktarılır. Emici plaka tabanda ve üstte birer manifold ile bunların arasına yerleştirilmiş akışkan boruları ve yutucu plakadan oluşur. Yutucu plaka ışınları yutması için koyu bir renge genellikle siyaha boyanır. Kullanılan boyanın yutma katsayısının yüksek, uzun dalga boylu radyasyonu yayma katsayısının düşük olması gerekmektedir.

Yutucu plakanın güneş ışınımını yutma oranının yüksek ve uzun dalga ışınım

yaymasının küçük olması gerekir. Işınımı yutarak ısınan plakanın ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletebilmesi için, toplayıcı yüzey ısıl iletkenliği yüksek malzemeden seçilir. Bazı malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları çizelge 1.3.'te verilmiştir (Domaniç ve ark., 1982).

Havalı kollektörlerde yutucu yüzey ile çalışma akışkanı hava arasında taşınımla ısı transfer hızı küçük olduğundan yutucu yüzey olarak seçilen malzemenin ısı transfer alanı/hacim oranının büyük olması gerekmektedir. Bu şekilde ısı transfer alanı büyüyeceğinden akışkana aktarılan enerji artar. Büyük ısı transfer alanı/hacim oranına sahip yutucu yüzeylerde güneş ışınları derinliğine absorbe edilir. Yutulan ışınım miktarı da bu özellik nedeniyle artar (Domaniç ve ark., 1982).

Emici plaka, borular veya hava kanalı ile sıkı temas halinde olmalıdır. Alüminyumda olduğu gibi, akışkan borularının kanatlarla bir bütün teşkil etmesi en iyi durumdur. Bakır ve sacda bu mümkün olmadığı için akışkan boruları ile plakanın birbirine temas problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problem ya tamamen yâda belli aralıklarla lehim veya kaynak yapmakla çözülebilir.

Çizelge 1.3. Bazı malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları

Malzeme	**Isı iletim katsayısı (W/mK)**	**Malzeme**	**Isı iletim katsayısı (W/m K)**
Bakır	376	Kırmızı Tuğla	0.0015
Alüminyum	205	Polietilen	0.30-0.44
Paslanmaz Çelik	24	Polipropilen	0.20
Fleksiglas (Akrilik)	0.20	Polvinli Klorür (PVC)	0.16
Demir	72.7	Nikel	58.5
Çinko	112	Krom	86
Kalay	64	Kurşun	35
Altın	314		

Kollektör yutucu plakaları özelliklerine göre bir kısım ışınımı yutarken bir kısmını da yansıtırlar. İyi bir yutucu yüzeyden; üzerine gelen kısa dalgalı ışınımları (görünür ışınlar) yutma oranının büyük, buna karşılık neşretme oranı küçük olması, işletme sıcaklığına dayanıklı olması, değişik çevre şartları karşısında uzun ömürlü olması ve yıllar sonra renginin değişmemesi gerektiğinde kolayca temizlenebilmesi

kollektöre ilave masraflar getirmemesi beklenir.

- **Kollektör Kasası ve Yalıtımı**

Düz yüzeyli kollektör kasası, bir yüzünde penceresi olan, kapalı bir kutu olarak düşünülebilir. Bu tanımlama her zaman doğru olmayabilir. Aktif güneşli sistemlerde, bir sistemin ısıtılmasında, kollektörler sistemin birer elemanı olarak görev yaparlar. Cam yerine plastikler kullanılabilir. Kollektörler silindir ya da başka şekilde olabilirler. Kollektörlerin şekli ne olursa olsun güneş ışınlarını verimli bir şekilde toplamaları istenir. Bu maksatla cam örtülü kapalı kutular uygun ve ekonomik olmaktadır. Cam güneş ışınlarını iyi bir şekilde geçiren ve etkilenmeyen bir malzemedir. Camın kollektöre montajı da kolay ve basit bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Kollektör kasetlerinin yapımında alüminyum, paslanmaz çelik, galvanizli çelik, siyah çelik, ahşap ve plastik gibi malzemeler ağaç, metal ve plastik kullanılmaktadır. Ağaç kasetlerinin yapımı ve montajı kolaydır. Ek sakıncası aşırı sıcaklıklardan etkilenmesidir. Metal, sağlam ve ateşe dayanıklıdır. Ancak ağır, pahalı ve iyi bir ısıl iletken olması dezavantajdır. Buna rağmen birçok bakımdan ağaçtan daha uygundur. Emici plaka ile yalıtıldığı takdirde ısı kaybı önlenebilir. Ağırlığın azaltılması Al plaka kullanılarak sağlanabilir. Kollektör kasetlerinin yapımında plastik malzeme de kullanılabilir. Plastiklerin bazı türleri yüksek sıcaklığa dayanıklıdır ve metaller kadar sağlamdır.

Kollektör yapımında kullanılan malzemelerin ısıl genleşmeleri dikkate alınmadan boyutlandırılmaları bazı zararlı sonuçlar doğurur. Bilhassa camın uzaması dikkate alınmazsa, çevresindeki yerinde kendi kendine kırılır.

Düz yüzeyli kollektörlerin kasasının yapımı çok zor değildir. Değişik tasarım biçimleri mümkündür. Ancak aşağıda belirtilen hususlar, kasanın yapımında dikkate alınmalıdır.

1- Kasa, kollektörü sağlam bir şekilde taşımalı, emici plaka ile kasa arasında yalıtım uygulanmalıdır.
2- Isıl genleşmelerin olacağı bağlantı yerlerinde su ve hava sızdırmayan conta bulunmalı, cam sağlam olarak tespit edilmeli, alt ve üstüne conta konulmalıdır.
3- Temizliği için, emici plakaya kolayca ulaşılabilmeli, kırılan cam pratik şekilde değiştirilebilmelidir.

- **Isı Yalıtımı**

Kollektörlerin en sıcak olan parçası emici plaka, yalıtılarak daha soğuk olan dış çevreyle teması kesilmelidir. Yalıtım amacıyla kullanılacak malzemede bazı özellikler aranır. Örneğin polistiren köpük yalıtım malzemesi olarak kullanılamaz. Düşük sıcaklıkta erir ve yanabilir. Bazı poliüretan köpükler, cam yünü vb. yalıtkanlar bu amaçla kullanılabilir. Kollektörlerin iç kısımlarında kullanılacak bütün malzemeler 175-200 ºC'ye kadar sıcaklıktan zarar görmemelidir.

Kasa kollektörü sağlam bir şekilde taşımalı, yutucu plaka ile kasa arasında yalıtım uygulanmalıdır. Kasanın yan yüzeyleri ve arkasında olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır. Kasanın yan yüzeyleri ve arkasında sırasıyla 20-50 ve 50-100 mm kalınlığında cam yünü veya buna eşdeğer yalıtım sağlayacak kalınlıkta yalıtkan kullanılmalıdır (Varol ve Tırıs, 1994).

Çizelge 1.4. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri

	Isı iletim katsayısı (W/m^2K)	Çalışma sıcaklığı (^OC)	Yoğunluğu (kg/m^3)
Cam yünü	0.032	250-500	15-20
Taş yünü	0.036-0.055	650-1050	
Polyester köpük	0.029	70-80	20
Poliüretan köpük	0.023	104	35
PVC	0.35	100-130	40-80
Kalsiyum silikat	0.055	650	
Perlit	0.048	820	
Fenolik köpük	0.033	135	
Gözenekli plastik	0.04	100	

Absorban plaka sıcaklığı, kollektörün boş kalması durumunda 150 °C'ye kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir. Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır. Çizelge 2.4.'te Bazı yalıtım malzemelerinin 1özellikleri verilmiştir (Domaniç ve ark., 1982).

- **Havalı Kollektörlerin Dezavantaj ve Avantajları**

Bu tip toplayıcıların konstrüksiyonunda üç önemli etken vardır;

- Isı taşınım katsayısı düşük olduğundan ısı transfer yüzeyinin geniş tutulması gerekir. Örneğin bir boru levha düzeneği düşünülmez.
- Havalı toplayıcılarda basınç düşüktür, mukavemet açısından sulu toplayıcılarda gösterilen özene gerek yoktur.
- Hava korozif değildir.

Dezavantajları

- Havanın ısı taşınım katsayısı düşüktür.
- Bu nedenden dolayı kollektör boyutları büyüktür.
- Doğrudan doğruya hava ile hacim ısıtması yapabilmek için büyük depo hacimlerine gereksinim vardır.
- Isınmış havanın bir yerden başka bir yere nakledilebilmesi geniş kesitli hava kanallarına gereksinim gösterirler.
- Kullanma suyu için mutlaka bir ısı eşanjörü gerekir.
- Kanallarda akan hava duyulabilir derecede ses yapabilir.

Avantajları

- Havalı Güneş kollektörlerinde birden fazla yutucu yüzey kullanıla bilinir.

Yutucu yüzey arttıkça güneş ışınımından daha fazla faydalı ısı elde edilir. Dolayısıyla kolektör çıkış sıcaklığı artar. Kollektörden ısı kayıpları azalır.

- Sıvılı kollektörlerde, yutucu yüzeyde absorbe edilen enerji çalışma akışkanına, geçtiği borulardan iletimle transfer edildiğinden, akış kanalı ile yutucu yüzey arasındaki bağlantının, ısı iletiminin yeterli düzeyde gerçekleşmesi için çok iyi olması gerekir. Havalı tiplerde ise akışkan ve yutucu yüzey doğrudan temas ettiğinden bu tür hassas bağlantı sorunlarıyla karşılaşılmaz.
- Özel hiçbir önlem alınmasa dahi donma tehlikesi yoktur. Kaynama, aşırı ısınma söz konusu değildir.
- Toplayıcı bünyesinde korozyon, kimyasal kirlenme (kireç taşı), bağlama sorunları yoktur.
- Çok küçük sızıntı ve kaçaklar problem yaratmaz.
- Havalı kollektörlerde masraflar sıvılı düzlemsel toplayıcılara göre daha azdır.
- Havalı ısıtıcılar ağırlıkça sıvılıya göre daha hafiftir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Havalı güneş kollektörlerinin sahip olduğu avantajlardan dolayı uygulama alanları genişlemekte ve artmaktadır. Havalı güneş kollektörleri ile ilgili yapılan çalışmalar temelde, uygulamaları, yapısı ve ısıl performansının arttırılması ile ilgilidirler (Karslı,2007; Gao ve ark., 2007)

Güneş enerjisi ile yapılan mahal ısıtması çalışmaları önce sulu, sonra havalı tip güneş kollektörleri üzerine olmuştur. Ayrıca ısı pompası çalışmalarında da güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Havalı sistem örnek uygulamaları çok nadirdir. Hava kollektörlerinin daha çok teorik ve deneysel analizi yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalardan bazıları verilmiştir.

2.1. Sıvılı Akışkanlı Güneş Kollektörleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Klein ve ark. (1975), evler için ortam ısıtma ve su ısıtma sistemlerinin tasarımı ile ilgili olarak güneş ile ısıtma sistemlerinin uzun süreli ısıl performansını ifade eden bir simülasyon modelini açıklamışlardır. Simülasyon model tarafından uzun süreli performans elde etmek için gerekli meteorolojik veriler araştırılarak birçok simülasyonda elde edilen bilgiler güneş ısıtma sistemleri için genel tasarım işlemi geliştirilmesi için kullanılmıştır.

İspanya'da 1983' te yapılan, 330 m^2 alanda faaliyet gösteren Los Molinos projesi, İtalya'da 45. enlemde 40 daireli bir toplu konut örneği olan Orbassano projesi, Fransa'da 48. paralelde 19 blok, 593 konutun enerji, ihtiyacını gideren Lievre D'or projesi, Hollanda'da 52. paralelde, 1985-1987 yıllarında yapılmış ve 275 dubleks ev için tasarlanan Overbos 8 projesi, İrlanda da 52.3 paralelde, 22 tane güneş evini içeren Clombel projesi, sıcak su ihtiyacını temin eden projelere somut birer örnek olarak gösterilebilir (Sugözü ve Sarsılmaz, 2006).

Yeh ve Ting (1987), yaptıkları çalışmalarda cam ile yutucu plaka arasına demir

talaşı doldurmak suretiyle yutucu yüzeyinin ortasında olduğu normal kollektöre göre kollektör veriminin %38 artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Stahl ve ark. (1994), çalışmalarında Almanya'nın Freiburg kentinde yaptıkları güneş evi ile bir evin kendi kendine yetebileceğini göstermişlerdir. Bu evde sadece ısıtma değil aynı zamanda havalandırma, pişirme ve elektrik enerjisi elde edilmesinde enerji kaynağı olarak güneş kullanılmıştır. Isıtma, sıcak su, elektrik ve tüm enerji talebi sadece güneş enerjisi tarafından karşılanmaktadır.

Rabin ve ark. (1995), yaptıkları deneylerde suyun düşük sıcaklıkta güneş enerjisi ile ısıtılması için güneş enerjisinin depolanması ve toplanmasını aynı yerde yapan düzlemsel bir güneş kollektörü tasarlamıştır. CaCl, KC1 ve NaCl ' nin yüzde olarak sırasıyla %48, 4.5 ve %47.1 oranlarında karışımına % 47.1 H_2O ekleyerek faz değiştirici malzeme olarak kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan sistemlerin ekonomiklik analizi yapılarak birbiriyle mukayese edilmiştir.

Metwally ve ark. (1997), Mısır Kahire'de yaptıkları çalışmada ileri kıvrımlı borulu bir güneş kollektörü üzerinde bir deneysel inceleme yürütmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada kollektörün yutucu yüzeyini kıvrımlı yüzeylerle inşa etmişlerdir.

Hawlader ve ark. (2001), su ısıtma sisteminde güneş destekli bir ısı pompasının performansını incelemişlerdir. R134a soğutucusuna uygun bir evaporator gibi hareket eden, üzeri camla kaplanmamış düz levha güneş kollektörlü, güneş destekli ısı pompası su ısıtma sisteminde analitik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Sonuçlar, sistemin performansının, kollektör alanı, kompresör hızı ve güneş ışınlaması ile önemli derecede etkilendiğini göstermiş, ekonomik bir analiz ise sistem için yaklaşık iki yıllık bir minimum geri ödeme süresini ortaya koymuştur.

Ammari (2003), yaptığı çalışmada hava akışının kollektörün yan yüzeyinden olduğu bir kollektör için ısıl performans üzerine deneyler yapmıştır. Dört farklı debi için yapılan deneyler sonucunda 50 lt/s için ısıl verim % 72 olarak bulunmuştur.

Furbo ve Jivan (2003), güneş ısıtma sistemlerinin ısıl performansını ve güneş kollektörlerinin verimini, antirefrekter (ışınım yutucu) yüzey ile kaplı camın nasıl artırdığını göstermişlerdir. Yaptıkları deneylerde antirefrekter yüzey ile kaplı camın normal cama göre %5-9 arasında daha fazla geçiş yutma sayısına sahip olduğunu saptamışlardır.

Ghoneim (2005), kare bölmeli bir peteğin farklı dizilisi ile oluşturulan güneş kollektörünün performansı üzerinde durmuştur. Petek seklindeki malzeme, düz tabaka güneş kollektöründe cam yüzey ile yutucu yüzey arasına yerleştirilmiştir. Ghoneim yaptığı deneysel çalışmada, böyle bir modelin kollektör verimini olumlu yönde etkilediğini görmüştür.

Işık (2007), Van ilinde bir konutun kullanma sıcak su ihtiyacının karşılanması ve kış konumunda güneş enerjisinden elde edilen sıcak su ile kalorifer kazanından yıllık tabanda sağlanabilecek enerji tasarrufunu araştırmıştır. Çalışmasında yıllık tabanda 362.1 lt yakıt tasarrufu sağladığını göstermiştir.

Özel ve ark. (2007), Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki bazı iller için güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemlerinde ekonomik analiz yapılarak sistemin geri ödeme süreleri sayısal olarak araştırmıştır. Bu amaçla, Elazığ, Malatya, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Erzurum ve Van illerinde kolektör alanına bağlı olarak geri ödeme sürelerini Matlab' da hazırladığı bir bilgisayar programı ile hesaplamıştır

Abdulkarem (2008), güneş enerjisinden yararlanarak Ankara şartlarında döşemeden ısıtma sisteminin projelendirmesini ve ısıl konfor şartlarının incelemesini yapmıştır.

2.2. Havalı Güneş Kollektörleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kreith ve Kreider (1978), güneş enerjili hava ısıtıcılarındaki performansı daha fazla arttırmanın, kollektördeki kanatçıkların hava türbülansını yaratmak için akış yönünü şaşırtıcılarla ve büyütülmüş ısı transfer alanları ile donatılmasının

sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Givoni (1991), bilinen güneş enerjili ısıtma sistemleri (direkt kazanç, trombe duvarı ve farklı sera uygulamaları gibi) ile araştırmacı tarafından önerilen barra (güneş radyasyonundan daha fazla faydalanmak için ısıtılacak mahalin güneşe bakan bir duvarının cam veya cam gibi ışınımı absorbe eden malzemeden yapılan ısıtma sistemi) sistemini karşılaştırmıştır. Bu kapsamda verimi etkileyen ana tasarım parametreleri, bu sistemlerin avantajları ve uygulamalarında karşılaşılan sorunları, farklı bina tipleri ve iklim koşullarına uygulanabilirlikleri incelenmiştir.

Jha ve ark. (1992), güneş enerjisi ile ısıtılan bir evin performansını araştırmışlardır. Bu güneş evinin performans parametreleri arasındaki ilişkiyi irdelemişlerdir. Evin güney duvarına yerleştirilmiş güneşli hava ısıtıcısının evin ısıtılmasında kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Mohammad (1996), kollektörün üst yüzeyinden olan ısı kaybını azaltmak ve yutucu plakadan sağlanan ısı kazancını maksimum yapmak için, ters-akışlı ısı değiştiricisi şeklinde, ilave bir örtünün kullanıldığı bir kollektör imal ederek, bunun ısıl analizini yapmıştır. Ters akışlı hava kanalına sahip kollektörün veriminin, çift saydam örtülü ve hava akışı siyah yüzeyin yukarısında olan kollektöre göre %18 ve bir saydam örtülü kollektöre göre % 25 daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yeh ve Lin (1996) düz plakalı hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin verimleri üzerinde birbirine paralel olan engellerin etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Engelleri üniform aralıklarla yerleştirerek, deneysel çalışmaları engellerin farklı bölgelerinde yapmışlardır. Maksimum kollektör verimi için, optimal engel yerinin kollektörün merkezi olduğu ve engel sayısının, artışıyla kollektör veriminin arttığı gözlenmiştir.

Yeh ve Chou (1996), hava ısıtmalı güneş kollektörlerine kanatlar ilave ederek, kollektör verimini artırmayı hedeflemişlerdir. Kanat sayısının artışıyla kollektör veriminin %12 oranında arttığını gözlemlemişlerdir.

Garg ve Datta (1998), kanatlı tip bir hava ısıtmalı güneş kollektörünü deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Üstteki plakanın sıcaklığı alttaki plakanın sıcaklığından yüksek olacağından, üstteki plakaya eklenen, kanatlarla daha yüksek verim sağlandığı görülmüştür. Sıcaklığın, üstte ve alttaki plakaların her ikisine kanatlar eklendiğinde en yüksek ve yalnız alttaki plakaya ilave edildiğinde ise en düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Kolb ve ark. (1998), yutucu yüzeyi matrix seklinde olan bir güneş hava kollektörü dizayn etmişlerdir. Burada yutucu matrix yüzey kollektörün en önemli kısmıdır ve kare bir alan ve düz bir şekilden oluşan oksitlenmiş iki paralel tabakadan oluşmuştur. Bir kafes sekli verilerek ısı kaybı en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Parker ve ark. (1998), V oluklu yutucu plaka kullanarak hava akışının yutucu yüzeyin altından, hava akışının yutucu yüzeyin üstünden ve hava akışının yutucu yüzeyin altından ve üstünden olduğu üç farklı kollektör için deneyler yapmışlardır. Bu çalışmalarda kollektörlerin ısıl performansı ve verimi incelenmiştir.

Hachemi (1999), seçici ve seçici olmayan emici plakalı havalı güneş kollektörlerinin termal performanslarının karşılaştırılmasını yapmıştır. Seçici olmayan emici olarak herhangi bir siyah boyalı plakanın kullanımı düşük maliyetle yüksek verimlilik elde etmeye imkân verdiğini belirtmiştir.

Yeh ve ark. (1999), geri dönüşümlü bir düz tabaka güneş hava ısıtıcısında çift geçişli kanat içindeki bir yutucu yüzeyi teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Bu metotla kollektör verimini ve akış hızını arttırmışlardır. Elde ettikleri sonuçları, tek geçişli güneş hava kollektörü ile karşılaştırmışlardır.

Albizzati (2000), gözenekli yutucu bir yüzeye sahip olan güneş hava kollektörünün termal performansı ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu kollektörde havanın giriş ve çıkış doğrultusu aynı değildir ve yutucu yüzey belli bir açı ile yerleştirilmiştir. Bu çalışmada kollektörün birkaç noktasında, havanın giriş ve çıkış sıcaklıkları, havanın hızı, güneş radyasyon değerleri ölçülmüştür. Bunun yanında

enerji kazancı, termal verim ve güneş kollektörünün karakteristik parametreleri hesaplanmıştır.

Njomo (2000), camsız, seçici yutucu güneş hava kollektörü ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Camsız güneş hava kollektörleri, hava ısıtma, havalandırma ya da mahsul kurutma gibi uygulamalarda kullanılır. D. Njomo yaptığı çalışmada camsız gözeneksiz seçici yutucu hava ısıtıcısında ısı değiştirgeci analizi için bir matematik model geliştirmiştir. Diferansiyel denklemler oluşturarak, çeşitli parametrelerin etkilerini incelemiştir. Giriş akış sıcaklığı, kütle akış oranı, hava kanalının derinliği, camsız yutucu yüzeyin performansı üzerinde çalışmıştır. Yapılan çalışmaları, düşük rüzgâr hızı için bir konveksiyonel iki cam yüzeyli hava kollektörü ile karşılaştırmıştır.

Sadasuke ve ark. (2000), çift kanallı bir düz tabaka güneş hava kollektöründeki yutucu yüzeyin hem alt hem de üst kanallarındaki hava akısını ve kollektörün termal performansını analiz etmişlerdir. Üst kanallardaki akısın termal veriminin yüksek olduğu gözlenmiştir.

Amerika'da, Colorado eyaletindeki Federal Express dağıtım merkezinde yapılan ısıtma sistemi sayesinde ısıtma sistemi işletim maliyetlerinde, yılda 7000$ kâr etmiştir. Ayrıca, ısıtma amacıyla kullanılan yakıttan dolayı, her yıl atmosfere salınan, ortalama 115 ton CO_2 yayımı ortadan kalkmıştır. Ayrıca National Renewable Energy Laboratory'e ait 120 m^2 büyüklüğündeki kimyasal atık depolama ünitesi olarak kullanılan Kanada Bombardier Hava Üssü hangarları bu sistemle ısıtılmaya başlanmış, sistemin geri ödemesini 4.7 yıl içinde tamamlamıştır. Bu sistem Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL), Uluslararası Enerji Kurumu (IEA) ve buna bağlı CADDET, Kanada Doğal Kaynakları (CANMET), Amerikan Isıtma, Soğutma ve Hava Durum Mühendislik Kurumu (ASHRAE), Amerikan Enerji Bölümü (DOE) ve çeşitli kurumlar tarafından denetlenmiş ve bütün bu kurumlardan teknoloji ödülleri almıştır. DOE güneş duvarı teknolojisini tüm enerji buluşları arasında ilk %2 içinde değerlendirirken, NREL; şimdiye kadar tasarlanan en verimli aktif güneş ısıtma sistemi olarak tanımlamaktadır (Çıtıroğlu, 2001).

Ahmad (2001), yaptığı çalışmada tekli silindirik kollektör ve diğer katmanda da hava kabarcıklı ince naylon kullanılarak taşınımla ısı kaybını azaltmayı amaçlamıştır. Tekli düz kollektör ile bunu performans açısından değerlendirmiştir.

Badescu (2002), havalı tip güneş kolektörünün hacim ısıtılması ve ısı pompası sisteminde kullanımı üzerine bir araştırma yapmıştır. Havalı güneş ısıtıcısının önemli miktarda sisteme katkı sağladığını tespit etmiştir.

Momin ve ark. (2002), yutucu yüzey üzerinde V-kesimli kirişler olan güneş hava ısıtıcılarındaki ısı transferini ve sürtünmeyi incelemişlerdir. V-kesimli kirişlere sahip güneş hava ısıtıcısının dikdörtgensel borularının akış karakteristiklerini ve ısı transferi üzerine olan etkilerini deneysel olarak görmüşlerdir. Elde edilen sonuçlar, ısı transfer katsayısı ve sürtünme faktörü üzerindeki artısı belirlemek için benzer akışlar altında düz borularla karşılaştırılmıştır. Isı transfer katsayısı ve sürtünme faktörü için bazı bağıntılar geliştirilmiştir. Bazı pratik uygulamalarda, güneş hava kollektörlerinin ana dezavantajı düşük verimdir.

Yeh ve ark. (2002), yaptıkları çalışmalarda kollektörde absorberin altında ve üstünde kanatçıkların olduğu ve absorberin hem altından hem üstünden hava akışının olduğu 3 farklı debi ve 5 farklı kanatçık büyüklüğü için deneyler yaptılar. Yaptıkları deneyler sonucunda en yüksek verimi % 70 olarak buldular.

Forson ve ark. (2003), tek geçişli, çift boşluklu bir havalı güneş ısıtıcısının matematiksel modelini tanımlamışlardır. Güneş ısınımı, ısı transfer katsayısı, ortalama hava akış oranı ve ortalama sıcaklığın dizayn edilen modelde başarılı sonuçlar verdiğine değinmişlerdir. Tek geçişli çift boşluklu havalı güneş ısıtıcılarında kayda değer performans gelişmesinin, kollektör parametrelerinin uygun seçimi ve üstten alta iki hava boşluklu kanal derinliği ile elde edilebileceğini göstermişlerdir. Havanın kütlesel debisinin verim üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Paisorn ve Bancho (2003), yaptıkları çalışmalarda 5 farklı düzlemsel kollektörün deneysel olarak ısı transferi karakteristiklerini ve ısıl performanslarını

incelediler. Bu kollektörlerin birincisinde normal bir havalı kollektörü, ikincisinde iki saydam örtülü(iki camlı) bir havalı kollektör, üçüncüsünde yine iki camlı ve alttaki camın, üstünden hava girişi altından ise hava çıkışı olan bir kollektör, dördüncüsünde absorberin (yutucu yüzeyin) hem altından hem üstünden hava akışı olan bir havalı kollektör, beşincisinde ise absorberin üstünden hava girişi altından ise hava çıkışı olan bir kollektörde deneyler yaptılar. Deneysel sonuçlarda normal kollektör için en düşük, absorberin üstünden hava girişinin altından ise hava çıkışının olduğu beşinci model için ise en yüksek verim bulunmuştur.

Alvarez ve ark. (2004), geri dönüşümlü, dairesel alüminyum kutulardan yapılan yutucu bir yüzeyin kullanıldığı, tek camlı bir güneş hava kollektörünün verimini test etmişlerdir. Önceden bilinen teorik sıcaklıklar ile ölçülen değerler mukayese edilmiştir. Dairesel kutular kullanılarak oluşturulan güneş hava kollektörünün termal verimi daha iyi bulunmuştur.

Belusko ve ark. (2004), çatı ile bütünleşik cam yüzeyli bir güneş enerjili ısıtma sitemini analiz etmişlerdir. Bu sistemin matematiksel analizini yapmışlardır.

Moummi ve ark. (2004), dikdörtgen biçimindeki yutucu yüzeyleri dizayn ettikleri kollektör üzerinde akışa dik olarak yerleştirip, bu kollektörün termal performansı üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçları, üzerinde dikdörtgen biçimindeki engeller olmayan düz tabaka güneş kollektörü ile kıyaslamışlardır. Yaptıkları çalışmada kanatçıklı bir havalı güneş kollektörlerinde türbülanslı akış oluşturarak enerji analizi yapmışlardır.

Ho ve ark. (2005), güneşsel hava ısıtıcılarında ısı transferini arttırıcı yönde yaptıkları çalışmada yeniden çevrime sokulan düz plaka güneşsel hava ısıtıcısında çift geçişli kanal içinde bir emici plakaya eklenen bir aracı teorik ve deneysel olarak araştırmışlardır. Isı transferindeki önemli artış tek geçişli kanallardan veya aynı debili klasik çift geçişli ısıtıcı yerine yeniden çevrime sokulan çift geçişli kanallar kullanılmasıyla elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Sahu ve Bhagoria (2005), bir güneş hava ısıtıcısının yutucu yüzeyi üzerindeki 900 eğimli enine kirişleri kullanarak ısı transfer katsayısını arttırmak için bazı deneysel incelemeler yapmışlardır.

Wang ve ark. (2005), tek ve çift geçişli iki farklı çatı tipi güneş kollektörlerinin konut ısıtılmasında ve havalandırılmasında kullanımını karşılaştırmışlardır. İki geçişli güneş kolektörlerinin daha iyi iç ısıl konfor ve enerji tasarrufu sağladığını tespit etmişlerdir.

Zhai ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada 1.5x0.5 boyutlarındaki havalı güneş kollektörlerinde uç elektrikli ısıtma plakası ile güneş ışınımı oluşturarak doğal bir havalandırma gerçekleştirip sıcaklık dağılımı ve uygun kanal uzunluğunu hesaplamışlardır.

Karim ve ark. (2006), düz plakalı, kanatçıklı oyuklu ve V-kıvrımlı güneş hava kollektörlerinin performansını hem deneysel hem de teorik olarak incelemişlerdir. Sonuçlar göstermiştir ki V-kıvrımlı kollektörün verimi en iyidir, bunun yanında düz tabaka kollektörler daha az verime sahiptir. V-kıvrımlı kollektörler, düz tabakalı kollektörlere göre, tek geçişli ve çift geçişli modeller için sırasıyla % 10-15 ve %5-11 daha fazla verime sahiptir.

Ben Slama (2006), yaptığı çalışmada havalı güneş kollektörlerinde küçük kanatlar ve uygun akış yolları oluşturarak türbülanslı akış şartlarında kollektör içi sıcaklığı 70 ^{o}C ve verimi %80 bulmuştur. Basınç düşümü ve ekserji analizini hesaplamıştır.

Binark ve Deliçay (1993), yaptıkları çalışmalarda havanın dolaştığı kanalın boş olduğu, diğerlerinde ise değişik şekillerde tasarlanmış kanallara sahip üç farklı kollektörle deneyler yapmışlardı. Kollektörler için sıcaklık farkı- zaman ve verim zaman grafikleri çizilmiştir. Düşük hızlarda çift geçişli ve çift camlı labirentli kollektörün diğerlerine göre veriminin ve sıcaklık farkının daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Onur ve ark. (1995), çalışmalarında, güneş enerjisinden faydalanarak binaların ısıtılmasında kullanılabilecek bir hava-tutuculu pencere sistemi ele almış ve bu pencerenin ısıl performansı deneysel olarak incelenmiştir. İmal edilen Güneş evi 2 m yüksekliğinde ve tabanı 2 m x 1.5 m' dir. Hava tutuculuk pencere ise evin güney cephesine yerleştirilmiştir. Pencerenin güneş alan kısmı 1.2 m x 0.8 m' dir. Pencerede ısı cam kullanılmış olup yutucu plaka olarak da piyasada satılan hazır siyah dikey perde kullanılmıştır. Değişik parametreler ölçülmüş ve bu parametrelerin pencere performansı üstüne olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneyler göstermiştir ki, bu tür pencere kullanımı ile ısıtılan ortamların enerji ihtiyacını önemli ölçüde azaltmak mümkündür.

Altuntop ve ark. (1997), alt kısımdaki bakır levha üzerine siyah mat boyalı, emici yüzey ve üzerine değmeyecek şekilde çapraz biçimde iki katlı yerleştirilmiş, yatayla 600'lik açıya sahip V biçiminde bükülerek oluşturulan siyah mat boyalı sinek telinden ikinci bir emici yüzeyi bulunan matris tip havalı güneş kollektörünü analitik olarak incelemişlerdir.

Tırıs ve ark. (1997), güneş kollektör verimi ve malzeme maliyeti üzerinde değişik kanat biçimlerinin etkilerini araştırmışlardır. Alüminyum düz plakalı bir güneş kollektöründe kullanılan kanatların ısı transfer analizini yapmışlardır. Isı akılarını kanatların tek yüzü için düşünmüşlerdir. Kanat ve kollektör verimleri, kanat tipi ısı kaybı parametresi ve kanat uzunluğunu hesaplayarak ekonomik bir hesap metodunu vermişlerdir.

Ertekin ve Bilgili (1998), çalışmalarında hava ısıtmalı güneş kollektörlerini tanıtarak bunların yapımında kullanılan yutucu yüzeyler, geçirgen örtüler, yalıtım malzemeleri ve kasalar hakkında bilgiler vererek, ısıl verimin belirlenmesinde kullanılan ısı kazanç faktörü, verimlilik faktörü ve toplam ısı katsayıları hakkında bilgiler vermişlerdir.

Çomaklı ve Yüksel (1999), dört değişik yüzey profilli güneş kollektörde yaptıkları deneysel çalışma ile sistemin ekserji verimini hesaplamışlardır. Bu

çalışmada; güneş enerjili ısıtma sistemi ve enerji depolamalı ısıtma sistemi deneysel olarak incelenmiştir.

Kayseri Erciyes Üniversitesinde 8.5 m yüksekliğinde 1500 m^2'lik spor salonu 320 m^2'lik havalı kollektör ile yeterli seviye ısıtılmaktadır. Yine Erciyes Üniversitesinde 1996 yılında işletmeye alınan ve halen çalışmakta olan iki katlı, havalı güneş kollektörleri ile ısıtılan ve laboratuvar olarak kullanılan bir güneş evi daha vardır. 1996-1997 kış sezonunda yapılan performans ölçümlerinde binanın % 84.5 oranında güneş enerjisinden ısındığı belirlenmiştir. Yine bu bina içerisinde aynı zamanda 30 m^2'lik bir birim sulu güneş kollektörleri kullanılarak döşemeden ısıtılmaktadır (Demiral ve ark., 2000).

İnallı ve ark. (2001), çift geçişli hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde yutucu yüzey konumunun ısıl verime etkisini, üç tip kollektör ile Elazığ iklim şartlarında araştırmışlardır. 1. tip kollektörde hava, siyah yüzeyli levha ile saydam üst örtü arasındaki kanaldan, 2. tip kollektörde siyah levhanın her iki yüzeyinde akmaktadır. 3. tip kollektörde ise alt plaka ile saydam örtü arasındaki kanala saçtan kanallar yerleştirmişler. Deneyler sonucunda en verimli kollektör olarak 3. tip kollektör seçmişler. Elazığ'da 1998 yılı açık günlerinde ölçülen 200-600 W/m^2 güneş ışınımı değerleriyle, çoğu tarımsal ürünlerin kurutulması için elverişli olan 20-40 ^oC'lik sıcaklık farkları elde edilebileceğini bulmuşlardır.

Doğan (2001), çalışmasında dört ayrı tip hava ısıtmalı güneş kollektörüyle deneysel çalışma yaparak, verimleri ve kurutmaya olan etkilerini karşılaştırmıştır.

Onat (2002), Kollektör hava hızlarının 0.5 m/s, 0.75 m/s, 1 m/s, 1.25 m/s ve 1.5 m/s olduğu durumlarda kurutma deneyleri yapmıştır. Yaptığı kurutma deneylerinde, kurutma havası hızının kurutma süresini pek fazla etkilemediğini, yüksek hava hızlarında ise hava debisinin arttığı ve kollektörde sıcaklığın düştüğünü tespit etmiştir.

Toğrul ve Pehlivan (2002), çift geçişli hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde

yutucu yüzey konumunun ısıl verime etkisini incelemişler. Bu çalışmada, çift geçişli hava akış kanalında dolgu malzemesi bulunan yeni dizayn edilmiş bir konik yoğunlaştırıcılı hava ısıtıcının termal performansına farklı absorber yüzey kullanımının etkisi araştırmışlar. Bu amaçla, standart siyah boyalı bakır boru, seçici yüzey ve yapay olarak pürüzlendirilmiş absorber yüzeyleri ayrı ayrı kullanarak, en yüksek termal verim seçici yüzey kullanımı ile elde edildiğini görmüşlerdir.

Turgut (2002), mahal ısıtılmasında kullanılan yatay jaluzili, aktif güneş ısıtıcılı, hava-tutuculu pencerenin ısıl performansını deneysel olarak incelemiştir. Kütlesel debi, pencereler arasındaki mesafe, dilimlerin eğim açısının hava-tutuculu pencerenin ısıl performansı üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmış ve şekillerle gösterilmiştir. Kütlesel debide meydana gelen artışın verimi artırdığı, camlar arasındaki mesafede meydana gelen artışın ise verimde azalmaya neden olduğunu belirtmiştir. Mevcut pencerelerin küçük bir maliyet ile pencere tipi kollektörlere dönüşebileceğini önermiş ve kışın ısı ihtiyacının bir kısmını sağlamak için pencere tipi kollektörler kamu binalarında, fabrikalarda ve evlerde kullanılabileceğini öne sürmüştür.

Kurtbaş ve Durmuş (2004), çeşitli yüzey geometrilerine sahip havalı kollektörlerde deneyler yapmış ve beş farklı havalı kollektörlerin ısı transferi, basınç kaybı ve ekserji kaybı yönünden incelemiştir. Araştırmanın sonucunda basınç kaybı, ekserji ve ısı transferi için deneysel bağıntılar verilmiştir.

Kahraman(2005), güneş enerjisi destekli mahal ısıtmasının matematiksel modellemesini yapmıştır. Bu amaçla doğu ve güneydoğu illeri için güneş enerjili sıcak su destekli mahal ısıtmanın olabilirliğini ve güneşten faydalanma oranlarını belirlemiştir.

Benli (2006), yaptığı çalışmada değişik yüzey profillerine sahip (5 değişik yüzey profilli 10 adet) havalı güneş kollektörü ile gündüz sera ısıtılması ve kimyasal maddenin şarjını sağlayarak sera ısıtmasını deneysel olarak incelemiştir. Deneyler neticesinde kollektör verimleri, basınç kayıpları ve kimyasal maddenin şarjı ve

deşarjı ile depolanan ve salınan enerji miktarlarını hesaplamışlardır. Bölge için havalı güneş kollektörleri kullanımının gayet verimli olduğunu belirtmişlerdir. Benli‘ nin bu çalışmasında, fan destekli havalı kollektörlerin kullanılması aktif yönteme girmektedir. Kimyasal maddenin şarj edilerek serbest olarak soğumaya bırakılması ise pasif yöntemle ısıtmaya örnek teşkil etmektedir.

Bulut ve Durmaz (2006), bir havalı güneş kollektörünün tasarımı, imalatı ve deneysel analizi adlı çalışmalarında tasarımı ve imalatı yapılan bir havalı güneş kollektörünün ısıl performansını, Şanlıurfa iklim şartlarında deneysel olarak incelemişlerdir. 2006 yılının Ocak, Şubat ve Mart aylarında 8 farklı günde yapılan ölçümler sonucunda havalı güneş kollektörünün ortalama ısıl verimi %53 olarak hesaplanmıştır.

Karslı (2006), dört değişik yüzey profiline sahip (75^o acılı kanatçıklı, 70^o açılı kanatçıklı), tüplü ve düz havalı güneş kollektörü kullanarak urun kurutulmasını deneysel olarak araştırmıştır. En yüksek kollektör verimi ve hava sıcaklığı artışını 75^o açılı kanatçıklı kollektörde en düşük ise düz kollektörde oluştuğunu göstermiştir.

Kırbaş (2006), çalışmasında labirentli tip hava ısıtmalı güneş kollektörünün verimini deneysel olarak tespit etmiştir. Kollektör üç değişik hava debisinde farklı gün ve sıcaklık koşullarında denenmiştir. Deney sonuçlarına göre yüksek hava hızlarında kollektör veriminin arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, farklı biçimde tasarlanmış iki havalı tip güneş kollektörünün performansları Karabük şartlarında deneysel olarak mukayese edilmiştir. Tasarlanan kollektörler ile seraların ısıtma havasının temini, tarımsal ürünlerin kurutulması düşünülerek, kollektörlerden elde edilen enerjinin depolardaki suya aktarılması suretiyle en iyi verimi veren kollektör tipinin bulunması amaçlanmıştır.

Sugözü ve ark. (2006), Elazığ’da iç ortam ısıtılmasının uygulanacağı bir deney seti kurmuştur. Kış aylarında yapılan deneylerden elde edilen verilere dayanarak bina ısıtılması için havalı güneş kollektörlü sistemin uygunluğunu araştırmıştır. Sistemin iç ortam sıcaklığını güneş ışınım şiddetine bağlı olarak 5°C ile 25°C arasında

arttırdığını görmüştür.

Uçar ve İnallı (2006), yaptıkları deneysel çalışmada, yutucu yüzeyin farklı biçim ve düzenlemesinin, ısı transferini arttırma teknikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Yutucu yüzey üzerindeki dereceli levhaların ve kanatların, güneş hava kollektörü performansına etkisini test etmişlerdir. Geleneksel güneş hava kollektörlerinde, kollektör veriminin en düşük olduğunu görmüşlerdir. Pasif arttırma teknikleri ile havalı güneş kollektörlerinin termal ve exerji analizleri üzerinde deneysel çalışmalar yapmışlardır.

Doğan (2006), güneş enerjisi yardımıyla gerçekleştirilen ısıtma sistemlerinin Kocaeli bölgesi için uygulanabilirliğini araştırmıştır. Kocaeli bölgesi için aktif ve pasif sistemlerinin verimliliğini karşılaştırarak aktif sistemin daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Kaya (2007), mevcut güneş enerjili sistemlerde kolektör üst seviyesinden en az 45 cm yukarda olan depoların, kolektör alt seviyesi altına konularak görüntü kirliliğinin giderilmesi sağlamıştır. Bu amaçla sistemde ısı taşıyıcı olarak hava kullanmış ve ısı borusundan faydalanmıştır. Isı borulu havalı güneş kolektörünün verimi deneysel olarak tespit etmiştir. Sistemin verimini artırmak için üç farklı tip ve malzeme yapısında ısı dönüştürücü imal etmiş ve sistemleri farklı gün ve sıcaklık şartlarında denemiştir.

Özkaya ve ark. (2007), yapmış oldukları çalışmanın deneysel sonuçları değerlendirildiğinde havalı güneş kollektörlerinde yüksek hava hızlarında kollektör veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür

Gedik ve ark. (2008), havalı güneş kollektörlerinde farklı tip emici plakaların performansa olan etkisi adlı çalışmalarında zikzaklı tip emici plakalı olan kollektörün, düz yüzeyli kollektöre göre enerji ve ekserji miktarlarının, havaya aktarılan ısı miktarının ve veriminin daha iyi olduğunu saptamışlardır.

2.3. Toprak-Hava Isı Değiştiricisi ve Reküperatör Üzerine Yapılan Çalışmalar

Maccracken ve (1985), toprak altında seri bağlı ısı pompası devresi kurup sonuçlarını hava-hava ısı pompaları ile karşılaştırmış ve çok iyi sonuçlar almıştır.

Partin (1985), ısı pompaları için kapalı çevrimli toprak ısı değiştiricisinin boyutlandırılması üzerine bir çalışma yapmış ve belirli bir toprak kaynağı için toplam iletkenliğin ölçülmesiyle ilgili olarak bir yöntem belirlemiştir.

Hacettepe Üniversitesinde yapılan bir güneş evi, yaklaşık 100 m^2'ye oturan bağımsız bir binadır. Bodrumunda ısı deposu (çakıl-yatak) bulunmaktadır. Yaklaşık 1000 W'lık güneş gözesi panelleri ile donatılmıştır. Bu panellerden sağlanan elektrik enerjisi, akü ve çevirgeç sistemleri aracılığı ile evin tüm elektrik gereksinimini karşılamaktadır. Evin eğimli güney cephesine yerleştirilmiş özel cam yüzeyden alınan güneş enerjisi ısı olarak çakıl-yatakta depolanmaktadır. Bu ısı evin kışın ısınmasında kullanılacak şekilde planlanmıştır (www.yetam.hacettepe.edu.tr).

Miles (1992), toprak kaynaklı ısı pompalarına geniş yer vermiştir. Toprak direnci ve boru direnci değerleri bir tablo halinde vermiş olup, toprak ısı değiştiricisinin boru boyunun hesaplanmasında bir metod sunmuştur.

Ünlü (2005)'ye göre, "Kersten (1949), yapmış olduğu çalışmada, toprak ısı iletim katsayısını belirlemek üzere, toprak kuru yoğunluğu ve nem miktarı değerlerine bağlı olarak deneysel denklemleri açıklamıştır. Ingersoll (1954), toprak altına ısı çekmek veya atmak üzere yerleştirilmiş borulardaki ısı geçişini incelemek için Kelvin Çizgisel Kaynak Teorisinin kullanılabileceğini göstermişlerdir. Shelton (1975) Yeraltındaki bir ısı deposu ve depo etrafında bulunan topraktaki ısı aktarımını incelemiştir."

Özsoy ve Acar (2005) yaptıkları deneysel çalışmada ısı geri kazanımı amacıyla imal ettikleri ısı borusundan saf su geçirmişler. Isı borusunun buharlaştırıcı kısmına ısı enerjisi vererek, yoğuşturucu tarafından su ile bu ısıyı çekmişler. Deney sonunda

düşük eğim açılarında ısı borulu sistemlerin ısı geri kazanım amaçlı olarak çalıştırılabilecekleri görülmüştür.

Güngör ve Güngör (2005) ticari binalarda ve evlerde genelde, iç ısı üreten kaynakların çokluğu, kullanım, geometri ve uygulama yerlerine bağlı olarak ısı kazançları, genelde yüksek değerlerde olabileceği üzere yaptıkları teorik çalışmada sürekli iklimlendirilen uygulamalarda ekonomizörlerin çok önemli tasarruflar sağlayacağı sonucuna varmışlardır.

Araştırmalar sonunda mahal ısınma ihtiyacından önce sıcak su ihtiyacı üzerine çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Havalı tip güneş kollektörleri üzerine yapılan çalışmalar genellikle seraların ve binaların ısıtılması yönünde olmuştur. Ayrıca havalı tip güneş kollektörleri güneş kaynaklı ısı pompalı sistemlerde de kullanılmıştır. Özellikle tasarlanan kollektör tiplerinde kollektör içerisinde hava akışının nasıl olacağının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. En iyi performansı veren düz ve kanatlı hava kanalı olan hava kollektörü ve kollektör yutucu yüzeyi tasarımları üzerinde durulmuştur.

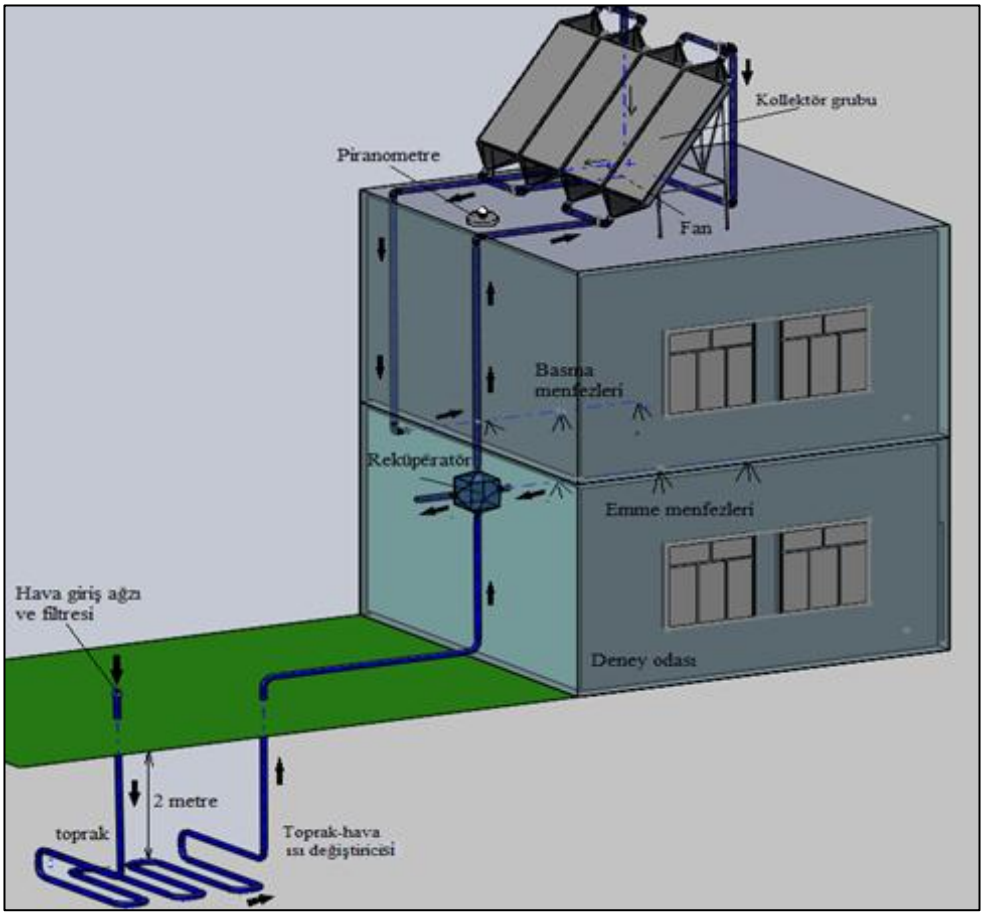
Toprak-hava ısı değiştirici üzerine yapılan çalışmalar çok az olup ısı geri kazanımı ile ilgili çalışmalarda genel olarak endüstriyel tesislerde atık ısı üzerine kurulan ekonomizör sistemleri üzerinde durulmuştur.

Literatürde reküperatör ve THID destekli, havalı güneş kollektörlü ısıtma sistemlerine rastlanmamıştır. Havayı ön ısıtma için THID kullanılarak, reküperatör ile ısı geri kazanımıyla ikincil ön ısıtma yapan ve güneş enerjisinden faydalanmak için havalı güneş kollektörü kullanılan deneysel çalışmamızda her üç sistem birlikte kullanılmıştır.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmanın temel amacı havalı tip güneş kollektörlü bir ısıtma sisteminin Adıyaman iklim şartlarında uygulanabilirliğinin teorik ve deneysel olarak araştırılmasıdır. Bu amaç için temelde güneş kollektörlerinden oluşan fakat ısı geri kazanımı sağlayan, THID destekli bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Şekil 3.1.'de güneş enerjili, toprak-hava ısı değiştiricili ve reküperatörlü ısıtma sistemi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.1. Güneş enerjili, toprak-hava ısı değiştiricili ve reküperatörlü ısıtma sisteminin şematik görünümü

Toprakaltı ısısından faydalanılarak dış ortamdan çekilen havanın ön ısıtılması THID ile sağlanmıştır. Daha sonra reküperatör yardımı ile egzos havasının faydalı ısısı dış ortamdan çekilen havaya aktarılmıştır. Devamında seri–paralel bağlanmış güneş kolektörlerinden geçirilerek hedeflenen sıcaklığa getirilen hava, bir fan yardımı ile kanal ve menfezler vasıtasıyla deney odasına verilmiştir. Sistem üzerinde havanın giriş çıkış sıcaklıkları, ortamın sıcaklığı, egzos havasının sıcaklığı, havanın hızı, kollektörlere gelen güneş ışınımı, iç ve dış ortamın bağıl nemi, iç ortamın karbondioksit miktarı gibi parametreler ölçülerek sistemin ısıl analizi yapılmıştır. Şekil 3.2.'de imalatı tamamlanmış ve montajı yapılmış güneş enerjili, toprak-hava ısı değiştiricili ve reküperatörlü ısıtma sistemi görülmektedir.



Şekil 3.2. Güneş enerjili, toprak-hava ısı değiştiricili ve reküperatörlü ısıtma sistemi

3.1.1. Havalı Güneş Kollektörlerinin İmalatı

Havalı güneş kollektörleri genel itibari ile çizelge 3.1.'de verilen özelliklerde imal edilmiştir. Kollektör için şekil 3.3. a, b, c'de görüldüğü gibi hava kanalı imalatı yapılmıştır. Hava kanalının gerilmemesi için 30 x 30 mm boyutlarında destek profilleri kullanılmıştır. Alt ve yan yüzeylerine 50 mm kalınlığında cam yünü kullanılarak ısı yalıtımı sağlandıktan sonra hava kanalları kasa içine alınmıştır.

Çizelge 3.1. İmalatı yapılan havalı güneş kollektörlerinin teknik özellikleri

Hava akış kanalı	Düz
Geçirgen üst örtü	Tek cam
Kasa boyutu	2000x1000x100 mm
İzolasyon malzemesi	Cam yünü
Yutucu plaka	1900x900x0.5 mm siyah mat boyalı galvaniz sac
Kasa malzemesi	2 mm sac



a) b) c)

Şekil 3.3. Kollektör hava kanalı imalatı

Şekil 3.4.'de ısı yalıtımı yapılmış ve hava giriş çıkış davlumbazları takılan ve üst örtü olarak cam kullanılan imalatı tamamlanmış 4 adet havalı güneş kollektörü görülmektedir.



Şekil 3.4. Kollektör grubu

3.1.2. Hava Kanalı İmalatı ve Yalıtımı

Sistem hava kanalları için 120 mm çapında PVC boru kullanılmıştır. Hava taşıyıcı borularda ısı kaybını en aza indirgemek için şekilde görüldüğü gibi cam yünü ile sarılarak üzerine özel yapıştırıcılı bez sarılarak 100 mm eninde siyah izole bant ile yalıtımı yapılmıştır (şekil 3.5). Şekil 3.6.'da deney odasındaki basma ve emme kanal ve menfezleri gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Hava kanalı yalıtımı



Şekil 3.6. Deney odasındaki basma ve emme kanal ve menfezleri

Hava emiş ve basıncını sağlamak için 570 W gücünde bir fan kullanılmış ve şekil 3.7.'deki gibi hava kanalı üzerine montajı yapılmıştır. Güneş ışınımının yeterli olmadığı günler için her ihtimallere karşı toplamda 2 kW' lık ek elektrikli ısıtıcı

tasarlanmış ve hava kanalı gibi ısı yalıtımı yapılmıştır (şekil 3.8). Hava fanının devri ve hız kontrolü, ana panoda kullanılan bir monofaze inverter yardımıyla sağlanmıştır. Ayrıca hava hızını kontrol etmek için kolektör girişi ve basma hattında hava kanalı içine kelebek damperler yapılmıştır.



Şekil 3.7. Hava fanı ve ek ısıtıcı



Şekil 3.8. Ek ısıtıcı imalatı

3.1.3. Toprak-Hava Isı Değiştiricinin İmalatı

Toprak altı ısısından faydalanmak için imalatı yapılan THID 3 mm et kalınlığında 120 mm çapında borudan imal edilmiştir. Şekil 3.9. a ve b'de görüldüğü gibi ikişer metre kesilerek $90^{o'}$ lik patent dirsekler kullanılarak serpantin yüzeye dönüştürülmüştür.



a)



b)

Şekil 3.9. Toprak-hava ısı değiştirici imalatı

Şekil 3.10.' da THID boru imalatı bittikten sonra yere 2 metre derinlikte çukur açılarak borular gömülmüş ve üzeri toprakla kapatılmıştır.



Şekil 3.10. Toprak-hava ısı değiştiricinin toprağa yerleştirilmesi

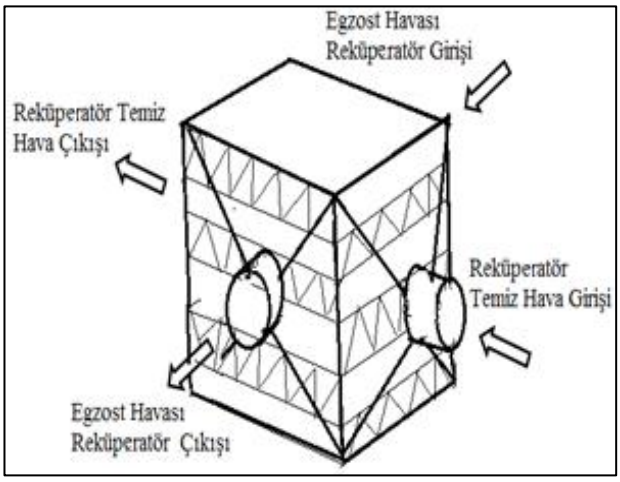
Toprakaltına gömülen THID boruları içine yağmur suyu girmemesi için hava emiş ucuna hem görsel olarak daha estetik olması açısından hem de dış ortamdan çekilen havadaki toz ve partikülleri temizlemesi için şekil 3.11.' de görüldüğü gibi filtre kafes imal edilmiş ve montajı yapılmıştır.



Şekil 3.11. Hava giriş ağzı ve filtresi

3.1.4. Reküperatör İmalatı

Isı geri kazanım cihazında 0.5 mm kalınlığında galvaniz sac kullanılmıştır. Şekil 3.12.'de şematik görünümü verilen reküperatörün kaset saclar trapez biçimde pres makinasında bükülerek çapraz olarak üst üste konularak kaynağı yapılmıştır (şekil 3.13).



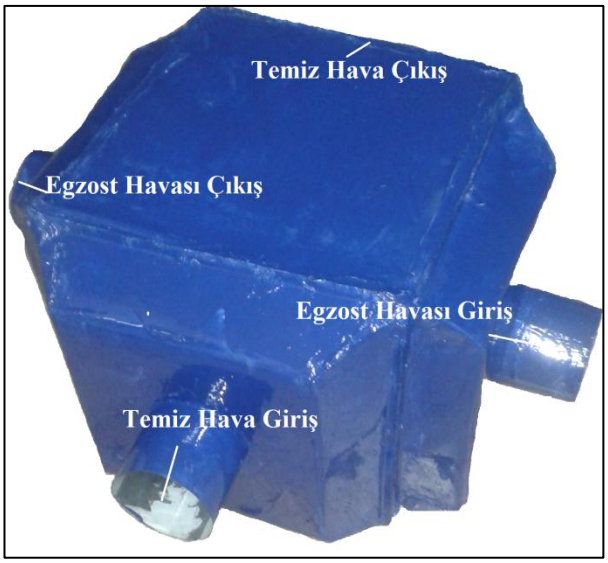
Şekil 3.12. Reküperatör şematik görünümü



a) b)

Şekil 3.13. Isı geri kazanım cihazı kaset imalatı

Alt ve üst kısmına ısı kaybını önlemek amacıyla 10 mm kalınlığında kauçuk malzeme ve hava geçiş kanallarında kenar hatlarda olası bir boşlukta temiz ve kirli havanın birbirine karışmaması için de silikon malzeme kullanılarak yalıtılan kasetler gövde içine alınmıştır.



Şekil 3.14. Isı geri kazanım cihazı (reküperatör)

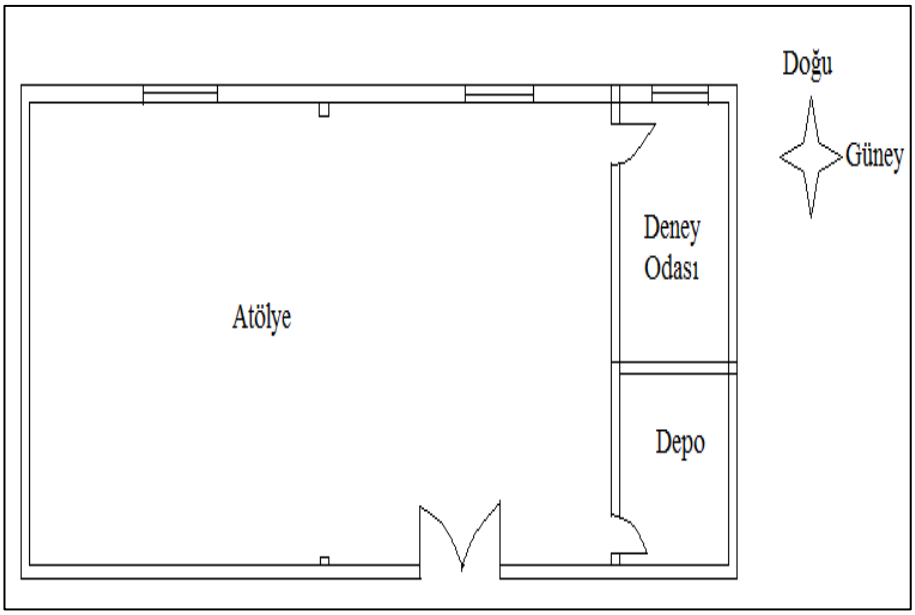
Hava kanallarına davlumbaz yapılarak reküperatör imalatı tamamlanmıştır. Şekil 3.14.' de imalatı yapılan ve yağmurlu hava da oksitlenmeye karşı dış yüzeyleri boyanmış ısı geri kazanımı cihazı görülmektedir

3.1.5. Isıtılan Mahal

Deneyin uygulanması için Adıyaman Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Uygulama atölyesinde iki katlı bir binanın zemin katında atölyelere bitişik nizam 18 m^2' lik bir oda hazırlanmıştır. Oda yüksekliği 3.5 m' dir. Doğu ve Güney cephesinde 30 cm kalınlığında tuğla duvar mevcuttur. İç kısmında 14 cm kalınlığında iç duvar, doğuya bakan yönde çift camlı PVC pencere ve atölye açılan PVC kapı mevcuttur. Şekil 3.15.' de deney odasına ait kroki görülmektedir.

Deney odasının teknik ölçüleri ile birlikte ısı kaybı hesap çizelgesi ekte sunulmuştur. Isı kaybı hesabı için Makine Mühendisleri Odasının TS825 standardına uygun tasarlanmış Isı Kaybı Hesap Programı kullanılmıştır.

Yapılan hesaplar neticesinde deney odasının ısı kaybı 2105 W/K bulunmuştur. Bu kayıpları karşılamak üzere toplam alanı 6.84 m^2 olan 4 adet güneş kollektörü tasarlanıp imalatı yapılmıştır.



Şekil 3.15. Deney odasının krokisi

3.2. Metod

Deneyler bütün sistem imalatı yapılıp, montajı bitirildikten sonra ölçüm aletlerinin temininin ardından 27.01.2014 tarihinden itibaren alınmaya başlanmıştır. Adıyaman iklim şartlarında kış mevsiminde 52^o eğime (enlem derecesi + 15^o) yerleştirilmiş ve kendi aralarında seri-paralel bağlanmış havalı güneş kollektörleri grubu, THID ve reküperatör giriş - çıkış sıcaklıkları, dış ve iç ortam sıcaklığı, toprak altında 2 metre derinlikte toprak sıcaklığı ölçülerek yapılmıştır. Sabah 08:00, akşam 17:00 saatleri arasında her saat başı alınmak üzere 21.03.2014 tarihine kadar ölçümler alınmıştır. Ayrıca sıcaklıkla birlikte iç ve dış ortamın bağıl nemi, deney odasının karbondioksit miktarı ölçülmüştür.

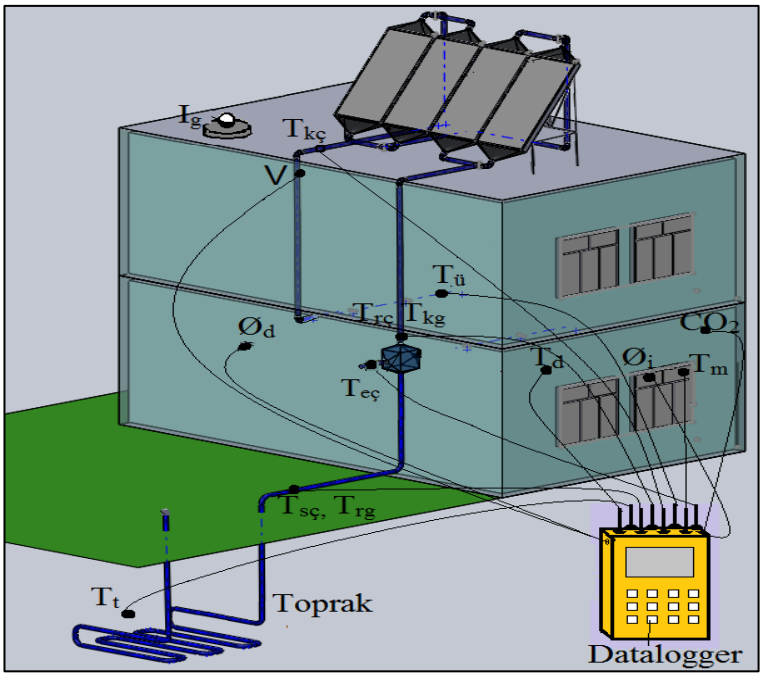
Deneyler değişik gün aralıklarında olmak üzere en iyi kolektör performansını tespit etmek amacıyla ortalama 7 m/s hava hızı olmak üzere 8 m/s, 7.9 m/s, 5.1 m/s, 5 m/s, 2.5 m/s ve 2.3 m /s hava hızlarında gündüz mesai saatlerinde (08:00-17:00) ölçümler alınmıştır. Ayrıca 7 m/s, 7.75 m/s, 7.8 m/s ve 7.85 m/s hızlarında gece saatlerinde de ölçümler alınmıştır. Gece ölçüm yapılmasındaki amaç, THID performansını güneş olmadığında gözlemekti.

3.2.1. Ölçümler

Deneysel çalışmada Şekil 3.16'de görüldüğü gibi 8 ayrı noktada sıcaklık ölçümü, iç ve dış ortam olmak üzere nem ölçümü, iç ortamda karbondioksit ölçümü hava basma kanalı ve üfleme kanalında hava hızı ölçümü yapılarak hava debisi hesaplanmıştır.

Deney odasının dış cephesinde gölgede 2 metre yükseklikte dış hava sıcaklığı (T_d) THID borularının gömülü olduğu 2 metre derinlikte toprak sıcaklığı (T_t), ölçülmüştür. THID çıkışı aynı zamanda reküperatör temiz hava girişi olduğu için THID çıkış sıcaklığı ($T_{sç}$), ve reküperatör temiz hava giriş sıcaklığı (T_{rg}), aynı noktadan ölçülmüştür. Reküperatör çıkışı ve kollektör grubu girişi aynı hat olduğundan reküperatör çıkış sıcaklığı ($T_{rç}$), ve kolektör giriş sıcaklığı (T_{kg}), aynı noktadan ölçülmüştür. Kollektör çıkışında kolektör çıkış sıcaklığı ($T_{kç}$), ölçülmüştür. Üfleme hattı üzerinde hava fanı ve ilave ısıtıcının olduğu, havanın hava kanalı ile çatı katından zemin kat deney odasına taşındığı göz önünde bulundurulduğunda sistem elemanlarının flanşlı bağlantı noktalarında yalıtım yetersizliği nedeniyle basma menfezi çıkışında üfleme sıcaklığı ($T_ü$) ve deney odasının ortam sıcaklığı (T_m), ölçülmüştür.

Ayrıca reküperatörün performansını ölçmek amacıyla reküperatörden çıkan egzos havasının sıcaklığı ($T_{eç}$), ölçülmüştür. Reküperatöre giren egzos havası sıcaklığı (T_{eg}), direk deney odasının havası reküperatöre girdiği için mahal sıcaklığına (T_m) eşit olduğu kabul edilmiştir. Basma hattı üzerinde kanal içindeki havanın hızı (V), ölçülmüştür. Ayrıca iç ve dış ortamın nem oranları sırayla $Ø_i$ ve $Ø_d$ ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Deney odası, atölye içinde ama bağımsız birim olduğu için odanın karbondioksit ölçümleri yapılarak dış havanın deney odasının havasını hangi oranlarda temizlediğini görmek amacıyla odanın karbondioksit oranı ölçülerek kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.16. Isıtma sisteminde ölçüm noktaları

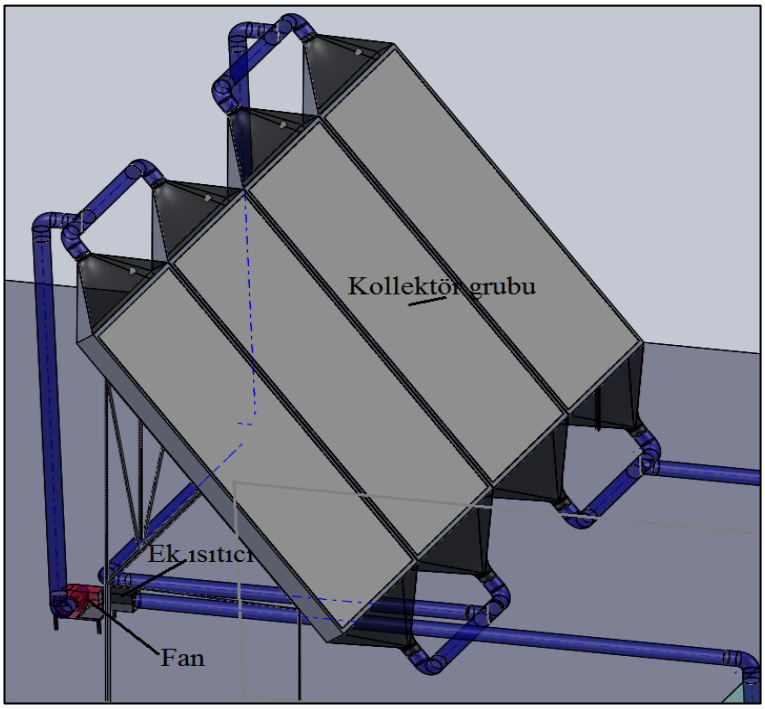
Bu ölçümlerin yanı sıra güneş ışınımı da deney süresi boyunca 1 dakika aralıklarla ölçülerek ışınım kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Şekil 3.17.'de Adıyaman iklim şartlarında kış mevsiminde 52^o eğime (enlem derecesi + 15^o) yerleştirilmiş güneş ışınım sensörü görülmektedir.



Şekil 3.17. 52^o eğimde kollektör grubu ve piranometre

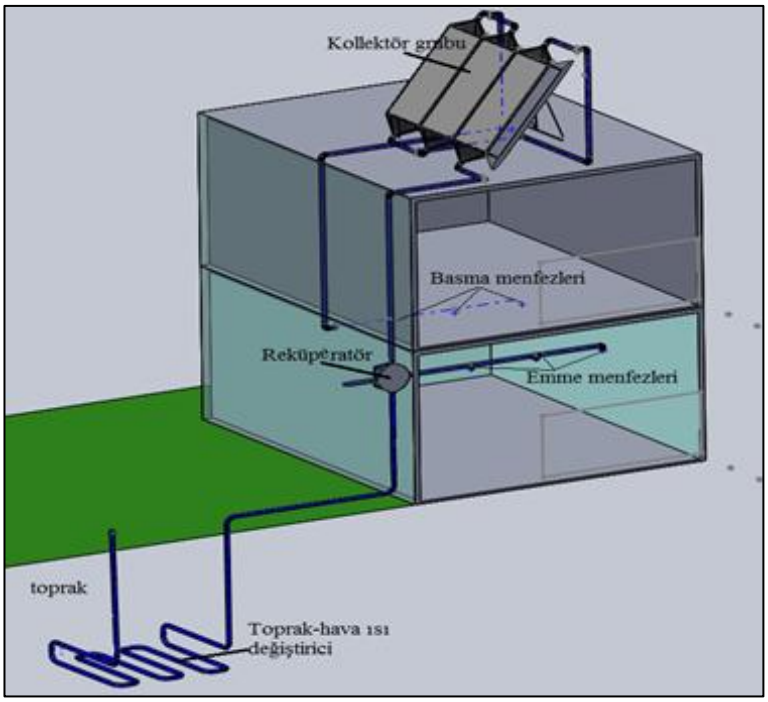
Şekil 3.18.'de kollektörün çıkışına bağlanarak kollektörden emiş yaptığı havayı deney odasına basmak için kullanılan fan mevcuttur. Kış şartlarının ağır geçmesi ve güneş ışınımının olmaması ihtimaline karşı ısıtma sistemine dahil edilen ilave ısıtıcı şematik olarak görülmektedir.

İlave ısıtıcı için toplamda 2000 Watt gücünde serpantin tipi elektrikli rezistans temin edilerek ilave ısıtıcı imalatı yapılmıştır.



Şekil 3.18. Hava fanı ve ek ısıtıcı bağlantısı şematik görünümü

Şekil 3.19.'de deney odasından bir kesit alınarak kolektör grubu, basma ve emme menfezleri, reküperatör, THID ve gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Deney odası kesit görünümü

3.2.2. Sistem Elemanlarının Verim ve Etkinlikleri

3.2.2.1. Kollektör Verimi

Havalı güneş kollektörün ısıl verimi aşağıdaki denklemler (3.1-3.6) ile hesaplanmıştır. Isıl verim kollektörden toplanan kullanılabilir enerjinin, aynı sürede kollektör yüzeyine dik olarak gelen güneş enerjisine oranı olarak tarif edilir.

$$\eta = \frac{Q_u}{I_g \,.\, A_k} \tag{3.1}$$

$$Q_u = \dot{m} \,.\, C_p \,.\, \Delta T_k \tag{3.2}$$

$$\Delta T_k = T_{kç} - T_{kg} \tag{3.3}$$

Burada;

η : Kollektör verimi

Q_u : Kollektörden alınan kullanılabilir enerji (Watt)

$\dot{m}$: Kollektörden geçen havanın kütlesel debisi (kg/s)

C_p : Havanın sabit basınçta özgül ısısı (22 ^oC için ≈1.005 kJ/kg ^oC alındı (Doğan, 2002).

I_g : Kollektör yüzeyine gelen ışınım miktarı (Watt/m^2)

A_k : Kollektör alanı (m^2)

ΔT_k : Kollektörden çıkan ve kollektöre giren havanın sıcaklık farkı (^oC)'dır

Eşitlik (3.2) ve eşitlik (3.3) ifadeleri dikkate alınarak kollektör verimini veren eşitlik (4.1) ifadesi aşağıdaki biçimde de yazılabilir.

$$\eta = \frac{\dot{m} . Cp . (T_{kç} - T_{kg})}{I_g . A_k} \qquad (3.4)$$

Burada $T_ç$ havanın kollektörden çıkış sıcaklığı, T_g havanın kollektöre giriş sıcaklığı, A_k ise toplam kollektör yüzey alanını göstermektedir. Deneylerde kullanılan her bir havalı kollektörün (1.9 m×0.9 m) yüzey alanı 1.71 m^2 olup 4 adet aynı tip kolektör imalatı yapılıp kullanıldığından toplam kolektör yüzey alanı 6.84 m^2'dir. Kütlesel debi;

$$\dot{m} = \rho . V . A_ç \qquad (3.5)$$

ile hesaplanır. Burada;

ρ : Havanın yoğunluğu (22 ^oC için ≈1.2 kg/m^3) (Doğan, 2002).

V : Hava akış hızı (V=7, 8, 7.9, 5.1, 5, 2.5 ve 2.3 m /s için deneyler yapılmıştır)

$A_ç$: Havanın kollektör çıkış kesit alanıdır. Hazırlanan ısıtma sisteminde hava kanalı olarak d= 0.13 m çapında PVC boru kullanılmıştır.

$$A_ç = \frac{\pi . d^2}{4} \qquad (3.6)$$

(3.6) eşitliği kullanılarak havanın kollektör çıkış kesit alanı 0.01326 m^2 olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.2. Toprak-Hava Isı Değiştirici Etkinliği

THID etkinliği (3.7) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$\varepsilon_s = \frac{T_{sç} - T_d}{T_t - T_d} \quad (3.7)$$

Burada;

ε_s : Toprak-hava ısı değiştirici etkinliği (%)
T_d : Dış hava sıcaklığı (^oC)
T_t : 2 metre derinlikteki toprak sıcaklığı (^oC)
$T_{sç}$: Toprak-hava ısı değiştirici çıkış sıcaklığı (^oC)'dır.

THID etkinliği, THID'den çıkan temiz hava ile THID'e giren dış ortam temiz havası arasındaki sıcaklık farkının, toprak ile THID'e giren temiz havanın sıcaklıklarının farkına oranı şeklinde tanımlanmıştır.

3.2.2.3. Reküperatör Etkinliği

Reküperatör etkinliği (3.8) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$\varepsilon_r = \frac{T_{rç} - T_{rg}}{T_{eg} - T_{rg}} \quad (3.8)$$

Burada;

ε_r : Reküperatör etkinliği (%)
T_{rg} : Reküperatör giriş sıcaklığı (^oC)
$T_{rç}$: Reküperatör çıkış sıcaklığı (^oC)

T_{eg} : Egzost havası reküperatör giriş sıcaklığı (^oC)' dır.

Reküperatör etkinliği, Reküperatörden çıkan temiz hava ile giren temiz hava arasındaki sıcaklık farkının, reküperatöre giren temiz hava ile deney odasından atılan ve reküperatöre giren egzos havasının sıcaklıklarının farkına oranı şeklinde tanımlanmıştır.

3.2.2.4. Isıtma Sisteminin Performans Katsayısı

Isıtma sisteminin performans katsayısı (3.9) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$COP_{oda} = \frac{Q_{oda}}{W_{fan}} \quad (3.9)$$

Deney odasına verilen güç ise (3.10) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$Q_{oda} = \dot{m}_{oda} \cdot C_p \cdot \Delta T_{oda} \quad (3.10)$$

$$\Delta T_{oda} = T_{ü} - T_e \quad (3.11)$$

Burada;

COP_{oda} : Isıtma sisteminin performans katsayısı
Q_{oda} : Deney odasına verilen güç (Watt)
W : Isınma sistemi için harcanan toplam güç (Watt)
W_{fan} : Fan gücü (Watt)
$\dot{m}_{oda}$: Deney odasına verilen havanın kütlesel debisi (kg/s)
ΔT_{oda} : Deney odasına üflenen ve odadan atılan egzos havasının sıcaklık farkı (^oC)' dır.

3.2.2.5. Geri Ödeme Süresi

Geri ödeme süresi herhangi bir enerji dönüşüm sisteminde, yatırım yaparken verilecek ekonomik karar, yapılacak ilk yatırımın sistemin ekonomik ömrü boyunca kaç yılda geri döneceği esasına dayanır. Geri ödeme süresi, bir projenin kendi toplam yatırımını ödemesi için kaç yıllık süre için net karını biriktirmesi gerektiğini ifade eder. Geri ödeme süresi ne kadar kısaysa, yatırım da o kadar cazip olacaktır (Kuzgunkaya, 2006).

Geri ödeme periyodunun en genel tanımı, güneş enerjisi sistemindeki ilk yatırım masraflarının toplamına eşit olacak kümülatif yakıt tasarrufları için gerekli zaman miktarıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

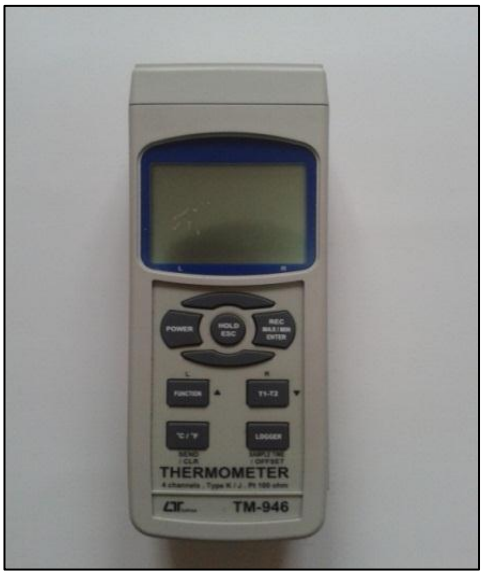
$$X_t = \frac{I_s}{F_s} \qquad (3.14)$$

Burada X_t geri ödeme periyodu, I_s ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyeti, F_s alternatif sistemlerden farklı olarak sağlanan tasarruftur.

3.2.3. Ölçüm Aletleri

3.2.3.1. Dijital Termometre ve Sıcaklık Dataloggeri

Sıcaklık ölçümlerinde şekil 3.20' de görüldüğü gibi Lutron marka TM 946 (4 kanallı) 2 adet dijital termometre ve termometre ile uyumlu çalışan K tipi termocouple kullanılmıştır. Aynı anda 4 kanaldan okuma yaptığı için 8 noktadan aynı anda ölçüm almak amacıyla iki adet dijital termometre kullanılmıştır. K tipi termocouple kullanılarak bu cihazla 0.1 ºC çözünürlükte -100 ile 1300 ºC arasında ölçüm yapılabilmektedir. Ayrıca veri kaydı için 1 ile 3600 saniye zaman aralığında ölçümler alabilen Lutron BTM 4208 SD model datalogger kullanılmıştır (şekil 3.21).



Şekil 3.20. Dijital Termometre



Şekil 3.21. Sıcaklık Dataloggeri

3.2.3.2. Piranometre

Güneş ışınım şiddetini ölçmek için Eko marka MS 410 tipi ışınım sensörü ve veri kaydı için Hioki marka LR 5741 Datalogger kullanılmıştır. Şekil 3.22.' de ışınım sensörü ve veri kayıt cihazı görülmektedir.



Şekil 3.22. Piranometre

3.2.3.3. Sıcaklık ve Nem Ölçer

İç ve dış ortamın nem oranını ölçmek için şekil 3.23' deki Lutron marka HT 3006 HA tipi nem ölçer kullanılmıştır. 0 ~ 50 ºC aralığında Nem Ölçüm Probu ile 0.1 RH hassasiyette %10 ~ % 95 RH aralığında nem ölçümü yapabilmektedir. Aynı zamanda K tipi termocouple kullanılarak sıcaklık ölçümü de yapabilmektedir.



Şekil 3.23. Sıcaklık – nemölçer

3.2.3.4. Anemometre (Hız Ölçer)

Menfez üfleme noktasında hava hızının ölçmek için Ekstech AN 200 model pervane tipi hız ölçer kullanılmıştır (şekil 3.24). Kablolu pervane probuyla 0.1 çözünürlükte 0.40 - 30 m/s hava hızına kadar hızları ölçebilmektedir.



Şekil 3.24. Anemometre

3.2.3.5. Karbondioksit Ölçer

Ortamın karbondioksit miktarını ölçmek için şekil 3.25.' de görülen E-E Elektronik firması tarafından üretilen EE80 duvar tipi cihazda; CO_2, bağıl nem (RH) ve sıcaklık (T) ölçümü transmitteri mevcuttur. Cihaz +/-50 ppm karbondioksit, +/-% 3 bağıl nem ve +/- 0.3 °C sıcaklık hassasiyetine sahiptir.



Şekil 3.25. Karbondioksit ölçer

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Ocak-Mart ayları arasında alınan ölçüm değerlerini analiz etmek için belirli günler seçilmiştir. Bu amaçla rastgele seçim yerine aşağıdaki yöntem takip edilmiştir. Ay (31 gün) kartillere (çeyreklere) ayrılarak her kartildeki orta gündeki sıcaklıklar tipik veriler olarak alınmıştır. 1. kartilden ayın 4. günü, 2. kartilden ayın 12. günü, 3. kartilden ayın 20. günü ve 4. kartilden ayın 28. gününün ölçümleri ısıl özellikleri açısından istatistiksel olarak incelenmiştir. İstatistiksel inceleme için dataloggerden alınan sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.1.-4.5.'de ölçülen ve hesaplanan parametrelere ait istatistiksel veriler mevcuttur. Ölçülen parametrelerle ait minimum, maksimum ve ortalama ile standart sapma değerleri ile birlikte kollektör verimi, THID ve reküperatör etkinliği ile sistemin mahal üzerindeki performansına ait istatistikler hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Ölçülen parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama ile standart sapma değerleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
T_d (^oC)	3.6	24.3	14.1	3.9
T_t (^oC)	15.1	16.4	15.9	0.4
$T_{sç} = T_{rg}$ (^oC)	6.3	22.2	14.8	2.8
$T_{rç} = T_{kg}$ (^oC)	6.8	24.4	**17.2**	3.5
$T_{kç}$ (^oC)	9.2	65.6	**37.2**	15.8
$T_ü$ (^oC)	4.2	49.2	28.7	11.5
T_m (^oC)	12.3	31.2	21.4	3.3
T_e (^oC)	10.0	27.4	20.0	3.5
V (m/s)	2.0	8.2	6.9	1.9
I_g (Watt/m^2)	0.2	1179	524	333
$Ø_d$ (%)	19.2	96.5	50.2	20
$Ø_i$ (%)	12.2	94.3	38.1	15.3
CO_2 (ppm)	290	710	385	54.4

Çizelge 4.2. Hesaplanan parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama ile standart sapma değerleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
η (%)	5.6	97.6	61.0	22.3
$Ɛ_s$ (%)	2	98	29	21
$Ɛ_r$ (%)	2	93	**34**	19
COP_{oda}	0.1	9.7	3.4	2.2

Çizelge 4.3. Ölçülen parametrelerin aylık ve mevsimlik ortalama değerleri

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Mevsimlik
T_d (^oC)	11.7	13.3	**15.8**	14.1
T_t (^oC)	16.0	16.1	15.5	15.9
$T_{sç} = T_{rg}$ (^oC)	13.1	14.5	15.7	14.8
$T_{rç} = T_{kg}$ (^oC)	15.3	17.5	17.4	17.2
$T_{kç}$ (^oC)	27.2	40.5	36.2	37.2
$T_ü$ (^oC)	23.1	30.8	27.6	28.7
T_m (^oC)	20.4	21.8	21.3	21.4
T_e (^oC)	18.5	20.4	20.0	20.0
V (m/s)	7.9	5.9	7.8	6.9
I_g (Watt/m^2)	322	609	480	524
$Ø_d$ (%)	69.4	41.9	75.9	50.2
$Ø_i$ (%)	53.3	31.8	41.4	38.1
CO_2 (ppm)	444	395	353	385

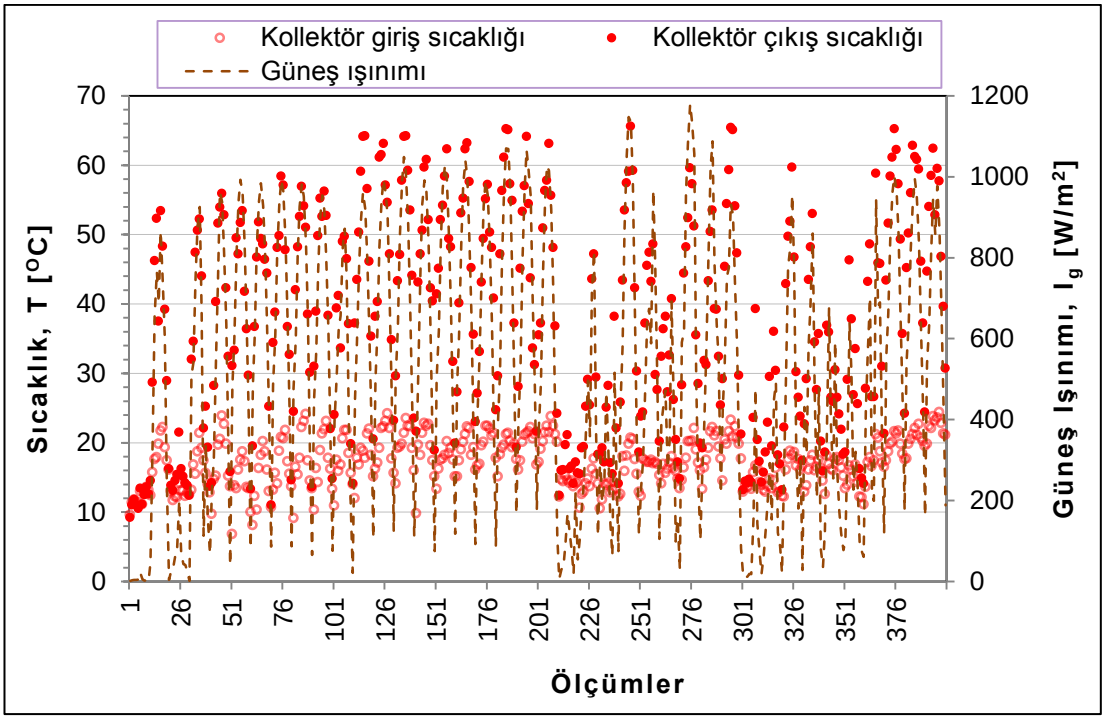
Çizelge 4.4. Hesaplanan parametrelerin aylık ve mevsimlik ortalama değerleri

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Mevsimlik
η (%)	69.3	50.5	72.7	61.0
$Ɛ_s$ (%)	31.2	35.2	19.8	29.0
$Ɛ_r$ (%)	26.6	39.9	29.8	34.5
COP_{oda}	2.9	4.1	2.5	3.4

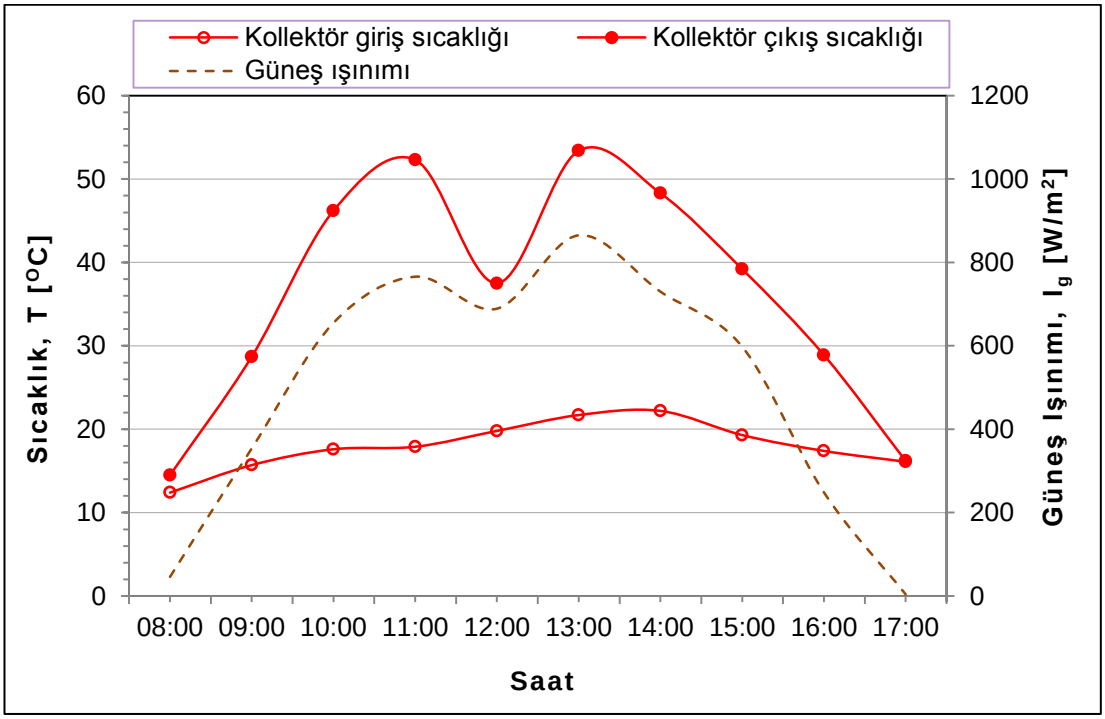
Çizelge 4.5. Kollektör verimi, THID etkinliği, reküperatör etkinliği ve oda COP değerinin günlük ortalama değişimi

Tarih	η (%)	$Ɛ_s$ (%)	$Ɛ_r$ (%)	COP_{oda}
28.01.2014	69.0	31.7	36.2	3.0
04.02.2014	60.0	46.1	34.1	3.1
12.02.2014	49.9	30.9	55.9	4.2
20.02.2014	21.4	18.7	34.0	5.9
28.02.2014	72.4	45.0	30.2	3.6
04.03.2014	70.4	29.8	27.1	1.7
12.03.2014	72.9	11.2	33.9	2.6
20.03.2014	76.7	13.5	30.1	3.8

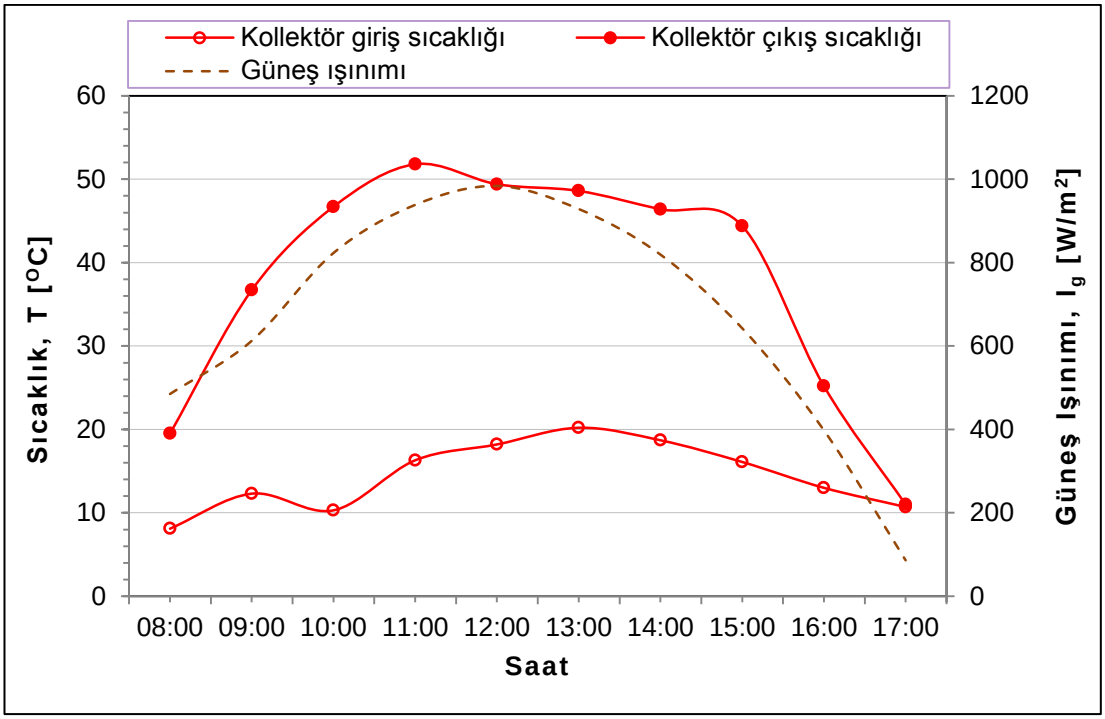
Şekil 4.1.'de 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör giriş- çıkış sıcaklığının ve güneş ışınımının değişimi yer almaktadır. Şekil 4.2.-4.9.' da farklı günlerde, değişik hava hızı ve hava debileri için kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ile güneş ışınımının zamanla değişimi görülmektedir. Şekillerden kollektör giriş sıcaklığı ve gelen güneş ışınımındaki dalgalanmanın kolektör çıkış sıcaklığını etkilediği görülmektedir.



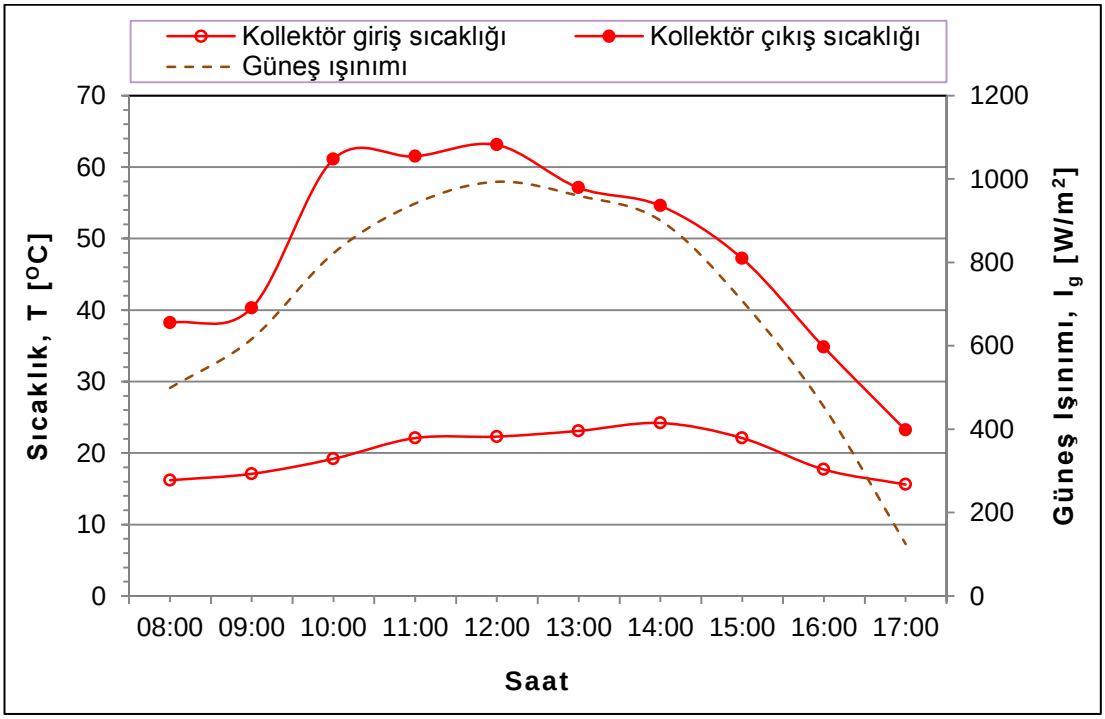
Şekil 4.1. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)



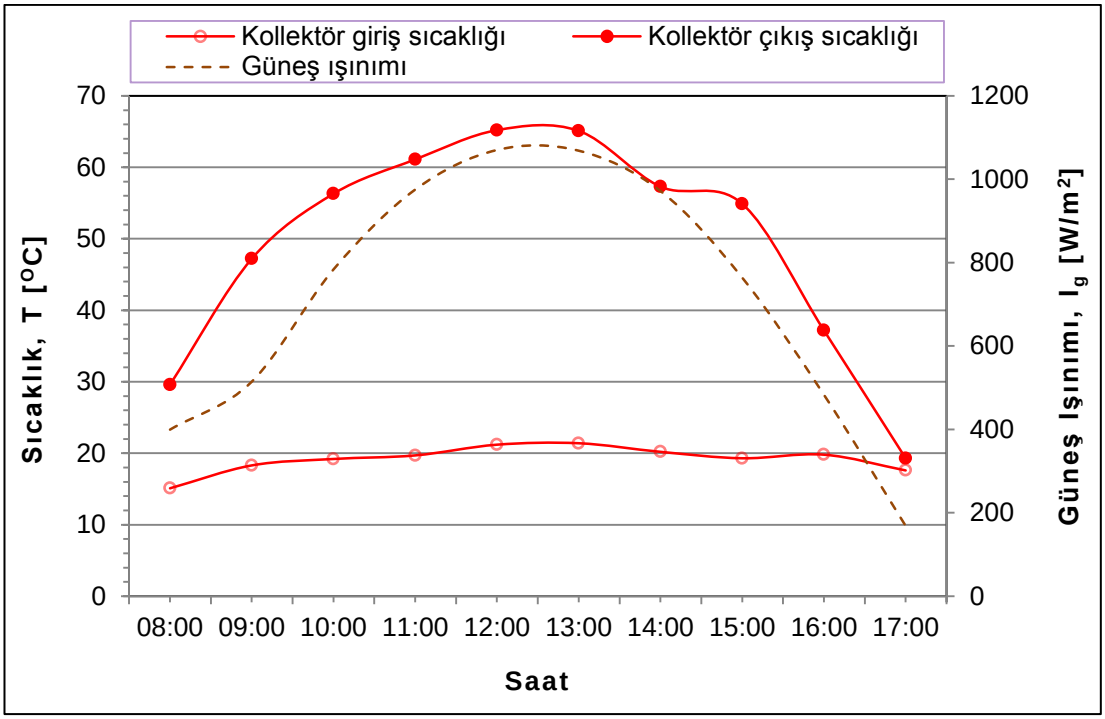
Şekil 4.2. 28 Ocak 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için)



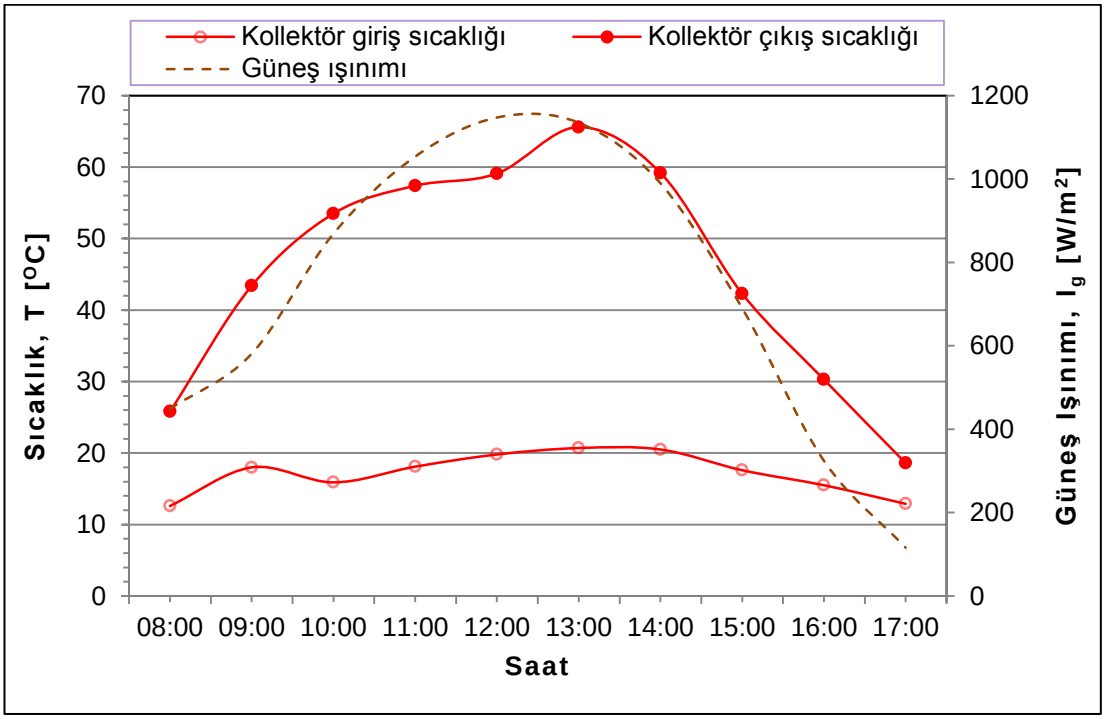
Şekil 4.3. 04 Şubat 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)



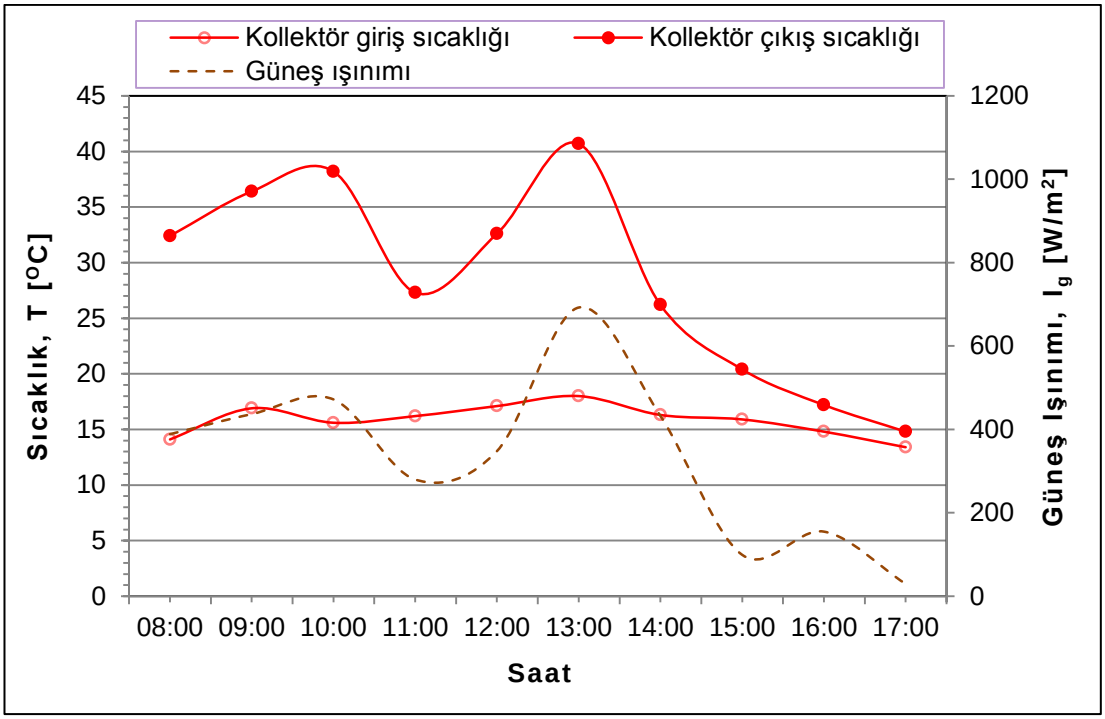
Şekil 4.4. 12 Şubat 2014 günü giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)



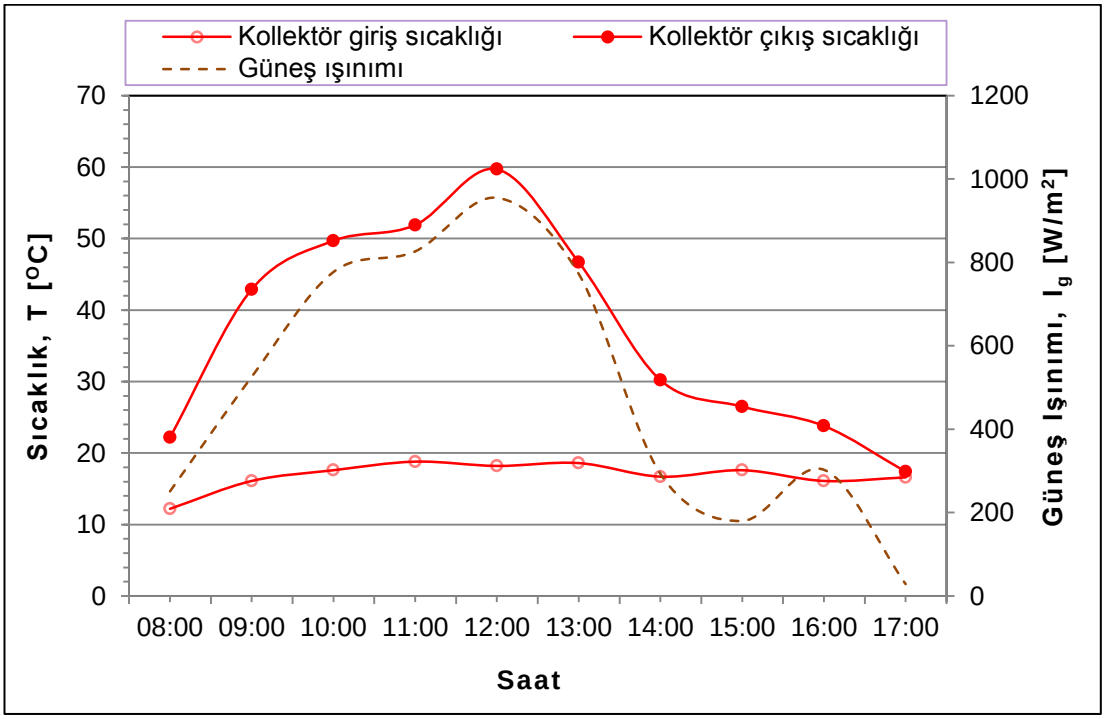
Şekil 4.5. 20 Şubat 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)



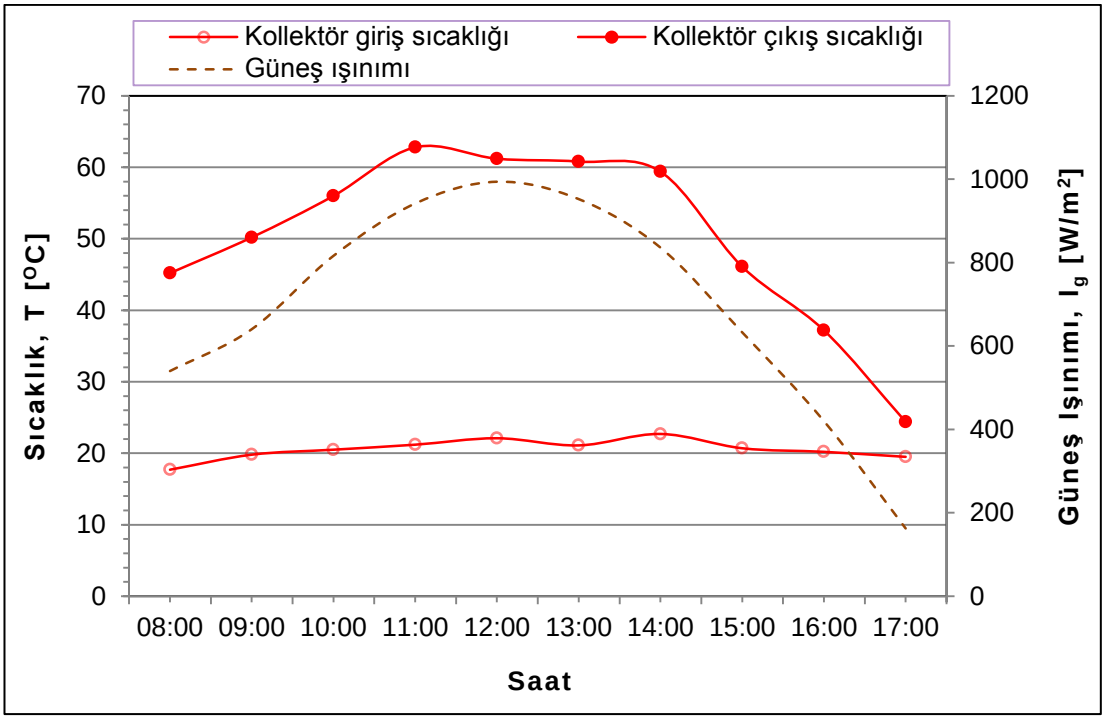
Şekil 4.6. 28 Şubat 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)



Şekil 4.7. 04 Mart 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

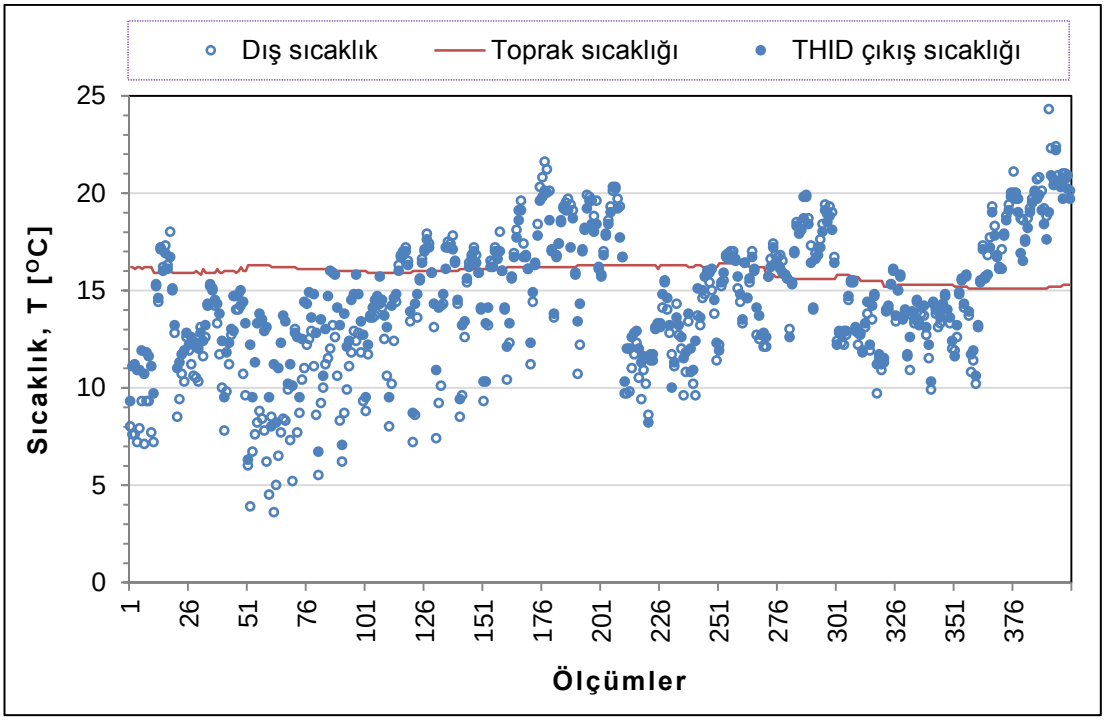


Şekil 4.8. 12 Mart 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

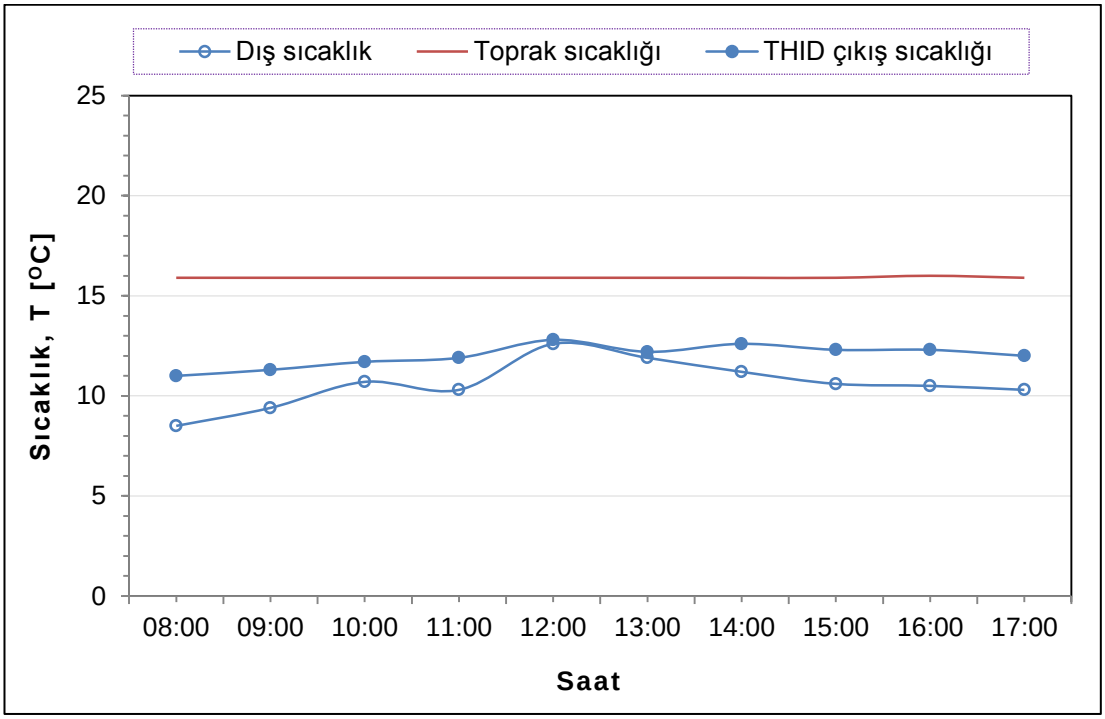


Şekil 4.9. 20 Mart 2014 günü kollektör giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

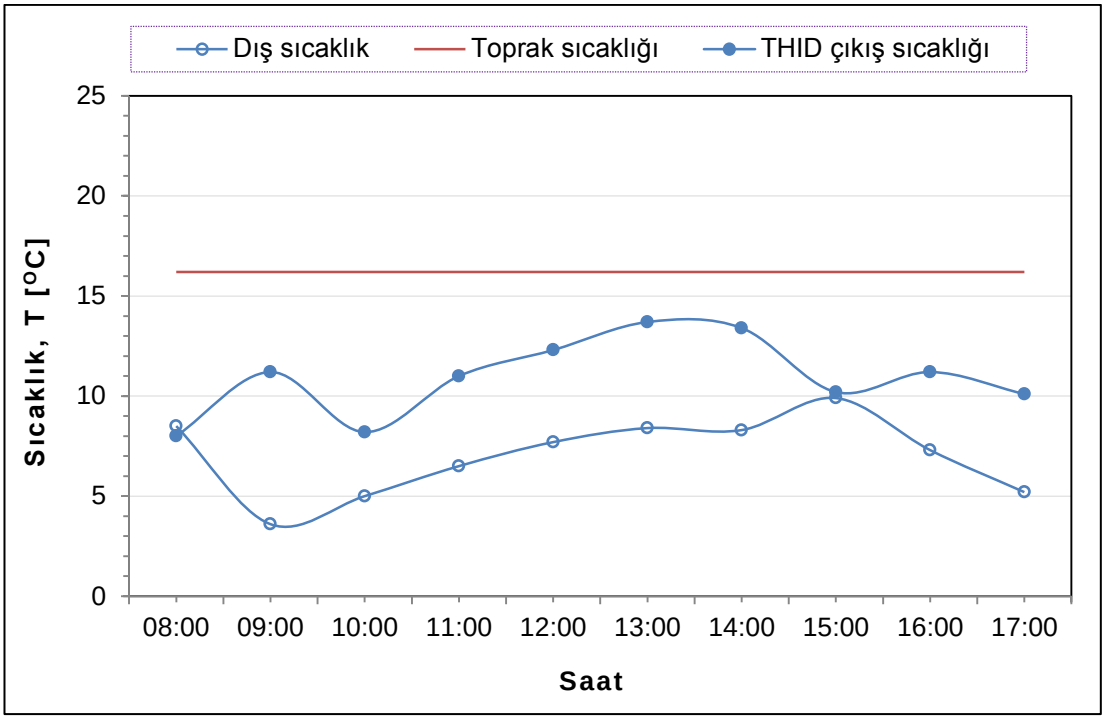
Şekil 4.10.'da 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının değişimi yer almaktadır. Şekil 4.11.-4.18.' de farklı günlerde, değişik hava hızı ve hava debileri için dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi görülmektedir. Şekillerden dış sıcaklığın toprak sıcaklığından düşük olduğu durumlarda THID'in iyi performans gösterdiği gözlenmiştir. Dış hava sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda toprak ısısı alınamamıştır.



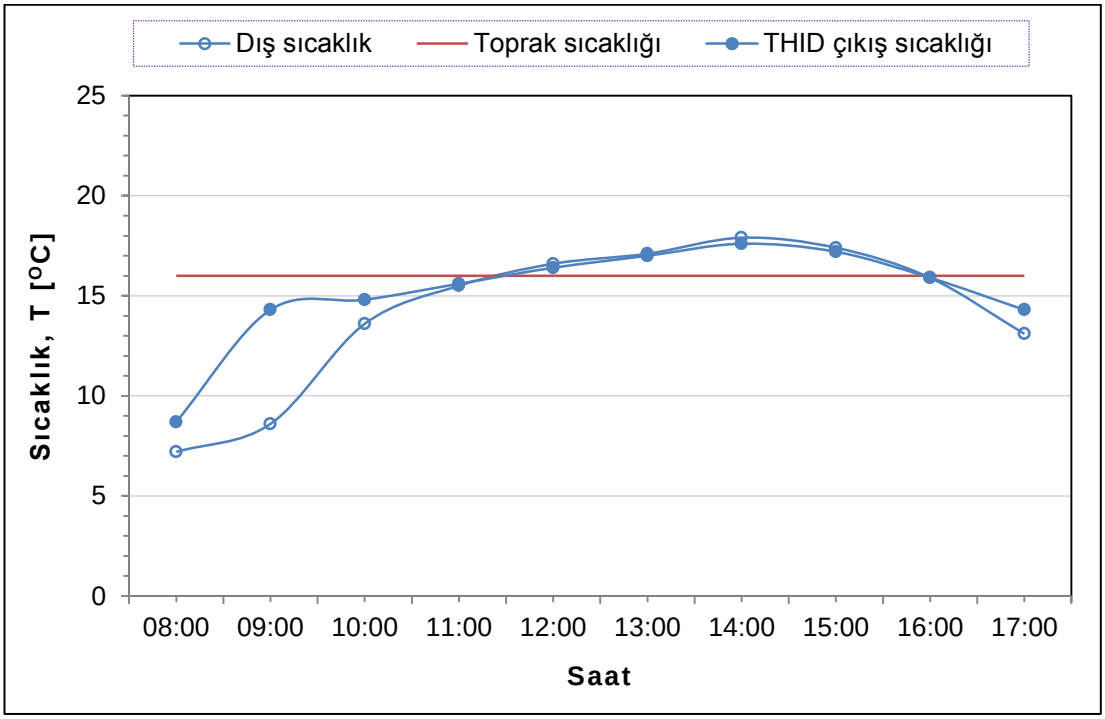
Şekil 4.10. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)



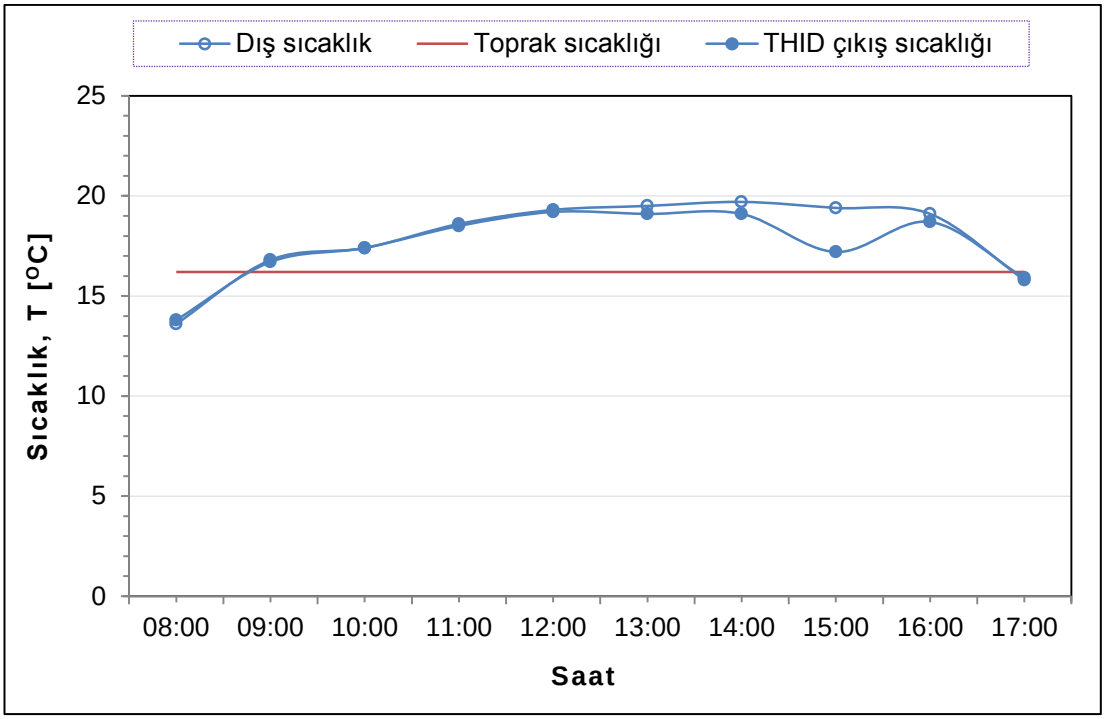
Şekil 4.11. 28 Ocak 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için)



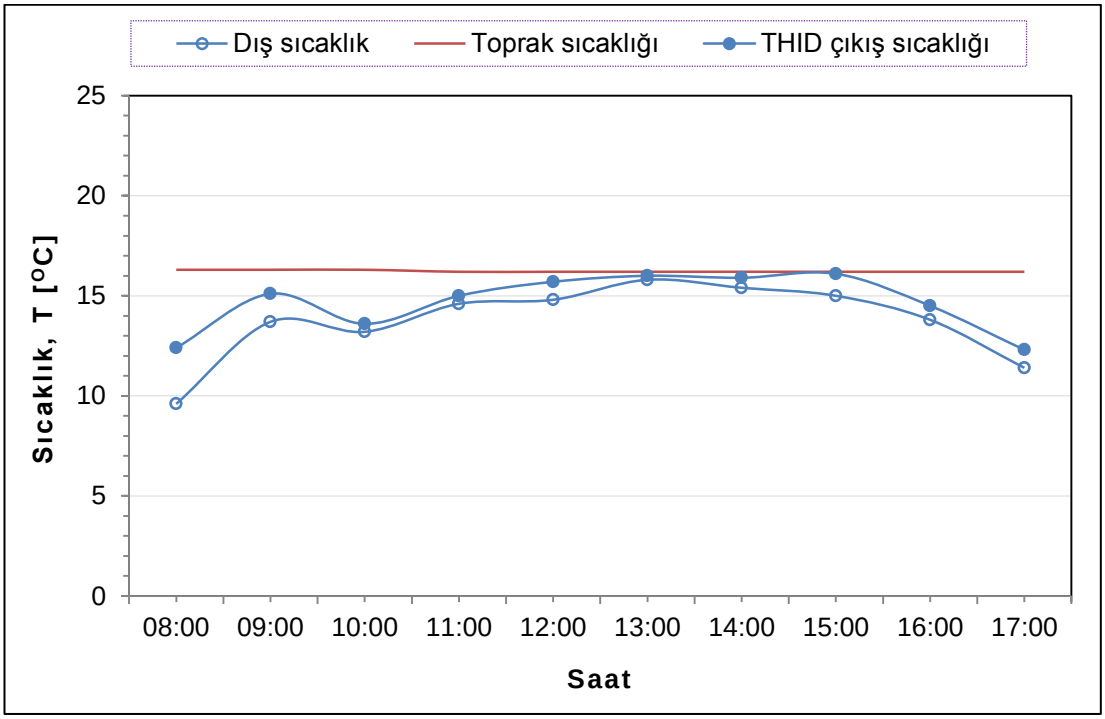
Şekil 4.12. 04 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)



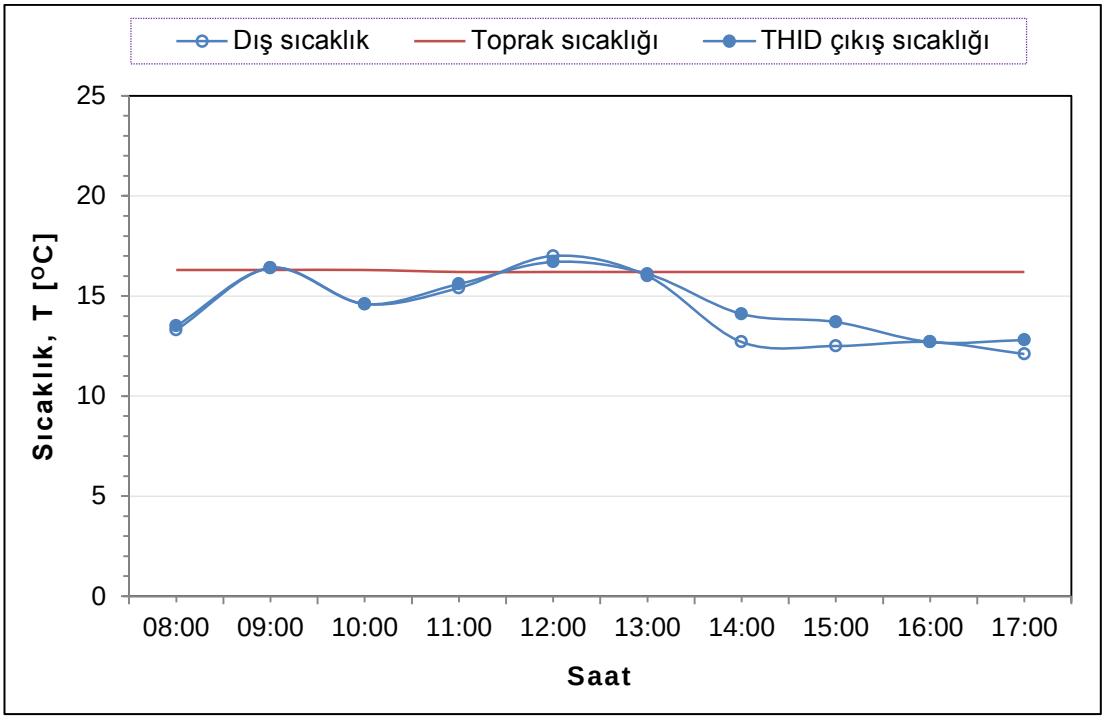
Şekil 4.13. 12 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)



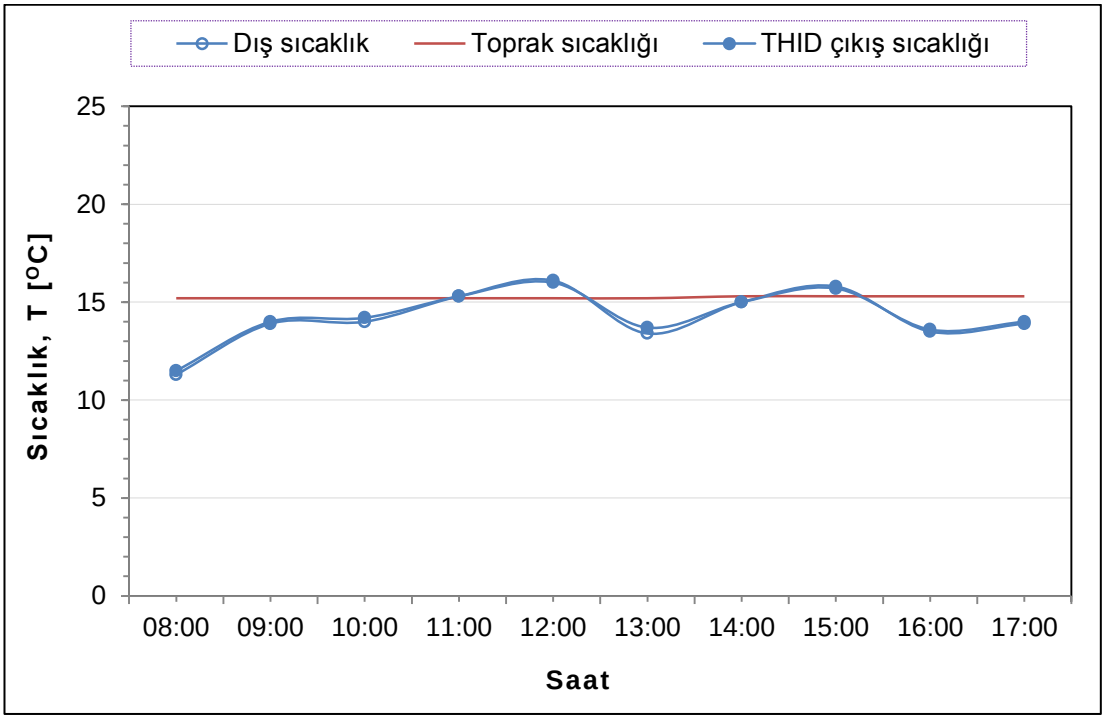
Şekil 4.14. 20 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)



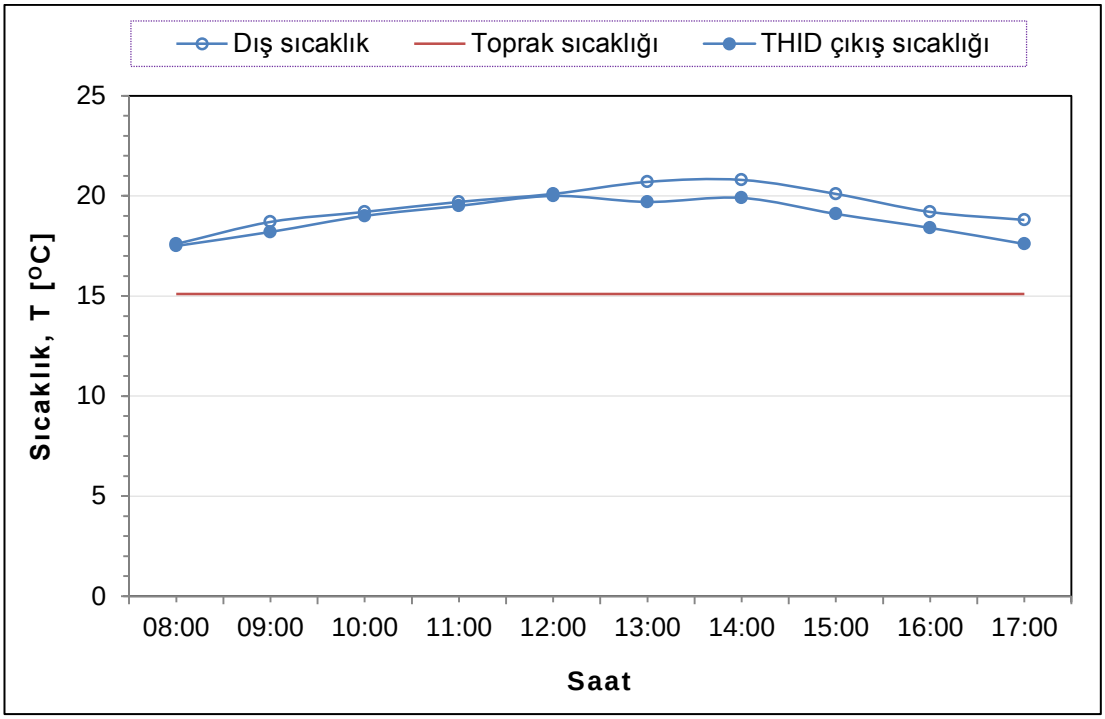
Şekil 4.15. 28 Şubat 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)



Şekil 4.16. 04 Mart 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

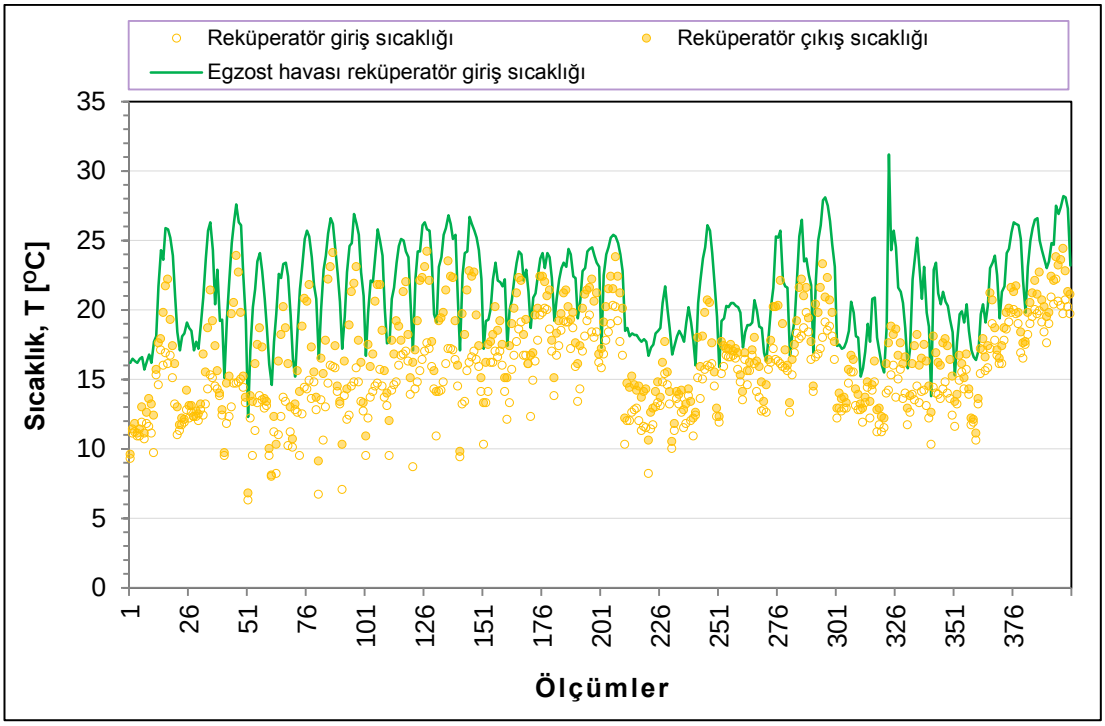


Şekil 4.17. 12 Mart 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

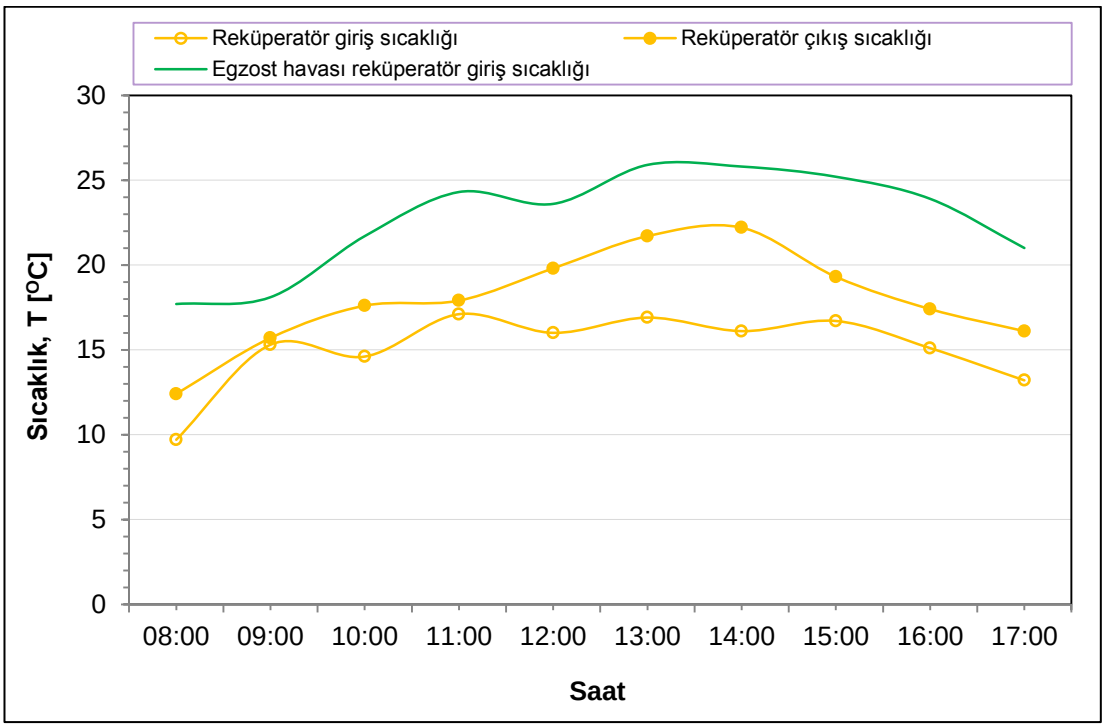


Şekil 4.18. 20 Mart 2014 günü dış sıcaklık, toprak sıcaklığı ve THID çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

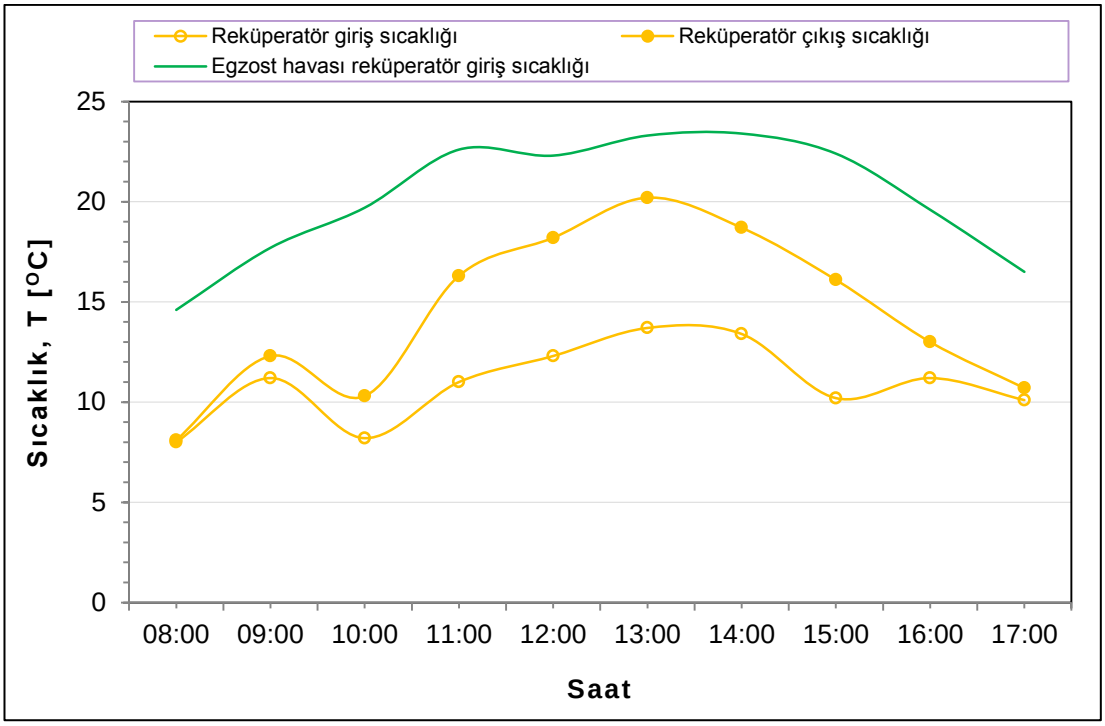
Şekil 4.19.'da 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör giriş sıcaklığı, reküperatör çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının değişimi yer almaktadır. Şekil 4.20.-4.27.'de farklı günlerde, değişik hava hızı ve hava debileri için reküperatör giriş sıcaklığı, reküperatör çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi görülmektedir. Şekillerden reküperatörün atık havanın enerjisini sistem havasına verdiği görülmektedir.



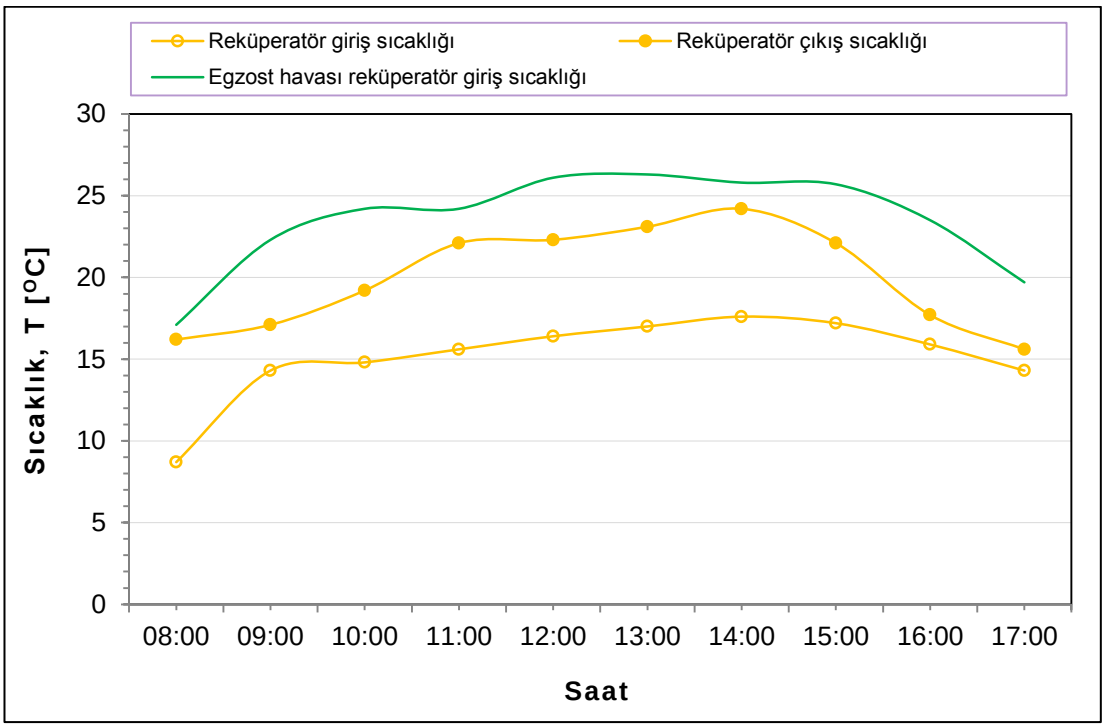
Şekil 4.19. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)



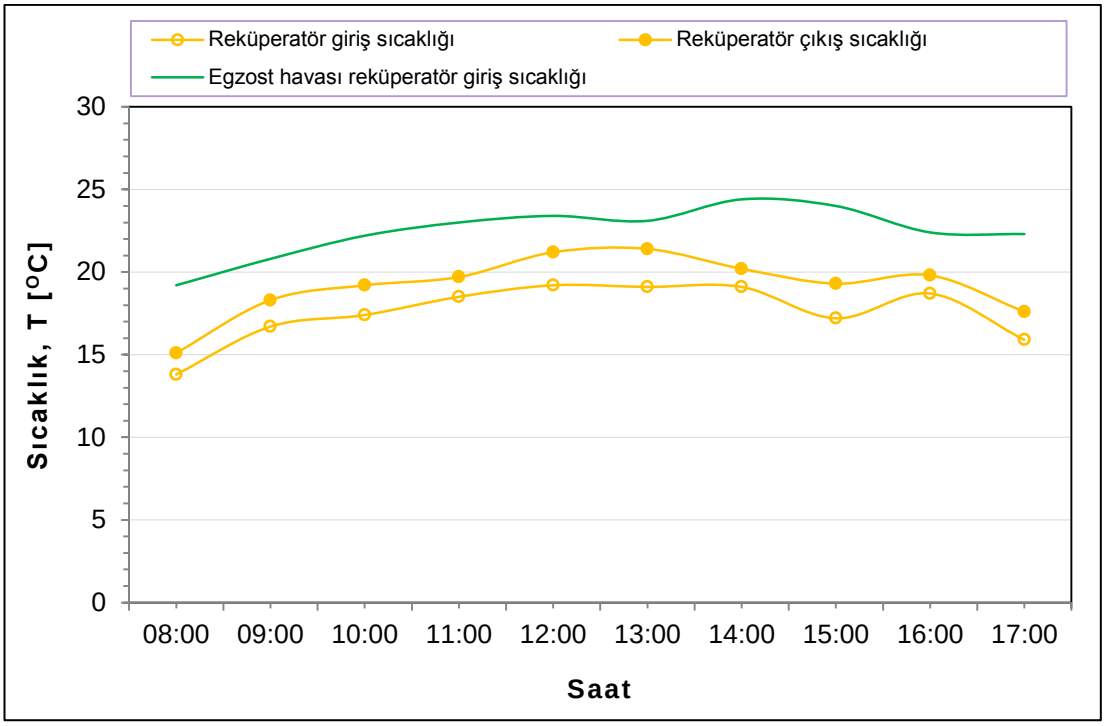
Şekil 4.20. 28 Ocak 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için)



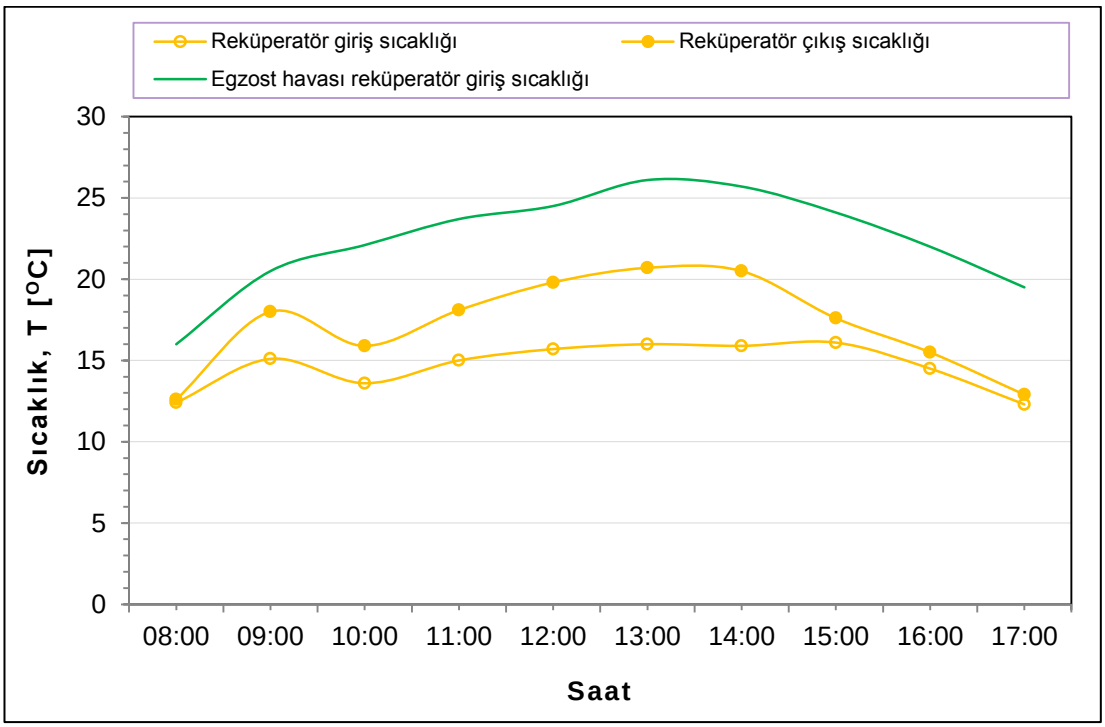
Şekil 4.21. 04 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)



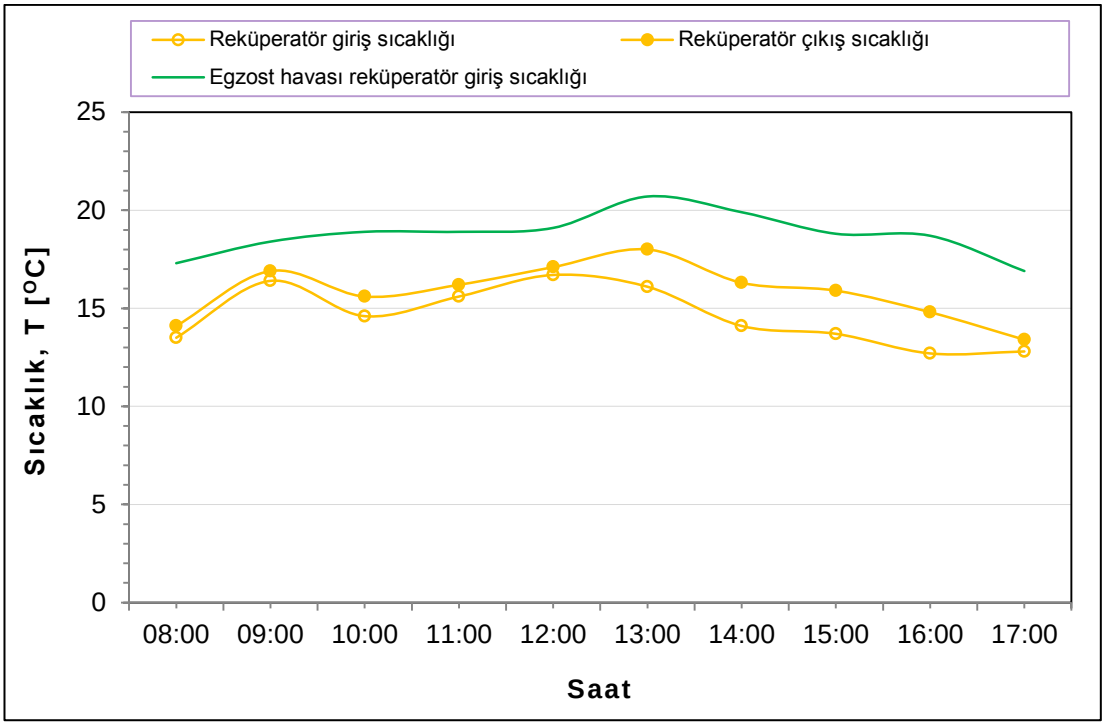
Şekil 4.22. 12 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)



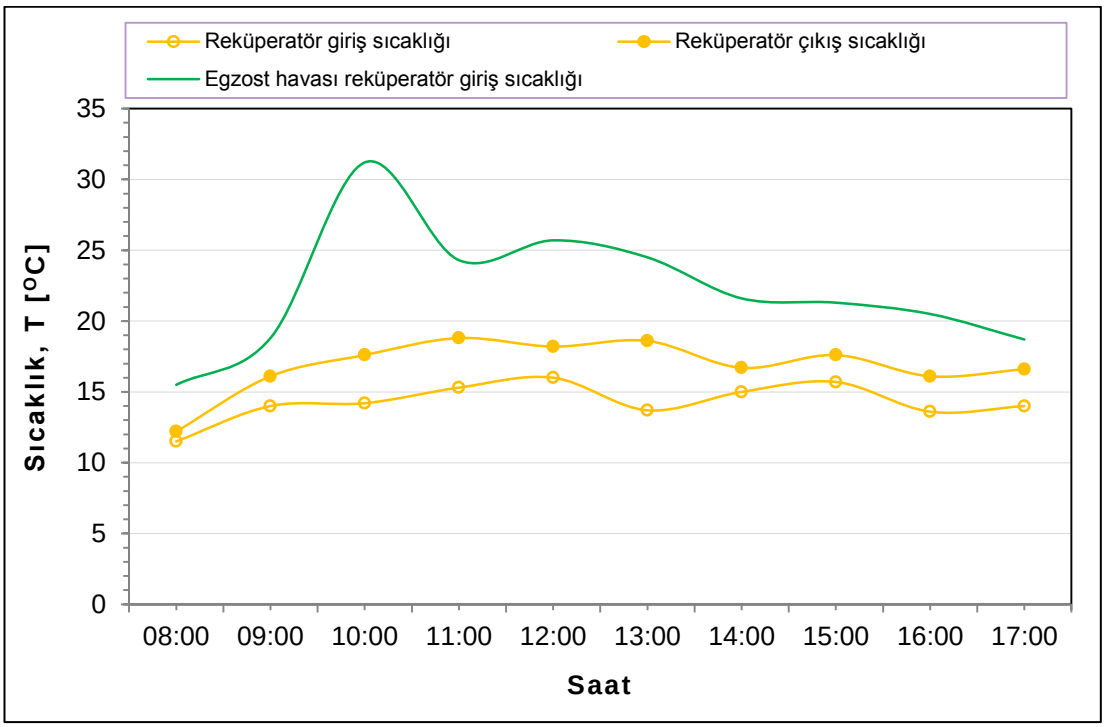
Şekil 4.23. 20 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)



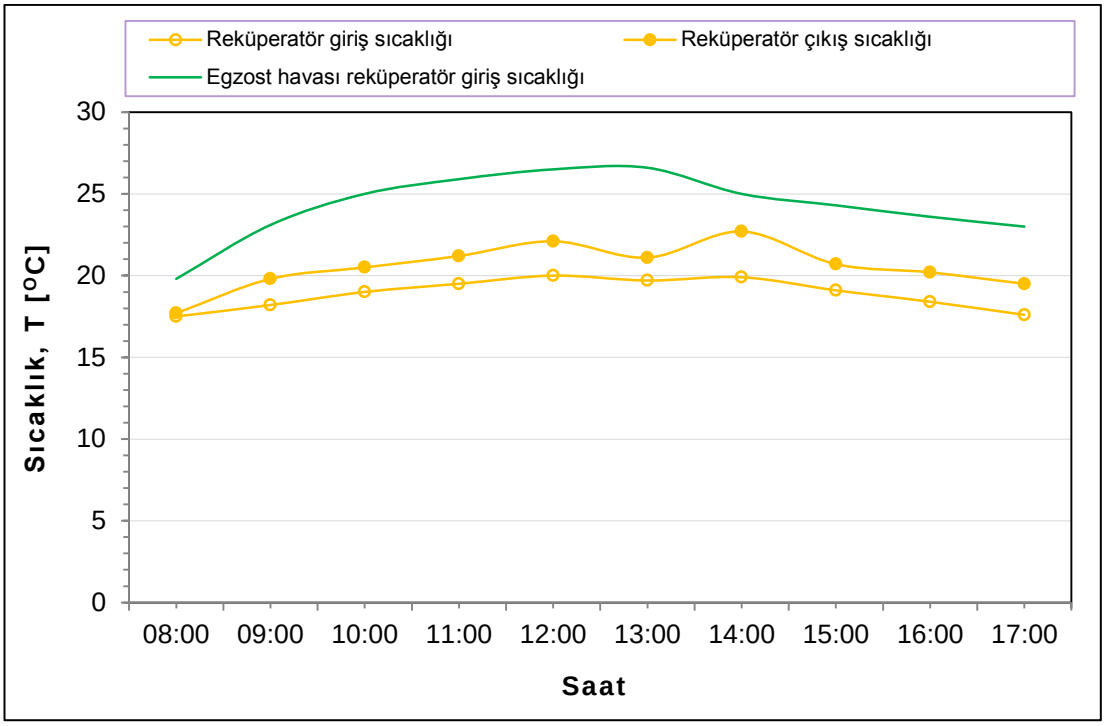
Şekil 4.24. 28 Şubat 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)



Şekil 4.25. 04 Mart 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

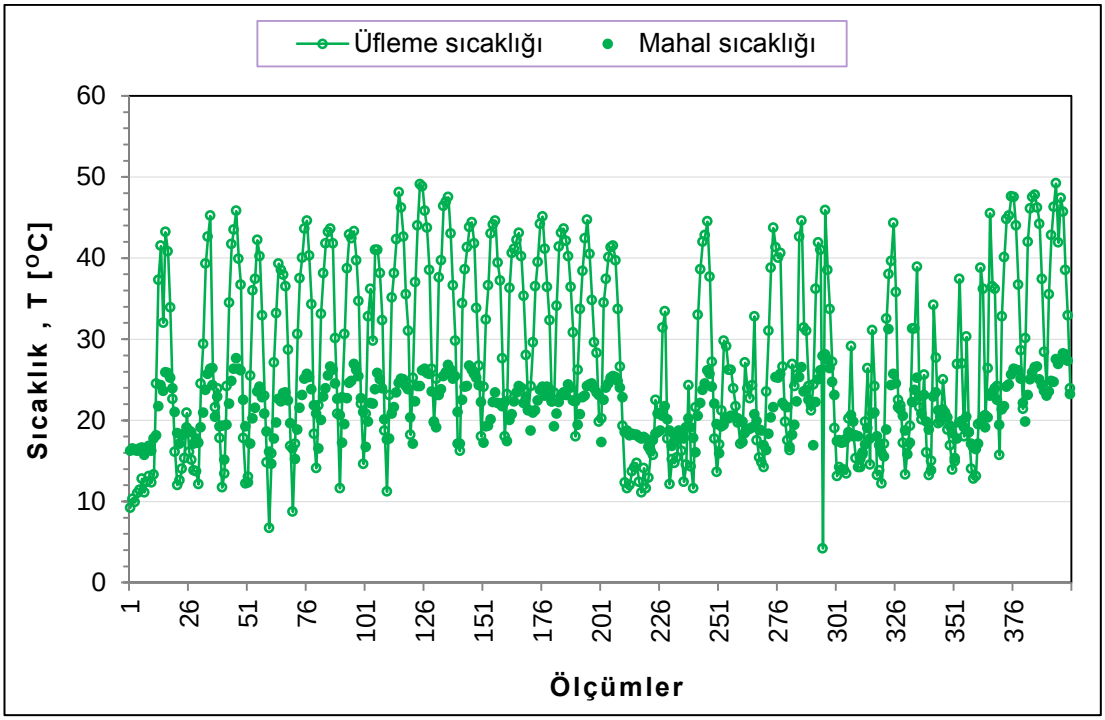


Şekil 4.26. 12 Mart 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

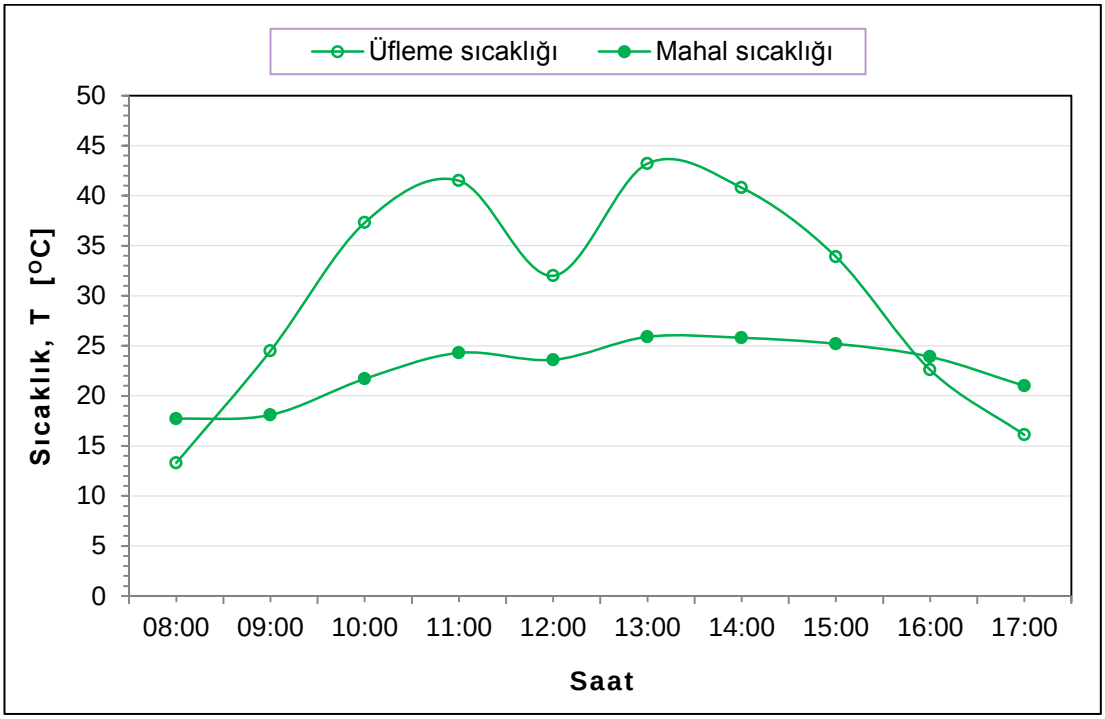


Şekil 4.27. 20 Mart 2014 günü reküperatör giriş - çıkış sıcaklığı ve egzost havası sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

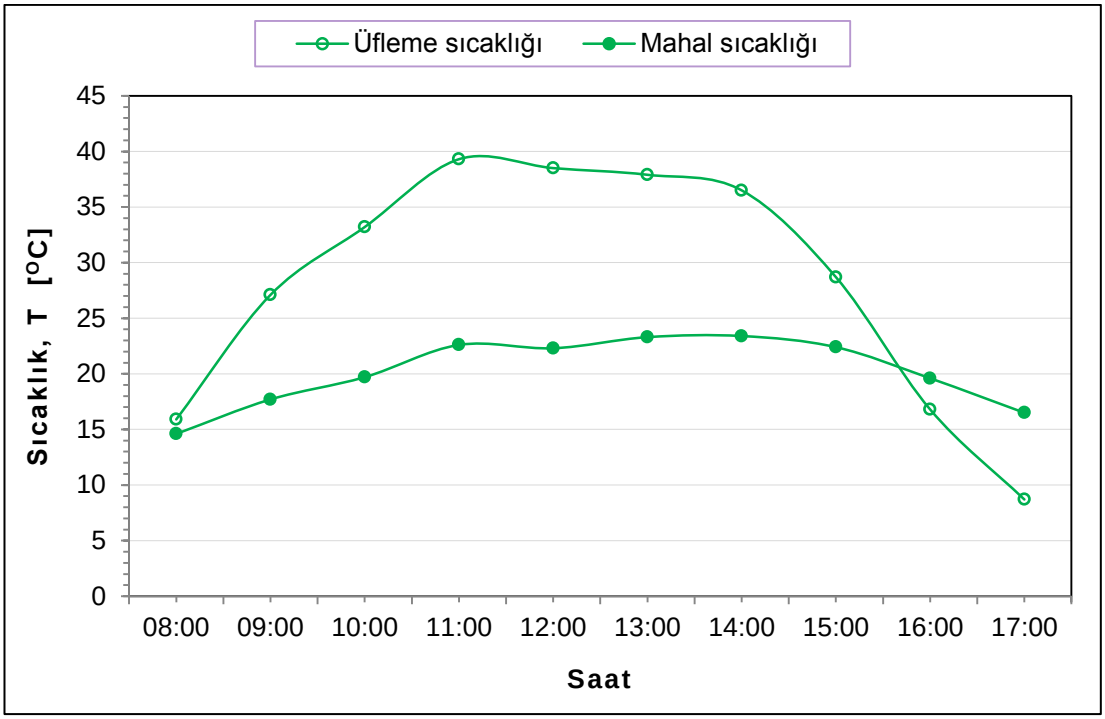
Şekil 4.28.'de 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının değişimi grafiği yer almaktadır. Şekil 4.29.-4.36.'da farklı günlerde, değişik hava hızı ve hava debileri için üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi grafikleri görülmektedir. Şekillerden güneşin olmadığı zamanlarda üfleme sıcaklığının düştüğü ve mahal havası sıcaklığının altına indiği görülmüştür.



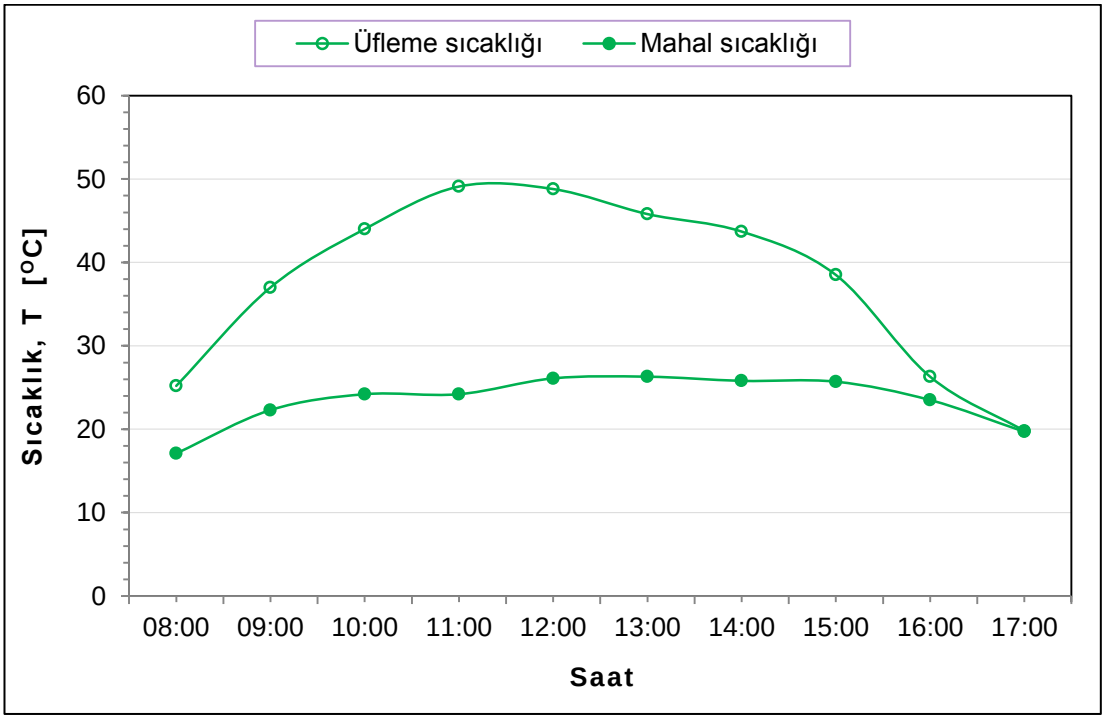
Şekil 4.28. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)



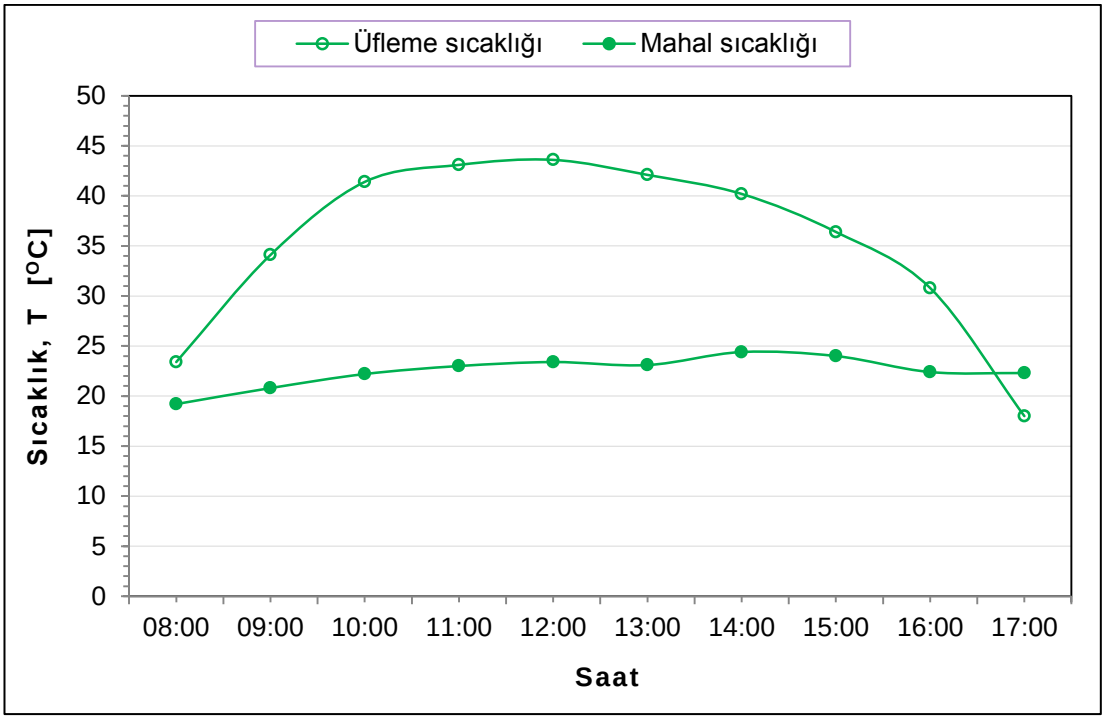
Şekil 4.29. 28 Ocak 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.9 m/s hava hızı, 0.126 kg/s debi için)



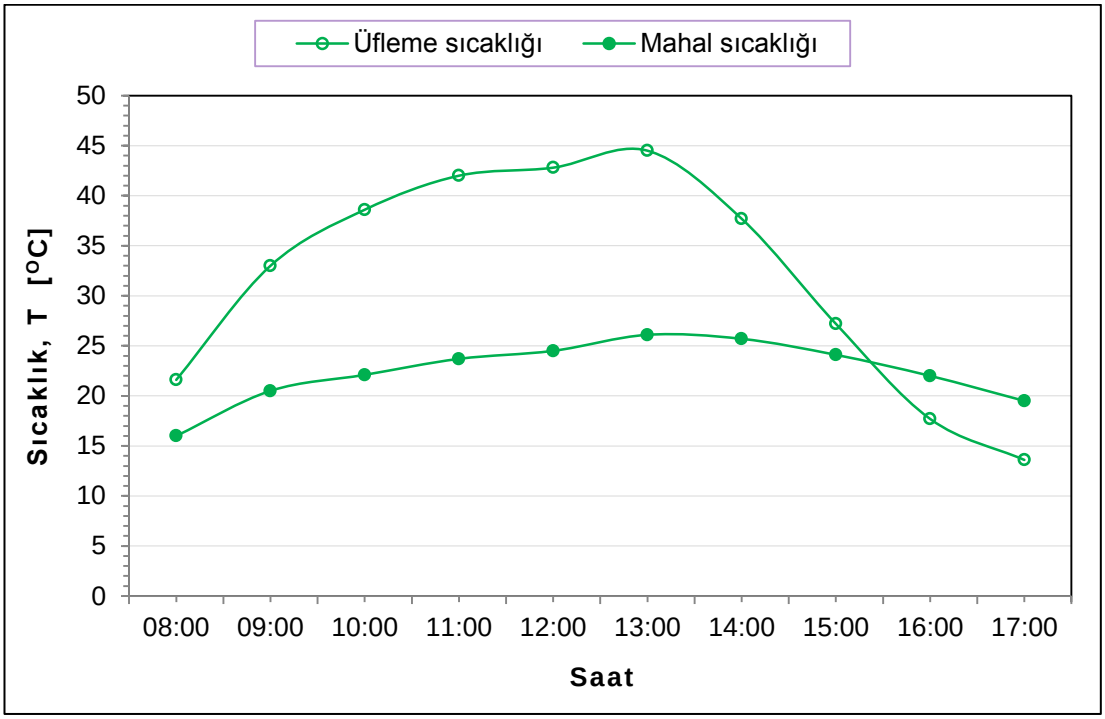
Şekil 4.30. 04 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (8 m/s hava hızı, 0.128 kg/s debi için)



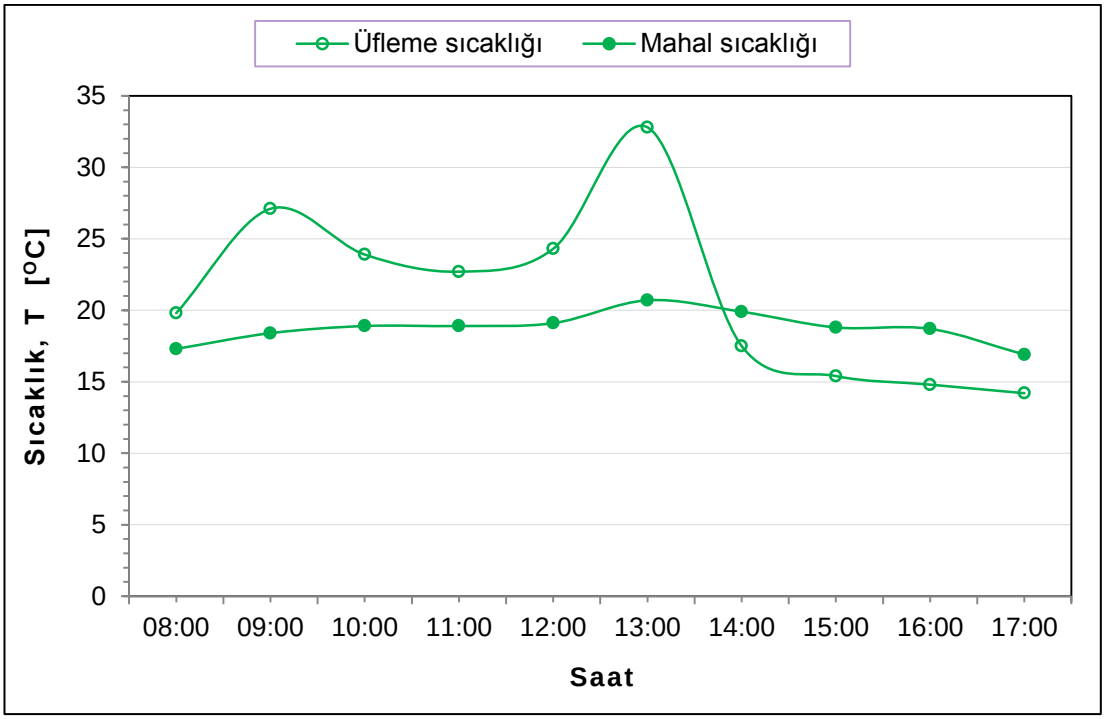
Şekil 4.31. 12 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debi için)



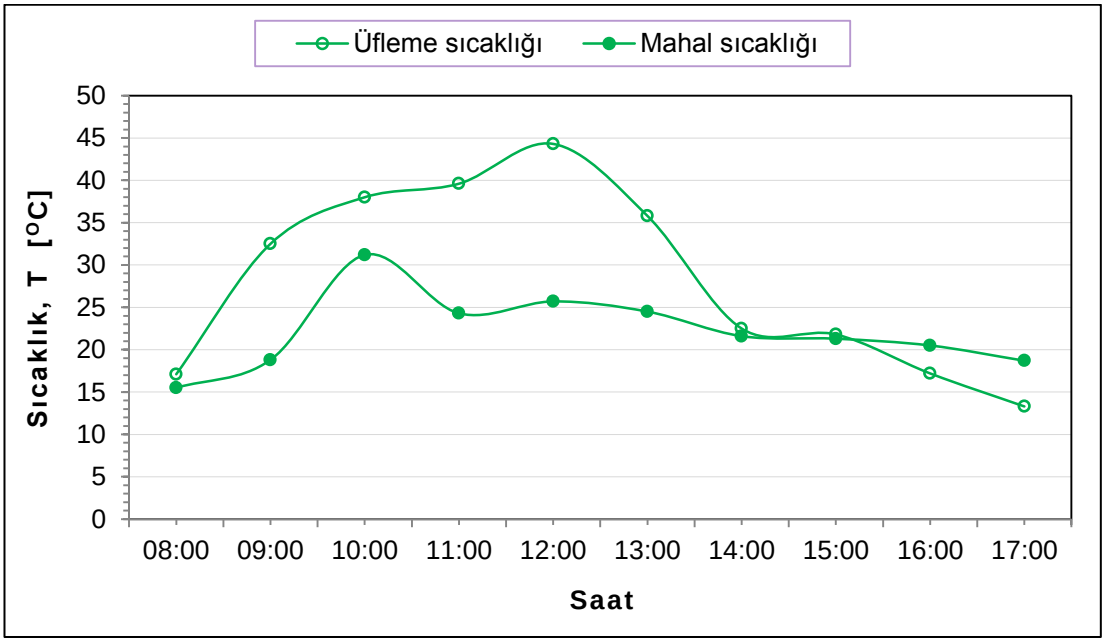
Şekil 4.32. 20 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (2.3 m/s hava hızı, 0.37 kg/s debi için)



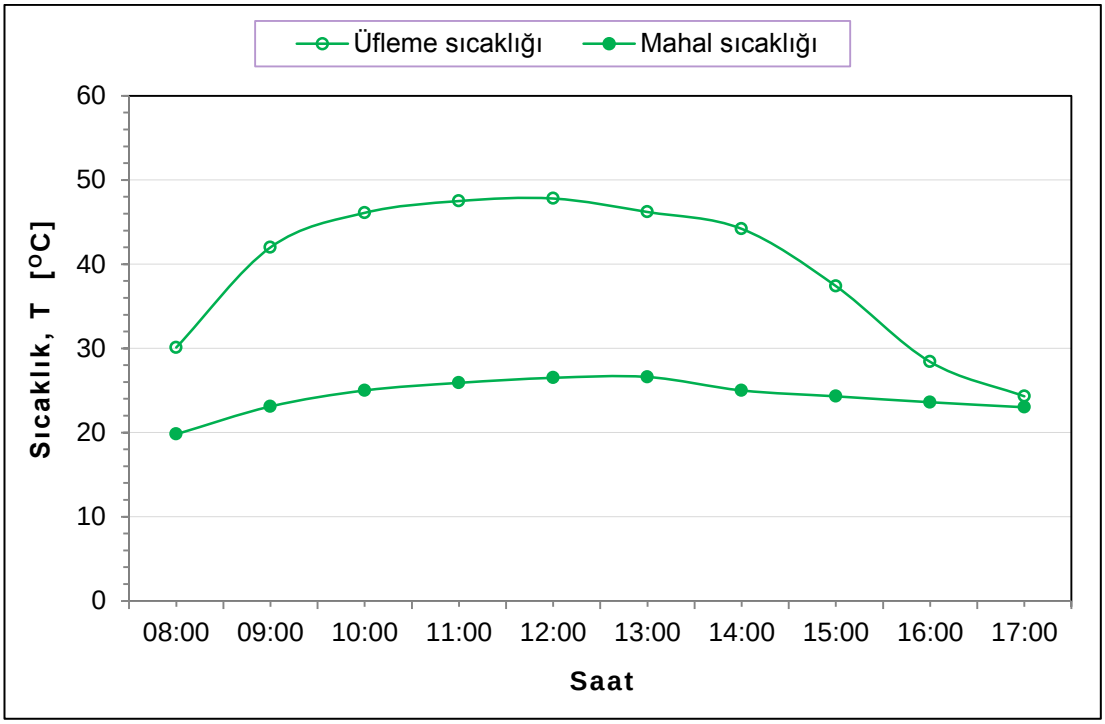
Şekil 4.33. 28 Şubat 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)



Şekil 4.34. 04 Mart 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

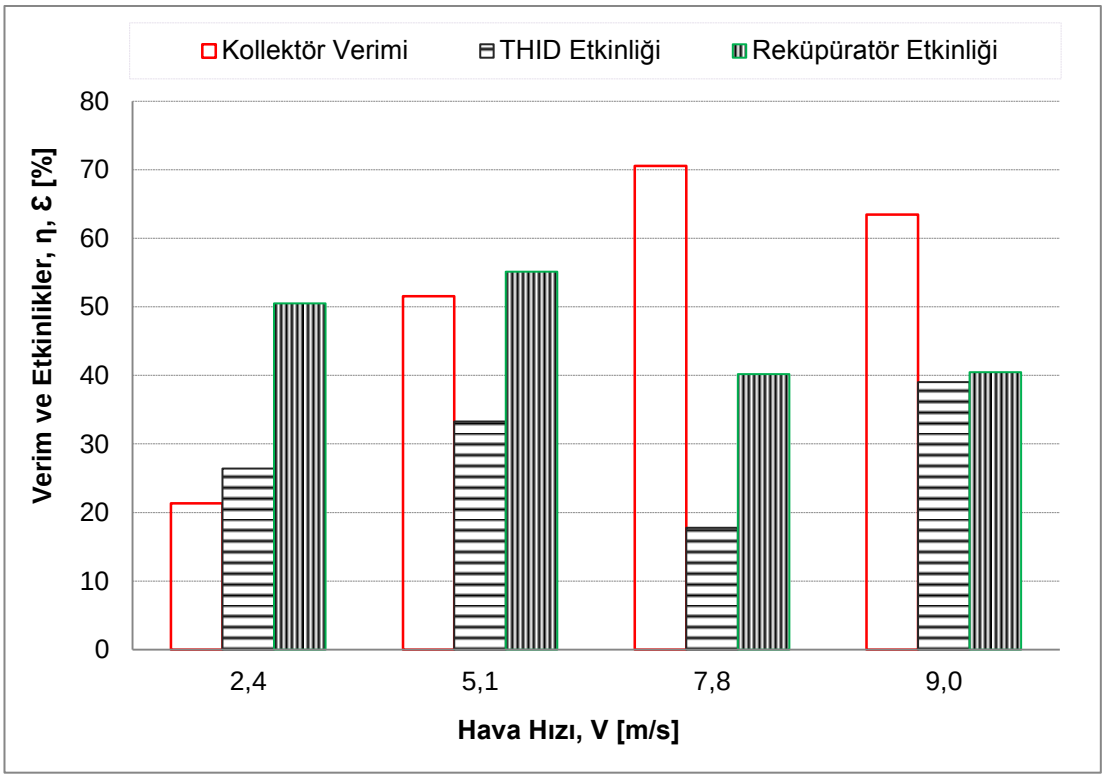


Şekil 4.35. 12 Mart 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)



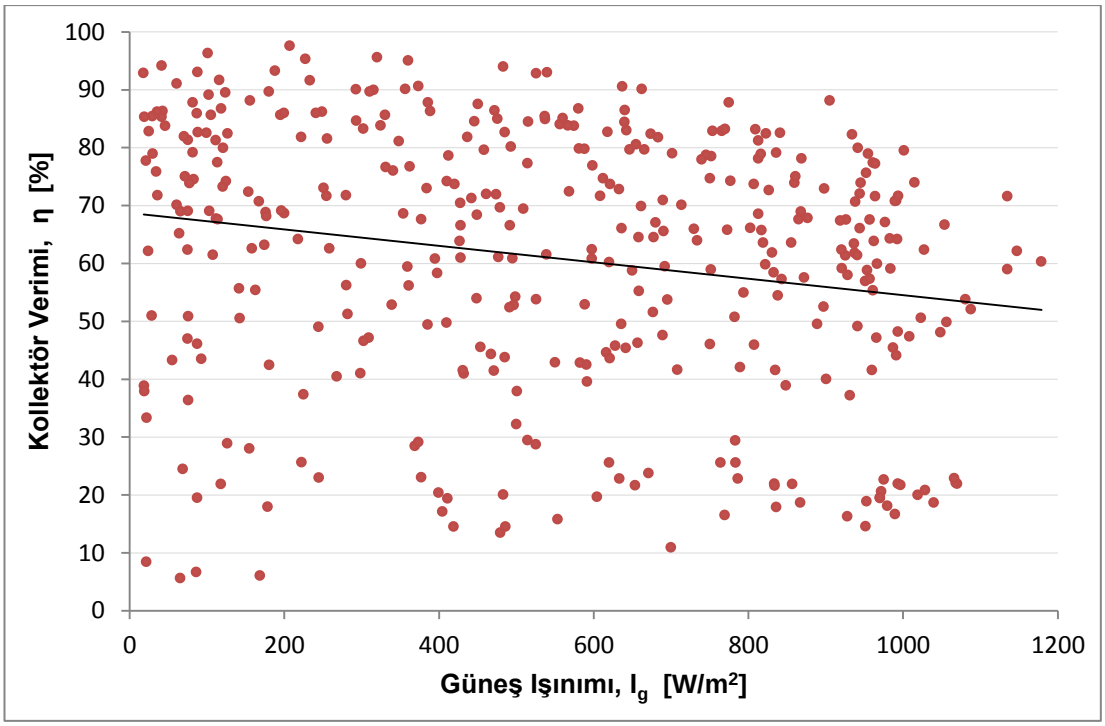
Şekil 4.36. 20 Mart 2014 günü üfleme sıcaklığı ve mahal sıcaklığının zamanla değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

Şekil 4.37.'de kollektör verimi, THID etkinliği ve reküperatör etkinliğinin hava hızıyla değişimi görülmektedir.



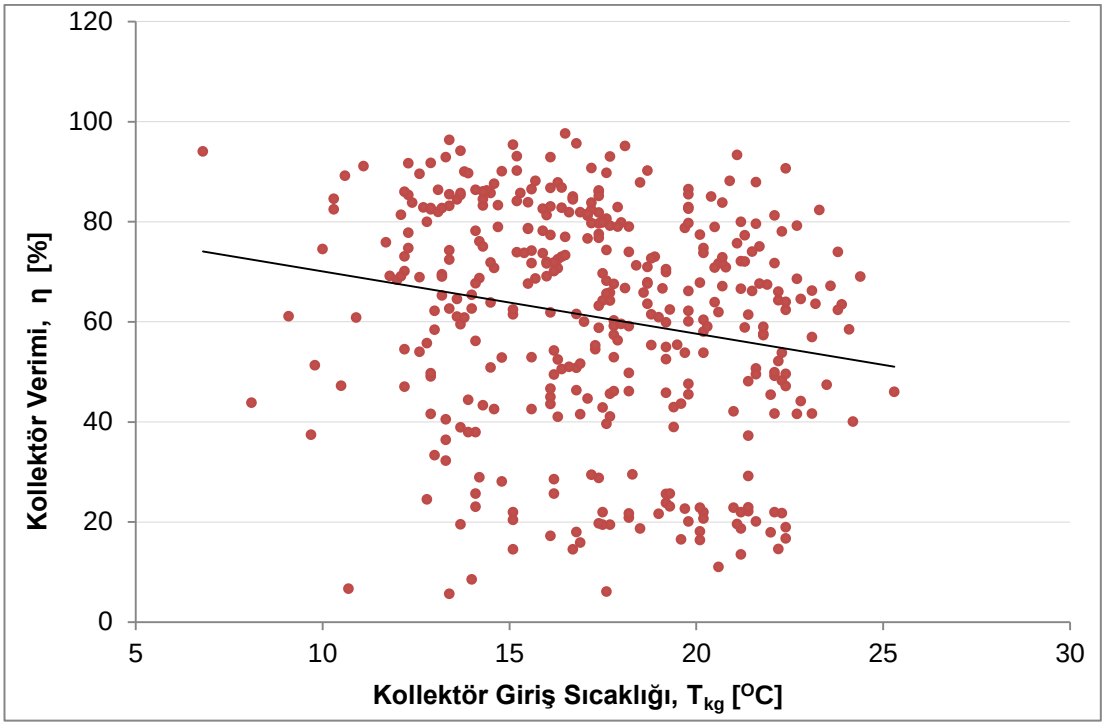
Şekil 4.37. Kollektör verimi, THID etkinliği ve reküperatör etkinliğinin hava hızıyla değişimi

Şekil 4.38.'de kollektör veriminin güneş ışınımıyla değişimi görülmektedir.



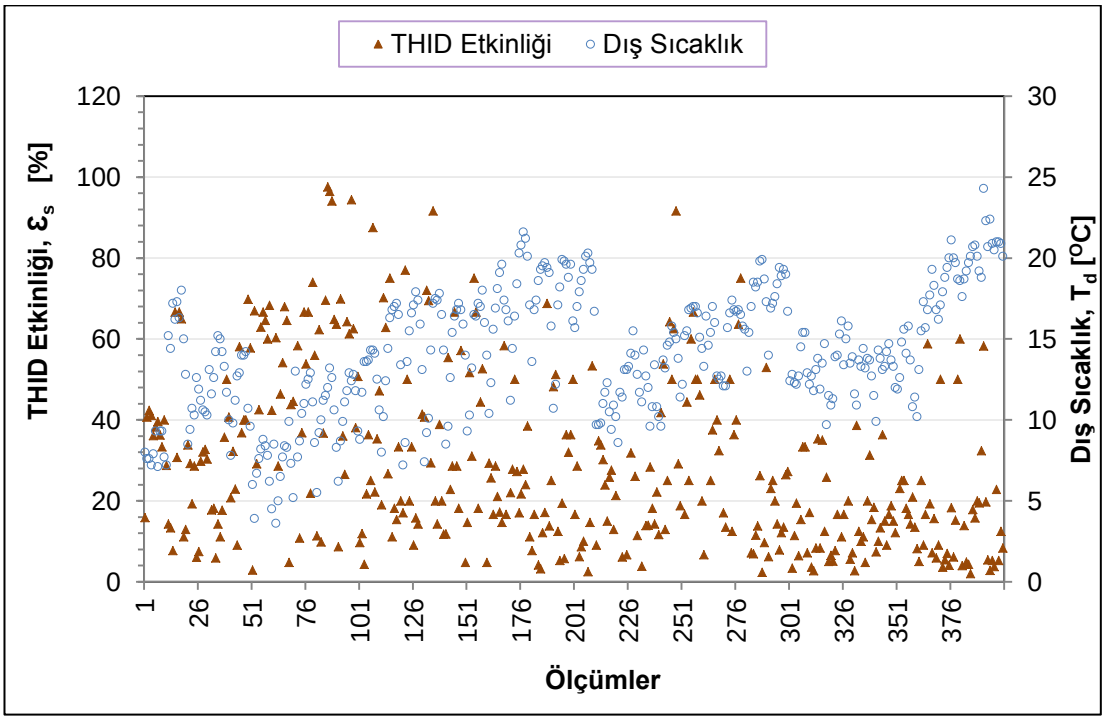
Şekil 4.38. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör veriminin güneş ışınımıyla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

Güneş ışınım miktarı arttıkça kollektör verimi düşmektedir. Kollektörden alınacak faydalı ısı sabit iken gelen güneş ışınımı arttığından dolayı verim düşmüştür. Kollektör verimini etkileyen bir başka parametre de kollektör giriş sıcaklığıdır. Şekil 4.39'da kollektör veriminin kollektör giriş sıcaklığıyla değişimi görülmektedir. Kollektör giriş sıcaklığı arttıkça kollektör verimi azalmıştır. Güneş ışınımı arttıkça kollektör giriş sıcaklığı da artmıştır. Dolayısıyla kollektörden alınan faydalı ısı ile birlikte kollektör verimi de düşmüştür.

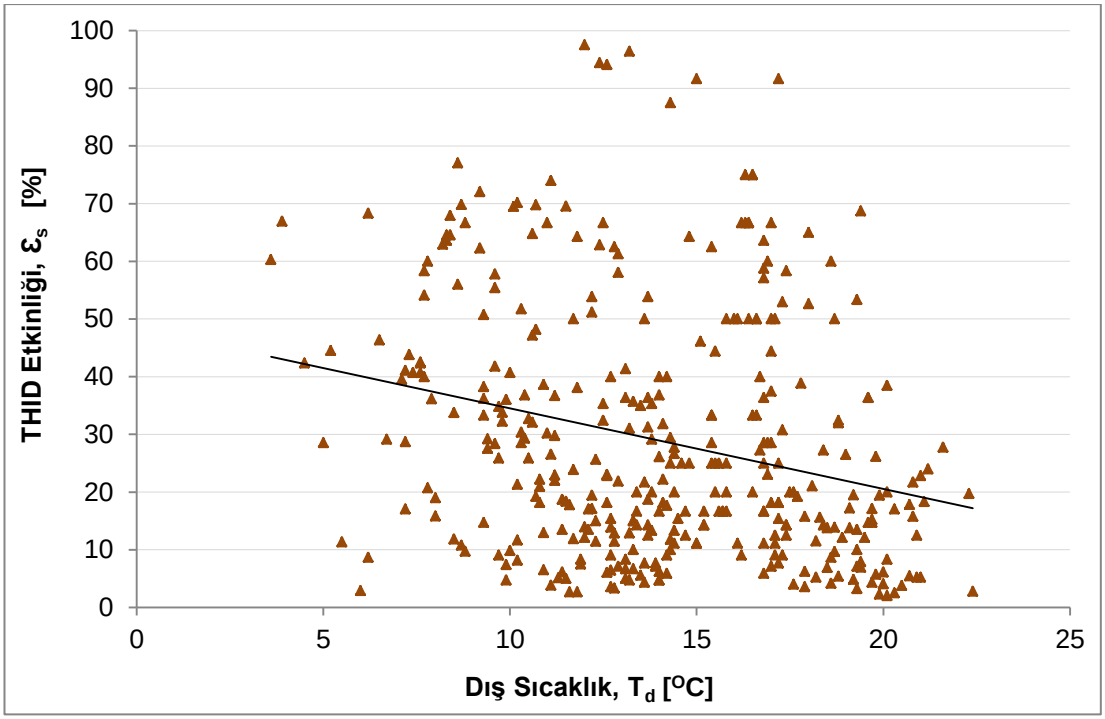


Şekil 4.39. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası kollektör veriminin kollektör giriş sıcaklığıyla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

Şekil 4.40.' te THID etkinliği ve dış sıcaklığın değişimleri görülmektedir. Şekil 4.41.'de ise THID etkinliğinin dış sıcaklıkla değişimi görülmektedir



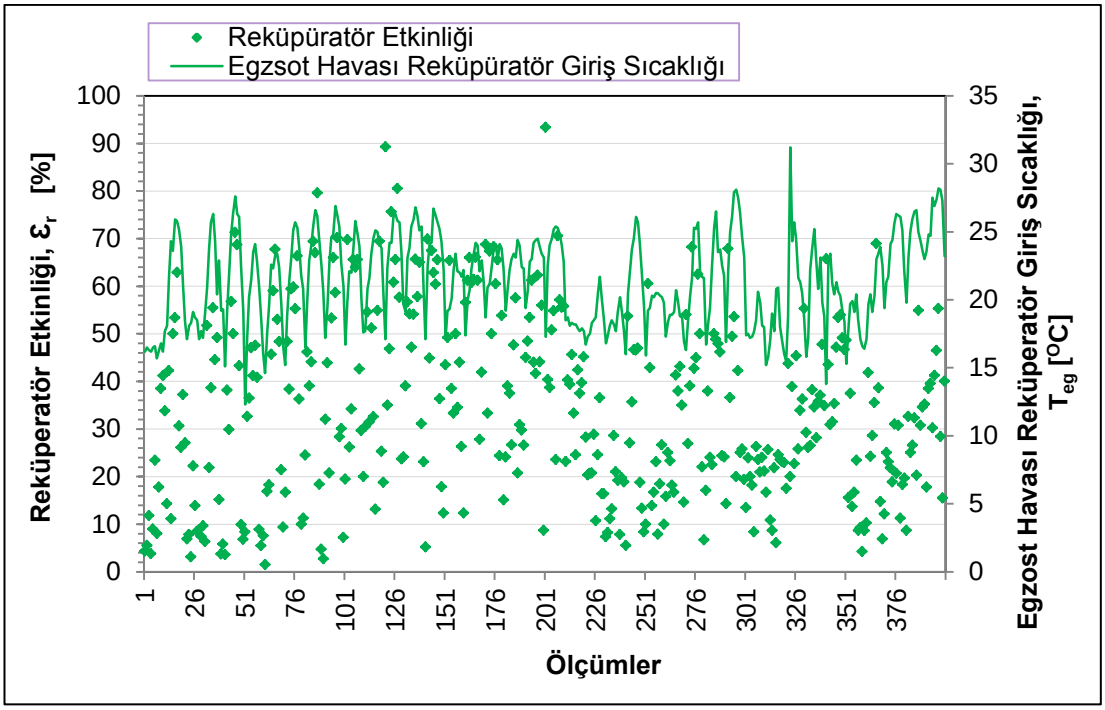
Şekil 4.40. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası THID etkinliği ve dış sıcaklığın değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)



Şekil 4.41. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası THID etkinliğinin dış sıcaklıkla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

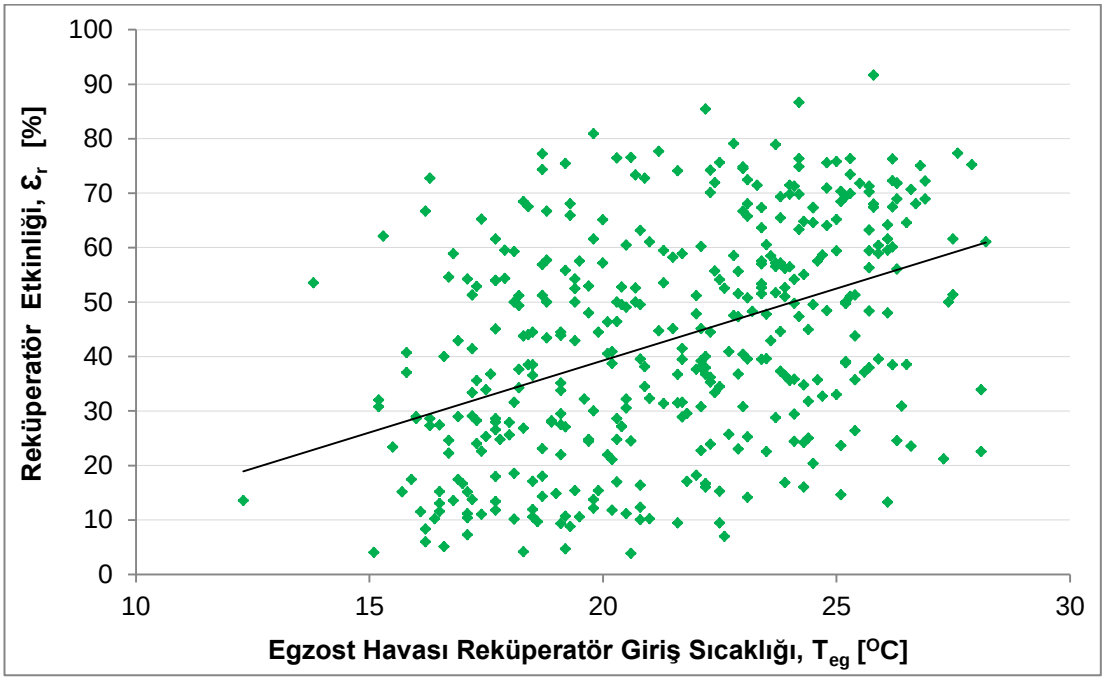
Şekil 4.41.'de görüldüğü gibi dış sıcaklık arttıkça THID etkinliği azalmaktadır. Bu durum dış hava sıcaklığının toprak sıcaklığına yakın olduğu için toprak enerjisinden yararlanamamanın bir sonucudur. Dolayısıyla soğuk havalarda THID kullanımının daha uygun olduğu söylenebilir. Dış hava sıcaklığının toprak sıcaklığından yüksek olduğu durumlarda THID ısıtma yerine soğutma yapmaktadır.

Şekil 4.42.'de reküperatör etkinliği ve egzost havası reküpüratör giriş sıcaklığının değişimi görülmektedir.



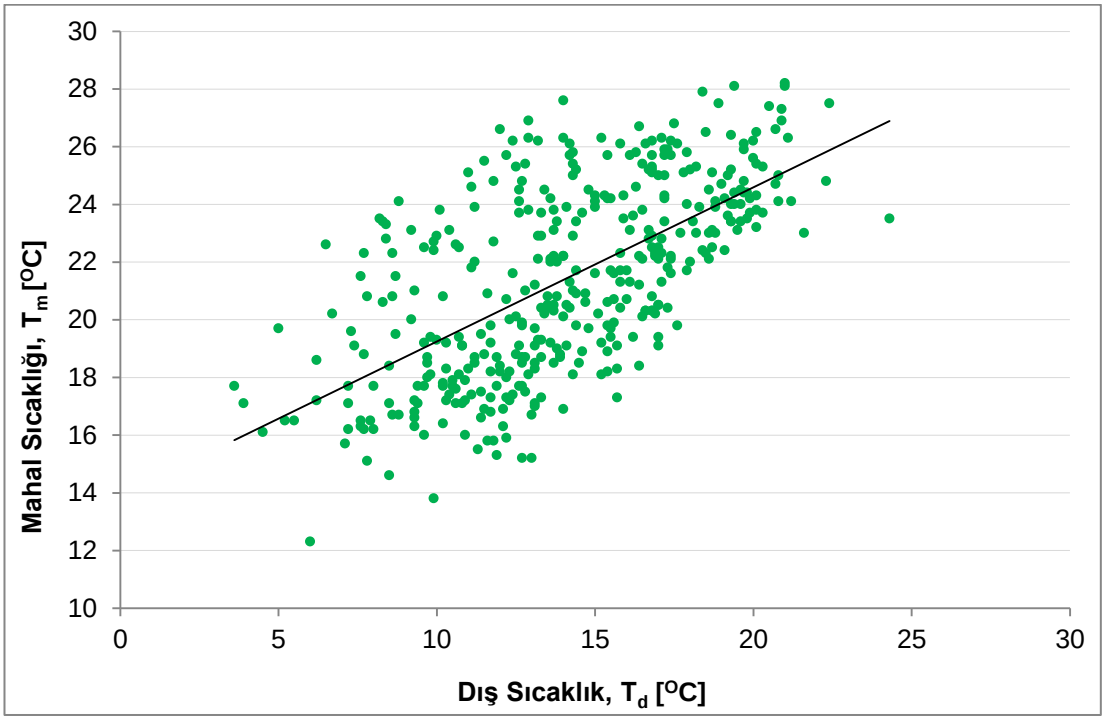
Şekil 4.42. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör etkinliği ve egzost havası reküperatör giriş sıcaklığının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

Şekil 4.43.' de ise reküperatör etkinliğinin egzost havası reküperatör giriş sıcaklığı ile değişimi görülmektedir. Egzos havası artıkça reküperatör etkinliği artmaktadır. Atık ısı yüksek olduğunda reküperatör iyi performans göstermiştir.



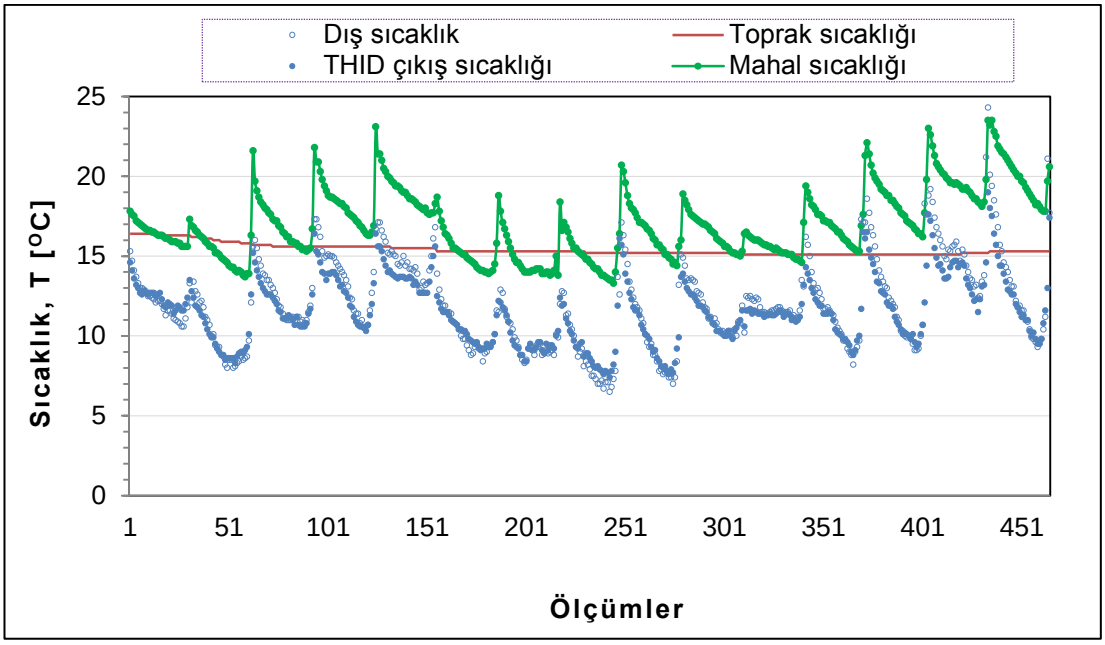
Şekil 4.43. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası reküperatör etkinliğinin egzost havası reküperatör giriş sıcaklığıyla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

Şekil 4.44.'de mahal sıcaklığının dış sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Şekillerden dış sıcaklığın arttığı durumlarda mahal sıcaklığının artığı görülmektedir. Dış sıcaklık artıkça ısı kaybı azalmakta ve mahal sıcaklığı da artmaktadır.



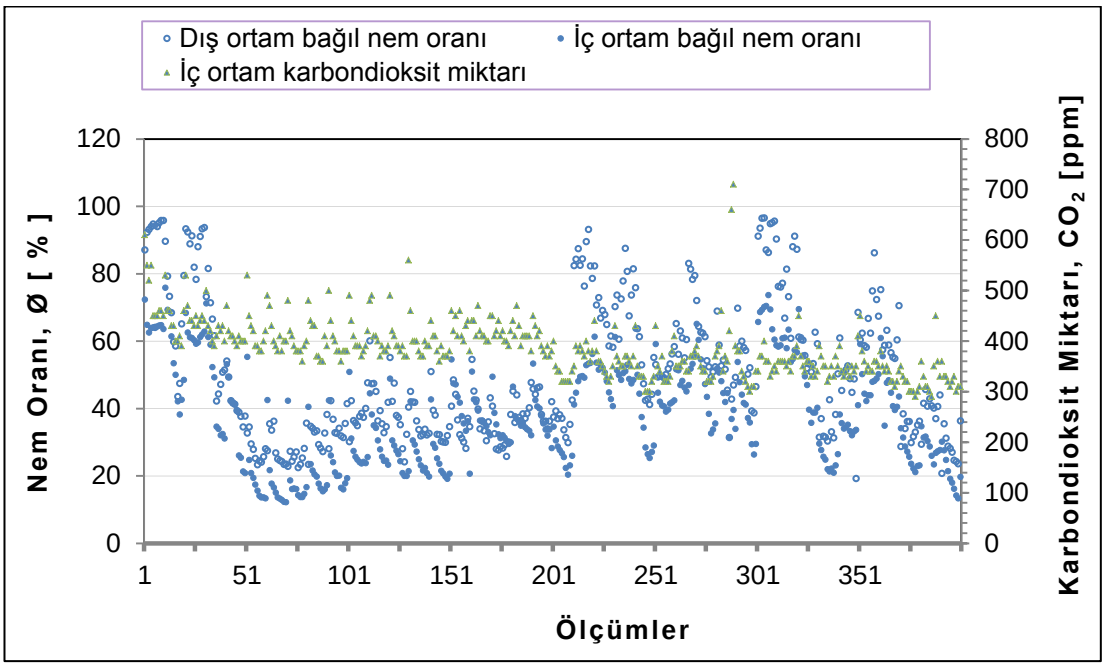
Şekil 4.44. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası mahal sıcaklığının dış sıcaklıkla değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

Şekil 4.45.'de 03 Mart 2014 – 22 Mart 2014 tarih, 17:00 – 08:00 saatleri arasında gece şartlarında dış sıcaklık, toprak sıcaklığı, THID çıkış sıcaklığı ve mahal sıcaklığının değişimi görülmektedir. Şekilden dış hava sıcaklığının toprak sıcaklığının altında olduğu durumlarda ısıtma olduğu dış hava sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda mahal sıcaklığının da düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.45. 03 Mart 2014 – 22 Mart 2014 tarih, 17:00 – 08:00 saatleri arasında gece şartlarında dış sıcaklık, toprak sıcaklığı, THID çıkış sıcaklığı ve mahal sıcaklığının değişimi (7.8 m/s hava hızı, 0.124 kg/s debi için)

Şekil 4.46.'da 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası dış ve iç ortam bağıl nem oranı ile iç ortam karbondioksit miktarının zamanla değişimi görülmektedir. Şekilden mahal bağıl nemi ve karbondioksit miktarının konfor şartlarında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.46. 27 Ocak 2014 – 21 Mart 2014 tarihleri arası dış ve iç ortam bağıl nem oranı ile iç ortam karbondioksit miktarının değişimi (6.9 m/s hava hızı, 0.11 kg/s debi için)

4.1. Ekonomik Analiz

Güneş enerjili ısıtma sistemi için gerekli olan makine ve teçhizat çizelge 4.6.' de verilmiştir. Sistemin toplam maliyeti 3000 TL olmuştur. Fan motorunun tükettiği güç saatte ortalama 455 Watt olmuştur. Fan günlük 9 saat çalıştırıldığında 4.1 kW, bir ayda 123 kW enerji tüketimi olacaktır. Elektrik enerjisi birim fiyatı 0.37 TL/kW olduğu Adıyaman'da aylık sistem fanının harcadığı enerji 45 TL ısıtma sezonu kış (3 ay) hesaplandığında toplam 135 TL elektrik faturası ödenecektir.

Aynı mahalin doğalgaz ile ısıtılması düşünüldüğünde kombi maliyeti 2000 TL, gaz tesisatı 1000 TL, Radyatör 400 TL, su tesisatı maliyeti 500 TL ve 1000 TL gaz dağıtım şirketi ile yapılan sözleşme masrafları olduğu hesaplandığında doğalgaz ilk maliyeti 4900 TL'dir. Ortalama 2105 W/K olan mahalin ısı kaybını %80 verimle çalışan bir radyatör dilimi ile ısıtmak için en az 2630 W/K ısı enerjisi ihtiyacı mevcuttur. Bu da % 80 verimle çalışan bir kombide en az 0.45 m3/h doğalgaz ihtiyacı demektir. Isıtma sezonu kış (3 ay) boyunca, doğalgaz birim fiyatı 0.85 TL/m3 olduğu Adıyaman'da 310 TL doğalgaz faturası ve kombinin saatlik elektrik tüketimi 300 Watt olarak hesaplandığında toplam 90 TL elektrik faturası ödenecektir. Her ısıtma sezonunda elektrik + doğalgaz tüketimi toplam 400 TL olmaktadır.

Çizelge 4.6. Güneş enerjili ısıtma sisteminin toplam maliyeti

	Makine ve Teçhizat	**Miktar**	**Fiyatı (TL)**
1	Havalı Güneş Kollektörü	4 adet	800
2	Kollektör Sehpası	4 adet	100
3	Toprak-hava ısı değiştirici boru	20 mt	300
4	Hava fanı (750 m3/h, 3 kademe)	1 adet	250
5	Hava kanalı (d =125 mm)	30 mt	150
6	Patent dirsek	20 adet	150
7	Hava filtresi	1 adet	50
8	Reküperatör	1 adet	300
9	Elektrikli ısıtıcı (1000 Watt)	1 adet	100
10	Kontrol ünitesi	1 adet	200
11	Hava menfezi	6 adet	300
12	Montaj işçiliği	1 adet	500
		TOPLAM	3000

Mahalin 2105 W/K olan ısı kaybı, COP' sı 1.5 olan bir klima ile karşılanmak istendiğinde 9000 BTU/h kapasitesi olan bir split klima yeterlidir. Bu kapasitede klimanın piyasa fiyatı 1700 TL'dir. Klimanın ısıtma sezonunda Adıyaman kış şartlarında tükettiği enerji yaklaşık 1.2 kW' dir. Isıtma sezonu kış (3 ay) boyunca 972 kW elektrik enerjisi tüketecektir. Bu da 360 TL elektrik faturası demektir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yapılan deneylerde kış boyunca dış hava sıcaklığı ortalama 14.1 ^{o}C iken ısıtılan deney odasının sıcaklığı ortalama 21.4 ^{o}C' de kaldığı görülmüştür.

Isıtma sisteminde ölçülen sonuçlara bakıldığında kollektör çıkış sıcaklığı güneş ışınımı ile doğru orantılı olarak artmakta ve kollektör yüzeyine gelen ışınımın dik olduğu öğlen saatlerinde maksimum olmaktadır. Tasarımı ve imalatı yapılan ve ikişer paralel olmak üzere seri bağlanan 4 adet havalı güneş kollektörünün verimi Adıyaman iklim şartlarında deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda havalı güneş kollektörünün ortalama ısıl verimi %61 olarak hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler değerlendirildiğinde kollektör veriminin, hava hızı ve hava debisi ile doğru orantılı olduğu görülmektedir.

Saatlik ortalama kollektör verimine bakıldığında kollektör veriminin %56 ile %69 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu dalgalanmanın nedeni kollektöre Adıyaman iklim şartlarında kış şartlarında (enlem derecesi+15^{o}) 52^{o} eğimde kollektörlere gelen ışınım şiddetinin ve kollektöre giren havanın sıcaklığının saatlik ortalamada öğlen saatlerine kadar artan ve sonrasında azalan bir eğilim göstermesidir. Çizelge 4.1.'den kollektörlere giren ve kollektörlerden çıkan havanın sıcaklığı arasındaki fark ortalama 20 ^{o}C' ye kadar çıktığı görülmektedir. Dağıtıcı menfezlerde üfleme sıcaklığının kollektör çıkış sıcaklığından ortalama 8 ^{o}C daha düşük olmasının nedeni, hava taşıyıcı dairesel kesitli kanal üzerinde bulunan hava fanı, ilave ısıtıcı ve kanal ek yerlerinde ısı yalıtımının yetersiz kalmasıdır.

Kollektör çıkış sıcaklığının bütün hava hızlarında ve debisinde güneş ışınımı ile doğru orantılı olarak artıp azaldığı görülmüştür. Ancak dış hava sıcaklığının ortalamaya göre daha düşük olduğu ve güneş ışınım şiddetinin olmadığı hava akış hızı ve hava debisinin yüksek olduğu zamanlarda, Kollektör veriminin sıfır olduğu

ve dolayısıyla kollektörlerin ortalama 0.1-1 ^{o}C arasında soğutma yaptığı görülmüştür.

Yapılan bu çalışmada da kollektörlerden geçen havanın kütlesinin yüksek olduğu günlerde kollektör veriminin arttığı tespit edilmiştir. Hava debisinin düşük olduğu günlerde yapılan ölçümlerde kollektör veriminin en düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm ölçümlerin ortalamasında 2 metre derinlikte toprak sıcaklığı 15.9 ^{o}C olarak ölçülmüştür. THID etkinliğine bakıldığında dış hava sıcaklığı ortalama 0.7 ^{o}C artarak birinci ön ısıtma gerçekleştirilmiştir. Dış hava sıcaklığının toprak altından düşük olduğu durumlarda, hava hızı ve hava kütlesi ile orantılı olarak ortalama 1.4 ^{o}C ön ısıtma yapıldığı görülmüştür. Dış hava sıcaklığı toprak altından düşük olduğu zamanlarda yüksek hava debisinde ve hızında yüksek THID etkinliği gözlemlenmiştir. Ancak dış hava sıcaklığının toprak altından yüksek olduğu, hava akış hızı ve hava debisinin yüksek olduğu durumlarda yüksek hava hızlarında THID etkinliğinin düştüğü görülmüştür. Ölçüm alınan bazı günlerde 11:00-16:00 saatleri arasında dış hava sıcaklığı toprak altı sıcaklığından daha yüksek olduğu ve hava hızı ve hava kütlesi ortalamaya göre daha yüksek olduğu durumlarda THID dışardan emiş yapılan havayı soğuttuğu belirlenmiştir. Mevsim geçiş dönemlerinde dış hava sıcaklığının toprak sıcaklığından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Reküperatör etkinliğine bakıldığında ortalama %34 ısı geri kazanımı sağlanmıştır. Reküperatör temiz hava giriş sıcaklığı ile temiz hava çıkış sıcaklığı arasında ortalama 2.4 ^{o}C' lik bir sıcaklık farkı gözlemlenmiştir. Maksimum ısı geri kazanımı, ortalama hava hızında ve yüksek egzos havası ısısından sağlanmıştır. Reküperatör etkinliği egzos havası sıcaklığı ile doğru orantılıdır. Dışarı atılacak havanın ısısı arttıkça reküperatörden çıkan temiz havanın ısısı da artmaktadır. Ancak çok yüksek ve çok düşük hava hızı ile hava debisi reküperatör performansı için dezavantajdır. Grafiklere bakıldığında egzos havası sıcaklığının yüksek olduğu ve ortalama 5.1 m/s hava hızı, 0.081 kg/s debisi için maksimum reküperatör etkinliği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.45.' de güneş ışınımının olmadığı akşam ve gece saatlerinde THID etkinliği incelendiğinde dış sıcaklığın en düşük olduğu gece 2:00 ile sabah 6:30 saatleri arasında 0.2 ^{o}C sıcaklık artışı görülmektedir. Sıcaklık farkının bu kadar düşük olmasının nedeni hava akış hızının yüksek olmasındandır.

Yapılan deneysel çalışmada sıcaklık dışında % 100 temiz hava ile çalışıldığından dış havanın ve deney odasının bağıl nem ile birlikte deney odasının karbondioksit miktarı da ölçülmüştür. Dış ortam bağıl nemini ortalama %50 iken deney odası bağıl nemi %38 olduğu görülmüştür. Mahalin karbondioksit oranı ortalama 385 ppm değerlerinde kaldığı görülmüştür. Yapılan deneysel çalışmada hava ısıtılmasının yanı sıra hava kalitesi ve mahal konfor şartları da sağlanmıştır.

Bir mahalin ısınma ihtiyacının herhangi bir ısıtma sistemi ile karşılanması düşünüldüğünde sistemin ilk maliyetinin ve geri ödeme süresinin düşük olanı tercih edilmelidir. Güneş enerjili ısıtma sistemi, doğalgazlı ısıtma sistemi ile kıyaslandığında geri ödeme süresi 11.3 yıl, klimalı ısıtma sistemi ile kıyaslandığında geri ödeme süresi 13.3 yıl olmaktadır.

5.2. Öneriler

Deneysel sonuçlar değerlendirildiğinde bu tür THID destekli, ısı geri kazanımlı havalı güneş kollektörleri ile ısıtma sistemlerinde hava akış hızı; kollektör, ısı geri kazanım cihazı ve THID geçişlerinde ön plana çıkmaktadır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda kollektör, ısı geri kazanım cihazı ve THID geçişlerinde hava hızının kontrollü sağlanması önerilir. Dolayısıyla ideal hava akış hızlarına ve ideal ısı taşıma kütlesine dolayısıyla daha ideal konfor şartlarına erişilebilinir.

Kollektörlerin hava geçişinin olduğu kısımlarda damperler kullanılarak hava debisi, hava hızı kontrol edilerek kollektör verimi artırılabilir.

Dış hava sıcaklığının toprak sıcaklığından yüksek olduğu durumlarda THID dezavantaj olup ısı değiştirici boruyu by pass etmek gerekir.

Isıtma sisteminde en uygun performansı elde etmek için otomasyon sisteminin kurulması gerekir. Boru ve kanalların ısı yalıtımının iyi yapılması gerekir.

Sistemin güneş kollektörleri hariç, toprak ve atık ısıdan faydalanılarak yazın soğutma amaçlı kullanımına yönelik çalışmalar yapılabilir. Bu durumda THID ve reküperatör tekrar kullanılabilir. Sistem evaporatif soğutma sistemi ile entegre edilebilir.

KAYNAKLAR

ABDULKAREM, A., 2008, Ankara Şartlarında Güneş Enerjisi İle Bir Ortamın Döşemeden Isıtılması ve Sistemin Isıl Performansının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

AHMAD, N. T. ,2001. Agricultural Solar Air Collector Made From Low-Cost Plastic Packing Film, Renewable Energy, 23: 663-671.

ALBIZZATI, E.D. , 2000, Solar collector for air heater. International Solar Energy Society, 22: 663-666.

ALTUNTOP, N. , DEMİRAL, D. ve ÇINAR, G., 1997. Matrix Tip Düzlemsel Havalı Güneş Kollektörlerin Analitik ve Deneysel İncelenmesi.Ulıbtk'97 11.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Edirne, 992-1001.

ALVAREZ, G., ARCE, J. , LİRA, L. and HERAS, M.R. , 2004, Thermal performance of an air solar collector with an absorber plate made of recyclable aluminium cans. Solar Energy, 77: 107- 113.

AMMARI, H.D. , 2003. A mathematical Model Of Thermal Performance Of A Solar Air Heater With Slats, Renewable Energy, 28: 597-1615.

ATAGÜNDÜZ, G., 1989. Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü yayınları, İzmir,

BADESCU, V., 2002. Model of a Space Heating System Integrating a Heat Pump, Photothermal Collectors and Solar Cells. Renewable Energy, 27: 489–505

BELUSKO, M., SAMAN, W., BRUNO F. 2004. Roof Integrated Solar Heating System with Glazed Collector. Solar Energy, 76: 61–69

BEN SLAMA, R. , 2006. The Air Collectors. Comparative Study, Introduction of Baffles to Favor the Heat Transfer. Solar Energy Article in Pres.

BENLİ H. ve DURMUŞ. A. , 2002. Havalı Güneş Kolektörleri ve Gizli Isı Depolama Yöntemi Kullanılarak Sera Isıtılması. Mühendis ve Makine, 48: 569.

BENLİ, H. , 2006. Isı Depolamalı Cam Seralarda Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

BİLGİLİ, M.E. , 1998. "Hava Isıtmalı güneş kollektörlerinde ısıl verimin tahmini üzerine bir araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

BİNARK, K. ve DELİÇAY, Ş., 1993. Hava Isıtmalı Güneş Kollektörleri Dizaynı. Isı Bilimi Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, 204-212.

BULUT, H. ve DURMAZ, A.F. , 2006. 1. Ulusal güneş ve hidrojen enerjisi kongresi, ESOGÜ, Eskişehir.

ÇITIROĞLU, A., 2001. Ortam Isıtılmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı Solarwall. Termodinamik, 104: 50-51.

ÇOMAKLI, Ö.and YÜKSEL, F. , 1999. Experimental Investigations of the Exergetic Efficiency of Air Heating Flat Plate Solar Collector With Distorted Plates. Energy Conversion Manage, 35(2): 11-6.

DEMİRAL, D. , ALTUNTOP ve N. , ÇINAR, G. 2000. Erciyes Üniversitesi Güneş Evi ve Teknik Özellikleri. Isı Bilim ve Tekniği, 20: 1-2.

DOĞAN, H. 2001. Kurutmada Kullanılan Hava Isıtma Kolektörlerinin Deneysel Karşılaştırılması, Teknoloji, 4: 75–82.

DOĞAN, H., 2002. Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği. Seçkin Yayıncılık. Ankara

DOĞAN, M.,C., 2006. Güneş Enerjisi Yardımıyla Gerçekleştirilen Isıtma Sistemlerinin Kocaeli Bölgesi İçin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

DOMANIÇ, F. , EDİK, E. ve ZENGİN, N., 1982. "Modern Üniversite Fiziği", Çağlayan Basımevi, İstanbul

EL-SEBAII A.A., ABOUL-ENEIN, S., RAMADAN M.R.I. , SHALABY S.M. and MOHARRAM BM. 2011. Investigation Of Thermal Performance Of-Double Pass-Flat And V-Corrugated Plate Solar Air Heaters. Energy 36:, 1076–86.

ERTEKİN, C. , ve BİLGİLİ, E. , 1998. Güneş Enerjili Hava Isıtıcılarında Isıl Verim, 5. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, Adana, 237-248.

FORSON, F.K. , NAZHA, M.A.A. and RAJAKARUNA, H., 2003. Experimental and Simulation On A Single Pass, Double Duct Solar Air Heater. Energy Conversion and Management, Ghoneim, 44: 1209- 1227

FURBO S. and JIVAN L., 2003. Thermal Advantages for Solar Heating Systems with a Glass Cover with Antireflection Surfaces, Solar Energy , 74: 513-523.

GARG, H. P. and DATTA, G., 1988. Performance Studies On A Finned-Air Heater, Energy, 14(2):, 87-92.

GAO, W., LIN, W., LIU, T., XIA, C., 2007, Analytical and Experimental Studies On The Thermalperformance Of Cross-Corrugated And Flat-Plate Solar Air Heaters, Applied Energy, 84: 425–441

GEDİK, E. , KEÇEBAŞ, A. ve ÖZ, E.S., 2008. Havalı Güneş Kollektörlerinde Farklı Tip Emici Plakaların Performansa Olan Etkisi, Gazi Üniversitesi. 23: 777-784.

GHONEIM, A.A. , 2005. Performance Optimization Of Solar Collector Equipped With Different Arrangements Of Square-Celled Honeycomb. Intenational Journal of Thermal Sciences, 44: 95-105.

GIVONI, B. , 1991. Characteristics, Design Implications and Applicability of Passive Solar Heating Systems for Buildings. Solar Energy, 47(6): 425-435.

GÜNGÖR, A., GÜNGÖR. S., 2005. Havalı İklimlendirme Sistemlerinde Ekonomizer Çevrimi, Tesisat Mühendisliği, 89: 78-87.

HACHEMI, A. , 1999 Comparative Study On The Thermal Performances Of Solar Air Heater Collectors With Selective And Nonselective Absorber Plate, Renewable Energy,17: 103–112.

HAWLADER M.N. A. , CHOU, S. K. and ULLAH, M. Z. 2001. The Performance of A Solar Assisted Heat Pump Water Heating System, Applied Thermal Engineering, 21(10): 1049-1065.

HO, C. D. , YEH, H. M. and WANG, R.C. , 2005. Heattransfer Enhancement İn Double-Pass Flat-Plate Solar Air Heaters With Recycle, Energy, 30:, 2796–2817.

IŞIK, M., A., 2007. Güneş Enerjisi Destekli Mahal Isıtma Sisteminin Van İlinde Sağladığı Enerji Tasarrufunun İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

İNALLI, M., UÇAR, A. ve TANYILDIZI, V. , 2001. Çift Geçişli Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinde Yutucu Yüzey Konumunun Isıl Verime Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri, Elazığ, 13(1): 421-426

JHA, R. K., CHOUDHURY, C., GARG, H. P., ZAİDİ, Z. H., 1992. Performance Prediction of a Solar Heated House. Energy Conversion and Management, 33(4): 263-273.

KAHRAMAN, G., 2005. Güneş Enerjisi Destekli Mahal Isıtmasının Matematiksel Modellemesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

KARIM, M. A. and HAWLADER, M. N. A. , 2004. Development of Solar Air Collectors For Drying Applications. Energy Conversion and Management, 45: 329-344.

KARIM, M.A. and HAWLADER, M.N.A., 2006 Performance Investigation of Flat Plate, V-corrugated and Finned Air Collectors‖, Energy, 31: 452-470,

KARSLI, K. , 2006. Performance Analysis of New-Design Solar Air Collectors for Drying Applications. Renewable Energy, Article in Press.

KARSLI, S., 2007. Performance Analysis of New-Design Solar Air Collectors for Drying Applications. Renewable Energy, 32: 1645–1660

KAYA, M., 2007, Isı Borulu Hava Isıtmalı Gizli Depolu Düzlemsel Güneş Kolektörü İle Sıcak Su Hazırlama Sisteminin Deneysel İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

KELEK, N. Ü. , 1996. Hava Isıtıcılı Optimum Güneş Kollektörü Dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

KILIÇ, A. ve ÖZTÜRK, A. , 1984. Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, Segem, Ankara.

KIRBAŞ, İ. , 2006. Havalı Güneş Kolektörünün Performansının deneysel olarak İncelenmesi. Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

KISA, O, 2007. Isıtma Sistemleri Ders Notları, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

KLEIN S.A. , BECKMAN W.A. and DUFFIE J.A., 1975, A Design Procedure For Solar Heating Systems, Solar Energy, 18: 113-127.

KOLB, A. , WINTER, E.R.F. and VISKANTA, R. , 1998, Experimental Studies on a Solar Air Collector With Metal Matrix Absorber. Solar Energy, 65: 91-98.

KREITH, F. and KREIDER, J.F. , 1978. Principles of solar engineering. New York: McGraw-Hill

KURTBAŞ, İ., and DURMUŞ, A., 2004. Efficiency and Exergy Analysis of a New Solar Air Heater. Renewable Energy, 29: 1489-1501.

KUZGUNKAYA, E., H., 2006. Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompalı Bir Kurutucunun Enerji ve Ekserji Analizi, Ege Üniversitesi Doktora Tezi, İzmir

KÜÇÜKÇALI, R., 2000. Isıtma Tesisatı Kitabı , Isısan Yayınları, İstanbul, 70s.

MACCRACKEN C., and BAXTER, V.D., 1985. An Optimized Ground-Coupled Heat Pump System Design for Northern Climate Appications, ASHRAE Transactions, 91: 1185-1203.

METWALLY, M. N. , ABOU-ZIYAN, H. Z., and EL-LEATHY, M . , 1997. Performance of Advanced Corrugated-Duct Solar Air Collector Compared With Five Conventional Designs. Renewable Energy, 519-537.

MILES, L., 1997. “Heat Pumps Theory and Service”. Delmar Publishers Inc.

MOHAMMAD, A. A. , 1996. Counter-Current Solar Air Heater. Proceedings Of The First Trabzon İnternational Energy And Environment Symposium, Trabzon.

MOMİN, A.E. , SAİNİ, J.S. and SOLANKİ, S.C. , 2002. Heat Transfer And Friction in Solar Air Heater Duct With V-Shaped Rib Roughness on Absorber Plate. International Journal of Heat and Mass Transfer, 45: 3383-3396.

NJOMO, D. , 2000. Unglazed Selective Absorber Solar Air Collector. Heat and Mass Transfer, 36: 313-317.

OĞULATA, R. T. , 1997. Enerji Tasarrufunda Dikkat Edilecek Hususlar, TSE, Ankara, 9(2): 429-433.

ONAT, A.,2002. Havalı Güneş Kollektörü Sistemi İle Kurutulması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

ONUR, N., SİVRİOĞLU, M. ve TURGUT, O. , 1995. Güneş Enerjisinden Yararlanan Hava Tutuculu Bir Pencerenin Isıl Performansının Deneysel Olarak incelenmesi. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.

ÖZEL, M., KAHRAMAN, G. ve PIHTILI , K.,2007. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki Güneş Isıtma Sistemlerinin Ekonomikliğinin İncelenmesi, Tesisat Mühendisliği, 97:, 18-22,

ÖZKAYA, M. G., KIRBAŞ, İ. ve İNCİLİ, V. , 2007. Havalı Güneş Kollektörünün Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi, Politeknik, Ankara, 10:

ÖZSOY, A., ACAR, M., 2005. Yerçekimi Destekli Bakır-Su Isı Borusu İçin Deneysel Bir Çalışma, Tesisat Mühendisliği, 90: 13-18.

PAİSORN N. and BANCHO K. , 2003. Theoritical Study On Heat Transfer Characteristics And Performance Of The Flat-Plate Solar Air Heaters, İnt. Comm. Heat Mass Transfer, 30(8): 1125-1136.

PARKER, B. F. , LINDLEY, M. R. , COLLIVER, D. G. and MURPHY, W. E. , 1998. Thermal Performance Of Three Solar Air Heaters, Solar Energy, 13(7): 543- 547.

PARTIN, J.R., 1985. Sizing the CLosed-Loop earth Copuling for Heat Pumps, ASHRAE Transactions, 91:61-69.

RABIN, Y. , BAR-NIV, I., KORIN, E. and MIKIC, B., 1995. Integrated Solar Collector Storage System Based on a Salt Hydrate Phase- Change Material, Solar Energy, 55: 425-444.

REDDY, T.A. , 2001. Handbook of Heating Ventilation and Air Conditioning, CRC Press LLC, Florida

SADASUKE, ITO., KASHIMA, M. and MIURA, N. , 2000. A flat plate solar collector with dual channels for air flows.

SAHU, M.M. and BHAGORIA, J.L., 2005. Augmentation of Heat Transfer Coefficient By Using 900 Broken Transverse Ribs On Absorber Plate Of Solar Air Heater. Renewable Energy, 30: 2057- 2073, 4

SANDAL, B. 2006. Güneş Enerjili Konut Isıtma Sistemlerinin F-Grafik Yöntem İle Optimum Boyutlandırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul

STAHL, W. , VOSS, K. and GOETZBERGER, A. , 1994. The Self-Sufficient Solar House in Freiburg. 52: 111-125

SUGÖZÜ, İ. ve SARSILMAZ, C. , 2006. Havalı Güneş Kollektörü ile İç Ortam Isıtılmasının Deneysel Olarak Araştırılması. Fırat Üniversitesi. Fen ve Mühendislik Bilimi, 18 (2): 257-265

TIRIS, M. , TIRIS, Ç. ve ERDALLI, Y., 1997. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri Ve Çevre Araştırma Enstitüsü, İstanbul.

TİMUR, M., 2013. Isıtma ve Havalandırma Ders Notları, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli.

TOĞRUL, İ. ve PEHLİVAN, T. , D. , 2002. Konik Yoğunlaştırmalı Bir Güneş Enerjili Hava Isıtıcının Verimine Farklı Absorber Yüzey Kullanımının Etkisi. Isı Bilimi ve Tekniği, 22(2): 47-53

TURGUT, O., 2002. Yatay Jaluzili, Aktif Güneş Isıtıcılı, Hava-Tutuculu Pencerenin Isıl Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, 17(4): 71-82.

UCAR, A. ve INALLI, M., 2006. Thermal and Exergy Analysis Of Solar Air Collectors With Passive Augmentation Techniques. International Communications in Heat and Mass Transfer, 33: 1281–1290.

ÜNLÜ, K., (2005). Hava ve Toprak Kaynaklı Isı Pompalarına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi, Bursa

VAROL, S. ve TIRIS, Ç. , 1994. Güneş Enerjisi Termal Uygulamaları. TÜBİTAK M.A. M. Enerji Sistemleri Bölümü, Kocaeli.

WANG R.Z., ZHAI, X.Q., DAI, Y.J., 2005. Comparison of Heating and Natural Ventilation In A Solar House Induced by Two Roof Solar Collectors. Applied Thermal Engineering, 25: 741–757.

www.cdn.igdas.com.tr/Web/.../KizginYagKazanlari.pdf, Mayıs 2014 erişildi

www.yetam.hacettepe.edu.tr, Mayıs 2014 erişildi

YEH H. M., HO C. D. and HOU J. Z. , 2002. Collector Efficiency of Double-Flow Solar Air Heaters with Fins Attached, Energy, 27:, 715-727.

YEH, H. and LIN,T., 1995. Efficiency İmprovement Of Flat Plate Solar Air Heaters Energy, 21(6): 435-443.

YEH, H., and CHOU, T. , 1996. Efficiency of Solar Air Heaters With Baffles. Energy 16 (7): 983-987.

YEH, H., and LIN T., 1996. The Effect of Collector Aspect Ratio on the Collector Efficiency of Upward-Type Flat Plate Solar Air Heaters. Energy, 21(10): 843-850

YEH, H., TING C., 1987. Efficiency of Solar Air Heaters Packed With iron Fillings, Energy, 13(7): 543- 547.

YEH, H.M. HO, C.D. and HOU, J.Z., 1999. The İmprovement Of Collector Efficiency İn Solar Air Heaters By Simultaneously Air Flow Over And Under The Absorbing Plate. Energy, 24: 857-871.

ZHAI, X. Q. , DAI, Y. J. , and WANG, R. Z. , 2005. Experimental Investigation on Air Heating and Natural Ventilation of a Solar Air Collector. Energy and Buildings, 37: 373-381.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İbrahim SANCAR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Diyarbakır / 25.03.1980
Telefon : 0 505 844 47 23
Faks : 0 416 223 21 29
e-mail : isancar@adiyaman.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Çok Programlı Lise	Çermik	Diyarbakır	1997
Üniversite	: Dicle Üniversitesi	Merkez	Diyarbakır	2001
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi	Merkez	Şanlıurfa	2014
Doktora	: -			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2005	TMMOB Makina Mühendisleri Odası	Teknik Görevli
2008	TÜVTÜRK Araç Muayene İstasyonları	İstasyon Amiri
2011	Adıyaman Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI : Isıtma- Soğutma ve İklimlendirme Uygulamaları, Isı Transferi, Termodinamik, Güneş Enerjisi ve Uygulamaları

YABANCI DİLLER : İngilizce

YAYINLAR : -

Ek1 - Binanın Özgül Isı Kaybı

	Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isı İletkenlik Hesap Değeri	Isı İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybeden Yüzey	Isı Kaybı
		d (m]	W/mK	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)	A(m^2)	A*U (W/K)
DIŞ DUVAR NO: 0			**Malzeme Toplamları**	>	0,431	627	270,237
	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	**1**	0,02			
7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	0,2	0,45	0,444			
10.3.2.1.	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun	0,05	0,03	1,667			
4.2	Çimento harcı	0,03	**1,6**	0,019			
	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,04			
TOPRAK	**TEMASLI TABAN NO: 1**		**Malzeme Toplamları**	>»	0,472	1000	236
	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,17			
1.6	Mermer	0,03	**3,5**	0,009			
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
10.3.2.1.	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun	0,05	0,03	1,667			
5.1.1	Donatılı	0,4	**2,5**	0,16			
9.2.2.1.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
5.1.2	Donatışız	0,1	1,65	0,061			
	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0			
ÇATILI TAVAN (Havalandırılmayan) NO: 2			**Malzeme Toplamları**	>»	0,272	1000	272
	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	1	0,02			
5.1.1	Donatılı	0,15	2,5	0,06			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü,	0,12	0,035	3,429			
	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,04			
PENCERE DIŞ NO: 3			**Malzeme Toplamları**	>»	5,2	9	46,8
KAPI DIŞ	NO: 4		**Malzeme Toplamları**	>»	5,5	14	77
ISITILMAYAN İÇ ORTAMA BİTİŞİK DUVAR NO: 5			**Malzeme Toplamları**	>»	1,832	160	146,56
	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,13			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,02			
7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	0,1	0,45	0,222			
7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	0,02	0,45	0,044			
	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci			0,13			

Yapı elemanlarının iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı (HT) = **1048,597**

Z AU = $U_D A_D$ + Up.Ap + 0,8 $U_T.A_T$ + 0,5 $U_t A_t$ + $U_d A_d$ +....

ZAU= 1048,597W/K

Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı; HT Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

Hv = 0,33 * nh * Vh

H = Ht + Hv = 1048,597 + 1056,000 = **2104,597 W/K**