

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISI DEPOLAMALI CAM SERALARDA SICAKLIK
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Hüseyin BENLİ

DOKTORA TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

2006

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISI DEPOLAMALI CAM SERALARDA SICAKLIK
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Hüseyin BENLİ

DOKTORA TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 15.09.2006 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Aydın DURMUŞ
Üye : Prof. Dr. Hüseyin YAPICI
Üye : Prof. Dr. Cengiz YILDIZ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Haydar EREN

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun...../...../..... tarih vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında öncelikle her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen ve bölgemiz için oldukça faydalı olacak bir proje hazırlamamıza vesile olan sayın hocam Doç. Dr. Aydın DURMUŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmamız için Üniversitemize cam sera kurup hibe eden Ceylanlar Seracılık Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Ziraat Yük. Müh. Mustafa CEYHANLI'a, deney düzeneğinin kurulmasında yardımcı olan Üniversitemiz Makine Tamir Atelyesi çalışanları, Sera çalışanları, Elk. Teknikeri Eyüp YILDIRIM'a, Mak. Teknikeri Celal Dora KAYAPINAR'a, çalışmalarım esnasında bana yardımcı olan öğrencilerim Uğur YAVUZ, Mehmet AKBULUT'a, ismini sayamadığım emeği geçen herkese ve deneylerin yapılmasında her türlü desteği veren, her zaman yanımda hissettiğim eşim Dr. Suna BENLİ'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu Çalışma Fırat Üniversitesi, (FÜBAP-839), (DPT Alt Yapı Projesi) ve Tubitak Mühendislik Araştırma Gurubu (106M146) tarafından desteklenmiştir. Desteklerini esirgemeyen tüm kamu kurum ve kuruluşlarına sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI
ÖZET.....	XIV
ABSTRACT.....	XVI

1.GİRİŞ VE GENELBİLGİLER..... 1

1.1 Enerji ve Güneş Enerjisi.....	6
1.1.1 Türkiye'nin Enerji Potansiyeli.....	10
1.1.2. Güneş Enerjisinin Dönüştürülmesi.....	11
1.1.3. Güneş Kolektörleri.....	12
1.1.3.1. Havalı Güneş Kolektörleri.....	13
1.1.3.2. Havalı Güneş Kolektörlerinde Kullanılan Malzemeler.....	16
1.1.3.3. Toplayıcı Düzenleri.....	19
1.1.3.4. Hava Isıtıcı Güneş Enerjili Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları.....	20
1.2. Isı Pompası ve Tarihsel Gelişimi.....	22
1.2.1. Soğutma Makineleri ve Isıtma Pompası.....	23
1.2.2. Ters Carnot Çevrimi.....	25
1.2.3. İdeal Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi.....	27
1.2.4. Soğutucu Akışkan Seçimi.....	28
1.2.5. Isı Pompası Çalışma Sistemleri.....	30
1.3. Isı ve Güneş Enerjisinin Depolanması.....	32
1.3.1. Güneş Enerjisi Depolama Yöntemleri.....	33
1.3.2. Isıl Enerji Depolama.....	35
1.3.2.1. Duyulur Isı Depolama.....	35
1.3.2.2. Faz Değişimli Enerji Depolama	38
1.4. Sera ve Seracılık.....	50
1.4.1. Seracılığın Yararları	50
1.4.2. Seraların Kurulması	51
1.4.3. Sera Planlamasında Etkili olan Çevre Koşulları	51
1.4.3.1. Işık	51
1.4.3.2. Sıcaklık	52
1.4.3.3. Nem	52
1.4.3.4. Rüzgarlar ve Yağışlar	53
1.4.3.5. Toprak	54
1.4.3.6. Yön	55
1.4.3.7. Diğer Etkenler	55

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TEZİN KAPSAMI..... 66

3. DENEY DÜZENEGİ VE TANITILMASI..... 85

3.1. Güneş Enerjisi Düzenegi.....	87
3.1.1. Havalı Güneş Kolektörleri.....	87

3.1.2. Havalı Güneş Kolektörleri Tesisat ve Bağlantıları.....	88
3.1.3. Hava Fanı.....	91
3.1.4. Solarimetre ve Kaydedici.....	92
3.2. Enerji deposu.....	93
3.2.1. Isı Enerjisi Depolayan Kimyasal Madde.....	95
3.3. Isı Pompası Düzenegi.....	97
3.3.1. Kondenser.....	97
3.3.2. Sudan-Gaza Isı Eşanjörü.....	98
3.3.3. Kompresör.....	99
3.3.4. Termik Kısılma Vanası.....	101
3.3.5. Kurutucu ve Yan Geçiş Devresi.....	101
3.3.6. Alçak ve Yüksek Basınç Prosestatı.....	102
3.3.7. Selenoid Vanası.....	102
3.3.8. Su Sirkülasyon Pompası.....	102
3.3.9. Su Takviye Tankı.....	103
3.3.10. Termoeleman Bağlama Parçaları.....	104
3.3.11. Toprak Isı Değiştiricisi.....	106
3.4. Isıtma Ortamı.....	108
4. ÖLÇÜMLER VE DENEYLERİN YAPILIŞI.....	111
4.1. Güneş Işınımının Ölçümü.....	111
4.1.1. Deneyler Sırasında Kullanılan Ölçme Cihazları.....	111
4.2. Sıcaklık Ölçümü.....	113
4.2.1. Soğutucu Akışkanın Sıcaklık Ölçümleri.....	114
4.2.2. Sistemde Dolaşan Suyun Sıcaklık Ölçümleri.....	114
4.2.3. Sistemde Dolaşan Havanın ve Ortamın Sıcaklık Ölçümleri.....	114
4.2.4. Sistemdeki Kimyasal Madde Sıcaklık Ölçümleri.....	114
4.3. Sistemdeki Debi Ölçümleri.....	114
4.3.1. Sistemde Dolaşan Salmura Suyun Debisinin Ölçümü.....	114
4.3.2. Sistemdeki Hava Kanalındaki Havanın Debisinin Ölçümü.....	114
4.4. Sistemdeki Basınç Ölçümü.....	115
4.5. Sistemdeki Güç Ölçümü.....	115
4.6. Deneylerin Yapılışı.....	115
4.6.1. Güneş Destekli Sera Isıtma Sistemi.....	115
4.6.2. Güneş Destekli ve Enerji Depolamalı Isıtma Sistemi.....	116
4.6.3. Isı Pompalı ve Enerji Depolamalı Sera Isıtma Sistemi.....	116
5. HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	128
5.1. Isı Pompasının Çevrim Hesabı.....	128
5.1.1. Isı Pompası Devresinde Dolaşan Soğutucu Akışkanın Kütlesel Debisinin Hesaplanması	128
5.1.2. Isı Pompasının Yoğuşturucusundan Alınan Isı Miktarı.....	129
5.1.3. Isı pompasının Buharlaştırıcısının Çektiği Isı Miktarı.....	129
5.1.4. Isı Pompası Kompresörüne Verilen Güç.....	129
5.1.5. Isı Pompasının Performans Katsayısının Hesabı.....	130
5.1.6. Sistemlerin Performans Katsayısının Hesabı.....	130
5.2. Toprak Isı Değiştiricisinin Tasarımı.....	130
5.3. Güneş Kolektörleri Verimlerinin Hesaplanması.....	131
5.3.1. Güneş Kolektörlerinde Anlık Verimlerin Hesaplanması.....	131
5.3.2. Net Kolektör Veriminin Hesaplanması.....	132

5.4. Seralarda Isı Kaybı Hesabı.....	132
5.4.1. Faktörlerin Açıklanması.....	134
6. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE BULGULAR.....	143
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	147
7.1. Sonuç.....	147
7.2. Öneriler.....	148
KAYNAKLAR.....	150
EK-1.....	156
EK-1.1.....	163
EK-1.2.....	172
EK-1.3.....	174
EK-1.4.....	180
EK-2.....	182
EK-2.1.....	251
EK-2.2.....	261
EK-2.3.....	274
EK-2.4.....	283
EK-2.5.....	288
EK-2.6.....	296
EK-2.7.....	301
EK-3.....	313
EK-3.1.....	322
EK-3.2.....	329

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Hava Isıtmalı Düz Plakalı Kolektörler, Su Isıtmalı Düz Plakalı Kolektörler.....	14
Şekil 1.2	Soğutma Makinesi ve Isı Pompası.....	24
Şekil 1.3	Carnot Soğutma Makinesi ve Ters Carnot Çevrimi.....	26
Şekil 1.4	İdeal Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevrimi ve T-s Diyağramı.....	27
Şekil 1.5	Isı pompası Çalışma Sistemleri.....	31
Şekil 1.6	Güneş Enerjisi Depolama Yöntemleri.....	33
Şekil 1.7	FDM ve Su Kaynaklı Depolamanın Mukayesesi	42
Şekil 1.8	Gerçek FDM Malzemesinin Şarj ve Deşarj Karakteristiği.....	43
Şekil 3.1	Deney Düzeneği ve Tesisatların Görünüşü.....	86
Şekil 3.2	Kolektörlerin Önden Görünüşü.....	87
Şekil 3.3	Kolektörlerin Arkadan Görünüşü.....	88
Şekil 3.4	Deneyde Kullanılan Havalı Güneş Kolektörleri İmalat Resimleri.....	89
Şekil 3.5	Havalı Güneş Kolektörlerinin Tesisat ve Bağlantıların Görünüşü.....	90
Şekil 3.6	Hava Fanı ve Bağlantılarının Görünüşü.....	91
Şekil 3.7	Veri Toplayıcı.....	93
Şekil 3.8	Kimyasal Madde Tankı ve Boruların İmali.....	94
Şekil 3.9	Kimyasal Madde Tankı ve Boruların Görünüşü.....	95
Şekil 3.10	Kalsiyum Klorürün ve Potasyum Nitratın Harmanlanmış Görünüşü	96
Şekil 3.11	Kondenserin (Yoğuşturucu) Görünüşü.....	97
Şekil 3.12	Silindirik İç İç Borulu Isı Eşanjörünün Görünüşü.....	98
Şekil 3.13	Silindirik İç İç Borulu Isı Eşanjörünün Görünüşü	99
Şekil 3.14	Dikey Tam Hermetic Kompresörün Görünüşü.....	100
Şekil 3.15	Dikey Tam Hermetic Kompresörün Kesit Görünüşü.....	100
Şekil 3.16	Su Takviye Tankı, Sirkülasyon Pompası ve Bağlantılarının Görünüşü	104
Şekil 3.17	Termoeleman ve Bağlantılarının Görünüşü.....	105
Şekil 3.18	Salamura Su Giriş-Çıkış ve Toprak Sıcaklık Ölçüm Bağlantılarının Görünüşü.....	105
Şekil 3.19	Toprak Isı Değiştiricisi ve Hortumların Görünüşü.....	106
Şekil 3.20	Toprak Altı Isı Değiştiricisi Ölçüleri ve Boyutları.....	107
Şekil 3.21	Zeminin Toprakla Kapatılması.....	108

Şekil 3.22	Seranın Dıştan Görünüşü (Haziran Ayı).....	109
Şekil 3.23	Seranın İç Görünüşü.....	109
Şekil 3.24	Seranın Komple Görünüşü.....	110
Şekil 3.25	Serada Yetiştirilen Ürünün Görünüşü.....	110
Şekil 4.1	ZA9000FST Bağlantı Elemanının Şematik Görünüşü.....	111
Şekil 4.2	FVA645TH3 Thermoanemometre Akış Sensörünü.....	112
Şekil 4.3	FDA612MR Basınç Modülü.....	112
Şekil 4.4	FDA612MR Basınç Modülünün Şematik Görünüşü ile Detayı.....	113
Şekil 4.5	Güneş Destekli ve Güneş Destekli Isı Depolamalı Isıtma Sistemi....	117
Şekil 4.6.	Isı Pompalı ve Isı Depolamalı Isıtma Sistemi.....	118
Şekil 4.7	Deney Düzeneğinde Sıcaklık ve Basınç Ölçüm Noktaları.....	119
Şekil 4.8	Deney Düzeneğinin İzometrik Görünüşü.....	120
Şekil 4.9	Deney Düzeneğinin Trimetrik Görünüşü.....	121
Şekil 4.10	Deney Düzeneğinin Üstten Görünüşü.....	122
Şekil 4.11	Deney Düzeneğinin Sağdan Görünüşü.....	123
Şekil 4.12	Deney Düzeneğinin Soldan Görünüşü.....	124
Şekil 4.13	Deney Düzeneğinin Önden Görünüşü.....	125
Şekil 4.14	Deney Düzeneğinin Arkadan Görünüşü.....	126
Şekil 4.15	Hava Fanı ve Kollektörlerin Görünüşü.....	127
Şekil 5.1	Isı Pompasının P-H Diyagramı.....	128
Şekil 5.2	Seranın Dış ölçüleri.....	137

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Toplayıcı Örtü Malzemelerinin Optik Özellikleri.....	18
Tablo 1.2 Güneş Enerjisi Uygulamasında Kullanılan Bazı Maddelerin Özellikleri.....	18
Tablo 1.3 Pasif ve Aktif Sistemlerin Karşılaştırmalı Avantaj ve Dezavantajları	21
Tablo 1.4 Bazı Maddelerin 20 °C Isıl Özellikleri.....	37
Tablo 1.5 Bazı Taşların 20 °C Isıl Özellikleri.....	38
Tablo 1.6 TEAP TH58 Özellikleri.....	45
Tablo 1.7 Organik ve İnorganik Malzemeler Avantaj ve Dezavantajı.....	46
Tablo 1.8 Değişik Metotlarla Yapılan Isı Depolamalarının Mukayesesi.....	47
Tablo 1.9 Bazı FDM’lerin Termofiziksel Değerleri.....	49
Tablo 1.10 İlimize Ait Son 15 Yıllık Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri.....	56
Tablo 1.11 İlimize Ait Son 15 Yıllık Saatlik Güneş Işınları Aylık Değerleri.....	57
Tablo 1.12 İlimize Ait Son 15 Yıllık Nisbi Nem Aylık Ortalama Değerleri.....	59
Tablo 1.13 İlimize Ait Son 15 Yıllık Rüzgar Yönü ve Şiddeti Aylık Değerleri...	60
Tablo 1.14 İlimize Ait Son 15 Yıllık Aylık Toplam Yağış Miktarı Değerleri.....	62
Tablo 1.15 İlimize Ait 2004 Yılı Meteorolojik Veriler.....	63
Tablo 1.16 İlimize Ait 2005 Yılı Meteorolojik Veriler.....	64
Tablo 1.17 İlimize Ait 2006 Yılı Meteorolojik Veriler.....	65
Tablo 3.1 Düzlemsel Güneş Kolektörleri Teknik Özellikleri.....	88
Tablo 3.2 Hava Fanı Teknik Özellikleri.....	92
Tablo 3.3 Kalsiyum Klörür Hekzahidrat’ın Bazı Teknik Özellikleri.....	96
Tablo 3.4 Kompresörün Teknik Özellikleri.....	101
Tablo 3.5 Su Sirkülasyon Pompasının Teknik Özellikleri.....	103
Tablo 4.1 FVA645TH3 Akış Sensörünün Teknik Özellikleri.....	112
Tablo 4.2 Basınç Modülünün Teknik Özellikleri.....	113

SEMBOLLER LİSTESİ

Güneş Kollektörü I. Ana Dağıtım Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_1
Güneş Kolektörü I. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_2
Güneş Kollektörü II. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_3
Güneş Kollektörü III. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_4
Güneş Kolektörü IV. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_5
Güneş Kollektörü V. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_6
Güneş Kollektörü VI. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_7
Güneş Kollektörü II. Ana Dağıtım Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_8
Güneş Kollektörü VII. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_9
Güneş Kollektörü VIII. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{10}
Güneş Kollektörü IX. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{11}
Güneş Kollektörü X. Kollektör Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{12}
Kimyasal Madde Tank Giriş Sıcaklığı Üst ($^{\circ}\text{C}$)	T_{13}
Kimyasal Madde Tank Giriş Sıcaklığı Orta ($^{\circ}\text{C}$)	T_{14}
Kimyasal Madde Tank Giriş Sıcaklığı Alt ($^{\circ}\text{C}$)	T_{15}
Sera İç Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{16}
Sera Dış Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{17}
Kompresör F-22 Çıkış/Kondenser Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{18}
Kompresör F-22 Giriş/Isı Değiştirici Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{19}
Toprak Kaynaklı Isı Değiştiricisi F-22 Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{20}
Toprak Kaynaklı Isı Değiştiricisi F-22 Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{21}
Yoğusturucu Hava Giriş Sıcaklığı (Sera İç Ortam ile Aynı) ($^{\circ}\text{C}$)	T_{16}
Yoğusturucu Hava Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{22}
Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{23}
Salamura Su Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{24}

Salamura Su Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	T_{25}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{26}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{27}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_3 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{28}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_4 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{29}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_5 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{30}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_6 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{31}
Toprak Altı Salamura Su Sıcaklığı Su_7 ($^{\circ}\text{C}$)	T_{32}
Güneş Işınımı (W/m^2)	I
Sera Sıcak Hava I.Ana Dağıtım Giriş Debisi (kg/s)	$\dot{m}_1$
Sera Sıcak Hava II.Ana Dağıtım Giriş Debisi (kg/s)	$\dot{m}_2$
Toprak Altı Isı Değiştiricisi Salamura Su Debisi (l/s)	$\dot{m}_3$
Yoğuşturucu (Kondenser) Hava Debisi (kg/h)	$\dot{m}_4$
Kompresör F-22 Giriş Basıncı (bar)	P_1
Kompresör F-22 Çıkış Basıncı (bar)	P_2
Sistemin Harcadığı Toplam Enerji (W)	P_{sis}
Sistemin Performans Katsayısı	COP_{sis}
Sera İçi Bağıl Nem (%)	φ
Rüzgar Yönü ve Hızı (km/h)	
Faz Değiştirici Malzemeler (FDM)	
Sera içindeki solar radyasyon (W)	$\dot{Q}_{\text{güneş}}$
Isı pompasından elde edilen ısı kazancı (W)	$\dot{Q}_{\text{ısı pompası}}$
Sera örtüsünden ısı kaybı (W)	$\dot{Q}_t$
Seradan havalandırma yolu ile kaybolan ısı (W)	$\dot{Q}_v$
Sera içindeki topraktan alınan ve verilen ısı (W)	$\dot{Q}_{\text{toprak}}$

Ürün tarafından alınan ve verilen ısı (W)	$\dot{Q}_{ürün}$
Sera içerisindeki havanın hava yoluyla alınan ve verilen ısı(W)	$\dot{Q}_{hava}$
Faz değıştirici Malzemenin ısı depolaması (J/kg)	$\dot{Q}_{FDM}$
Sera örtüsü geçirgenliği	τ
Yatay yüzeydeki solar radyasyon (W/m ²)	I_s
Sera örtüsü ısı transfer katsayısı (W/m ² °C)	k_t
Sera havalandırma ısı transfer katsayısı (W/m ² °C)	h_v
Sera taban alanı m ²	A_g
Termal enerji kazancı	f_s
Toprak ısı emme oranı	α_{toprak}
Ürün olmayan toprak alanı m ²	R_a
Ürünle kaplı toprak alanı m ²	$R_{ürün}$
Kuru havanın entalpisi (J/kg)	h_a
Hava içerisindeki buharın entalpisi (J/kg)	h_v
Sera içi mutlak nem	χ
Su buharı gizli ısı (J/kg)	LH
Freon Gazı kütleli debisi (kg/h)	$\dot{m}_{re}$
Hava içindeki kısmi buhar basıncı (kg/cm ²)	P_v
Hava içindeki kısmi kuru hava basıncı (kg/cm ²)	P_a

ÖZET

Doktora Tezi

ISI DEPOLAMALI CAM SERALARDA SICAKLIK DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

2006, Sayfa: 330

Çalışmamızın temel amacı alternatif ısıtılmalı seracılığın geliştirilmesidir. Bölgemizde havalı güneş kolektörleri ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanılarak sera ısıtılması için deneysel olarak çalışılmıştır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP) olarak bilinen jeotermal (JIP) ısı pompaları ısıtma, soğutma ve su ısıtma için kullanılmaktadır. Seracılık aynı zamanda Türkiye tarım sektörü için önemli bir ekonomik potansiyeldir. Ayrıca güneş enerjisi kazanımıyla seralar soğuk günler ve gecelerde ısıtılmaktadır. Seralarda ürünün yetiştirilmesinde optimum koşulları sağlamak için yenilenebilir enerji kaynakları mümkün olduğunca çok kullanılması gerekir.

Deneysel çalışmada 10 adet havalı güneş kolektörleri, toprak kaynaklı ısı pompası, 30 m² alan ölçüsüne sahip cam sera, gizli ısı depolama tankı kullanılmıştır. Isı depolama tankı Faz Değiştirici Malzeme ile doldurulmuştur. Gizli ısı depolama tankı soğuk günler ve gecelerde deşarj edilerek enerjisinden faydalanılmıştır. Havalı güneş kolektörlerinin yeterli olmadığı soğuk kış günlerinde deneylerde, yatay olarak yerleştirilmiş toprak kaynaklı ısı pompası, sirkülasyon pompası, ölçüm ve diğer yardımcı ekipmanlar kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada ilk aşamada havalı güneş kolektörleri kullanılarak sera ısıtılması yapılmıştır. İkinci aşamada havalı güneş kolektörleri ve Faz Değiştirici Malzeme kullanılarak, son aşamada ise toprak kaynaklı ısı pompası ve ısı depolama sistemi kullanılarak sera ısıtılması yapılmıştır. Deneysel çalışmalar ısıtma sezonu Ekim 2005- Mayıs 2006 boyunca yapılmıştır.

Deneysel alışmalar sonunda elde edilen sonuçlar ile kollektör verimi, ısı depolama verimi ve sistem ısı pompası performans katsayısı bulunmuştur. Ekonomik analizlere göre gündüz havalı güneş kolektörleri kullanarak sera ısıtılması gayet ekonomik olmaktadır. Ayrıca bölgemiz koşulları için toprak kaynaklı ısı pompası kullanmak gayet uygundur.

Anahtar Kelimeler: Isı pompası, Havalı Güneş Kolektörleri, Yatay Toprak Kaynaklı Isı Pompası, Gizli Isı Depolama, Faz Değiştirici Malzemeler.

SUMMARY

PHd Thesis

INVESTIGATION OF TEMPERATURE CHANGING ON HEAT STORAGE IN THE GREENHOUSE

Firat University

Gradute School of Natural and Applied Sciences

Depertmant of Mechanical Education

2006, Page: 330

In this study, main aim is improved a new alternative heating systems for greenhouses. An experimental set-up designed to investigate the effect of the heating of the greenhouses with solar energy and heat pump experiments were done in Turkey-Elazığ.

Ground-source heat pump (GSHP), also known as geothermal heat pump (GHPs), are recognized to be outstanding heating, cooling and water heating systems. Greenhouses also have important economical potential in Turkey's agricultural sector. In addition to solar energy gain, greenhouses should be heated during nights and cold winter days. In order to establish optimum growth conditions in greenhouses, renewable energy sources should be utilized as much as possible.

The experimental set-up (apparatus) consist of 10 numbers solar air collectors , a glass greenhouses with dimensions of (6mx5mx2m). A latent heat thermal energy storage tank were used in the experiments. This tank was filled with phase-change material (PCM). A latent heat thermal storage tank (LHTST) were used to heat, and also to charge of PCM during day light and to discharge heat in PCM during nights days. In the experiments made in cold winter days when the solar air collectors is not sufficient a heat pump with ground source, heat exchanger, a circulating pump, measuring and other axuliary equipment were used.

In this study, First period solar air heating system was used for heating in the greenhouse. Secondly solar air heating assisted with energy storage system was used. Finally ground source heat pump and energy storage system were investigated experimentaly. Experiments were made during the heating season (from October to May) of 2005 and 2006.

The experimentally obtained results were used to calculate collector efficiencies, storage efficiencies, heat pump coefficient of performance (COPs) of the sytem. From the economical analyses, It was shown that solar air collectors using heating in this region is the most economical system in the day- light. Ground source heat pump can be used for Elazığ, Turkey climate conditions.

Keywords: Heat pumps (HP), Solar Air Collector (SAC), Horizontal Ground Source Heat Pump (HGSHP), Latent Heat Storage (LHS), Phase Change Material (PCM).

I.GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Enerji insan hayatının başlangıcından günümüze kadar giderek artan miktarlarda insan yaşamına girmiş ve insanların refah düzeyini yükseltmiştir. İnsanlar, önceleri ısınmak ve yiyeceklerini pişirmek için enerjiden yararlanmışlar, daha sonra teknolojinin gelişmesiyle enerjiyi çok değişik sahalarda kullanmaya başlamışlardır. Özellikle çağımızda kullanılma alanı oldukça yaygınlaşmış ve teknolojinin Bu düzeye gelmesinde başlıca etken olmuştur. Bundan dolayı, dünya enerji kaynakları giderek önem kazanarak çağımızın politik ve ekonomik olaylarını önemli ölçüde etkilemiştir. Günümüzde enerjinin önemi daha iyi anlaşıldığından, kişi başına enerji tüketim miktarı, ülkelerin kalkınmışlığının bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bilindiği gibi ülkemizde enerji açığı oldukça fazladır ve tüketilen enerjinin hemen hemen yarısı ithal edilmektedir. Ayrıca kişi başına tüketilen enerji miktarı da dünya ortalamalarının çok altındadır. örneğin; bazı ülkelerin kişi başına tüketilen enerji miktarları kilogram petrol olarak A.B.D'de 6679, Kanada'da 6942, Almanya'da 3936, Fransa'da 2604, İtalya da 2499, Yunanistan'da 1716, İspanya'da 1474 iken ülkemizde bu miktar 782 dir. Enerji kaynaklarının, tükenen ve tükenmeyen olmak üzere iki şekilde tanımlamak mümkündür. Tükenmeyen yani Yenilenebilen Enerji Kaynaklarının zaman içerisinde herhangi bir şekilde tükenmeleri mümkün değildir. Kendilerini kısa sürelerde yeniliye bildikleri gibi, süreklidirler. Güneş, rüzgar ve akarsular bu kaynaklara en güzel örnekleri teşkil ederler. Fakat kömür, petrol ürünleri, doğal gaz gibi tükenen enerji kaynakları belirli bir zaman sürecinde mutlaka bitecek ve yeniden oluşmaları için milyonlarca yıl gerekecektir. O halde doğal çevrede sürekli ve tekrarlanan enerji kaynaklarından yararlanmak, günümüzde kaçınılmaz ve zaruri bir hal almıştır. Bu kaynaklar hem çevre dostu hem de Allah'ın insanlığa bahşettiği bedava enerji depolarıdır. Şayet yenilenebilir enerji kaynakları yönünden çok zengin olan cennet ülkemiz Türkiye, alternatif enerji kaynaklarının harekete geçirebilse, enerjide bağımsızlığını ilan etmiş olur. Çerçevesinde bakıldığında bu hayal gibi görünse de, akıllı yatırım program ve politikalarıyla bu mümkündür. Enerjide bağımsız ülkeler, milli bağımsızlıklarını da korurlar ve ekonomik olarak özgürdürler. Rusya ile Ukrayna arasında ki doğal gaz krizi ülkelerin enerjide bir birlerine bağlı olmalarının ne kadar acı sonuçlar doğurabileceğinin en son göstergesidir. Artık Rusya'nın enerji sayesinde süper bir güç olması kaçınılmazdır. Çünkü bir çok ülke enerji bakımından Rusya'ya bağımlı hale gelmiştir.

Rusya şu an enerji satarak günde yarım milyar dolar kazanmaktadır. Türkiye ürettiği Enerjinin yaklaşık %42'ni, yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan akarsulardan elde etmektedir. Geri kalanın; yaklaşık %32'sini kömürden, %19'nu doğal gazdan, %7'sini ise petrolden elde etmektedir.

Göröldüğu gibi enerji çağımızın vazgeçilmezi haline gelmiş, yaşamımızın her evresine girmiştir. Günümüzde, enerji yiyecek içecek kadar önemli bir hal almıştır. Kullandığımız makineler, taşıtlar, ev ihtiyaç araçları hepsi değişik enerji kaynaklarına gereksinim duymaktadırlar. Kömür petrol gibi fosil yakıtlarının sınırsız olmadığı düşünölürse alternatif enerji kaynakları aramanın önemi daha iyi anlaşılır. Sadece kömürün bittiği düşünölürse dünyada ne kadar ısınma probleminin çıkacağını insan düşünmek bile istemez. Elektrik enerjisi sıkıntısı çekilse; bilgisayarımız buzdolabımız, telefonumuz çalışmasa hayat ne kadar zorlaşır. Bu zorlukları çekmemek için daha fazla elektrik üretmek gerekir. Elektrik üretimi artınca insanlara aş, iş doğar zenginlik artar.

Düzenli ve konforlu bir yaşamın sürdürülebilmesi öncelikle ekonomik yönden güvenilir ve çevre ile uyumlu bir enerji altyapısının oluşturulabilmesine bağıdır. Enerji altyapısında meydana gelebilecek bir aksaklık, üretimi ve buna bağılı olarak da yaşam düzeyini olumsuz yönde etkiler Bundan dolayı güvenilir ve ekonomik bir enerji altyapısının oluşturulması gerekir. 1975 Dünya enerji krizi ile birlikte Türk ekonomisinde gözlenen olumsuz gelişmeler, düzensiz ve ekonomik olmayan enerji altyapısı ile kalkınmışlık düzeyine ulaşmanın çok güç olacağı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Kalkınmayı sağlayan temel sektörlerden belki de en önemlisi enerji sektörüdür. Ülke kaynaklarının ağırlıklı biçimde enerji yatırımlarına kaydırılması ile Türkiye'nin enerji altyapısı ve enerji dengesi son yıllarda hızlı bir gelişme sürecine girmiştir. Bu gelişmelerin başlıcaları; enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, enerji altyapısının yeni kaynaklara açılması, enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılması, çevre kirliliğini önleyici ve enerji sektöründe verimliliği artıran yeni teknolojilerin kullanılmasıdır. Türkiye'de kullanılan toplam enerjinin % 45 'i konutlarda, % 28'i sanayide,%18 'i ulaşımında, % 4 'ü tarımda ve geri kalanı da diğer sahalarda tüketilmektedir. Göröldüğu gibi tüketilen enerjinin hemen hemen yarısı konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca konutların ısıtılmasında genellikle fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtların dünyamızdaki miktarları sınırlıdır. Yapılan tahminlere göre bu günkü tüketim hızıyla fosil yakıtlardan petrolün 50-75 yıl, kömürün 230 yıl ve doğal gazın 65 yıl sonra tükeneceği sanılmaktadır.

Özellikle, petrol için öngörülen sürenin kısalığı, tüketime paralel olarak fiyatların aşırı şekilde yükselmesi ve kısa zaman periyotlarında ortaya çıkan petrol krizleri (örneğin, son körfez krizi) petrolün güvenilir yakıt olmasını ortadan kaldırmıştır. Ayrıca fosil yakıtlar önemli ölçüde çevre kirliliğine yol açmaktadırlar.

Seraların güneş enerjisiyle ısıtılması ve soğutulması uygulamalarında enerjinin depolanması en önemli faktörlerden biridir. Güneş enerjisi, gündüz-gece çevrimi ve güneş ışınım açısındaki mevsimlik değişimler nedeniyle sürekli değildir. Bununla birlikte yeryüzünün çoğu yerinde hareket halindeki bulutların güneşi kapatmasından dolayı önceden tahmin edilemeyen ışınım değişimleri meydana gelmektedir. Böylece güneş enerjisini toplama sistemleri gerekli enerjiyi sürekli olarak düzenli bir şekilde sağlayamazlar. Ayrıca enerjinin kullanım zamanı ile güneş enerjisinin toplandığı zaman genellikle farklıdır. Bundan dolayı güneş enerjisinin depolanıp gerekli olduğu zaman depodan alınarak kullanılmasında güneş enerjisi ısıtma sisteminin düzenli çalışması bakımından büyük yarar vardır. Bu durumda güneş enerjisi, ısı pompası ve enerji depolamanın kombine bir şekilde uygulanarak seraların ısıtılması, enerji tasarrufu ve çevre kirliliği yönünden önem kazanmaktadır. Bilindiği gibi güneş enerjisi sonsuz (tükenmez) olması yanında oldukça temiz ve ilk yatırım masrafları hariç ucuz enerji kaynağıdır. Isı pompaları ise elektrikli ısıtmaya göre 3-6 kat daha avantajlıdır. Ayrıca güneş enerjisi ve ısı pompaları sanayide de kullanılabilmekte ve önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ülkemiz güneş enerjisi ve buna bağlı olarak ısı pompalarının kullanılabilmesi yönünden şanslı bir konumdadır. 36° ve 42° enlemleri arasında yer alan ülkemizin hemen hemen tümünde güneş enerjisi değerleri, genelde güneşten ekonomik olarak yararlanmanın alt sınırı olarak kabul edilen 1500 kWh/m²-yıl değerinin üstündedir. Bundan dolayı son yıllarda güneş enerjisi ve ısı pompaları üzerinde oldukça yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu güne kadar seraları ısıtmak için çok sayıda güneş destekli ısı pompası sistemi geliştirilmiş ve literatürde bu konu ile ilgili pek çok makale yayımlanmıştır. Görüldüğü gibi, ısı pompası ile hem ısıtma, hem de soğutma yapmak mümkündür; bahar ve yaz mevsimi gibi sıcak günlerde bulunduğumuz mekânın içerisindeki ısıyı dışarıya transfer ederek, içeriye soğutmuş oluruz. Serin ve kış günlerinde ise aynı cihaz ile bunun tam tersini yapar; ısı enerjisini dışarıdan içeriye doğru pompalayarak içeriye ısıtabiliriz. Dünyamız güneşten gelen enerjinin az bir miktarını bünyesinde tutar, gerisini ise yansıtır. Güneşten dünyamıza gelen enerjinin bir miktarı toprak tarafından emilir ve toprak altındaki sıcaklık değerleri kış aylarında fazladır.

Yazın ise toprak, örtü vazifesi yaptığından düşüktür. Bu noktadan hareketle, şayet toprak altında eşanjör (ısı değiştiricisi) mantığı ile boru döşenip; boru içerisinden de antifrizli su geçirilip toprak altı ısından faydalanarak, bunları kullandığımız mekânlara pompalamak daha az elektrik enerjisi harcayarak ısıtma soğutma elde edebilmenin ekonomik bir yoludur. Bu tür sistemler; toprağın derinliklerindeki sıcaklıktan yararlanarak, ortam ısıtması ve soğutması yapmakta kullanılmaktadır. Böyle bir sistemde çalışan toprak kaynaklı ısı pompaları, yoğun olarak kullandığımız ve split klima olarak bilinen havadan havaya ısı pompalarına göre daha az enerji harcamaktadır. Böylece toprakla bulunan enerjiden de yararlanmış oluruz. Şayet arazi sıkıntısı var ise dikey borulandırma. Arazi sıkıntısı yok ise yatay borulandırma yapılabilir. Yatay borulandırma evin bahçesinin bir kısmına yapılabileceği gibi evin çevresine de yapılabilir. Yatay borulama işlemi toprağın 1- 2 metre gibi derinliğine gerçekleştirilir. Boru uzunluğu ise ihtiyacınız olan ısıya göre değişir.

Literatürdeki çalışmalardan da yararlanılarak yapılan bu çalışmada, Kalsiyum klorür heksahidratın enerjii düşük sıcaklıkta gizli ısı şeklinde depolayabilme özelliğinden faydalanılarak güneş enerjisinin depolanması ve gece depolanan bu ısının sera ısıtılmasında yardımcı ısıtıcı olarak kullanılabilmesi incelenmiştir. Çalışmamızda Isı depolamalı, Toprak kaynaklı ısı pompası ve havalı güneş kolektörleri destekli sera projesi tasarladık. Amacımız soğuk kış günlerinde gün ışığının olduğu saatlerde serada ısıyı depolayarak, gece saatlerinde kullanmaktır. Bu nedenle sera içerisinde soda fabrikalarının artık maddesi olan Kalsiyum Klorür Heksahidratın ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) çözeltisi bulunan depo oluşturduk. Çocuk maması kıvamında olan bu çözelti havalı kolektörlerde toplanan gün ışığı ile gündüz eritilip gece ise soğumaya bırakılarak seramız ısıtılmıştır. Kimyasal maddeyi eritebilecek yeterli kadar gün ışığı olmadığı kapalı kış günlerinde ise; toprak kaynaklı ısı pompasından yararlanılmıştır. Toprak altı sıcaklığı kış günlerinde çevre sıcaklığı kış günlerinde çevre sıcaklığından daha yüksektir. Bu sıcaklıktan faydalanmak yani bu ısıyı seraya pompalamak ısı pompası yardımıyla olur.

Güneş enerjisini kullanarak akışkan sıcaklığının artmasını amaçlayan sistemlere Güneş kolektörü (toplayıcısı) adı verilir. Bu sistem basit bir şekilde düşünülürse bir yüzeye düşen güneş ışınlarının bir kısmı yüzey tarafından yutulur. Bu yutulan enerji ile akışkana iletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi sağlanır. Aynı zamanda dış yüzeyden çevreye yüzeydeki sıcaklık ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak ısı transferi olur. İşte bu yutulan ısı ile çevreye bırakılan ısı kaybı arasındaki fark yararlı Güneş enerjisidir ve bu enerji akışkanın ısıtılması için kullanılır.

Havalı güneş kolektörleri, akışkan olarak kullanılan hava ile güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sistemler olarak bilinir. Kolektöre gelen güneş enerjisinin bir kısmı yutucu yüzey tarafından emilerek soğurmak akışkan olan havaya aktarılırken bir kısmı enerjide kayıp olarak dış ortama transfer olur. Kolektör üzerine gelen güneş enerjisinin bir kısmı da kolektörün ısı kapasitesi için harcanır. Kolektörden elde edilen faydalı ısı enerjisi kolektörde kullanılan giriş ve çıkış entalpi değerleri arasındaki fark olarak hesaplanabilir.

Havalı güneş kolektörleri daha çok Tarım ve orman endüstrisinde kurutma amaçlı bina ısıtılmasında ve hacim ısıtılmasında kullanılır. Kolektör, yani ışın toplayıcı diyince insanlarımız hep akıllarına evlerimizde kullandığımız sulu kolektörleri getirirler. Hâlbuki kolektörlerin hava ile çalışanları vardır ve gıda kurutmada çok sık kullanılırlar. Daha temiz, kapalı ortamlarda ve hızlı kurutma için kullanılan havalı kolektörleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada; güneş enerjili ısıtma sistemi, güneş destekli ve enerji depolamalı ısıtma sistemi, ısı pompalı ve enerji depolamalı ısıtma sistemi deneysel olarak incelenmiştir. Ekonomik analiz yapılarak ekonomiklik yönünden birbiriyle mukayese edilmiştir.

Amacımız Elazığ gibi güneşi bol toprağı verimli yöremizde, seracılığı modern bir şekilde geliştirmek, Güneş ışığından daha fazla ve verimli şekilde yararlanmaktır.

Deneyler 2005 ve 2006 yıllarında ısıtma sezonu boyunca (Ekim ayından Mayıs ayına kadar) yapılmıştır.

Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının azalması ve bu kaynakların sebep olduğu hava kirliliğinin artması, güneş enerjisi üzerine olan çalışmaları yoğunlaştırılmıştır. Ayrıca enerji kaynaklarının azalması paralelinde, enerji ekonomisini de gündeme getirmiştir. Isı pompalarının elektrikli ısıtmaya nazaran 2 ila 6 kat avantajlı olmaları, çevre kirliliğine neden olmamaları, istenildiğinde hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılmaları nedeniyle üzerinde sıkça çalışılan bir konu olmuştur. Yapılan çalışmalar; Isı pompaları, Güneş Enerjisi ve Havalı Kolektörler, Enerjinin depolanması ve Seracılık olmak üzere dört ana başlıkta incelenecektir.

1.1. Enerji ve Güneş Enerjisi

Enerji klasik termodinamikte, iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Pratik olarak söylemek gerekirse, enerji sanayileşmiş toplumların ayrılmaz bir parçasıdır. Günümüzde enerjinin büyük bir kısmı petrol, doğal gaz, likit petrol gazı, kömür ve odun gibi kaynaklardan elde edilmektedir. Bunlardan odunun dışındaki kaynaklar kısıtlıdır. Aslında odununda kısmen sınırlı olduğu söylenebilir. Bu yakıtların 45 yıl (tabii gaz) ile 250 yıl (kömür) arasında tükeneceği saptanmıştır.

Enerji kaynakları azalırken, dünya nüfusunun sürekli artması ve enerji bağımlılığı, enerji açığını sürekli artıracaktır. Temel enerji kaynakları tüketildiğinde insanlık daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına dönmek zorunda kalacaktır. Bunlardan en önemli ikili, Nükleer ve Güneş Enerjisidir. Nükleer enerjinin oldukça yüksek bir teknoloji gerektirmesi, maliyetinin yüksek olması yanında insan sağlığı için tehlike arz etmesi güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini azaltmaktadır. İkinci seçenek olan Güneş enerjisi son derece güvenilir bir kaynak olup, verimli ve yaygın kullanımında yüksek ve özel bir teknoloji gerektirmemektedir. Kullanımında çevreye ve insan sağlığına zarar vermemektedir.

Güneş enerjisi kullanımı artarken, çeşitli kaynaklardan elde edilen enerjinin tasarruflu bir şekilde kullanımı da sağlanmalıdır. Tasarrufla ilk adım, konut ve binalarda kullanılan klasik yada yenilebilir alternatif enerji kaynaklarının talebini düşürmek olmalıdır. İkinci adım, fosil yakıt talebini azaltmak için güneş enerjisi kullanımını artırmaktır.

Fosil yakıt kaynaklarının çoğu sanayileşmiş ülkeler tarafından kullanılmaktadır. Bu ülkelerin sahip olduğu kaynaklar ve nüfuslar az olmasına rağmen kullandıkları fosil yakıt miktarları çok fazladır. A.B.D 'nin nüfusu dünya nüfusunun yaklaşık % 6 olmasına rağmen dünya fosil kaynaklarının yaklaşık % 35' ini kullanmaktadır.

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Güneş 1391 000 km. çapında bir gaz küresidir. Dünya, odaklarından birinde güneş bulunan eliptik bir yörüngede güneş etrafında döner. Dünyada güneşe olan ortalama uzaklık 145.450.000 km. dir. Güneşte sıcaklık merkeze doğru artar ve 20.000.000 °C' ı bulur, yüzey sıcaklığı ise 6000 °C dır. Güneşteki bu yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerinden ayrılırlar. Bu nedenle güneşte atom ve molekül değil serbest elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Bu karışıma, *plazma* adı verilir. Bu sıcaklıkta hafif elementlerin atom çekirdekleri bir araya gelerek daha ağır elementlerin çekirdeklerini oluştururlar. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olur. Füzyon adı verilen bu olay yüksek sıcaklıkta ve atom çekirdeği yardımı ile olduğu için *Termonükleer Reaksiyon* adını alır. Güneşin içi yakıtı hidrojen ve ürünü helyum olan çok büyük bir fırın olarak düşünülebilir. Güneşte oluşan helyum miktarı harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneşten ışın olarak çıkan (güneş radyasyonu) enerjiyi verir. Bu enerji, çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşmaktadır [1].

Güneşin bir saniyede ürettiği enerji miktarı insanlığın şimdiye kadar kullandığı enerji miktarından fazladır. Dünya güneşten gelen enerjinin sadece milyarda birini alır. Bu enerji miktarı 15 dakika depo edilse toplam dünya nüfusunun yıllık enerji miktarı karşılanabilirdi [1].

Uzaya yayılan güneş enerjisi yakıcı ve öldürücüdür. Işınlardan zararlı olanları dünyaya ulaşmadan 22 km. yukarıda ozon gazı tarafından tutulur. Ozon gazı güneşin mor ötesi ışınlarını yutmakla tüm canlıları bu zararlı ışınlardan korumaktadır. Ozon şimdiki miktardan daha fazla olsaydı, canlı organizmaları için gerekli olan miktarı da yutacak ve canlıların gelişimi sağlıklı olmayacaktı [1]. Atmosfere gelen radyasyonun yaklaşık % 17.5'u atmosferi ısıtmak için harcanır. Yaklaşık % 35'i bulutlardan ve yerden yansıtılarak tekrar uzaya döner. Bulutların üst yüzeyi güneş ışınları için çok iyi bir yansıtıcı görev görürler. Yeryüzüne gelen ışınların bir kısmıda yansıtılır. Yansıyan ışınların miktarı toprağın cinsine, nem derecesine, rengine ve toprak üstü şartlarına bağlıdır. Taze kar ideal bir yansıtıcıdır. Üzerine gelen ışınların % 90'ının yansıtır. Yansıtma, ışınların geliş açısını da bağlıdır. Aynı yerde günün değişik zamanlarındaki yansıtma değerleri farklıdır. Araştırmalar yeryüzü ve atmosferin ortalama % 35 yansıtma değerine sahip olduğunu göstermektedir [1].

Güneşten gelen radyasyonun tümünü 100 birim kabul edersek, atmosferi ısıtmak için harcanan ve yansiyarak uzaya dönen değerlerin toplamından sonra geriye 47.5 birim kalır ki, bu miktar yeryüzüne düşmekte ve burada ısıya dönüşmektedir [1]. Yeryüzüne gelen ortalama güneş radyasyonu değeri yaklaşık 270-540 kcal/m²h dir. Birim yüzeye gelen radyasyon değerinin çeşitli nedenlerle daha az oluşu, geniş kollektör yüzeyini gerektirir ve bundan dolayı güneşli ısıtma sistemlerinin ilk kuruluş maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla olabilir. Ancak uygun dizayn ve verimli çalışma ile tesisler kendini kısa zamanda geri ödeyebilmektedir.

Toplanması ve kullanılması açısından güneş enerjisi ile ilk araştırmalar antik çağlara dek gider. Mısırlılar “sera olayını”, yani kapalı bir cam kap içerisinde güneşe bırakılan bir cismin dışarıdaki serbest havadan daha çok ısındığını fark etmişlerdir. M.S 100 yıllarına doğru Alexandrie’li Heron güneş ışınları yardımıyla su pompalamak için bir düzenek yapmayı başarmıştır. III. YY’da Archimedes düzlem aynaları, bir çukur ayna meydana getirecek şekilde yerleştirdiği ve bunun yardımıyla Syracuse’de bir Roma donanması yaktığı söylenmektedir. XVII. YY’a kadar güneş enerjisi unutuldu. 1615 yılında Salomon de Gaus bir güneş pompası yapmıştır. Motor gücü, güneş ışınları tarafından ısıtılan hava ile elde ediliyordu. XVIII. YY’da Buffon küçük yüzeyli aynalar kullanmıştır.

Lavoisier bir sıvı mercekle yardımıyla yoğunlaştırdığı enerji ile ilk güneş fırınına gerçekleştirmiştir. Bu sıcaklık platinin erime sıcaklığına kadar ulaşmıştı. XVIII.YY’ın sonlarında, İsviçreli B.B. de Saussure farklı güneş makineleri yapmıştır. Yapılan ilk toplayıcı ise, sera etkisini artırmak için, güneşe yönelik yüzü iki vitrin ile kaplanmıştır [2]. XIX. YY’da ve XX. YY’ın başlarında , çok sayıda ve bazen de oldukça önemli tesisler inşa edilmiştir.

Pratikte amaç her zaman güneş enerjisinden, sıcak hava ve su buharı yardımıyla, mekanik enerji üretmektir. A. Mouchot’un 1878’de “Exposition Universelle” basımevini çalıştırmaya yarayan büyük bir konik ayna ile 3.5 atmosferlik su buharı üreten bir makine inşa etmiştir. Aynı dönemde Piere bir güneş matbası yapmıştır. 20 m² lik bir toplayıcı yüzeyden 2 HP. lik bir güç elde etmiştir. 1913 yılında Kahire yakınlarında Schumann’ın gerçekleştirdiği tesis oldukça önemlidir. Yapılan iş Nil’den su pompalayan 100 HP gücünde bir güneş fırını idi [2].

Birinci Dünya Savaşı ve sonrasında petrolün önem kazanması ile güneş enerjisine yönelik çalışmalar araştırma düzeyinde kalmıştır. 1930 yılından sonra pasif sistemlerle ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmışsa da araştırmadan ileriye gidememiştir.

Güneş enerjisinin önem kazanması daha çok 1973'deki dünya enerji krizi ile olmuştur. Günümüzde, güneş enerjisinden bir çok alanda yararlanılmakta ve her geçen gün kullanım alanı artmaktadır.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımının hesabında daha çok atmosfer dışında yatay düzleme gelen ışımdan yararlanılır. Atmosferin dış yüzeyine gelen ışınımın şiddeti $270\text{-}540 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ dir. Bu değer *Güneş Sabiti* olarak da bilinir. Doğrudan yeryüzüne gelen güneş ışınlarına : *Direkt Güneş Işınımı*, saçılan ışımların yeryüzüne gelen kısımlarına *Yayıllı (Diffüz) Güneş Işınımı* adı verilir. Direkt ve yayıllı güneş ışıını pratik olarak $0.3\text{-}3.0 \mu$ dalga boyu aralığında olduğundan buna *Kısa Dalga Boylu Işınım* da denir. Direkt, yayıllı (Diffüz) ve yansıyan ışıınıların toplamı Tüm Güneş Işınımı olarak tanımlanır [3]. Dünya ile güneş arasındaki mesafe, zamana bağlı olarak $R_g = 147.1 \times 10^6 \text{ km} \text{-} 152.1 \times 10^6 \text{ km}$ arasında değiştiğinden güneş sabiti de aylara göre değişmektedir. Güneş enerjisinin uzaydan geçerek dünyaya ulaşması elektromagnetik radyasyonla olmaktadır. Isıtma ve soğutma işlemlerinde kullanılabilmesi için bu enerjinin ısıya dönüştürülmesi gerekir. Birim yüzeye düşen güneş enerjisinin azlığı nedeniyle, ısı enerjisi elde etmede geniş yüzeylere veya odaklayıcı yüzeylere ihtiyaç vardır.

Güneş enerjisi kollektörleri (toplayıcıları), güneş radyasyonunu absorbe eder ve bu radyasyonu ısıya dönüştürürler. Radyasyonu absorbe eden materyalin sıcaklığını yükseltir. Emici yüzeyin ısısı sıvıya da gaz akışkanlarla taşınır.

Güneş kollektörleri dizaynlarına göre iki ayrı gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi düz yüzeyli kollektörler, ikincisi ise yoğunlaştırılmalı (odaklayıcı) kollektörlerdir.

Kollektör plakası (emici yüzey) sıcaklığı çevre sıcaklığından daha yüksek olduğundan kollektörlerden çevreye ısı kaybı olur. Bu nedenle pratikte % 100 verim elde edilemez.

Odaklayıcı kollektörler, belirli bir yüzeye düşen güneş radyasyonunu daha küçük emici alanına yoğunlaştırarak verdikleri için, ısı kayıplarını düşürürler. Odaklayıcı kollektörler sadece direkt radyasyonu kullanabildikleri için, güneşi sürekli izlenmeleri sağlanmalıdır. Bol güneşli ülkelerde yoğunlaştırılmalı kollektörlerin olumsuz yönleri, yüksek verimleri nedeniyle dikkate alınmayabilirler.

Güneş enerjisinin sadece, güneşin bulutlarla engellenmediği, ancak gündüz saatlerinde alınması ile mümkündür. Hemen bütün ısı enerji kaynakları bu amaçla kullanılmaktadır. Güneşin olmadığı zamanlarda daha önce depolanan enerji kullanılabilir. Çeşitli ısı depolayıcı maddeler bu amaçla kullanılmaktadır (Faz değiştiren maddeler, çakıl taşları, su vb.).

1.1.1. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli

Ülkemiz, dünya güneş enerjisi kuşağı içinde bulunan ve güneş enerjisinden bir çok şekilde faydalanma imkanına sahip ender ülkelerden birisidir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak enerji ihtiyacı da giderek artmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin azalması, diğer enerji kaynaklarının araştırılmasını gündeme getirmiş bunlar üzerinde çalışmaların sürekliliğini zaruri kılmıştır. Son yıllarda ülkemizde de alternatif enerji kaynaklarının devreye sokulması ve desteklenmesi üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Ülke kaynakları kıt ve gelişmemiş bir ülke olan yurdumuz için bu kaynakların kullanımı iki kat önem arz etmektedir. Son yıllarda Alternatif enerji kaynakları olan Nükleer-enerji, su-enerjisi, jeotermal-enerji, rüzgar-enerjisi ve güneş enerjisi üzerindeki çalışmalar daha hızlı bir şekilde yürütülmektedir. Endüstride değişik alanlarda maliyet rantabilite hesapları bu kaynakları da dikkate alarak tekrarlanmakta ve konvensiyonel metotlarla rekabet edebilecek yeni yöntemler ve teknoloji geliştirilmektedir.

Rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisi için ise bu tür çalışmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Dünyada güneş enerjisinden yararlanmak için A.B.D., Almanya, İtalya, İsrail' de oldukça gelişmiş teknolojiler mevcuttur ve endüstrileri de imalata geçmiştir.

Türkiye'de güneş enerjisinden yararlanma konusunda yapılan ve süregelen çalışmalar ve bunların sonuçları hakkında bilgi vermek, yapacağımız deneysel çalışmaya fayda sağlayacaktır.

İstanbul Teknik Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara Üniversitesi ve Ege Üniversitesi gibi üniversitelerimiz başta olmak üzere, Enerji Bakanlığı, Tarım Bakanlığı gibi bakanlıklarımızda güneş enerjisinden yararlanma konusunda teorik ve deneysel çalışmalar süregelmektedir.

Enerji Bakanlığına bağlı Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) Marmaris'te bir güneş enerjisi araştırma Enstitüsü kurmuş ve bursla yurt dışına bu konuda eğitilmek üzere elemanlar göndermiştir. Ege Üniversitesinde Mühendislik Bilimleri Fakültesine bağlı bir güneş enerjisi Enstitüsü kurulmuştur. Tarım Bakanlığına bağlı uzmanlar seralarda sulamadan, ısıtmaya kadar bir çok değişik konularda çalışmalar başlatmış ve devam etmektedir.

Ankara Üniversitesinde Güneş Kollektörleri ve Güneş Enerjisi ile ısınan evler üzerinde, Ortadoğu Teknik Üniversitesinde güneş evleri üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Ege Üniversitesinde başta güneşle gıdaların kurutulması ve güneş kollektörleri alanında çeşitli alanlar da çalışmalarını sürdürmektedir. Bir çok üniversitelerimizde güneş evleri projesi mevcuttur.

Türkiye’de özel sektörün bu konuda çok büyük bir mesafe kat ettiğini görmekteyiz. Bu da bize özel sektörümüzün bu konunun önemini kavramış olduğunu göstermektedir. Bunun en güzel tespiti konutlardaki güneş kolektörü kullanımında görülen talep patlamasıdır. Bu da enerjiyi en pahalı şekilde üreten ve insanına sunan Türkiye için oldukça önemli olmaktadır.

1.1.2. Güneş Enerjisinin Dönüştürülmesi

Güneş enerjisinin dönüşümü aşağıda ifade edilen üç ayrı şekilde olabilir.

- 1- Güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesi,
- 2- Güneş enerjisinin önce ısı enerjisine, sonra elektrik enerjisine dönüştürülmesi,
- 3- Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi,

Güneş ışınlarının doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesi, güneş pilleri ile sağlanmaktadır. Güneş pilleri sadece gündüz ve güneşi gördüklerinde çalıştıklarından, elde edilen enerjinin depolanarak gece ve bulutlu günlerde kullanılması sağlanmalıdır. Fotovoltatik yada güneş pilleri güneş enerjisini elektrik enerjisine direkt çevirirler. Güneş pilleri uyduların ve uzay programların direkt güç kaynağıdır. Herhangi bir arıza yapmadan uzun süre çalışabilirler.

Isı enerjisinin önce elektrik enerjisine dönüştürülmesi nükleer, jeotermal ve termik santrallerde olduğu gibi buhar çevrimiyle sağlanmaktadır. Enerji kaynağı olarak nükleer yakıt kullanılırsa *Nükleer Santral*, fosil yakıtlardan biri kullanılırsa *Termik Santral*, bu ısı yer altındaki sıcaklığı olan bölgelerden sağlanırsa *Jeotermal Santral* adını almaktadır. Günümüzde güneş enerjisinden dolaylı olarak büyük çapta elektrik enerjisi elde etme çalışmaları buhar çevrimiyle elde etmeye yöneliktir. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanıldığı reaktör bölgesine 30–50 konsantrasyon faktörü ve 300 °C sıcaklıkta çalışan parabolik kollektörler veya 400–1000 konsantrasyon faktörü ve 500 °C sıcaklıkta çalışan “Heliostat” adı verilen aynalar sistemi kullanılırsa, buna *Güneş Enerji Santrali* adı verilir. Bu santrallerde ısı taşıyıcısı olarak su, hava, helyum, sodyum ve diğer bazı maddelerden yararlanılmaktadır. Isı eşanjörü kullanıldığı durumlarda yüksek sıcaklıklarda buhar haline dönüşmeyen akışkan tercih edilir.

Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi kollektörler ile gerçekleştirilir. Güneş enerjisinin en yaygın kullanılma şekli yapılarda sıcak su hazırlanması ve yapıların ısıtılmasıdır. Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesinde aktif ve pasif sistemler görev alır. Güneş kollektörleri ileri bölümlerde geniş bir şekilde incelenecektir.

1.1.3. Güneş Kollektörleri

Güneş kollektörleri güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren en basit düzeneklerdir. Güneş kollektörleri dolaştırılan akışkanın cinsine göre sıvı ve hava ısıtma güneş kollektörleri olarak iki gruba ayrılırlar. Sıvılı kollektörlerde daha çok su dolaştırılır. Uygulamada çok kullanılan düz plakalı kollektörlerin prensip şeması Şekil 1.1-b.'de gösterilmiştir. Hava ısıtma güneş kollektörlerinde, basit olarak yutucu yüzeye gelen güneş ışınlarının büyük bir bölümü yutulur ve taşınım ile sistemde dolaşan havaya aktarılırken, çevreye de yutucu yüzey sıcaklığına ve dış ortam şartlarına bağlı olarak ısı kaybı olur. Ayrıca gelen enerjinin bir kısmı kollektörün ısı kapasitesi için harcanır. Hava ısıtma güneş kollektörleri, özellikle tarım ve orman ürünlerinin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulamalarda güneş enerjisiyle ısıtılan hava doğrudan kullanılabileceği gibi, uygun bir ortamda depolanarak, daha sonra ısıtım olmayan saatlerdeki ihtiyacı karşılamak için kullanılır (Şekil 1.1-a.). Sıcak su üretimi için yaygın şekilde kullanılan sıvılı kollektörler ile havalı kollektörlerin çalışma sistemleri aynı olmakla birlikte, kullanılan akışkanların termodinamik ve transport özelliklerindeki önemli farklar nedeniyle birbirlerine göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Akış kanalının şekli ve boyutları her iki tip kollektör için oldukça farklıdır. Aynı ısı ihtiyacı için havalı sistemde kullanılacak akışkan miktarı, havanın düşük yoğunluğu nedeniyle sıvılı kollektörlere göre daha fazladır. Aynı nedenle hava ısıtma güneş kollektörlerinin boyutları daha büyüktür. Sıvı ve Hava ısıtma güneş kollektörlerinde yutucu yüzey ile çalışma akışkanı arasındaki ısı transfer mekanizması farklıdır. Sıvı ısıtma güneş kollektörlerinde yutucu yüzeye gelen enerji, akışkanın geçtiği borulara iletim yoluyla aktarılır. Hava ısıtma güneş kollektörlerinde ise hava akımı yutucu yüzey ile direkt temas ettiğinden, yutucu yüzeyin ısıl etkinliğinin etkisi önemli değildir. Sıvı ısıtma güneş kollektörlerinde ısı verim, akışkan ile boru cidarı arasındaki ısı transfer katsayısının büyük olması nedeniyle kütleli akış hızından önemli ölçüde etkilenmez. Hava ısıtma güneş kollektörlerinde ise yutucu yüzey ile akışkan arasındaki ısı transfer katsayısı küçük olduğundan kütleli akış hızının ısı verim üzerinde etkisi daha önemlidir.

Hava ısıtma güneş kollektörlerinde birden fazla yutucu yüzey kullanılması mümkündür.

Düz plakalı kollektörler üzerine metal veya plastik elek şeklinde ikinci bir yutucu yüzey eklenebilir. Hava ısıtma güneş kollektörlerinde, sıvılı kollektörlerde karşılaşılan korozyon, donma gibi sorunların olmaması diğer üstünlükleridir.

Bu tip kollektörlerinin önemli elemanı, güneş enerjisini toplayan ve bu enerjiyi çalışma akışkanına aktararak faydalı enerjiye dönüştüren yutucu yüzeydir. Kullanılan yutucu yüzey, topladığı güneş enerjisini çalışma akışkanına olabildiğince kayıpsız aktarmalıdır.

Biz çalışmamızda düzlemsel havalı kollektörler üzerinde duracağız. Çünkü yaptığımız bu çalışmada, ısıtıcı akışkan olarak havayı kullandık.

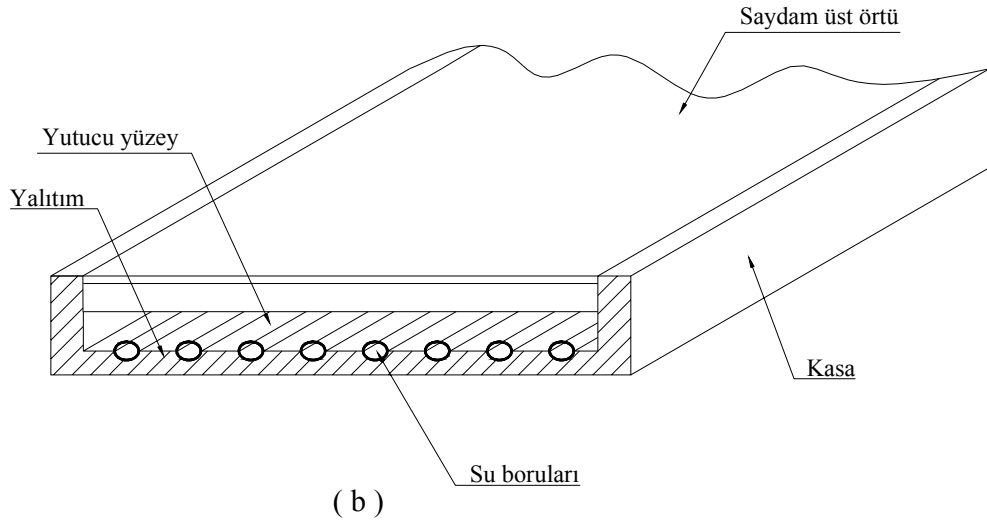
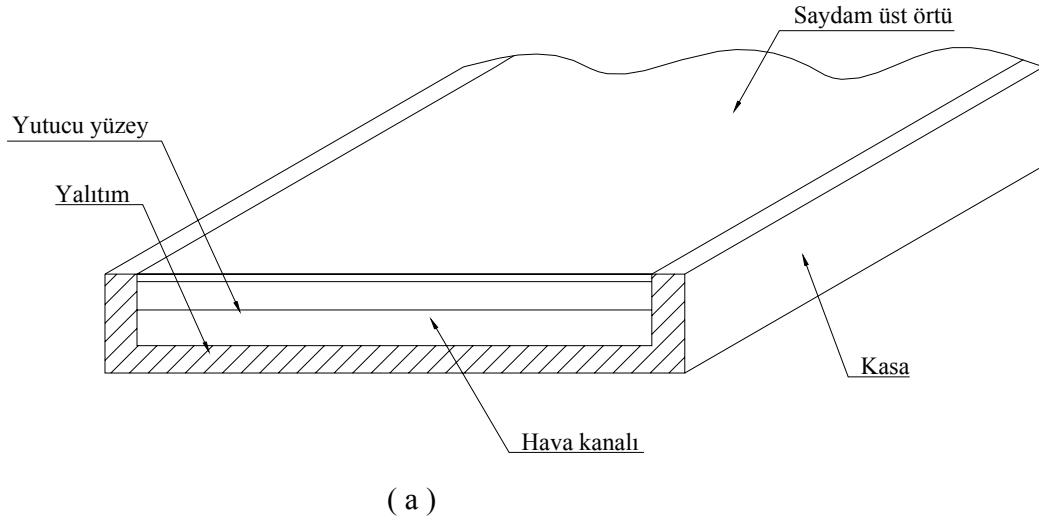
1.1.3.1. Havalı Güneş Kollektörleri

Havalı güneş kollektörleri, yutucu yüzey ile çalışma akışkanı olan havayı ısıtarak güneş enerjisini yararlı ısıya dönüştüren sistemlerdir. Basit olarak yutucu yüzeye gelen güneş ışınlarının büyük bir bölümü yutulur ve taşınım ile sistemde dolaşan havaya aktarılırken çevreye de, yüzey sıcaklığına ve çevre şartlarına bağlı olarak enerji transfer olur. Toplayıcılardan elde edilen yararlı ısı, toplayıcıdan geçirilen çalışma akışkanının, toplayıcıdan çıkış ve giriş entalpileri farkına eşit olur. Isıtılan hava doğrudan kullanılacağı gibi ışınmı olmayan saatlerdeki ihtiyacı karşılamak amacıyla ısı deposunda değerlendirilebilir.

Havalı güneş kollektörleri oldukça farklı tasarımlarda üretilmektedir. Yutucu yüzey olarak kanatçıklı metal levhalar, V- şekli verilmiş metaller, düz metal levhalar aralarında boşluk kalacak şekilde üst üste yerleştirilmiştir. Bir bölümü siyah cam levhalar, içinden çalışma akışkanının geçtiği ağ şeklindeki malzemeler ile yapılmış ve açılmış metaller, bazı polimer esaslı malzemeler kullanılmaktadır.

Havalı güneş kollektörlerini kullanılan yutucu yüzey tiplerine göre altı grupta toplayabiliriz.

1. Basit Düzlemsel Kolektörler.
2. Kanatçıklı Düzlemsel Kolektörler.
3. Oluklu Yutucu Yüzeyli Kolektörler.
4. Geçirgen Düzlemsel Yutucu Yüzeyli Kolektörler.
5. Yutucu Yüzey Olarak Gözenekli Yatak Kullanılan Isıtıcılar.
6. Matriks Yutucu Yüzeyli Kolektörler.



Şekil 1.1. a) Hava Isıtmalı Düz Plakalı Kollektörler b) Su Isıtmalı Düz Plakalı Kolektörler

Basit Düzlemsel Kolektörler;

Bu tipteki kolektörler basit plana sahip ve en yaygın olarak kullanılan kolektör tipidir. Hava akışı yutucu yüzeyin her iki tarafından olduğu gibi sadece alt ve üst tarafından da olabilir. Bu tip kolektörlerde yutucu yüzey düzdür.

Kanatçıklı Düzlemsel Kolektörler;

Yutucu yüzeyde kanatçıkların bulunması, aynı boyutlardaki düzlemsel toplayıcılara göre ısı transferi alanında önemli artışlar sağlar. Bu yapı yutucu yüzey ile, çalışma akışkanı arasında ısı transferi artırılır. Isı transferindeki artış yutucu yüzey sıcaklığında azalmaya ve absorbe akışkan olan hava ile çevre arasındaki enerji transferinin de azalmasına neden olur. Sonuç olarak toplayıcının veriminde artış gözlenir. Fakat basınç kaybı artışı bizi kanat yapımında sınırlar. Basınç kaybındaki artış pompalama gücünü artırır. Buda işletme masraflarında artışa neden olur.

Oluklu Yutucu Yüzeyli Kolektörler;

Basit düzlemsel ısıtıcının diğer bir uygulamasıdır. Yutucu yüzeye V- şekli veya yarı dairesel yapı verilerek ısı transfer alanı artırılır. Çalışmamızda biz bu tipi tercih ettik. Tasarladığımız 5 farklı tip, 10 adet kolektör ile deneyler yapılmıştır. Bu kolektörler 5 farklı yüzey geometrisine sahiptirler. Bu geometriler Düz, Ondülin (dalgalı), Ters Ondülin (Daralan genişleyen silindirik yüzey), Trapez ve Ters Trapez (Daralan genişleyen trapez yüzey) 'dir. Bunların tanıtılması deneysel kısımda verilmiştir.

Geçirgen Düzlemsel Yutucu Yüzeyli Kolektörler;

Bu tip toplayıcılar kısmen karartılmış geçirgen düzlemsel yutucu levhalar aralarında boşluk olacak şekilde üst üste yerleştirilmiştir. Çalışma akışkanı hava oluşturulan boşluklar içerisinden geçer.

Yutucu Yüzey Olarak Gözenekli Yatak Kullanılan Isıtıcılar;

Bu tip ısıtıcı matriks yüzeyli ısıtıcının değişik bir uygulamasıdır. Yatak malzemesi olarak gözenekli yatak kullanılır. İkinci yutucu yüzey genellikle elimine edilir. Çalışma akışkanı en içteki örtünün altından ısıtıcıya girer ve gözenekli yataktan geçerek ısıtıcıyı terk eder.

Matriks Yutucu Yüzeyli Kolektörler;

Bu tipteki kolektörler de absorblayıcı matriks örtü ve ikinci yutucu yüzey arasındaki akış kanalına yerleştirilir. Matriks yutucu yüzey “*ısı transfer alanı/hacim*” oranına sahiptir. Tasarımın dikkatli yapılması durumunda sürtünme kayıpları oldukça az olur.

1.1.3.2. Havalı Güneş Kolektörlerinde Kullanılan Malzemeler

Havalı Güneş Kolektörlerinde saç, alüminyum, cam gibi geleneksel malzemeler yanında plastik esaslı malzemelerde kullanılmaktadır. Yani Malzeme arayışlarındaki temel neden maliyeti düşürmektir. Havalı Güneş Kolektörlerinde Kullanılan Malzemeler.

1. Yutucu Yüzey.
2. Örtü Malzemeleri.
3. Yalıtım Malzemeleri.
4. Kasa Malzemeleri.

Yutucu Yüzey;

Havalı güneş kolektörlerinin en önemli elemanı güneş enerjisini absorbe eden ve bu enerjiyi çalışılan akışkana aktararak faydalı enerjiye dönüştüren yutucu yüzeydir. Yutucu yüzey topladığı güneş enerjisini çalışılan akışkana büyük ölçüde aktarmaktadır. Havalı kolektörlerde yutucu yüzey ile çalışma akışkanı arasındaki ısı transfer katsayısı küçük olduğundan seçilen malzemenin “*ısı transfer alanı/hacim*” oranı büyük olması gerekmektedir. Bu şekilde ısı transfer alanı artacağı için çalışılan akışkana aktarılan enerji miktarı da artar. Yutucu yüzeyin pürüzlü olması ısı transferinde artışa sebep olur. Pürüzlülük ısı verimi olumlu yönde etkilerken, sistemde oluşacak basınç kaybı dolayısıyla fan gücünü artırır. Yutucu yüzeyin güneş ışınları oranı V uzun dalga boylu ışın yayılmasının küçük olması tercih edilir. Ayrıca üretim kolaylığı işlenebilirliği çalışma süresince oluşacak sıcaklık değişmesine dirençli özelliklerinin zamanla değişmemesi ve ucuz olması da dikkate alınır.

Havalı kolektörlerde kullanılan yutucu yüzeyler metal, cam polimer esaslı olabilirler. Yutucu yüzey olarak kullanılan metalik malzemeler güneş ışınlarını yeterli düzeyde absorbe edemezler. Zayıf absorleme özelliği; yüzeyleri seçici veya seçici olmayan örtü malzemeleri ile kaplanarak iyileştirme yapılabilir.

Seçici rt malzemeleri özellikle yüksek sıcaklıklarda verim de önemli artışlar sağlamasına rağmen pahalı ve üretimleri zordur. Düşük sıcaklık uygulamalarında seçici olmayan yüzey örtü malzemeleri tercih edilir.

Örtü Malzemeleri;

Toplayıcı rts, gelen güneş ışının büyük bir kısmını geçiren buna karşın toplayıcıdan çevreye taşınım ile ısı transferini ve yutucu yüzeyin yaydığı uzun dalga boylu ışınım kayıplarını en aza indirerek sera etkisini oluşturan levha veya film türünde saydam malzemelerdir. Havalı güneş kollektörlerinde verimi büyük ölçüde etkileyen enerji kayıpları arasında taşınım ve ışınım yoluyla gerçekleşen st kayıplar önemli yer tutar. st kayıplara neden olan taşınım ve ışınım kayıpları örtü malzemesi yardımıyla azaltılabilir. Örtü malzemesi ayrıca yutucu yüzeyi dış etkilerden korur. Bazı rt malzemelerinin optik zellikleri Tablo 1.1’de verilmiştir. Örtü malzemesinin geçirgenliğindeki azalmalar sistem verimini büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle güneş ışınlarının geçirgenliğinin yüksek, uzun dalga boylu ışınım geçirgenliğinin kk olması istenir. Cam akrilik, polikarbonat, cam yn katkılı polyester çok iyi özelliklere sahip iken PUF, FEP gibi filmler güneş ışınım geçirgenliği de oldukça yüksektir. Güneş enerjili sistemlerde kullanılacak örtü malzemeleri ışık geçirgenliğinin yüksek olması yanında nem, güneş ışınları gibi atmosferik koşullara çalışma süresince oluşacak yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve kendini taşıyabilecek sertlik ve mukavemette olmalıdır. İstenilen bir çok özelliklere sahip olan cam örtüsü malzemesi olarak güneş enerjisi sistemlerinde uzun süredir kullanılmaktadır. Cam zerine düşen kısa dalga boylu ışınımın % 91’i geçerken, yutucu yüzeyin yaydığı uzun dalga boylu ışınımın geçişine izin vermez. Cam yeterli mukavemette ve yüksek sıcaklık direncine sahip olmasına karşın çok kırılıgandır. Bu nedenle güneşli sistemlere uygulanırken özel bir itina gerekir.

Güneş enerjili sistemlerde örtü malzemesi olarak son yıllarda cam yanında, plastikler de kullanılmaktadır. Tablo 1.2’den de grleğeği gibi plastiklerin düşük yoğunlukları, montajının kolay oluşu ve optik özelliklerinden yeterli düzeyde olmasından dolayı bu malzemelerin de kullanımın cazip hale getirmektedir.

Tablo 1.1. Toplayıcı Örtü Malzemelerinin Optik Özellikleri

Güneş Işınımı					Uzun Dalga Boyu Işınımı		
Malzeme	Kalınlık (mm)	Geçirgenlik (%)	Yansıtma (%)	Yutma (%)	Geçirgenlik (%)	Yansıtma (%)	Yutma (%)
Cam	3-4	83-91	8-9	1-8	0-3	11-15	85-88
Akrilik	2-3	88-92	9	3	2	8	90
Polikarbonat	3	76-89	16	8	4-6	-	-
GRP	1	82-90	9	9	3-6	5	92
PVF	0.1	90-94	8	1-2	20-43	7-8	59-73
FEB	0.025-1	95-97	4	0-1	54-58	2-7	35-44
PVC	0.3	85					

Tablo 1.2. Güneş Enerjisi Uygulamasında Kullanılan Bazı Malzemelerin Özellikleri

Malzeme	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (kg/m ³)	Ağırlık (kg/m ²) İkinci kolondaki Kalınlık	Maksimum sıcaklık direnci (°C)	Gerilme Direnci (Mpa)	Elastim Modülü (Gpa)	Isıl Genleşme Katsayısı (10 ⁻⁵ /°C)
Cam	3.2	2500	8.1	205	11	174	0.85
Akrilik	3.2	1156-	3.7	60-95	72.4	3.1	5-9
Polikarbonat	3.2	1187-	3.8	120	65	21-24	6.6
GRP	1.0	1500-	1.5	150-175	100-120	1.8	4.8
FEP	0.05	2000	0.1	205	19-21	3.4	8.3-11
PET	0.025	-	0.034	104	170	3.8	3.0

Yalıtım Malzemeleri;

Kollektörlerin alt ve yan yüzeyleri yalıtılarak çevreye olan ısı kayıpları azaltılır. Yalıtım malzemesi düşük ısı iletkenliğe sahip olmalıdır. Ayrıca toplayıcının çalışma süresince oluşan yüksek sıcaklığa, gerilmelere dayanıklı olmalıdır. İzolasyon malzemesinin kullanım ömürlerinin uzun olması ve özelliklerini kollektörün kullanım süresince kaybetmemesi istenir.

Kasa Malzemeleri;

Kasa, havalı güneş kollektörlerini dış etkilerden koruyan elemandır. Kasa malzemesi olarak genellikle alüminyum, galvanizli sac gibi metallerle PVC, cam yünü katkılı polyester gibi plastik malzemeler de kullanılmaktadır. Uygun özelliklere sahip malzemeler arasında ki seçimde maliyet önemli bir faktör olmaktadır. Kasada zamanla olabilecek bozulmalar toplayıcının diğer elemanlarını da etkiler. Bu nedenle kasa malzemesinin dış koşullardan etkilenmemesi ayrıca çalışma sırasında karşılaşacak yüksek sıcaklıklara dirençli olması tercih edilmektedir. Alüminyum ve galvanizli sac, metalik malzemeler içinde en fazla tercih edilenlerdendir. Plastik malzemeler son yıllarda ucuzlukları, uygulamalarının kolay oluşu nedeniyle havalı kollektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.1.3.3. Toplayıcı Düzenleri

Doğal sirkülasyonlu hava kollektörlerini işlevlerine göre dört grupta toplayabiliriz.

1. Ön Geçişli Toplayıcı (Front –Pass Collector.
2. Art Geçişli Toplayıcı (Back – Pass Collector).
3. Çift Geçişli Toplayıcı (Dual – Pass Collector).
4. Matris Toplayıcı (Matrix Collector).

Ön Geçişli Toplayıcı (Front –Pass Collector);

En basit güneş enerjili hava ısıtıcısı olan bu tipte ısı yutucu tabaka, arka planda yer almaktadır. Yutucu tabaka ile cam arasında hava sirkülasyonu olmaktadır. Bu tipin dezavantajı, camın iç yüzeyinin toz ve duman tarafından zamanla kirlenmesi ve güneş radyasyonunun ısıya dönüşmesinin engellenmesidir.

Art Geçişli Toplayıcı (Back – Pass Collector);

Bu tipin bir avantajı hava akımının camdan ayrılmış olmasıdır. Yutucu tabaka ile cam arasında kalan hava tabakası hem izolasyon oluşturur hem de toz ve kirlerden camın iç yüzeyini korur. Aradaki hava tabakası toplayıcının performansı açısından önemli olmamasına rağmen, nemin ve yağmurun oluşturduğu kötü koşulları önler. Art geçişli düzenlenen toplayıcılar genel olarak bakım gerektirmez. Bununla birlikte cam ile yutucu tabaka arasındaki hava boşluğu, toplayıcının, diğer tiplerden daha kalın yapılmasına neden olarak uygulamalarda dezavantaj gibi görünür.

Çift Geçişli Toplayıcı (Dual – Pass Collector);

Çift geçişli toplayıcılar havanın, emici yüzeyinin her iki tarafından geçmesi ile önceki tiplere göre iki kat daha fazla ısı transfer yüzeyi elde etmiş olur. Bu düzenleme ile ısıнын bir kısmı öndeki hava akımı ile camdan kaybolur. Üretimdeki güçlükleri de ele alırsak tercih nedenleri kısıtlıdır.

Matrks Toplayıcı (Matrix Collector);

Toplayıcı diyagonal olarak yerleştirilmiş metal kafes içermektedir. Alt menfezden giren hava, metal kafes ısınmadan önce camın önünden geçer. Böylece ön geçişli ve çift geçişli tiplerde olduğu gibi camdan kaybedilen ısı önlenmiş olur. Bununla beraber, eğer kafes içindeki zayıf basınç kayıplarına rağmen yeterli hava akımı sağlanırsa etkili bir ısıtma gerçekleşebilir. Düşük akım, sıcak ve soğuk havanın karışmasına ve kayıpların artmasına neden olur. Akım hızını artırmak için kullanılacak bir kanal veya gözeneği azaltılmış kafes çözüm olabilir. Ancak matris toplayıcılar daha yüksek nitelikte izolasyon gerektirir.

1.1.3.4. Hava Isıtıcı Güneş Enerjili Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

Tamamı ile güneş enerjisine dayalı olarak hacim ısıtması “pasif sistem” ve ek bir enerji ile güneş enerjisinin toplanıp dağıtılması “aktif sistem” özellikleri Tablo 1.3’de kısaca verilmiştir.

Pasif sistemler; basit tasarım, üretim ve bakım kolaylıkları ile ön plana çıkar. Genellikle standart yapı malzemeleri kullanılır, sessiz ve güvenlidirler. Aktif sistemler ise termostatik kontrol kolaylığına ve binalardan bağımsız çalışabilme esnekliğine sahiptir.

Yapıların uygun yerlerine kolaylıkla adapte edilebilir. Bunun yanında hatalara daha fazla maruz kalırlar. Pasif sistemler, kullanım ve işleyiş şekillerinden dolayı izolasyon elemanlarına ihtiyaç duyarlar. Güneşlemeye ve iklimsel konfora göre ayarlanması gereken

hareketli izolasyonun günlük pozisyon değişim ihtiyacı ve zamanla niteliklerinin yitiriliyor olması bir çok sistemin performansının azalmasına neden olur. Gerek konutlarda, gerekse iş yerlerindeki kullanılan sistemlerin zamanla yıprandığını bilinmektedir. Ancak bu sistemlerin tasarımında etkin teknik elemanların daha titiz çalışması, uzun süreli kullanımları mümkün olabilir.

Tablo 1.3 Pasif ve Aktif Sistemlerin Karşılaştırmalı Avantaj ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
PASİF SİSTEM	
-Tasarım kolaylığı -Yapıyla bütün olarak kullanılması -Düşük bakım maliyeti -Güvenirliliği -Sessizliği -Düşük yatırım maliyeti -Geleneksel yapı malzemelerinin kullanılması -Ek enerji gereksiniminin olmaması	-Yapının tasarımına, fonksiyonlarına ve bütünlüğüne doğrudan etkisi -Yapının temel performansının tasarıma etkisi -Bazı sistemlerin kullanıcıların denetimlerine ihtiyaç duyması -Isı kontrol ve dağıtımlarının her zaman yapılamaması -Düşük ısı performans
AKTİF SİSTEM	
-Termostatik kontrollü ısı dağıtımı -Toplayıcının yapıdan tamamen bağımsız olarak kullanılabilmesi -Herhangi bir yapıda uygulanabilmesi -Yüksek ısı performans	-Yüksek yatırım maliyeti -Yüksek işletme ve bakım maliyeti -Karmaşık yapısı -Sisteme ek enerji verilmesi

1.2. Isı Pompası ve Tarihsel Gelişimi

Bilindiği gibi, soğutma makinelerinde soğutulacak ortamdan alınan ısı ile kompresöre verilen enerji, kondenserden dış ortama dışarıya atılmaktadır. Yani soğutma devresinde soğutma işlemi buharlaştırıcının (Evaporatörün) bulunduğu yerde sağlanmaktadır. Isı pompasında ise soğutma devresinde, dışarıya atılan ısı enerjisinden faydalanılmaktadır. Isı pompasında ısıtma işlemi yoğuşturucunun (kondenserin) bulunduğu yerde sağlanmakta olup, soğutma devresinden tek farkı amacın başka elemanlarla gerçekleştirilmesidir. Yani soğutma devresinde soğutma işlemi buharlaştırıcıda, ısıtma işlemi ise kondenserin bulunduğu yerde sağlanmaktadır.

Isı pompası fikri ilk önce 1824 yılında Sadi Carnot tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonra bu fikir 1850 de Lord Kelvin'in [4] cihazlarının ısıtma amacıyla kullanılabileceğini önermesi ile soğutma gerçekleştirilmiştir. Lord Kelvin iş yapan akışkan olarak havayı kullanmak suretiyle bir ısı pompası yapmıştır. Bu sistemde dış ortam havası bir silindire çekilir ve burada genişletilerek hem sıcaklığının hem de basıncının düşürülmesi sağlanır. Daha sonra hava dış ortama yerleştirilen bir ısı eşanjöründen geçirilir ve böylece genişletilerek soğutulan havanın çevreden ısı alması sağlanır. Isınmış olan hava ısıtılacak ortama verilmeden önce atmosferik basınca kadar sıkıştırılır ve sıcaklığı çevre havasının sıcaklığının üzerine çıkartılarak verilir. Lord Kelvin'in "ısı pompası" direkt yanma (kömür, fuel oil veya doğal gazın soba veya kalorifer kazanında yakılması) ile karşılaştırıldığında, çok daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra birçok araştırmacı, bu konu ile ilgilenmiş ancak uygun bir ısıtma sağlanıncaya kadar aradan 80 yıl geçmiştir. 1927 yılında İskoçya'da çalışmalarına başlayan ve aynı zamanda ısı pompasının isim babası sayılan Haldane, ev ısıtmak için bir ısı pompası sistemi kurmuştur. Avrupa'da yapılan ilk ısı pompalarından biride 1938 de Zürih'de kurulmuştur. Zürih Belediye sarayını ısıtmak amacı ile kurulan ve gücü 175 kW olan bu sistemde ısı kaynağı olarak nehir suyu, iş gören akışkan olarak Freon-12 kullanılmıştır[6].

İngiltere'de 1945'de yapılan ilk ısı pompası ile büyük bir binanın ısıtılabilceği ispat edilmiştir. Norwich Elektrik şirketi binasının ısıtılmasında kullanılan bu ısı pompasında ısı kaynağı olarak nehir suyu ve iş gören akışkan olarak kükürt dioksit (SO_2) kullanılmıştır. İkinci ısı pompası 1949 'da Royal Festival salonunun ısıtılması amacı ile yaptırılmıştır. Norwich Elektrik şirketi için ısı pompası tasarımı yapan Sumner, 1950 de kendi evinin ısıtılması için yaptığı çalışmada ısı kaynağı olarak topraktan faydalanmıştır.

A.B.D.'de ilk ısı pompası 1940 yıllarında kullanılmaya başlanılmış ve 1952 yılından sonra geliştirilmiştir. Bu yıllarda yıllık üretim 1000 adet kadar olup, 1954 yılında iki katına, 1957 'de on katına, 1963 yılında ise bu sayı 76 000 âdete ulaşmıştır. 1971 yılında ısı pompası satışları azalmış ve kullanım alanları sınırlanmıştır. 1973 yılında ortaya çıkan enerji krizi dolayısıyla ısı pompalarının önemi tekrar artmıştır. 1976 yılında üretim 300 000 'e ve bugün 2 000 000 adete ulaşmıştır. A.B.D, İngiltere, Almanya, Fransa, Japonya ve İsviçre başta olmak üzere bir çok gelişmiş ülkede ısı pompası kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır [6].

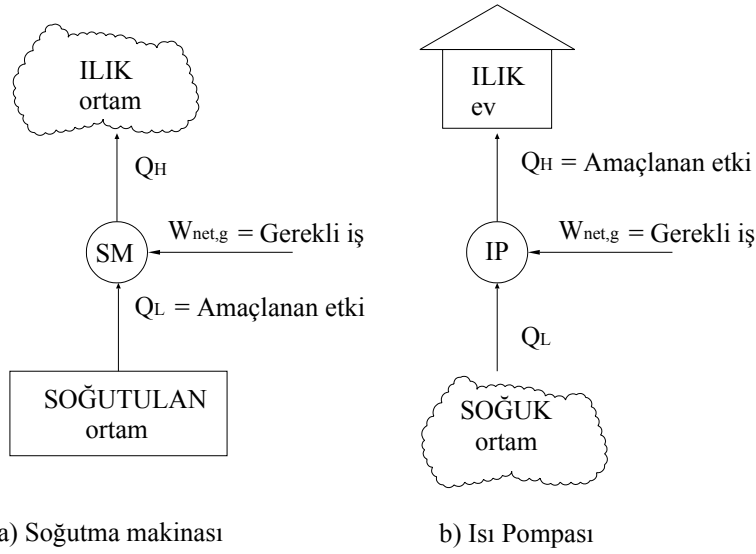
1.2.1. Soğutma Makineleri ve Isı Pompası

Isı geçişinin azalan sıcaklık yönünde, başka bir deyişle sıcak bir ortamdan soğuk bir ortamda olduğu bilinen bir gerçektir. Bu yönde ısı geçişi doğada kendiliğinden olur. Fakat bir ortamdan, daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi kendiliğinden olamaz, bunun bir soğutma makinesi aracılığıyla yapılması gerekir.

Soğutma makineleri bir çevrime göre çalışır, soğutma çevrimlerinde dolaşan akışkanlara da soğutucu akışkan adı verilir. Bir soğutma makinesinin genel çizimi Şekil 1.2.a'da da gösterilmiştir. Burada Q_L , soğutulan ortamdan çekilen ısı, Q_H ise daha sıcak ortama verilen ısıdır. T_L , soğutulan ortamın sıcaklığı, T_H , ısı verilen ortamın sıcaklığı ve $W_{net,g}$, çevrimde dolaşan akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işini göstermektedir. Q_L ve Q_H 'nin yönleri indislerinden anlaşılmaktadır, bu nedenle her ikisi de artıdır.

Düşük sıcaklıktaki bir ortamdan, daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi, ısı pompası aracılığıyla da gerçekleşebilir. Soğutma makineleri ısı pompaları aynı çevrime göre çalışırlar, fakat kullanım amaçları farklıdır. Soğutma makinesinin amacı çevre sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olan bir ortamdan ısı çekerek, ortamı düşük sıcaklıkta tutmaktır. Daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı verilmesi sadece çevrimin tamamlanması için gerekli olan bir işlemdir. Isı pompasının amacı ise ısıtılan bir ortamı istenilen sıcaklıkta tutmaktır. Bunun için düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan çekilen ısı, daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama verilir. Örneğin ısı çekilen kaynak, kuyu suyu veya soğuk dış hava, sıcak ortam ise bir evin, içi olabilir (Şekil 1.2.b)[6].

Bir soğutma makinesi veya ısı pompasının ısıl değerlendirme etkinliği katsayısı (COP) ile yapılır. Etkinlik katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanır;



Şekil 1.2 a) Soğutma makinesi

b) Isı Pompası

$$COP_{SM} = \frac{\text{elde edilmek istenen}}{\text{harcanan}} = \frac{\text{soğutma etkisi}}{\text{iş girişi}} = \frac{Q_L}{W_{net,g}} \quad (1.1)$$

$$COP_{IP} = \frac{\text{elde edilmek istenen}}{\text{harcanan}} = \frac{\text{ısıtma etkisi}}{\text{iş girişi}} = \frac{Q_H}{W_{net,g}} \quad (1.2)$$

Bu bağıntılarda $\dot{Q}_L$, $\dot{Q}_H$, $\dot{W}_{net,g}$ gerekirse Q_L , Q_H , ve $W_{net,g}$ 'nin yerini alabilir. Hem COP_{SM} , hem de COP_{IP} 'nin değeri 1'den büyük olabilir. 1.1 ve 1.2 numaralı denklemler karşılaştırıldığında belirli Q_L ve Q_H değerleri için,

$$COP_{IP} = COP_{SM} + 1 \quad (1.3)$$

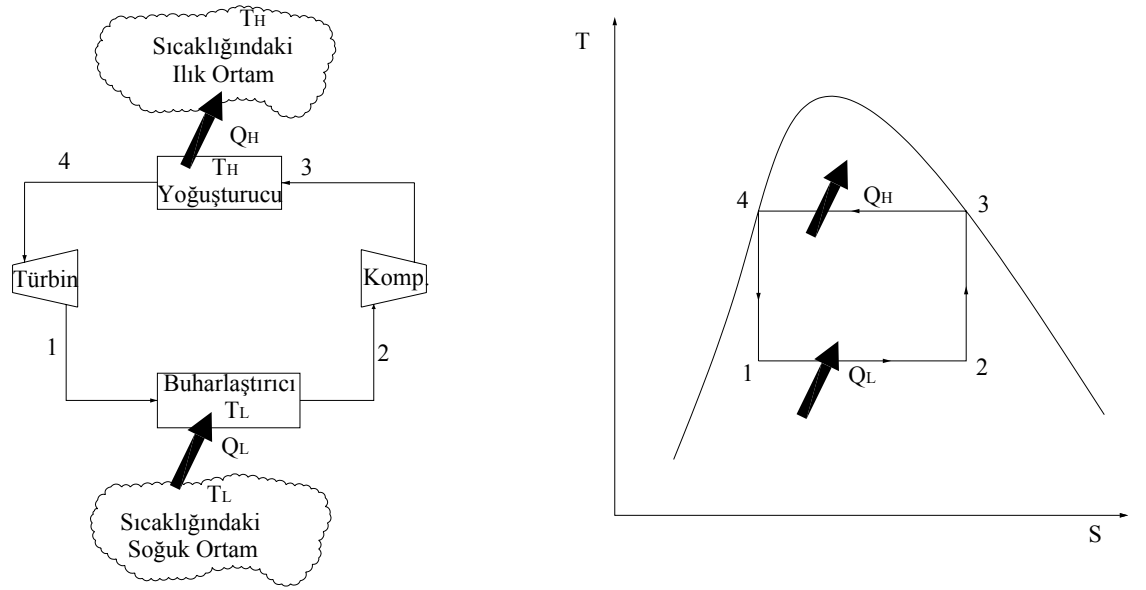
olduğu görülür. Bu bağıntı ısı pompasının etkinlik katsayısının 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Çünkü COP_{SM} her zaman 0'dan büyüktür. Başka bir deyişle, bir ısı pompası en kötü durumda bir elektrikli ısıtıcının etkinliğinde olacak, tükettiği elektrik kadar ısı enerji sağlayacaktır. Bununla birlikte gerçek uygulamada Q_H 'in bir bölümü borulardan ve kanallardan çevreye geçebilir.

Dış hava sıcaklığı çok düşük olduğu zamanlarda ısı pompasının etkinlik katsayısı 1'in altına düşebilir. Bu durum gerçekleştiğinde ısı pompası, elektrikli ısıtıcı gibi çalıştırılır.

1.2.2. Ters Carnot Çevrimi

Carnot çevirimi iki tersinir izotermal, iki de izantropik hal değişimden oluşan, tümten tersinir bir çevrimdir. Carnot çevrimi, verilen bir sıcaklık aralığında en yüksek ısı verime sahip çevrimdir. Bu nedenle, gerçek güç çevrimlerinin karşılaştırılabileceği bir standart oluşturulur. Tersinir bir çevrim olduğu için, Carnot çevrimini oluşturan hal değişimleri ters yönde de gerçekleşebilir. Hal değişimlerinin ters yönde gerçekleşmesi, ısı ve iş etkileşimlerinin yönlerinin değişmesi anlamına gelir. Sonuç, ters Carnot çevirimi adı verilen bir çevrimdir. Ters Carnot çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesi veya ısı pompası, Carnot soğutma makinesi veya Carnot soğutma pompası diye bilinir [6].

Bir soğutucu akışkanın doyma bölgesi içinde gerçekleşen ters Carnot çevriminde hal değişimi esnasında, soğutucu akışkana, T_L sıcaklığındaki soğuk ortamdan, sabit sıcaklıktaki Q_L miktarında ısı geçişi olur. Akışkan daha sonra izantropik bir hal değişimiyle 3 haline sıkıştırılır ve hal değişimi sonunda sıcaklığı T_H olur. 3-4 hal değişimi sırasında, soğutucu akışkandan T_H sıcaklığındaki ortama, sabit sıcaklıkta ısı geçişi olur ve daha sonra akışkan 1 haline izantropik olarak genişleyerek çevrimi tamamlar. 4-1 hal değişimi sonunda akışkanın sıcaklığı T_L olur. 3-4 hal değişimi sırasında soğutucu akışkan, yoğusturucuda doymuş buhardan doymuş sıvıya dönüşür.



Sekil 1.3 Carnot Soğutma Makinesi ve Ters Carnot Çevrimi

Carnot soğutma makinesinin ve Carnot ısı pompasının etkinlik katsayıları şöyle tanımlanabilir.

$$\text{COP}_{\text{SM, Carnot}} = \frac{1}{T_H / T_L - 1} \quad (1.4)$$

$$\text{COP}_{\text{IP, Carnot}} = \frac{1}{1 - T_L / T_H} \quad (1.5)$$

Her iki etkinlik katsayısının da, sıcaklık aralığı azaldıkça, başka bir deyişle T_L yükseldikçe veya T_H düştükçe yükselmektedir.

Ters Carnot çevrimi, belirli sıcaklıklardaki iki ısı enerji deposu arasında çalışan en etkin soğutma çevrimidir. Bu nedenle soğutma makinesi ve ısı pompaları için ideal çevrim olarak önce Carnot çevriminin incelenmesi gerekir. Fakat Carnot çevrimi aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı uygulamaya aktarılması olanaksızdır.

Isı geçişinin olduğu iki izotermal hal değişimi uygulamada gerçekleştirilebilir, çünkü doyma bölgesindeki basıncın sabit kalması, sıcaklığın da doyma sıcaklığında sabit kalmasını sağlar. Bu bakımdan 1-2 ve 3-4 hal değişimleri buharlaştırıcı ve yoğuşturuculardaki gerçek duruma yakındır. Fakat 2-3 ve 4-1 hal değişimlerinin uygulamada gerçekleştirilmesi zordur.

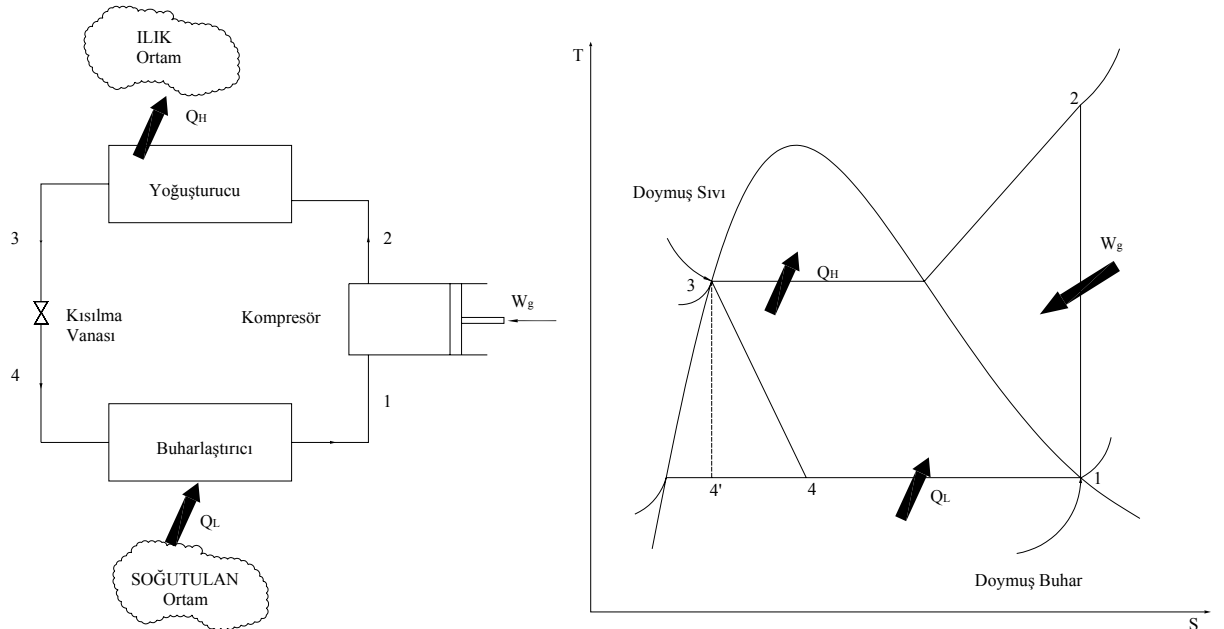
Çünkü 2-3 hal değişimi bir sıvı buhar karışımının sıkıştırılmasını, başka bir deyişle iki fazlı akışkanla çalışan bir kompresörü gerektirir. 4-1 hal değişimi ise sıvı oranı yüksek bir karışımın genişlemesidir.

1.2.3. İdeal Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevrimi

Ters Carnot çevriminin uygulanmasındaki güçlükler, buharı sıkıştırmadan önce tümüyle buharlaştırarak ve 4-1 hal değişimindeki genişlemeyi bir kısılma işlemiyle gerçekleştirerek aşılabılır. Kısılma işlemi, sıvıyı bir kısılma vanasından veya kılcal borulardan geçirerek yapılabilir. Bu şekilde elde edilen çevrim ideal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi diye bilinir. Buhar sıkıştırırmalı çevrim soğutma makinelerinde, iklimlendirme sistemlerinde ve ısı pompalarında en çok kullanılan çevrimdir. Bu çevrimi oluşturan hal değişimleri şöyledir.

- 1-2 Kompresörde izantropik sıkıştırma
- 2-3 Yoğuşturucuda çevreye sabit basınçta ($P = \text{sabit}$) ısı geçişi
- 3-4 Kısılma (genişleme ve basıncın düşmesi)
- 4-1 Buharlaştırıcıda akışkana sabit basınçta ($P = \text{sabit}$) ısı geçişi

İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde, soğutucu akışkan kompresöre 1 halinde doymuş buhar halinde girer ve izantropik olarak yoğuşturucu basıncına sıkıştırılır.



Şekil 1.4 İdeal Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevrimi ve T-s Diyagramı

Sıkıştırma işlemi sırasında, soğutucu akışkanın sıcaklığı çevre ortam sıcaklığının üzerine çıkar. Soğutucu akışkan daha sonra 2 halinde kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer ve yoğuşturucudan 3 halinde doymuş sıvı olarak ayrılır. Yoğuşma sırasında akışkandan çevreye ısı geçişi olur. Soğutucu akışkanın sıcaklığı 3 halinde çevre sıcaklığının üzerindedir. Doymuş sıvı halindeki akışkan daha sonra bir genişleme vanası veya kılcal borulardan geçirilerek buharlaştırıcı basıncına kısıılır. Bu hal değişimi sırasında soğutucu akışkanın sıcaklığı , soğutulan ortamın sıcaklığının altına düşer. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıya 4 halinde, kuruluk derecesi düşük bir doymuş sıvı buhar karışımı olarak girer ve soğutulan ortamdan ısı alarak tamamen buharlaşır. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdan doymuş buhar halinde çıkar ve kompresöre girerek çevrimi tamamlar.

Buhar sıkıştırımlı bir soğutma çevrimi sürekli akışlı açık bir sistemdir. Enerjinin korunumu denklemine göre

$$q - w = h_g - h_f \quad (1.6)$$

biçimini alır. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcıda iletkenliği yoktur. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesi ve ısı pompasının etkinlik katsayıları aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$COP_{SM} = \frac{q_L}{W_{net,g}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (1.7)$$

$$COP_{IP} = \frac{q_H}{W_{net,g}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (1.8)$$

1.2.4. Soğutucu Akışkan Seçimi

Bir soğutma sistemini tasarlariken kullanılabilir bir çok aracı akışkan vardır. Bunlar arasında Freonlar veya kloroflorokarbonlar (CFC) amonyak, propan, etan, etilen gibi hidrokarbonlar, karbon dioksit, uçakların iklimlendirilmesinde kullanılan hava ve donma noktasının üzerindeki bazı uygulamalarda kullanılan su sayılabilir. Soğutucu akışkan seçimi uygulamaya göre değişir.

İlk ticari soğutucu akışkan 1850'lerde yapılan buhar sıkıştırımlı sistemlerde kullanılan etil eter'di. Bunu amonyak, karbon dioksit, metil klor id, kükürt dioksit, bütan, etan, propan, izobütan, benzin, freonlar ve diğerleri izlemiştir.

Endüstriyel ve ticari kesimlerde, zehirleyici olmasına karşın amonyak yaygın olarak kullanılmıştır.

Amonyakın iyi tarafları arasında, ucuzluğu daha yüksek etkinlik katsayılarına olanak sağlaması ve bu nedenle işletim giderlerinin az olması, termodinamik ve ısı geçişi özelliklerinin üstünlüğü, buna bağlı olarak daha küçük ve ucuz ısı değiştiricileri gerekmesi süzme durumunda kolayca belirlenmesi ve ozon tabakasına zarar vermemesi sayılabilir. Fakat amonyağın zehirleyici olması kullanımı kısıtlayıcı bir unsurdur. Amonyak evlerde kullanılmaz ve daha çok meyve, sebze, et, balık gibi ürünlerin saklandığı soğutma depolarında, süt, peynir, bira ve şarap depolarında düşük sıcaklıklarda soğutmanın gerektiği ilaç ve diğer endüstriyel soğutma uygulamalarında kullanılır. 1928 yılında Frigidaire şirketinin isteği üzerine R-21 adlı akışkan General Motors araştırma laboratuvarında üç gün gibi bir sürede geliştirildi. CFC ailesinin ilk üyesi olan R-21 den sonra çeşitli soğutucu akışkanlar üzerinde çalışan araştırma ekibi, ticari kullanım açısından en uygun akışkan olarak R-12 de karar kıldı ve CFC ailesine Freon ticari adını verdi. R-11 ve R-12 nin seri üretimine 1931 yılında, General Motors ve E.I. du Pont de Nemours şirketlerinin kurduğu bir ortaklık tarafından başlandı. CFC'lerin uygulama esnekliği ve ucuzluğu kısa sürede yaygın olarak kullanılmalarını sağladı. CFC'ler ayrıca spreylerde, köpük yalıtım malzemesinin üretiminde ve elektronik endüstrisinde temizleyici olarak kullanılmaktadır.

R-11 daha çok bina soğutma sistemlerinde yer alan büyük kapasiteli su soğutucularında yer almaktadır. R-12 buz dolaplarında, dondurucularda ve otomobil iklimlendirme sistemlerinde kullanılmaktadırlar. R-22 pencere tipi iklimlendirme sistemlerinde, ısı pompalarında, büyük binaların ve endüstriyel kuruluşların soğutma sistemlerinde kullanılmakta ve amonyakla yarışmaktadır. R-115 ve R-22'nin bir karışımı olan R-502, süper marketler gibi büyük ticari kuruluşlarda en çok kullanılan soğutucu akışkandır, çünkü tek kademe sıkıştırma ile oldukça düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarına olanak vermektedir.

Ozon krizi, soğutma ve iklimlendirme endüstrisinde bir dalgalanmaya yol açmış ve soğutucu akışkanların dikkatle gözden geçirilmesine neden olmuştur. 1970'lerin ortalarında CFC'lerin atmosferin ozon tabakasına zarar vererek mor ötesi ışınların geçmesini kolaylaştırdıkları ve kızılaltı ışınların geçmesini engelledikleri belirlenmiştir. Böylece CFC'lerin atmosferin sera etkisine ve yeryüzünün ısınmasına katkıda bulundukları anlaşılmıştır. Bunun sonucu olarak birçok ülkede bazı CFC lerin kullanımı giderek azaltılmaktadır veya yasaklanmıştır.

Ozon tabakasına en büyük zararı R-11, R-12 ve R-115 verirken, R-22'nin verdiği zarar R-12'nin %5 i kadardır. Yeni geliştirilen ve klor içermeyen R-134a'nın R-12'nin yerini alması beklenmektedir.

Soğutucu akışkanın zehirleyici olmaması, pas yapmaması, yanıcı olmaması, kimyasal bileşiminin sabit olması, buharlaşma entalpisinin sabit olması ve doğal olarak ucuz ve kolay bulunması, göz önüne alınması gereken diğer etkenlerdir.

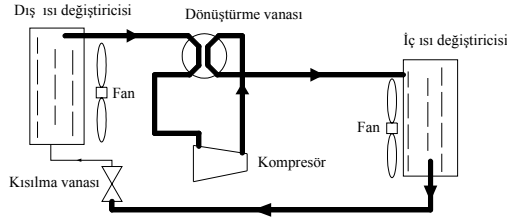
Isı pompalarında soğutucu akışkanın en düşük sıcaklığı (ve basıncı) çok daha yüksek olabilir. Çünkü ısı çekilen ortamın sıcaklığı genellikle soğutma sistemlerinde karşılaşılan sıcaklıktan daha yüksektir.

1.2.5. Isı Pompası Çalışma Sistemleri

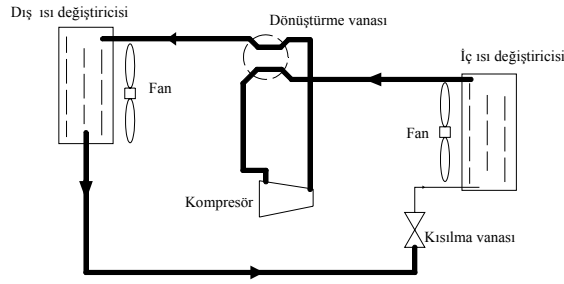
Isı pompalarının satın alma ve kurma bedelleri diğer ısıtma sistemlerine oranla daha yüksektir, fakat uzun dönemde ısıtma faturalarının daha düşük olması bu sistemlerin bazı bölgelerde daha kazançlı olmasını sağlar. Yüksek ilk yatırım giderlerine karşı ısı pompalarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. 1984 yılında ABD' de yapılan her üç evden birinde ısıtma sistemi olarak ısı pompası kullanılmıştır. Isı pompaları için en çok kullanılan enerji kaynağı çevre havadır. Bu tür sistemler hava kaynaklı ısı pompası sistemleri diye adlandırılır. Isı kaynağı olarak bazen su ve toprakta kullanılır. Kaynak olarak çevre havayı kullanan sistemlerde en büyük sorun özellikle nemli yerlerde sıcaklık 2–5 °C altına düştüğünde ortaya çıkan karlanmadır buharlaştırıcı boruları üzerinde karlanma istenmeyen bir olgudur çünkü ısı geçişini önemli ölçüde engeller. Karlanma sistemi soğutma düzenin çalıştırılarak çözülebilir fakat bu sistemin etkinliğinin azalmasına neden olur. Su kaynaklı sistemler genellikle 80 m'ye kadar inebilen derinliklerde bulunan 5–18 °C sıcaklıkları arasındaki yeraltı ve kuyu sularından yararlanırlar. Bu sistemlerde karlanma sorunu yoktur ve etkinlik katsayıları daha yüksektir. Fakat sistem olarak daha karmaşık olup, yeraltı suyu gibi büyük miktarda su kütlesine kolay erişim gerektirirler. Toprak kaynaklı sistemlerde karmaşıktır, çünkü yeraltında toprak sıcaklığının sabit kaldığı derinliklerde uzun boruların yerleştirilmesini gerektirirler. Isı pompalarının etkinlik katsayıları, ısı kaynağına ve kullanılan sisteme bağlı olarak genellikle 1.5 ila 4 arasındadır.

Hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma kapasitesi ve etkinliği, çevre sıcaklığının düşmesiyle hızla azalır. Bu bakımdan, bu tür ısı pompalarını kullanıldığı ısıtma sistemlerinde elektrikli ısıtıcı veya doğal gaz ısıtıcısı gibi ek bir sisteme gerek duyulabilir.

ISI POMPASININ ÇALIŞMASI-ISITMA DÜZENİ



ISI POMPASININ ÇALIŞMASI-SOĞUTMA DÜZENİ



Şekil 1.5 Isı Pompası Çalışma Sistemleri

Su ve toprak sıcaklıkları çok fazla değişmediği için, su kaynaklı veya toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde ek bir ısıtıcıya gerek yoktur. Fakat bu durumda ısı pompası, en yüksek ısı gereksinimini karşılayacak büyüklükte tasarlanmalıdır.

Isı pompaları ve klima sistemlerinin mekanik parçaları aynıdır. Bu nedenle bir evin ısıtma ve soğutmasını ayrı sistemlerle yapmak ekonomik değildir. Aynı sistem kışın ısıtma amacıyla, yazın da soğutma amacıyla kullanılabilir. Bunun için sisteme bir dönüştürme vanası konur. Bu düzenlemeyle, ısı pompasının içeride bulunan yoğusturucusu, yazın soğutma sisteminin buharlaştırıcısı olarak görev yapar. Benzer biçimde, ısı pompasının dışarıda bulunan buharlaştırıcısı da yazın soğutma sisteminin yoğusturucusu olarak görev yapar. Bu özelliği ısı pompasının diğer sistemlere göre bir üstünlüğüdür.

Isı pompalarının ekonomik açıdan en kazançlı olduğu yöreler, yazın soğutma yükünün büyük, kışın ısıtma yükünün küçük olduğu yörelerdir. Bu yörelerde ısı pompası konutların ve işyerlerinin ısıtma ve soğutma yükünün tamamını karşılayabilir. Öte yandan, yazın soğutmanın az, kışın ısıtmanın fazla olduğu yörelerde ısı pompasının ekonomik olması zordur.

1.2.6. Isı Pompalarının Sınıflandırılması

Isı pompaları ısı kaynaklarına, işletme ve termodinamik çevrimlerine göre üç kısma ayrılır.

1- Isı Kaynaklarına Göre:

- a)- Hava
- b)- Toprak
- c)- Yerüstü suları
- d)- Yeraltı suları
- e)- Güneş enerjisi
- f)- Jeotermal enerji
- g)- Atık ısı kaynakları

2- İşletme Çevrimlerine Göre:

- a)- Hava-hava
- b)- Hava-su
- c)- Su-su

3- Termodinamik Çevrimlerine Göre:

- a)- Termoelektrik
- b)- Absorbsiyonlu
- c)- Buhar sıkıştırımlı

1.3. Isı ve Güneş Enerjisinin Depolanması

Fosil yakıtların günümüz tüketim hızıyla kullanımı durumunda rezervlerin tamamına yakınının 100 yıl içinde tükenme olasılığı vardır. Bu nedenle mühendis ve araştırmacılar yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde araştırmalarını sürdürmektedir. Verimliliğin artırılması, pahalı olmayan enerji depolama sistemlerinin ve cihazlarının geliştirilmesi, yeni enerji kaynaklarının bulunması kadar önem arz etmektedir. Tükenmenin yanında fosil yakıtlarının maliyetinin de artması alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisini kullanımını daha da çekici duruma getirmektedir. Fosil yakıtların yeniden oluşması için geçen periyot asırlar düzeyindedir.

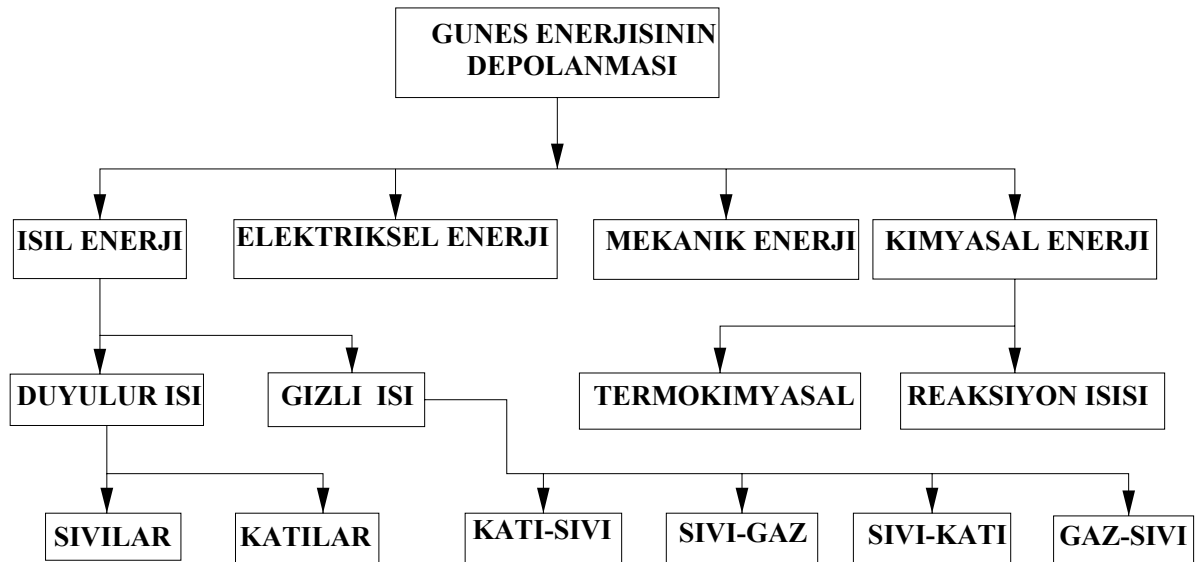
Güneş enerjisinin karakteristiklerinden biri periyodik ve düzensiz olmasıdır. Geceleri olmaması, bulutlu günlerde güneşli günlere oranla daha az enerjinin varlığı mevsimsel değişimi, gün uzunlukların da mevsimsel değişimi güneş enerjisinde etkilidir. Atmosferik koşulların ve rakımdan dolayı kaynaklanan etkilerin güneş enerjisi şiddetinde etkendir.

Bu özellikleri ile güneş enerjisi zaman ve konuma bağlı olması, verimli ve uygun bir kullanım için kullanılacak güneş enerji sistemlerinde enerji depolamayı da gündeme getirmektedir.

Enerji depolama yalnızca güneş enerjisi ve uygulamalarının bir sonucu değildir. Mesela yaz aylarında gündüz saatlerinde soğutma amaçlı elektrik tüketimi en üst düzeye çıkmaktadır. Bu problem geceleri elektriğin bol olduğu saatlerde enerjisinin soğuk olarak depolanıp, gündüz pik yükün olduğu saatlerde kullanılması ile giderilir. A.B.D. ve İngiltere’de gece geç saatlerde kullanılan elektrik enerjisi fiyatının düşük olmasından dolayı geceleri ısıtma sistemleri kullanılan enerji ile ısıyı depolayıp ve gündüzleri kullanılmaktadır.

1.3.1. Güneş Enerjisini Depolama Yöntemleri

Güneş enerjisini depolama yöntemleri aşağıdaki Şekil 1.6.’de verilmiştir.



Şekil 1.6 Güneş Enerjisi Depolama Yöntemleri

Kimyasal Depolama

Güneşten gelen fotonları kullanan bir çok kimyasal reaksiyon bulunmaktadır. Bu reaksiyonlardan bazıları hidrojen gibi yakıtların üretiminde kullanılmakta ve üretilen maddeler yakıt pilleri içinde veya yanmada kullanılarak enerji geri kazanılmaktadır.

Fotosentez olayı güneş enerjisinin doğadaki foto kimyasal olaylarla, doğal olarak depolanmasıdır. Çabuk gelişen bitkiler üzerindeki araştırmalar, güneş enerjisini en basit yöntemle depolanıp, yakarak kullanma esasına dayanır. Bu dönüşümde toplam verimlilik düşük olup, tipik olarak % 1-3 mertebesinde. Ayrıca malzemenin toplanması içinde enerji harcanmaktadır. Malzemenin yakılması sırasında enerji dönüşümünde kayıplar ve çevrenin kirletilmesi söz konusudur. Depolama bataryaları başka bir seçenektir. Mesela; kurşun-asit tipi olanlar ucuz ve verimli olmalarına karşın kapasite ile bağlantılı gerekli hacim ve kütlesi oranı oldukça yüksek değerlerdedir. Ayrıca maliyet olarak da yüksektir. Batarya ve yakıt pilleri doldurma ve boşaltma işlemleri uygulandığında bozulma riskleri de yüksektir.

Güneş enerjisi yardımı ile üretilen ısı enerjisinin depolanması için kimyasal değişim malzemeleri olarak kullanılan hidratize kalsiyum klorür ve sülfirik asit gibi ucuz maddeler vardır. Kimyasal faz değiştiren elemanların, reaksiyon değişimlerinin düşük sıcaklıktaki uygulamalarında, enerji depolama amaçlı kullanımının potansiyel üstünlükleri vardır. Bunlar ;

- a- Isının çevre sıcaklığında depolanabilmesi ve bu nedenle depolama tankının yalıtılması gibi problemlerin bulunmaması.
- b- Isı çevre atmosferinden, özel toplayıcılar olmaksızın kazanılabilir ve sonuç olarak sistem maliyetini düşebilmektedir.
- c- Isının depolanmasında dolma ve boşalma sıcaklıklarını sabit tutabilmek mümkündür.
- d- Belirli bir depolama hacminde kimyasal reaksiyonlarla ısı depolamada büyük kapasitelere ulaşılabilir.
- e- Kimyasal üretilen ürün genelde kayıp olmaksızın soğuk olarak depolanabilir ve kolaylıkla taşınabilir.

Güneş enerjisinin depolanmasında kullanılacak bir reaksiyonun tersinir olması pH uyarlayıcısı kullanmaksızın gerçekleşmesi, atmosfer ışıınının yeterli olması, depolanan enerjinin yüksek değerde olması (en azında 200 kJ/kg), ucuz kimyasal maddelerle gerçekleştirebilmesi kullanıla birliğin dikkate alınmasında önemlidir.

Mekanik Enerji Depolama;

Fazla enerji mekanik enerjiye ve sonra da kinetik veya potansiyel enerjiye dönüştürülerek depolanır.

Maksada göre bir pompa ile suya manometrik yükseklik kazandırılır veya bir kompresörle hava sıkıştırılarak basıncı artırılır. Veya bir volanla kinetik enerji olarak depolanır. Örneğin güneş enerjisinden yararlanılarak bir pompanın çalıştırılması ve suyun yüksek seviyelere pompalanması, ısıtım enerjisinin mekanik enerjiye ve sonra da potansiyel enerjiye dönüştürülerek depolanmasıdır.

Elektriksel Enerji Depolama;

Enerji, bir indüktör içinde manyetik alan veya kapasitör içinde elektriksel alan olarak depolanabilir. Kapasitör ve indüktörler uzun süreli depolama için kaçaklar nedeniyle ekonomik değildir. Buna karşın hızla boşaltma yeteneğiyle belirli uygulamalarda kullanılır.

1.3.2. Isıl Enerji Depolama

Bundan önceki enerji depolama yöntemleri, enerjinin bir biçimden diğerine dönüşümünü kapsamaktadır. Ancak her dönüşümde enerji kaybıyla karşılaşılır. Eğer enerji ısıtma amacıyla kullanılacaksa sabit bazı malzemelerin kullanımıyla kimyasal reaksiyon olmaksızın enerjinin depolanması mümkündür. Isı depolanması iki şekilde olur.

- a- Duyulur ısı depolanması.
- b- Faz değişimli ısı depolanması (gizli ısı)

1.3.2.1. Duyulur Isı Depolama

Duyulur ısı depolaması hal değişimi, yani ergime veya buharlaşmanın olmadığı zamanda güneş enerjisi depolanmasıdır. Sıcaklığın artışı depo edilecek malzemede gözle görülebilir. Bu ortam sıcaklığında olan bir olaydır. Herhangi bir maddenin kütlesine depo edilmiş ısı miktarı;

$$\frac{Q_d}{\dot{m}} = c\Delta T \quad (1.9)$$

formülü ile verilmiştir. Burada c maddenin ısınma ısısı (Yani özgül ısısı) ΔT sıcaklık farkı Q depo edilen ısı miktarı, $\dot{m}$ ise kütleli debidir.

Gaz söz konusu olursa c sabit basınçtaki özgül ısısı (c_p) olur.

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \text{ olduğundan,} \quad (1.10)$$

$$\frac{Q_d}{\dot{V}} = \rho c \Delta T \quad (1.11)$$

olur.

Burada

$\dot{V}$ hacimsel debi (m^3/s),

ρ yoğunluk (kg/m^3)

$\dot{m}$ kütleli debi (kg/s) dir.

Duyulur ısı depolama yeteneği ($\rho.c$) çarpımı ile ifade edilir. Isınma ısının büyük olması nedeniyle su en yüksek değere sahiptir. Yani suyun depolama yeteneği yüksektir. Diğer maddelerinki de yaklaşık ancak suyunkinin yarısı kadardır. Isı depolama amacıyla kullanılacak maddeler hem ucuz hem de yüksek ($\rho.c$) ısı kapasitesine sahip olmalıdır. Su ucuzdur, fakat sadece sıvı haldeyken ısı kapasitesi yüksektir.

Su dolu polthylene şişeler ve çakıllar da iyi ısı depolayıcılardır. Aynı zamanda ucuzdurlar. Isı depolanmasında görünür ısı depolanmasının diğer önemli bir tarafı da ısının verilme ve alınabilme derecesinin iyi olmasıdır. Bir maddenin ısı toplama yeteneği aynı zamanda “ $k/(\rho.c)$ ” termal difüzivitesinin fonksiyonudur. Burada “ k ” ısı iletkenlik katsayısıdır. Bazı maddelerin termal difüzivite değerleri Tablo 1.4 ‘de gösterilmiştir. Yüksek ısı kapasitesi ve yüksek ısı iletkenliği bakımından demir saçmalar mükemmel ısı depolama ortamlarıdır. Bu ancak $100^\circ C$ ’ ye kadar kullanışlıdır, daha yüksek sıcaklıklar için ($100^\circ C$ ’nin üstündeki sıcaklıklar için) ısı depolamada demir ve kırmızı demir oksit, daha iyidir. Tanecik şeklindeki diğer oksitler veya diğer metal kürecikleri için maliyet düşüktür. Yumuşatmak veya eritmek için hazır oksit kürecikleri idealdir. Yüksek sıcaklıkta metalin yavaş oksitlenmesi sıvıda veya havada olsun aynı derecede etkin değildir.

Tablo 1.4. Bazı Maddelerin 20 °C'deki Isıl Özellikleri

Madde	Yoğunluk (kg/m ³)	Erime Sıcaklığı (°C)	Kaynama Sıcaklığı (°C)	Özgül Isısı (J/kgK)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	ρC_p (Mj/m ³ K)
Taş	2460	—	—	880	1.7 –4.0	2.32
Dökme demir	7280	1200	2300	540	29 –50	3.93
Betonarme	2240	—	—	1130	0.9 –1.3	2.53
Saf bakır	8954	1083	2330	383	386	3.43
Su	997	0	100	4179	0.604	4.18
Motor yağı	888	—	—	1880	0.145	1.67
Gliserin	1264	18	290	2386	0.286	3.02
Etilen glikol	1117	-12	197	2382	0.249	2.66
Sodyum	760	98	880	1206	67	0.96

Çakıl Taşlarıyla Isı Enerjisinin Depolanması;

Duyulur ısı depolanmasında diğer bir yöntemde gözenekli ortamlarda ısının depolanmasıdır. Gözenek boşlukları hava veya su ile dolu olup bu akışkanlar ısının depolanmasında ve çekilmesinde kullanılır. En basit uygulama düşüncesi zeminin kendisinin depolama ortamı olarak kullanılmasıdır. Toprak içine yeterli ısıyı aktarabilmek için yer içinde paralel borular yerleştirilir ve su pompa ile dolaştırılır. Ancak toprak özellikleri değişken olup sistemden ısı kayıpları yalnızca iletimle olmayıp yer altı suyu ve mevcut hava nedeniyle taşınım ile olmaktadır. Araştırmalarda ısı kayıpları ve sıcaklık dağılımı üzerinde detaylı çalışmalar yapılmıştır.

Yer veya toprak yerine kaya yatağı veya çakıl kullanılması durumunda gözenekli ortamın özellikleri daha dikkatlice seçilmelidir. Alternatif olarak magnetit (bir çeşit demir madeni), suya yakın bir hacimsel ısı kapasitesine sahiptir.

Malzemelerin sıkıştırılarak kapalı hacimlerde bir araya getirilmesiyle artan yoğunlukla birlikte, daha fazla ısı depolama ve daha az hacim kaplama koşulları da yerine getirilir.

Herhangi bir ortamda ısı depolamanın ana problemlerinden birisi depolanan ortama ısı aktarılması ve çekilmesindeki hızlardır. Akışkan yataklarında tanecikler akışkan yatak tabanından 2–3 cm. dışında genellikle aynı sıcaklıktadır. Basit ve pahalı olmayan kolaylıkla bulunabilen çakıl taşları (Nehir taşları) bu sistemde ısı depolama ortamı olarak kullanılabilir. Bu sistemlerin sadece dezavantajları yüksek faz gücüne ihtiyaç vardır.

Tablo 1.5.'de ısı depolamada yaygın olarak kullanılan ve sıkça rastlanan bazı taşların ısı özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.5 Bazı Taşların 20 °C Sıcaklıktaki Isıl Özellikleri

	Yoğunluk Kg/m ³	Özgül ısı kap. C _p KJ/kgK	Isı İletim Katsayısı W/mK
Granit	2600-2900	0.754	2.908-4.071
Bazalt	2900	0.795	1.675
Kireç taşı	2650	0.837	2.210
Kum taşı	2200-2500	0.712	1.279-2.093
Nehir taşları	2245-2566	0.71-0.92	1.250-4.00
Mermer	2500-2800	0.795	2.093-3.489

1.3.2.2. Faz Değişimli Enerji Depolama (Gizli Isı)

Herhangi bir maddenin ısıtılması veya soğutulması esnasında faz değiştirirken sıcaklığın sabit kaldığı andaki ısısı Gizli Isı olarak adlandırılır. Bir sıvı soğutulmaya başladığı zaman molekülleri gitgide daha yavaş hareket etmeye başlar. Soğutma sırasında öyle bir sıcaklığa gelir ki, moleküller olabildiğince düşük kinetik enerjiye sahip olurlar ve moleküller arası çekim kuvveti onları bir kristal içinde istiflemeye başlar. Bu durumda sıvı donmaya başlıyor denir. Kristal içinde belli noktalarda yerlerini alan moleküllerin kinetik enerjileri sıvı fazda kalanlara oranla daha düşüktür. Bu nedenle sıvı fazdaki moleküllerin sıcaklığı ve dolayısıyla ortalama kinetik enerjileri yükselecektir. Bu durumda sıvı fazdan ısı çekerek sıcaklığın düşürülüp donma olayının hızlandırılması gereklidir:

Katı ve sıvının 1 atm. Basınç altında dengede bulunduğu sıcaklığa Normal Donma Noktası adı verilir. Donma sıcaklığı tüm sıvı donana kadar sabit kalır. Donma noktasındaki bir mol sıvıyı dondurabilmek için sistemden uzaklaştırılması gereken enerjiye Molar Kristallenme (Donma) Enerjisi adı verilir.

Kristal halindeki maddeler ısıtıldıklarında 1 atm. Basınç altında kurulan katı-sıvı dengesinin sıcaklığına Normal Erime Noktası denir ki, bu sıcaklık donma sıcaklığı ile aynıdır. Bir mol katıyı erime sıcaklığında sıvı hale getirmek için sisteme verilmesi gereken ısıya Molar Erime Isısı denir.

Bir katı cismin birim kütlesini sıcaklık değişimi olmadan sıvı hale geçirmek için, verilmesi gereken ısı miktarına Erime Gizli Isısı denir.

Bütün maddeler faz değiştirebilir, fakat bir çok maddenin faz değişimi arzulanan sıcaklıkta değildir. Gizli ısı depolamasında, sıvı-buhar faz değişiminde enerji depolanabileceği gibi, katı-sıvı fazında da depolanabilir.

Sıvı-buhar faz değişiminde, sabit basınçta hacim çok arttığından veya sabit hacimde basınçta çok arttığından, ısı depolamasında fazla tercih edilmez. Bu tür faz değişimdeki ısı depolamasına daha çok soğutma sistemlerinde rastlanmaktadır ve çift depo kullanılmaktadır. Madde, deponun birinde sıvı fazında, diğerinde buhar fazında bulunur.

Gizli ısı depolamasında, daha çok katı-sıvı faz değişiminden yararlanılır. Güneş enerjisiyle her maddeye katı-sıvı faz değişiminde enerji depolanmaz. Bunun nedeni güneş enerjisiyle depolayabilmek için kullanılacak maddelerin düşük sıcaklıkta faz değiştirme özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Eriyerek faz değiştiren maddelerde, gizli ısı depolaması yanında duyulur ısı depolaması da yapılır.

Herhangi bir maddenin faz değişimi esnasındaki gizli ısısından faydalanılarak güneş enerjisinin depolamasında kullanılan bu malzemelere literatürde FDM (Faz Değiştiren Madde) adı verilmektedir. Faz Değiştiren Malzemeler;

Bir malzeme bir fazdan başka bir faza dönüşüyorsa bu yöntemle büyük miktarlarda ısının absorpsiyonu mümkündür. Eğer faz değişimi belirli bir sıcaklık arasında oluyorsa, (38-60 °C aralığı hacim ısıtması ve su ısıtmanın düzlemsel toplayıcıdan sağlanabileceği aralık gibi) kullanılan malzeme enerji depolanması mümkündür. Duyulur ısı depolaması ile karşılaştırıldığında, faz değişimli enerji depolama daha az yer kaplama özelliğine sahiptir.

Çünkü faz değişim ısısı (genellikle erime ısısı) malzemelerin özgül ısı değerlerine göre daha fazladır. Başka bir deyişle duyulur ısı depolama daha fazla malzeme kullanımı gerektirdiği gibi, absorplama veya geri verme aşamalarında sıcaklıkta oldukça geniş aralıklı bir değişim gerekmektedir. Bu da ısı transfer hızını belirli aralıklarda etkiler. Diğer yönden faz değişim malzemeleri duyulur ısı depolama malzemelerinden daha pahalıdır ve genellikle bir ısı değiştirici cihazına gerek duyarlar.

Faz değişiminden söz edildiğinde genellikle katı-sıvı dönüşümü (donma-erime) algılanır. Katı-katı dönüşümü elektriksel enerjinin depolanması için önerilen çok yapılı faz dönüşümü ile ısıнын absorplanması ile ilgilidir. Benzer biçimde sıvı-sıvı faz değişimi çok az ısı değişimi ile ve yavaş olarak oluşmaya eğimli bir işlemdir. Sıvı gaz (kaynama) ve katı-gaz (süblimasyon) dönüşümleri çok uygun ısı değişimleri ile sağlanabilir. Öte yandan buharlaşma çok fazla hacimsel değişim gerektiren bir işlem olup, bu durum katı-gaz veya sıvı-gaz dönüşümlerinin, geniş hacim veya yüksek basınçlı cihaz gerektirme yönünde pratikliğini ortadan kaldırır. Böylece, erime ısısı, buharlaşma ısısına göre daha az olmakla beraber donma ve erimeyle oluşan hacim değişikliğinin küçük olması nedeniyle sıvı-katı dönüşümü daha uygulanabilir özellikler taşır.

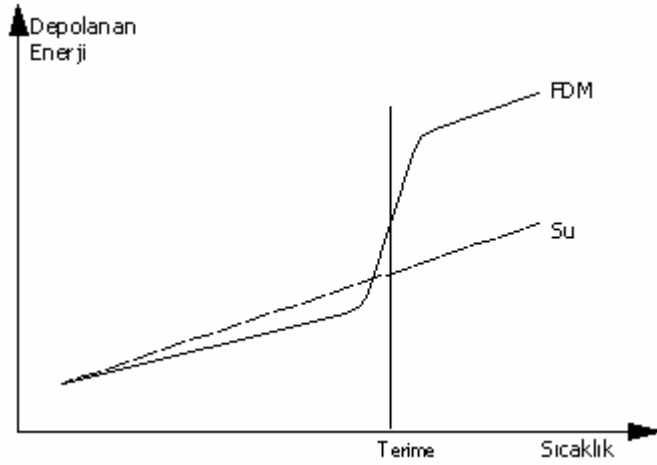
Sıvı- buhar faz değişiminde, sabit basınçta hacim çok arttığından veya sabit hacimde basınç çok arttığından, ısı depolanmasında fazla tercih edilmez. Bu tür faz değişimindeki ısı depolanmasına daha çok soğutma sistemlerinde rastlanmaktadır ve çift depo kullanılmaktadır.. Madde deponun birinde sıvı fazında, diğerinde buhar fazında bulunur. Bütün maddeler faz değiştirebilir, fakat bir çok maddenin faz değişimi arzulanan sıcaklıkta değildir. Gizli ısı depolanmasında, sıvı-buhar faz değişiminde enerji depolanabileceği gibi, katı-sıvı fazında da depolanabilir.

Gizli ısı depolanmasında, daha çok katı-sıvı faz değişiminden yararlanılır. Güneş enerjisiyle her maddeye katı-sıvı faz değişiminde enerji depolanmaz. Bunun nedeni güneş enerjisiyle depolayabilmek için kullanılacak maddelerin düşük sıcaklıkta faz değiştirme özelliklerine sahip olmaları gerekmektedir.

Eriyerek faz değiştiren maddelerle, gizli ısı depolaması yanında duyulur ısı depolaması da yapılır. Herhangi bir maddenin faz değişimi esnasındaki gizli ısısından yararlanarak güneş enerjisinin depolanmasında kullanılan bu malzemelere literatürde FDM (Faz Değiştiren Madde) adı verilmektedir.

Ülkemiz madenler bakımından olduğu kadar tuz hidratlar bakımından da oldukça zengindir. Kalsiyum ve sodyum menşeli tuz hidratlar yüksek miktarda enerji depolama yeteneklerine sahiptirler. Tuz hidratlar Faz Değiştirici Maddeler (FDM) çok düşük sıcaklıklarda (20°C-60°C) erimektedirler. Bu maddelerin katılaşması neticesinde tekrar açığa çıkan enerjinin ısıtma amacıyla kullanılması mümkündür. Bu maddeler, tekrar tekrar kullanılarak ısı alışverişine aracı olabilmektedirler. Kalsiyum klorür hekzahidratın 3000-5000 çevrimlik (şarj – deşarj) kullanım ömrü vardır ki bu da uygun şartlar sağlandığında 5-10 sene gibi uzun bir süre yapar.

Isı depolama malzemeleri ısıyı standart ısı transfer mekanizmaları vasıtaları ile oluştururlar, bunlar radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyondur. Bu tür malzemeler geceleri ortamın soğuması ile kapalı günlerde depoladıkları ısıyı aynı şekilde salarlar. Bir malzemenin fazındaki değişiklik malzemenin katı sıvı ve gaz fazındaki durum değişikliğini kapsar. Faz değişikliğinin bir neticesi olarak absorbe edilen ve salınan ısı gizli ısı olarak bilinmektedir ve ideal bir malzeme içinde fazdaki değişiklik sabit bir sıcaklıkta oluşur. Fazdaki bu değişiklik prosesi erime, donma, kaynama ve yoğunlaşmayı kapsamaktadır. Bu esnada bazı istenmeyen değişik durumlarda oluşur örneğin (katı-gaz) süblimleşme ve veya katı-katı şeklindedir. Isıdaki bu hatırı satırı değişiklik malzemenin fazında değişiklik gerektirir. FDM'ler öncelikle erime sıcaklığına ulaştığında, malzemenin sıcaklığında küçük artışlar olacak ölçüde bir ısı absorbe eder. Bu depolamada kullanılan FDM'deki ısı kaybının suyla enerji depolamaya göre eşit miktarda azaldığını gösterir. Katı-Katı FDM'ler Katı-Sıvı FDM fazındakiler gibi aynı tarzda ısıyı emer ve salarlar. Bu malzemeler normal koşullarda sıvı duruma dönüşmezler sadece yumuşar veya sertleşirler. İzafî olarak Katı-katı fazdaki PCM'lerin sadece birkaçı termal ısı depolama için uygundur. Sıvı-gaz FDM'ler termal ısı depolamada kullanılmak için uygun değildirler. Buna karşın yüksek ısı dönüşümüne sahiptirler. Sıvı halden Gaz fazına geçişteki hacimdeki artış onların kullanımını zorlaştırırlar. FDM'ler güneş kaynaklı sıcak su ısıtma veya pasif güneş ısıtma sistemlerinde kullanılır. FDM'ler genellikle konvansiyonel ısı depolama malzemelerine göre daha pahalıdır. FDM'nin kullanımı **Şekil 1.7.** de gösterilmiştir. FDM öncelikle erime sıcaklığına ulaştığında malzemenin sıcaklığında küçük artışlar olacak şekilde önemli ölçüde bir ısı absorbe eder. Bu depolamada kullanılan FDM'deki ısı kaybının suyla yapılan enerji depolamasında eşit miktarda azaldığını gösterir.

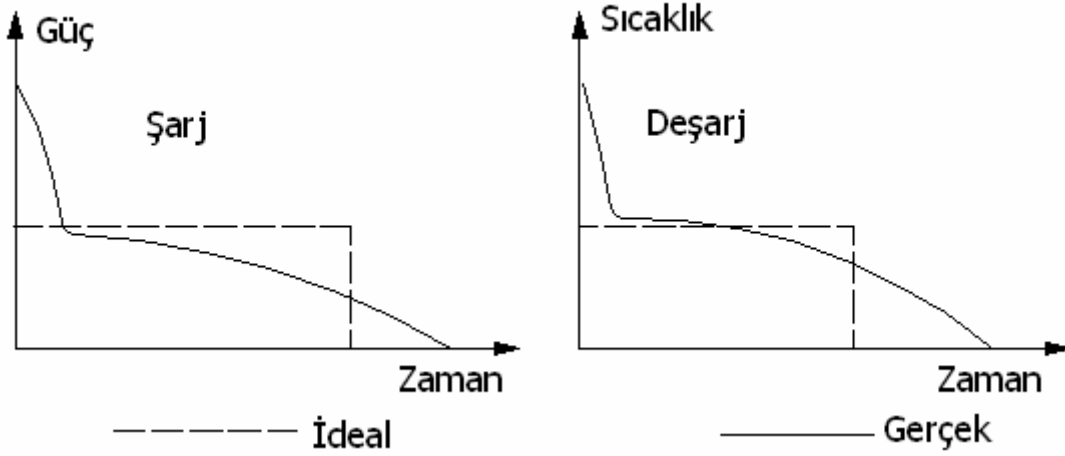


Şekil 1.7. FDM ve Su Kaynaklı Depolamanın Mukayesesi

FDM'lerin Şarj ve Deşarjı

FDM'lerin erimesi (şarjı) başlangıçta ısıtılan akışkandan kondüksiyonla, ısı değiştiricisi cidarı ve FDM'nin içinde oluşur. Şarj sıcaklığı genellikle FDM erime sıcaklığının 10-15 °C üzerindedir. Katı FDM'lerin termal iletimi genelde oldukça düşüktür ve FDM nin başlangıçtaki şarjına eşlik eden bir miktar duyulur ısı kazancından ve sudan daha düşüktür. Sıvı forma ulaştığında, FDM'lerin düşük termal iletimi bir konveksiyon akım oluşturur ve bu ısı transferini ve erime işlemini hızlandırır. Bu doğal konveksiyon yüksek vizkoziteli malzeme ile daha yavaşlar. Malzemenin çevreye uyumu ile yavaşlar. Erime genellikle uygun ısı difüzyon eşitlikleri ile modellenir.

FDM'lerin deşarjı (donması) daha komplike bir procestir. FDM'lerden ısı değiştiricisine ısı çekildiğinde ısı değiştiricisi yüzeyine yakın yerlerde kristalizasyonlar oluşur. Katı PCM'lerin daha düşük termal iletimi daha sonra daha fazla deşarjını düşürür. Tipik olarak depodaki FDM'lerin deşarjı şarj prosesinin 3 katı bir zaman alır. Bu şekilde FDM'lerin deşarjı devam ettiği müddetçe duyulur ısı kaybı tarafından başlangıçta genellikle güçte zirve noktası oluşur. Basitleştirilmiş bir analitik modeli bu prosesi Lane tarafından başarılı bir şekilde oluşturulmuştur. Katı ve sıvı sınır arasındaki yer değiştirme gayet hassas bir şekilde belirtilmiştir. **Şekil 1.8.**'da Gerçek FDM malzemesinin Şarj ve Deşarj karakteristiği verilmiştir.



Şekil 1.8 Gerçek FDM Malzemesinin Şarj ve Deşarj Karakteristiği

Gizli ısı depolama metodunda çok sayıda uygulama yapılmaktadır bu metot da ısı enerji depolaması duyulur ısı metodu ile karşılaştırıldığında daha küçük sıcaklık aralıklarında daha büyük enerji yoğunluğu oluşturur.

Buna rağmen gizli ısı depolama metodu düşük termal iletimi, yoğunluk değişimi ve artan çevrimlerde kararlılık özelliklerinin değişmesi, bazen de faz seyrelmesi faz değişim malzemesinin aşırı soğuması nedeniyle bir takım güçlükler yaşanmaktadır.

Gizli Isı Depolanmasında Kullanılan Tuz Hidratlar (FDM) sınıflandırılır ise ;

En yüksek faz değişim ısısu suya ait olup 335 kJ/kg değerindedir. Ancak sıcaklık bölge kriterlerinin uygun olmaması nedeniyle ısı depolanmasında kullanılmaz. Kalsiyum ve sodyum tuzlarının erime sıcaklıkları 30 ile 50 °C arasında değişmektedir. Bu yüzden bu maddeler gizli ısı depolanmasında kullanılırlar. Gizli ısıнын depolanmasında en çok kullanılan maddeler şunlardır;

Kalsiyum klorid hegzahidrat	($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
Sodyum sülfat dakahidrat	($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
Sodyum karbonat dekahidrat	($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
Disodyum fosfat dodekahidrat	($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
Sodyum disülfat pentahidrat	($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Burada belirtilen tuzlar inorganik hidratize tuzların bazı problemleri bulunmaktadır. Örneğin, Glauber tuzu ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) olarak bilinen tuz kullanımında yüksek erime ısısu ve düşük maliyeti nedeniyle tercih edilmekle beraber bazı işletim problemleri vardır.

Örneğin aşırı soğuma bir problem olup, bu sorun boraks katılmasıyla büyük bir ölçüde kontrol altına alınır. Diğer önemli bir sorun ise Glauber tuzunun tekrarlanan katılaşma-erime çevriminin uygulanması durumunda biçimsiz erime davranışı göstermektedir. Erime esnasında bir kısım susuz sodyum sülfat çözünmemiş olarak kalır ve yüksek yoğunluğu sebebiyle dibe çöker. Donma tekrar başladığında, bu ağır kristaller hemen çevresindeki su molekülleri ile birleşip daha alttaki Na_2SO_4 üzerinde ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) tabakası oluşturulur, bu ise sonraki yeniden kristalleşmeyi önler. Sonuç olarak üç farklı tabaka oluşur. Altta Na_2SO_4 ortada $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kristalleri ve üstte sıvı çözelti oluşur.

Son yıllarda organik gizli ısı malzemeler ve duyulur ısı depolayan malzemeler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte Sodyum disülfat pentahidrat maddesiyle ısı depolama araştırmaları yapılmıştır. Ancak bu maddeler Glauber tuzundan oldukça pahalı malzemelerdir. Bununla birlikte biçimli erimesi ve erime sıcaklığı yönünden ısı depolama malzemesi olarak uygundur.

Gizli ısı depolanmasında yaygın olarak kullanılan maddelerden birisi de parafindir. Erime sıcaklığı arzulanan mertebelere indirilmesine rağmen az miktarda yanıcı olması nedeniyle özel tedbirler alınarak kullanılabilir. Plastik ve bakır gibi bazı metallere karşı korozyon etkisi de vardır. Eridiği zaman hacmi % 22 oranında artar. Bu da diğer bir dezavantajdır.

FDM'nin Özellikleri Sınıflandırılır ise;

Faz değiştirmede termal enerji depolamada kullanılacak malzemeler büyük çapta gizli ısı ve yüksek termal iletme sahip olmalıdır. Bu malzemeler pratik sınırlar içerisinde bir erime sıcaklığına, minimum ölçüde aşırı soğumaya sahip olması kimyasal karalılığını değiştirmemesi, maliyetinin düşük olması, zehirleyici olmaması, korozyon yapıcı olmaması gerekir son kırk yıldır üzerinde çalışılan malzemeler tuz hidratlar, parafin mumlar, yağ asitleri, ötektik yapıya sahip organik ve inorganik bileşiklerdir. Uygulamalara tabii olarak FDM seçerken önce erime sıcaklığına bakılarak seçilmelidir. Bir örnek verecek olursak klimalarda serinliği temin etmek için malzemeler $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ altında erimelidir. Buna karşın soğukluğu absorbe etmek için kullanılacak malzemelerde $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarında erimelidir bu iki sıcaklık arasındaki diğer bütün malzemeler güneş ısıtmada ve ısı yükü uygulamalarında kullanılır bu sınırlar arasında çalışılacak pek çok malzemelerin kullanılmasına olanak sağlarlar.

Parafin mumu parçacıkları 50-60 °C sıcaklıklarında eriyecek şekilde harmanlanarak karıştırılabilir. Parafinler FDM'lerin en ucuz olanlarıdır. Esas itibarıyla petrol rafine endüstrisinin atık ürünleridir. Parafinler zehirleyici değildirler. Buna karşın az miktarda alevlenebilme özelliğine sahiptirler parafinler kolayca kapsüllenebilmekte ve korozyon yapma özelliklerine sahiptirler, parafin mumları daha çok konutlarda sıcak su temini için kullanılmaktadırlar. Parafinlerin ısı depolama kapasiteleri (150 kJ/kg-200 MJ/m³), termal iletim kapasiteleri (0.2 W/m °C)değerlerindedir. Saf parafin mumları çok pahalıdır sadece teknik araştırmalar için kullanılmaktadır. Düşük kütle yoğunluğu, düşük termal iletimi ve yüksek termal dağılımı onların enerji yoğunluğunu ve ısı transfer kabiliyetlerini sınırlamaktadır.

FDM ailesinde uygulamalarda sıkça kullanılan diğer bir malzeme tuz hidratlardır. Tipik olarak çok sayıdaki ötektik tuz karışımı bir tanesiyle karıştırılarak istenilen erime sıcaklığının 5-10 °C üzerinde arasında olmasını temin ederler. Tuz hidratlar zehirsizdir, alevlenmez ve ucuzdurlar fakat elektrik iletiminden dolayı korozyon yapıcıdır. Tuz hidratlar parafinlere karşı daha fazla termal iletim ve kütle yoğunluğa sahiptirler. Tuzların uzun süreli stabiliteleri sağlamak için sıkça bazı ilave katkıları kullanmak gerekir. Kristalleşme sorununu çözmek için bazı tetikleyici ilave malzemeler kullanmak gerekir. Son yıllarda yaygın olarak kullanılan ticari **TEAP TH58** ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 1.6. TEAP TH58 Özellikleri

TEAP TH58 Özellik	Değer	Birimler
Katı yoğunluğu	1280	Kg/m ³
Katı ısı kapasitesi	4.58	kJ/kgK
Katı iletimi	0.54	W/mK
Erime sıcaklığı	58	°C
Gizli ısı füzyonu	226	Kj/kg
Sıvı yoğunluğu	1450	Kg/m ³
Sıvı ısı kapasitesi	2.79	kJ/kgK
Sıvı iletimi	1.09	W/mK

Ticari / Ticari olmayan ısı depolama malzemeleri ;

Potansiyel FDM'lerin birçoğu üzerinde araştırmalar yapılmıştır fakat onların sadece birkaçı kullanılabilir. Tablo 1.7'de Bazı FDM'lerin termofiziksel özellikleri tablo halinde (ötektik, karışımlar, inorganik, organik ve yağ asitleri) verilmiştir. Tablolarda (termofiziksel özellikleri erime noktası, füzyon ısısı, termal iletimi ve yoğunluk) verilmiştir. Ayrıca bazı yazarlar ilave olarak(benzer/ benzer olmayan erime, hacim değişimi, özgül ısı vb özellikleri vermişlerdir. Organik ve inorganik malzemeler avantaj ve dezavantajının bir mukayesesi Tablo 1.7'de verilmiştir.

Tablo 1.7. Organik ve İnorganik Malzemeler Avantaj ve Dezavantajı

Organikler	İnorganikler
Avantajlar Korozyon yapıcı değildirler Düşük veya az derecede aşırı soğuma Kimyasal ve termal kararlılık	Avantajlar Daha büyük faz değişim entalpisi
Dezavantajlar Daha düşük faz değişim entalpisi Düşük termal iletim Yanıcılık	Dezavantajlar Aşırı soğuma Korrozif Faz ayrışması Faz seyrelmesi, termal kararlılık eksikliği

Tablo 1.8. kaya yatağı ve su tankı kullanarak yapılan bir duyulur ısı depolaması ile, organik ve organik olmayan bileşiklerle yapılan gizli ısı depolamanın bir mukayesesini göstermektedir. İnorganik bileşikler örneğin tuz hidratlar daha yüksek gizli ısı ve yoğunluklarından dolayı bir çok organik bileşiklerden daha fazla hacimsel termal depolama ve yoğunluğa sahiptir.

Tablo 1.8. Değişik Metotlarla Yapılan Isı Depolamalarının Mukayesesi.

	Kaya	Su	Organik FDM	İnorganik FDM
Yoğunluk kg/m³	2240	1000	800	1600
Özgül ısı kJ/kg	1.0	4.2	2.0	2.0
Gizli ısı kJ/kg	-	-	190	230
Gizli ısı kJ/m³	-	-	152	368
Depolama kütlesi 10⁶ J için, kg	67,000	16,000	5300	4350
Depolama kütlesi 10⁶ J için, kg	30	16	6.6	2.7
İzafi depolama kütlesi	15	4	1.25	1.0
İzafi depolama hacmi	11	6	2.5	1.0

FDM’lerde en fazla karşılaşılan problemler;

- Faz Seyrelmesi ve Aşırı Soğuma Problemleri
- Çevrim Esnasında Termal Özelliklerin Stabilitesi dir.

Faz Seyrelmesi ve Aşırı Soğuma Problemleri;

Yüksek depolama yoğunluklu tuz hidrat malzemelerini bulundurmak zordur ve çevrim esnasında sürekli azalırlar. Bu nedenle tuz hidratların çoğu çevrim boyunca uygun bir şekilde dönüşüme uğrarlar ve prosesin tersine olması nedeniyle depolama kapasiteleri düşmektedir. Tuz hidratlarla belirtilen ciddi bir problem aşırı soğumadır. Bu ciddi sorunun üstesinden gelmek için pek çok araştırmalar yapılmıştır. Araştırmacılar tuz hidratların direkt temaslarında karışmayan ısı transfer akışkanı ve tuz hidrat solüsyonunu araştırmışlardır. Isı transferi akışkanının neden olduğu aşırı soğuma ve çalkalanmaya neden olur buda faz seyrelmesine neden olur. Çalışılan tuz hidratlar $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaCO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Ekstra su prensibi, girdaplı tabakalardaki tıkanmayı ve susuz tuzlardaki tıkanıklığı önlemede kullanılır. Tuz hidratların kristalizasyon sıcaklığı 30-50 °C arasındadır ve bu değer onları güneş enerjisi uygulamalarında uygun bir yere yerleştirir.

Bu tuz hidratların faz diyagramlarına bağı olarak ısı deşarj proseslerinin uygulandığı bu tuzlar sıvı faza su ilavesi nedeniyle sürekli azalan kristalizasyon sıcaklığı oluşturlar. Çok sayıdaki uygulamalarda bu arzu edilen bir şey değildir ve uygulamaları kısıtlar. Tuz hidratlarla karşılaşılan bu problemlere karşın karışma olmayan termal depolama sistemlerinde bazı firmalar tuz hidratların stabilitelerini sağlayacak çekirdekli katkı maddeleri geliştirdiler. Bu konuda çok iyi bilinen en az iki ticari firma ticari FDM'lerin silindirik ve küresel kapsül şekline getirilerek daha kullanılır hale gelmesini sağlamışlardır. Bu ürünler çok sayıda çevrim boyunca test edildi ve stabil bulundu. Ticari Kalsiyum Klorür Hekzahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) için bildirilen gizli ısı 267 MJ/m^3 dır. Bu değer ekstra su ve katkı ve inceltici maddeler kullanıldığı için saf tuzdan daha düşüktür. 1 m^3 tankın hacimsel depolanma yoğunluğu 160 J dur. Kalsiyum Klorür Hekzahidratın gizli ısısı diğer tuzlardan daha düşük olmasına rağmen stabilizeyi sağlamak ve minimum faz seyrelmesi gösterdiği için daha uygundur. Araştırmacılar bu konuda en uygun inceltici ve tetikleyici deterjanı bulmak için tuz hidratlar üzerinde pek çok çalışma yapmıştır. FDM'ler içinde en uygun depolama malzemeleri Kalsiyum Klorür Hekzahidrat $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Magnezyum Klorid hekhahidrat $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ve magnezyum nitrat hekhahidrat $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dur. Bilindiği gibi tuz hidratlar depolanan ısınn çekilmesi esnasında dezavantajlara sahiptir. Malzeme donmadan önce aşırı soğur. Bu malzemenin özelliklerini azaltır ve eğer çok fazla artış gösterirse ısı iyileştirilmesi tamamıyla azalır. Bunu önlemek için ilave katkılar örneğin kristal yapıyı düzgünleştirecek solüsyon ve hidrat dengeleyicileri kullanılır.

Çevrim Esnasında Termal Özelliklerin Stabilitesi;

FDM'lerin kullanımını sınırlandıran en önemli husus FDM'lerin depolama sistemleri ve kullanıldıkları çevrim boyunca kararlılıklarını muhafaza etmesi ve malzemenin bozulmamasıdır. Depolama malzemelerindeki uygun olmayan uzun süreli kararlılık iki faktörden oluşur. Malzemenin özellikle zayıf kararlılık ve veya FDM ile tank arasında oluşan korozyondur.

FDM tanklarının geliştirilesi fiziksel özelliklerinin ve termal kararlılık gösterilmesine yönelik olmalıdır. Çünkü FDM'ler tekrarlanan ısıtma ve soğutma çevrimleri boyunca kararlı kalabilmelidir. Bu termal çevrim testlerinin amacı FDM'de taşınmayla mı sonuçlanıyor veya FDM'nin termal özelliklerini değışir bunu tespit içindir.

Tablo 1.9. Bazı FDM'lerin Termofiziksel Değerleri.

Bileşikler	Erime sıcaklıkları °C	Fuzyon Isıları(kJ/kg)	Termal iletim (W/m K)	Yoğunluk (kg/m³)
İnorganikler				
MgCl ₂ .6 H ₂ O	117	168.6	0.570 (sıvı 120 °C) 0694 (katı 90 °C)	1450 (sıvı 120 °C) 1569 (katı 20 °C)
Mg(NO ₃) ₂ .6 H ₂ O	89	162.8	0.490 (sıvı 95 °C) 0.611 (katı 37 °C)	1550 (sıvı 94 °C) 1636 (katı 25 °C)
Ba(OH) ₂ . 8 H ₂ O	48	265.7	0.653 (sıvı 85.7 °C) 1.225 (katı 23 °C)	1937 (sıvı 84 °C) 2070 (katı 24 °C)
CaCl ₂ . 6 H ₂ O	29	190.8	0.540 (sıvı 38.7 °C) 1.088 (katı 23 °C)	1562 (sıvı 32 °C) 1802 (katı 24 °C)
Organikler				
Parafin mumu	64	173.6	0.167 (sıvı 63.5 °C) 0346 (katı 33.6 °C)	790 (sıvı 65 °C) 916 (katı 24 °C)
Polyglycol E 600	22	127.2	0.189 (sıvı 38.6 °C) -	1126 (sıvı 25 °C) 1232 (katı 4 °C)
Yağlı Asitler				
Palmitik asit	64	185.4	0.167 (sıvı 63.5 °C) -	850 (sıvı 65 °C) 989(katı 24 °C)
Capric asit	32	152.7	0.153 (sıvı 38.5 °C) -	878(sıvı 45 °C) 1004(katı 24 °C)
Caprylic asit	16	148.5	0.149 (sıvı 38.6 °C)	901 (sıvı 30 °C) 981(katı 13 °C)
Aromatikler				
Naftalin	80	147.7	0.132 (sıvı 83.8 °C) 0341 (katı 49.9 °C)	976 (sıvı 84 °C) 1145 (katı 20 °C)

1.4 Sera ve Seracılık

Sebze, meyve ve çiçeklerin, yetişme, ve büyümeleri için gerekli çevre koşullarının uygun olmadığı mevsimlerde, taze sebze, meyve ve çiçek yetiştiriciliği yapılmak üzere uygun koşulların yaratıldığı yapılara sera, bu tür yetiştiriciliğe ise seracılık adı verilir. Seracıların ısıtma problemleri serada yetiştirilen ürünlerin maliyetini doğrudan etkilemektedir. Ülkemizin hemen hemen her bölgesi güneş enerjisinden yeterince yararlanabilmektedir. Fakat kışın bazı bölgelerde özellikle Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde çok soğuk geçmesi seracılığı bu bölgelerde cazip bir geçim kaynağı ve iş imkanı olarak olumsuz kılmaktadır. Bu nedenle seracılığın kısıtlı olarak bazı bölgelerde uygulanabildiğini görmekteyiz. Isıtma seracılığında ortalama olarak ürün maliyetinin % 70'ini oluşturmaktadır. Buda oldukça önemli ve üzerinde dikkatle durulması gereken bir husustur. Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgesi güneş ışınımından yararlanma bakımından Akdeniz sahillerimizle aşağı yukarı aynı değerlere sahiptir. Fakat kış şartlarının olumsuz geçmesi nedeniyle ülkemizde seracılığın % 80'nini sadece Akdeniz sahilleri karşılamaktadır. Seracılığın diğer bölgelere kaydırılması ve gelişen teknolojiye paralel seracılık ve ürün yetiştiriciliği desteklenmelidir. Seracılığın önemini yeni kavramaya başlayan çiğimiz kışın ısıtma problemlerinin ürün maliyetini karşılayamadığı için bu konuya sıcak bakmamaktadır.

1.4.1. Seracılığın Yararları

- 1 – Yetiştirmeye uygun devre uzatılarak, yıl içerisinde yetiştirilen ürün miktarı artar.
- 2 – Bütün yıl boyunca taze ürün bulma imkanı doğar.
- 3 – Mevcut alanlar daha etkili bir şekilde kullanılacağı için, birim alandan alınan ürün miktarı artar.
- 4 – İklim şartları ve mücadelenin daha etkili bir şekilde uygulanması ve kontrol edilmesi, ürünün kalitesini artırır.
- 5 – Mevsimlik olarak kullanılmakta olan işgücü, seracılık yardımı ile sürekli ve düzenli olarak kullanılabilir.
- 6 – Seraların kullanılması ve işletilmesi, bunlarla ilgili diğer sanayi ve üretim kollarının doğmasına yardımcı olur.

7 – Bilinçli olarak yapılacak bir seracılık ile, çok büyük bir alandan elde edilecek mevsimlik kazanç, çok daha küçük bir alanda elde edilebilir.

Ülkemizde seracılık yaygın olarak Akdeniz kıyı şeridi, Marmara ve Ege bölgelerinde yapılmaktadır. Son yıllarda diğer bölgelerde de özellikle Karadeniz sahil şeridi, Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde de bu konuda önemli gelişmeler göze çarpmaktadır. Tüm Türkiye’de yapılabilecek olan seracılığın yarından fazlası Antalya ve çevresinde olmaktadır. Bu da seracılığın diğer illerimizde gelişmediğinin bir göstergesidir.

1.4.2. Seraların Kurulması

Başarılı bir seracılığın temeli, bitkilerin gelişmesi için en uygun çevre koşullarının sera içinde sağlanması ve bunun en ekonomik şekilde yapılmasıdır. Bu nedenle öncelikle bitkinin istekleri iyi bilinmelidir. Bu isteklerin en kolay ve ekonomik olarak nasıl karşılanabileceğinin çok iyi hesap edilmesi gereklidir. Başarılı bir seracılık için yine her şeyden önce sera yerinin seçilmesine ve seranın planlanmasına çok önem vermek gereği ortaya çıkmaktadır.

1.4.3. Sera Planlamasında Etkili Olan Çevre Koşulları

Bir sera planlamasında etkin olan çevre koşullarını;

- a- Işık
- b- Sıcaklık
- c- Nem
- d- Rüzgarlar ve Yağışlar
- e- Toprak
- f- Yön
- g- Diğerleri (Ekonomik etkenler, enerji, ulaşım, pazar, su vs.)

Şeklinde sıralamak mümkündür.

1.4.3.1. Işık

Sera tarımı genellikle doğal iklim koşullarının yetiştiricilik için uygun olmadığı zamanlarda yapılmaktadır. Aslında ülkemizin hemen hemen her yerinde seracılık için gerekli olan ışığın temin edebileceği bir konum mevcuttur ve bir sorun oluşturmaz. Önemli olan bu ışığın seralara girişine engel olacak yapılandırmalardan kaçınmak ve seranın yönünü, üretilen bitki sıralarının maksimum ışıklanmayı sağlayacak şekilde düzenlemektir.

Seranın yönü ne olursa olsun bitki sıralarının Kuzey-Güney istikametinde olması gerekmektedir.

1.4.3.2. Sıcaklık

Bitki gelişmesinde çok önemli bir faktör olan sıcaklık özellikle seracılıkta çok daha büyük önem arz etmektedir. Çünkü ülkemizde seracılığı kısıtlayan en önemli faktör sıcaklıktır ve seracılığın ekonomisinde belirleyici bir faktördür.

Tablo 1.10'de, Deneysel çalışmayı yürütmeyi tasarladığımız Elazığ ilinin son 15 yıllık, aylara göre ortalama sıcaklık değerleri verilmektedir. Tablo 1.11'de ise yine Elazığ iline ait Güneş Işınımın Aylık ortalama değerleri verilmektedir. Bu tablolar yardımıyla ilimizin uygun sera modelleri ile, seracılığa sıcaklık yönünden uygun olduğu görülmektedir.

Bitkiler için en uygun sıcaklık dereceleri bitki çeşidine göre farklılıklar gösterir, ayrıca bu istekler ortamın nem ve ışıklanma durumuna bağlı olarakta değişiklik gösterir. Ortalama olarak sera için soğuk günlerde 15 °C dan düşük, sıcak günlerde ise 30 °C dan sıcak olmamalıdır. Sera bitkilerinin sıcaklık istekleri farklı olacağı için, çeşit seçimi yapılırken bu durumların da göz önünde tutulması yetiştiriciliğin ekonomisi açısından yararlı olacaktır.

Genellikle sera bitkilerinin çimlenme için optimum sıcaklık istekleri ortalama 25 °C. Düşük ve yüksek sıcaklıkla çimlenme hızı ve gücü azalır. Yine domates ve biber fidelerinin vernelizasyon isteği vardır. Domates fideleri ilk gerçek yaprağın görülmesiyle başlayan ve iki gerçek yaprağın 2.5- 3.0 cm uzunluğa ulaşması dönemine kadar 10-15 gün arasında tutulursa verim artar [7,8].

Fide döneminde bitkiler bol ışıklı ve serin yerlerde bulunmalıdırlar. Bitkilerin en iyi büyümeyi 12-30 °C arasında gösterirler. 12 °C altında polen tozlarının çimlenme gücünün azaldığı görülür. 0 °C altında ise bitkiler donar [7,8].

1.4.3.3 Nem

Bitkiler özümleme yapabilmek için, topraktan aldıkları suyu kullanırlar. Sulama sonucunda nemli olan toprağın, nem basıncının, sera havasının nem basıncından yüksek olması, toprak suyunun buharlaşarak, sera havasının yayılmasına neden olur. Sera havasının nem oranının yükselmesi bir noktaya kadar bitki gelişmesinde olumlu etkiye bulunur.

Ayrıca bitkilerin solunumu ile buharlaşan su da sera içi neminin yükselmesine neden olur. Fakat şurası da unutulmamalıdır ki; sera içindeki nemin hastalıklar açısından önemli bir yeri vardır.

Serada mevcut olsalar bile, tüm hastalık amillerinin bitkilerde hastalık yapabilmesinin ilk şartı nemdir. Hastalıkların ortaya çıkması için ihtiyaç duyulan nem çoğunlukla % 90, birkaç hastalık içinse % 86 'dır. Oysa hastalık etmenlerinin hastalık yapabilmelerinin ilk koşulu olan yüksek nem, bitkiler için gerekli oran değildir.

Birkaç tür için optimum nem sınırları şu şekildedir :

Domates: % 60-70

Biber : % 70-75

Patlıcan : % 60-70

Hıyar : % 70-80

Görüldüğü gibi aşırı yüksek nem, bitkiden çok hastalık etmenlerinin faaliyete geçmesine müsaade etmek demektir. Bu yüzden seraların planlanmasında nem miktarını istenilen düzeyde tutabilecek havalandırma sisteminin iyi düşünülmesi gerekir. Tablo 1.12.'de Elazığ iline ait son 15 yıllık nisbi nem aylık ortalama değerleri verilmiştir.

1.4.3.4. Rüzgarlar ve Yağışlar

Seralar açısından rüzgarın etkisi başlıca şu şekilde ortaya çıkmaktadır ;

- Sera ısı kaybını artırarak ısıtma harcamalarını yükseltmesi.
- Seralarda doğal havalandırmayı etkilemesi.
- Seralarda fiziksel zararlara neden olması.
- Rüzgarın sera örtü ve konstrüksiyonuna bir yük bindirmesi ve buna bağlı olarak daha sağlam seralar kurulmasını gerektirerek kuruluş harcamalarını artırması.

Hızları saatte 80-100 km'ye ulaşan rüzgarlar seralarda büyük fiziksel zararlara neden olurlar. Cam ve plastik örtülerde kırılma ve yırtılmalardan doğan zararlar görülebilir. Rüzgar yükünün iyi hesaplanmadığı seralar bu rüzgarlara dayanamayıp çökebilirler. Saatte 25 km hızla esen rüzgarların seralarda, normal koşullarının 2 katı ısı kaybına neden oldukları hesaplanmıştır. Bu durum ısıtma harcamalarının artmasına neden olur.

Rüzgar seralarda oransal nemin düşmesine, belli düzeylerde tutulamamasını da neden olur. Kuvvetli rüzgar alan yerlerde sera kurma zorunluluğu varsa önce rüzgar kıranlarla önlem alınması gerekir. Rüzgar kıranlar yükseltilerinin 10-15 katı bir alanda etkili olurlar.

Rüzgar kıran yaparken gölgelerinin seraya düşmemesine de dikkat etmek gerekir. Tablo 1.13.'de Elazığ iline ait son 15 yıl içerisindeki rüzgar yönü ve şiddeti değerleri verilmiştir. Kar yağışı olan bölgelerde genelde seracılık yapılmamakla birlikte sera inşaatında kar yükünün de olabileceği hesaba katılmalıdır. Dolu ise daha çok örtü malzemesinde zararlara neden olur. Sık ve kuvvetli dolu yağışı olan bölgelerde çatı kaplamalarına daha fazla önem göstermek gerekir. Yağmur halindeki sürekli yağışlar ise bir taraftan seralardan ısı kayıplarını artırarak ve ışık yetersizliğini sorun haline getirerek diğer taraftan sera içine sızmalara neden olarak zararlı olurlar. Fazla yağış alan bölgelerde sera çevresinde suların hızla akıp gitmesini sağlamak için drenaj kanalları açma işi ihmal edilmemelidir. Diğer taraftan sera çatısından süzülen yağmur sularının toplandığı olukların belli bir meyille yerleştirilmesi gerekir. Yağmur oluklarına verilecek % 0.5–1' lik eğim bunu sağlayabilir. Tablo 1.14'de Elazığ iline ait son 15 yıl içerisindeki aylık ortalama yağış miktarları değerleri verilmiştir.

1.4.3.5. Toprak

İntensiv (yoğun) tarımın yapıldığı seralarda toprak seracılık için istenilen özelliklere az çok yakın olmalıdır. Sera toprakları için kumlu, tınlı, humuslu, besin maddelerince zengin, su tutma yetenekleri iyi, drenaj, taşlılık, sıg olma sorunu olmayan topraklar tercih edilmelidir. Sera yapılacak toprak gevşek olmalıdır, çünkü bu topraklar üzerinde sera inşaatı oldukça pahalı olacaktır. Yine sera kurulacak yerde taban suyu seviyesi en az 1 m. derinlikte olmalıdır

Taban karakterli aşırı su tutan etrafına göre çukur veya yağmur ve sulama sularının kolayca toplanabildiği toprak profili içinde su geçirmeyen sert tabaka bulunan topraklarda sera kurulması sakıncalıdır. Kısaca sera kurulacak arazi ;

- Mümkünse kuzeye kapalı , güneye hafif meyilli,
- Kumlu – Tınlı organik maddelerce yeterli,
- Asgari 125 cm derinliğe kadar olan toprak profilinde bitki kök gelişmesine engel olacak bir tabakanın veya oluşumun bulunmaması gerekir.

Eğer mutlaka fazla eğimli bir arazide sera kurmamız gerekliyse;

Arazi meyili taş duvarla dengelenip, ortaya çıkan boşluk toprakla doldurarak aşırı meyil ortadan kaldırılmalıdır.

Güneye eğimli yamaçların güneş alma şansı daha yüksektir. Yüzey sularının kolayca akıp gitmesini sağlayacak eğim daima arzu edilir.

Örneğin % 0.5–1’ lik eğim sera içinde korunursa kırık sulamadan çok iyi sonuç alınır. % 1–1.5 eğimli yerlerde kurulan ve merkezi sistemde ısıtılan seralarda bir pompaya gereksinim duyulmadan ısıtma yapılabilir

1.4.3.6. Yön

Son yıllardaki araştırmalar doğu–batı yönlü seraların daha fazla ışıklendiğini ortaya koymuştur. Daha fazla ışıklanma aynı zamanda daha fazla doğal ısınma demektir. Ayrıca doğu–batı yönlü seralarda ışıklanmanın daha homojen olduğu anlaşılmıştır. Ancak ışıklanmanın yeterli olduğu ve özellikle kış ayları dışındaki aylarda ve öğle saatlerinde yükselen sera içi sıcaklıklarının düşürülmesinin sorun olduğu bölgelerde seralar kuzey–güney yönünde kurulabilir. Seranın kuruluşu hangi yönde olursa olsun bitki sıralarının kuzey – güney yönünde olması gereklidir.

1.4.3.7. Diğer Etkenler

Bunların başlıcaları; enerji temini, ulaşım durumu, pazar olanakları, işçi temini, su durumu, kredi olanakları v.s.’dir.

Çalışmamızdan da görüldüğü gibi komple, güneş enerjili (hava kolektörlü), toprak kaynaklı ısı depolamalı bir çalışma mevcut değildir. Alternatif ısıtmalı seralar ile ilgili literatür araştırması daha önceki kısımlarda verilmiştir. Bizim çalışmamız klasik odunla veya fosil kökenli yakıt kullanılarak yapılan ısıtmaya alternatif bir ısıtma sistemidir. Isı depolamalı, havalı kolektör ve toprak kaynaklı ısı pompası destekli cam serada ısı transferinin araştırmasına yöneliktir. Çalışma çok yönlü olarak ele alınmıştır.

Tablo 1.10. Elazığ İli 1990-2005 Yıllarına Ait Aylık Ortalama Sıcaklık ⁰C

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam	Yıllık Ortalama
1990	-5.0	-0.7	6.7	10.9	16.5	22.2	28.2	25.8	20.5	13.0	7.5	3.5		
1991	-0.9	-1.5	6.1	12.7	16.1	23.2	27.5	27.2	20.6	14.5	6.1	0.6		
1992	-5.2	-5.6	1.2	11.3	15.5	20.6	24.6	25.4	18.3	14.9	4.7	-1.8		
1993	-4.2	-3.4	4.6	10.6	14.1	21.4	26.2	26.0	21.0	13.8	3.5	3.8		
1994	2.5	2.0	7.2	15.0	18.1	22.5	27.4	26.1	23.1	16.1	6.4	-1.0		
1995	1.4	2.4	7.2	10.9	17.2	22.0	26.0	26.5	20.9	13.5	5.7	1.0		
1996	1.2	2.6	5.8	9.8	18.4	21.9	28.6	26.5	20.7	13.0	3.5	6.4		
1997	1.8	-0.7	1.9	9.3	18.1	22.5	25.9	25.6	18.8	14.2	7.0	3.3		
1998	-1.8	0.2	5.4	12.2	16.1	23.6	28.1	27.2	20.8	14.9	10.6	4.6		
1999	1.8	2.9	6.4	12.0	17.9	22.7	27.6	27.5	20.6	14.2	7.2	2.9		
2000	-1.9	-2.2	3.7	13.6	17.3	23.5	29.9	26.0	20.8	12.8	7.2	2.1		
2001	1.1	3.1	10.3	13.0	14.7	23.8	28.4	27.2	21.4	13.9	8.5	2.3		
2002	2.9	1.8	7.6	14.4	17.9	21.2	23.4	28.0	20.3	15.2	6.6	-2.1		
2003	2.1	1.6	5.3	9.9	16.4	23.6	27.2	26.4	25.0	12.7	6.7	1.3		
2004	2.4	5.7	6.8	9.5	16.0	21.4	29.4	25.6	22.6	16.7	3.9	6.6		
2005	4.8	-0.7	1.9	9.3	18.1	22.5	25.9	25.6	18.8	14.2	7.0	3.3		

Tablo 1.11 Elazığ İli 1990-2005 Yıllarına Ait
Güneş Işınımının, Aylık Ortalamaları (Kalori)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam	Yıllık Ortalama
1990	162.19	251.11	387.98	391.03	508.46	593.10	559.05	521.16	417.98	285.70	286.64	254.08		
1991	171.54	237.63	300.49	413.29	526.58	553.61	561.29	512.71	442.05	282.91	162.65	113.92		
1992	177.66	272.49	364.57	478.11	482.56	539,42	581,83	501,23	423,70	326,16	186,34	118.69		
1993	174,25	287,87	336,62	414,46	433,71	539,96	588,56	480,25	434,34	331,00	180,20	126,66		
1994	143,65	243,73	334,87	450,67	520,15	599,27	573,45	530,22	401,55	285,92	169,83	112,254		
1995	139,48	241,05	329,51	395,19	487,11	554,23	569,33	525,07	429,20	314,70	181,60	152,02		
1996	153,0	226.38	244.94	272.51	531.62	617.32	566.36	517.85	416.56	271.05	199.24	90.28		
1997	183.95	239.20	359.46	391.18	502.20	563.20	600.57	514.31	439.69	253.73	184.60	124.08		
1998	156.36	282.41	294.66	397.73	421.97	571.00	558.87	501.90	426.21	329.91	185.52	120.44		
1999	128.94	222.97	311.42	436.89	399.50	581.16	567.55	511.40	444.55	309.16	205.39	130.67		
2000	186.66	255.87	365.41	401.20	537.08	628.54	587.23	510.71	425.51	292.50	230.40	118.85		
2001	169.34	246.28	243.07	438.33	494.08	606.90	572.47	520.37	435.09	320.88	225.44	125.6		

2002	167.19	253.15	389.91	387.13	507.36	593.10	559.05	521.16	417.98	285.70	286.64	254.08		
2003	175.54	237.90	302.23	435.69	526.55	553.61	561.29	543.71	476.05	271.31	152.65	112.66		
2004	183.66	272.49	364.57	478.11	482.56	539,42	581,83	501,23	423,70	326,16	186,34	123,76		
2005	178,25	285,87	336,62	434,46	435,71	539,96	545,56	476,05	412,74	381,00	180,20	176,66		

Tablo 1.12. Elazığ İli 1990-2005 Yıllarına Ait Nisbi Nem Aylık Ortalamaları

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam	Yıllık Ortalama
1990	74.8	71.6	46.4	60.7	46.0	38.1	32.6	33.1	35.1	52.7	71.5	64.8		
1991	71.6	68.0	65.2	56.9	48.1	39.1	33.4	29.5	36.5	68.5	79.6	77.5		
1992	74.1	75.8	67.7	45.8	53.6	50.2	40.2	40.2	40.7	52.7	68.7	83.7		
1993	82.1	79.9	66.7	65.4	73.5	48.2	40.1	42.8	45.7	49.8	75.5	82.5		
1994	81.8	78.0	69.2	59.0	53.7	35.8	36.2	35.3	39.2	61.8	72.9	72.1		
1995	72.2	67.2	75.5	57.8	54.2	41.3	34.1	33.7	40.1	55.5	73.7	75.0		
1996	75.6	71.4	74.0	65.1	54.9	39.8	32.9	34.3	44.6	64.9	73.8	80.3		
1997	68.3	74.6	64.7	61.8	54.2	47.5	39.4	42.9	47.7	69.1	75.4	73.7		
1998	75.1	66.0	69.8	67.8	73.6	51.2	40.5	36.6	47.6	52.0	71.5	79.0		
1999	75.8	70.9	70.2	68.1	54.2	47.7	42.7	37.0	43.2	56.0	57.5	75.5		
2000	71.8	73.6	60.3	62.5	50.0	40.1	28.6	40.0	44.7	60.3	63.5	74.9		
2001	74.8	66.5	62.2	60.1	62.6	42.7	38.0	36.5	40.8	52.3	62.4	78.5		
2002	84.1	75.1	63.6	59.2	57.5	45.0	39.9	32.5	37.4	62.3	72.7	72.4		
2003	75.5	65.7	73.5	53.1	55.2	43.5	35.1	37.6	46.2	54.5	75.7	73.5		
2004	76.3	73.8	76.1	65.1	56.9	35.8	35.3	35.2	45.2	66.6	72.3	80.4		
2005	66.8	78.5	70.7	59.6	53.1	47.6	40.2	46.3	43.1	67.1	75.6	71.1		

Tablo 1.13 Elazığ İli 1990-2005 Yıllarına Ait
Aylık Ortalama Rüzgar Yönü ve Hızı m/s

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam	Yıllık Ortalama
1990	WNW 2.1	WNW 2.9	NW 3.5	WNW 3.2	WNW 2.6	WNW 4.0	NW 3.3	WNW 3.3	WNW 3.0	NNW 2.7	NW 2.3	NW 2.6		
1991	WNW 2.2	WNW 2.6	WNW 2.9	WNW 3.2	WNW 3.9	WNW 3.1	WNW 3.4	NW 2.9	NW 2.4	NNW 2.3	NNW 2.3	NW 3.0		
1992	WNW 2.2	WNW 2.6	NW 2.7	WNW 3.5	W 3.1	W 2.8	WSW 3.6	W 3.2	WSW 3.0	W 2.9	W 3.1	W 2.1		
1993	W 2.6	W 2.2	W 3.0	W 3.6	W 2.9	W 3.3	W 3.4	W 3.0	W 2.8	WNW 2.5	W 2.5	WNW 2.1		
1994	NE 2.9	WSW 2.9	WSW 3.2	W 3.1	WNW 2.9	WNW 3.7	WNW 3.1	WNW 3.4	NW 2.7	NW 2.2	WNW 2.6	ENE 2.5		
1995	ENE 2.2	NW 1.0	WNW 3.2	WNW 3.4	WNW 2.5	WNW 3.0	WNW 3.2	NW 2.7	WNW 2.7	NW 2.8	NW 3.0	NW 1.7		
1996	ENE 2.4	NW 2.7	ENE 3.4	WNW 2.9	NW 2.8	WNW 3.3	NW 2.7	NNW 2.6	WNW 2.8	NW 2.5	NW 1.9	NW 2.5		
1997	NW 2.9	NW 2.5	NW 3.1	WNW 3.6	NW 2.5	NW 3.1	NW 3.2	WNW 2.6	NW 2.8	NW 2.4	NW 2.4	NW 2.4		
1998	NW 2.3	NW 3.0	NW 2.5	NW 2.5	NW 2.2	NW 2.4	WNW 2.7	NW 2.4	NW 2.7	NW 2.6	NNW 2.2	N 2.4		
1999	WNW 1.9	NNW 3.3	NNW 2.9	NNW 2.7	NW 3.1	NNW 2.7	NNW 2.4	NNE 2.3	N 2.3	NNE 2.3	NNE 2.5	NNE 2.4		
2000	NNE 3.1	WSW 2.4	WSW 2.8	WSW 2.8	WSW 2.7	WSW 3.0	SW 2.6	NNW 2.8	NNE 2.4	N 2.4	N 2.2	ESE 1.8		
2001	NW 1.6	NW 3.0	WNW 2.8	WNW 3.3	WNW 3.0	WNW 3.0	WNW 2.6	WNW 2.7	NW 2.3	NW 2.1	N 2.8	ESE 1.6		

2002	NW 2.9	NW 2.5	NW 3.1	WNW 3.6	NW 2.5	NW 3.1	NW 3.2	WNW 2.6	NW 2.8	NW 2.4	NW 2.4	NW 2.4		
2003	NW 2.3	NW 3.0	NW 2.5	NW 2.5	NW 2.2	NW 2.4	WNW 2.7	NW 2.4	NW 2.7	NW 2.6	NNW 2.2	N 2.4		
2004	WNW 1.9	NNW 3.3	NNW 2.9	NNW 2.7	NW 3.1	NNW 2.7	NNW 2.4	NNE 2.3	N 2.3	NNE 2.3	NNE 2.5	NNE 2.4		
2005	NNE 3.1	WSW 2.4	WSW 2.8	WSW 2.8	WSW 2.7	WSW 3.0	SW 2.6	NNW 2.8	NNE 2.4	N 2.4	N 2.2	ESE 1.8		
2006	NW 1.6	NW 3.0	WNW 2.8	WNW 3.3	WNW 3.0	WNW 3.0	WNW 2.6	WNW 2.7	NW 2.3	NW 2.1	N 2.8	ESE 1.6		

Tablo 1.14. 1990-2005 Yıllarına Ait Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam	Yıllık Ortalama
1990	29.1	42.7	0.9	40.2	14.1	9.7	-	-	0.0	19.9	26.8	22.2	205.6	17.1
1991	31.6	48.0	58.5	35.8	41.3	5.1	-	-	6.4	45.9	70.0	59.1	401.7	33.5
1992	21.6	37.2	15.2	25.2	103.2	30.2	-	-	4.7	19.8	77.0	42.6	376.7	31.4
1993	29.3	54.2	38.7	87.0	119.4	1.5	0.8	0.0	-	25.5	50.0	26.9	433.3	36.1
1994	25.5	42.9	36.7	37.9	32.4	4.8	5.8	-	2.1	49.0	65.5	64.8	363.3	30.6
1995	33.3	54.4	55.7	75.8	48.5	15.0	5.3	0.9	4.9	76.6	51.7	0.8	422.3	35.2
1996	51.3	39.6	83.3	77.3	23.3	4.14	2.7	2.2	15.4	104.7	25.0	89.3	518.2	43.2
1997	17.1	46.3	23.9	41.5	62.3	2.7	0.5	-	16.5	92.2	42.0	42.3	387.3	32.3
1998	26.0	19.5	83.3	96.7	80.0	53.7	1.3	0.1	8.2	3.3	47.1	46.0	464.7	38.7
1999	25.0	13.6	43.3	67.6	11.6	11.8	4.1	0.0	9.9	29.3	2.5	15.6	234.3	19.5
2000	62.3	36.2	20.8	54.8	22.8	0.3	-	2.3	11.4	34.1	4.5	34.1	283.6	23.6
2001	6.5	26.4	52.1	66.3	94.9	2.2	4.7	2.4	0.3	16.2	4.2	35.8	242.5	18.5
2002	25.1	46.5	36.7	37.0	36.4	4.8	5.8	-	2.1	49.0	65.4	64.7	363.3	30.6
2003	32.4	51.3	53.7	74.8	42.5	15.0	5.3	0.9	4.9	76.6	56,7	1.1	422.3	35.2
2004	54.3	36.0	81.6	70.3	21.3	5,14	4.7	2.2	15.4	108.6	24.1	84.5	518.2	43.2
2005	28.6	56.8	34.4	87.0	118.4	1.5	0.8	0.0	-	29.5	52.5	27,7	433.3	36.1

Tablo 1.15 ELAZIĞ METEOROLOJİ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ 2004 YILI METEOROLOJİK VERİLER

METEOROLOJİK DEĞERLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİR.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Mahalli Basınç (mb.)	901.8	905.2	906.4	902.1	900.0	900.2	898.1	897.9	903.4	907.1	905.9	909.4
Maksimum Sıcaklık	3.4 ⁰ C	4.8 ⁰ C	14.2	17.5 ⁰ C	22.1 ⁰ C	29.5 ⁰ C	34.1 ⁰ C	34.2 ⁰ C	30.4 ⁰ C	23.5 ⁰ C	11.3 ⁰ C	2.9 ⁰ C
Ay İçerisinde En Yüksek Sıc. ve Günü	7.2 ⁰ C 05.gün	11.8 ⁰ C 08.gün	22.0 ⁰ C 22.gün	28.5 ⁰ C 14.gün	28.8 ⁰ C 26.gün	34.0 ⁰ C 19.gün	38.3 ⁰ C 31.gün	39.0 ⁰ C 01.gün	34.6 ⁰ C 01.gün	31.7 ⁰ C 01.gün	18.2 ⁰ C 03.gün	8.1 ⁰ C 31.gün
Minimum Sıcaklık	-2.2 ⁰ C	-2.6 ⁰ C	1.9 ⁰ C	5.1 ⁰ C	9.9 ⁰ C	13.4 ⁰ C	18.3 ⁰ C	18.4 ⁰ C	13.4 ⁰ C	9.7 ⁰ C	3.5 ⁰ C	-3.7 ⁰ C
Ay içerisinde En Düşük Sıc. ve Günü	-12.4 ⁰ C 09.gün	-10.4 ⁰ C 16.gün	-4.2 ⁰ C 08.gün	-5.8 ⁰ C 05.gün	4.8 ⁰ C 21.gün	10.2 ⁰ C 12.gün	14.2 ⁰ C 11.gün	16.0 ⁰ C 16.gün	8.2 ⁰ C 12.gün	16.4 ⁰ C 03.gün	-8.6 ⁰ C 28.gün	-10.2 ⁰ C 18.gün
Toprak Üstü Min.Sıc	-3.0 ⁰ C	-3.2 ⁰ C	0.2 ⁰ C	3.4 ⁰ C	8.7 ⁰ C	12.0 ⁰ C	15.8 ⁰ C	15.4 ⁰ C	10.8 ⁰ C	7.3 ⁰ C	2.5 ⁰ C	-5.2 ⁰ C
Ay İç.En Düşük Top. Üstü Min.Sıc.ve Gün	-19.0 ⁰ C 09.gün	-12.4 ⁰ C 16.gün	-6.8 ⁰ C 16.gün	-9.0 ⁰ C 05.gün	4.2 ⁰ C 21.gün	7.0 ⁰ C 12.gün	8.0 ⁰ C 09.gün	12.8 ⁰ C 14.gün	6.0 ⁰ C 12.gün	0.4 ⁰ C 24.gün	-11.6 ⁰ C 28.gün	-12.6 ⁰ C 17.gün
Ortalama Sıcaklık	0.5 ⁰ C	0.7 ⁰ C	7.8 ⁰ C	11.2 ⁰ C	16.0 ⁰ C	22.7 ⁰ C	26.8 ⁰ C	26.3 ⁰ C	21.3 ⁰ C	15.7 ⁰ C	6.8 ⁰ C	-0.9 ⁰ C
Donlu Gün Sayısı	21 gün	21 gün	13 gün	03 gün	-	-	-	-	-	-	08 gün	30 gün
Buhar Basıncı	4.9	4.5	5.3	6.7	10.1	10.7	10.9	10.6	8.2	8.5	7.5	4.3
Nisbi Nem %	75.0	68.2	49.6	49.4	56.6	38.9	30.9	31.1	31.8	48.5	71.3	73.7
Açık Gün Sayısı	-	01 gün	12 gün	11 gün	05 gün	20 gün	25 gün	28 gün	29 gün	10 gün	05 gün	06 gün
Bulutlu Gün Sayısı	13 gün	13 gün	15 gün	14 gün	22 gün	10 gün	06 gün	03 gün	01 gün	19 gün	16 gün	16 gün
Kapalı Gün Sayısı	18 gün	15 gün	04 gün	05 gün	04 gün	-	-	-	-	02 gün	09 gün	09 gün
Buharlaşma Miktarı Buharlaşma Havuzu	-	-	-	4.6	4.2	8.9	11.2	10.9	7.8	4.9	-	-
Saatlik Güneş Işın. Şiddeti Saat Ort. D.	110.86	194.92	344.45	419.18	459.90	576.40	555.75	528.13	423.86	305.29	175.76	152.70
Saatlik Güneşleme Süresi (Saat olarak)	1.1	2.8	6.9	8.1	9.0	12.9	12.5	12.5	11.1	7.6	3.8	3.1
Ay İç. En. Kuv. Rüz. Günü Yönü ve Hızı	23.gün E 21.3	13.gün SE 17.7	06.gün SW 18.4	14.gün NW 17.0	12.gün NW 18.7	19.gün NW 22.2	08.gün SW 20.0	11.gün WSW 14.3	10.gün NW 11.0	21.gün WNW 14.8	25.gün ESE 17.5	12.gün NW 12.1
Kuv.Rüz.Gün Sayısı	08 gün	07 gün	07 gün	13 gün	12 gün	07 gün	4 gün	03 gün	01 gün	03 gün	04 gün	01 gün
Fırtınalı Gün Sayısı	02 gün	01 gün	01 gün	-	01 gün	01 gün	01 gün	-	-	-	01 gün	-
Rüz.Ay Ort.Hızı	E	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
Ay Ort.Hakim Yönü	2.7	2.4	2.7	3.1	2.8	2.7	2.3	2.2	2.1	1.9	2.3	1.6
Aylık Yağış Toplamı (mm)	81.7	41.4	7.4	116.6	74.2	6.1	0.2	-	0.1	45.0	55.7	13.7
Yağış Gün Sayısı	19 gün	14 gün	06 gün	08 gün	19 gün	01 gün	01 gün	-	01 gün	06 gün	10 gün	07 gün
En Çok Yağış ve Günü (mm)	23.0 23.gün	9.3 11.gün	3.7 30.gün	48.0 22.gün	15.5 20.gün	6.1 20.gün	0.2 09.gün	-	0.1 30.gün	41.7 31.gün	22.3 27.gün	8.5 24.gün
En Yük.Kar Örtüsü	04 cm. 08.gün	25 cm. 23.gün	-	-	-	-	-	-	-	-	17 cm. 27.gün	8.5 cm. 24.gün
Yağmurlu Gün Say.	06 gün	04 gün	05 gün	08 gün	19 gün	01 gün	01 gün	-	-	06 gün	06 gün	07 gün
Karla Karışık yağ- murlu Gün Sayısı	05 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karla Örtülü Gün Sayısı	09 gün	11 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	05 gün	12 gün
Orajlı Gün Sayısı	-	-	-	05 gün	11 gün	01 gün	02 gün	-	-	02 gün	-	-
Çisentili Gün Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolulu Gün Sayısı	-	-	01 gün	03 gün	01 gün	-	-	-	-	-	-	-
Sisli Gün Sayısı	04 gün	02 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	02 gün	07 gün
Kırağılı Gün Sayısı	07 gün	08 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	02 gün	-
5 cm.Toprak Termo- metre Sıcaklığı	2.4 ⁰ C	2.9 ⁰ C	9.5 ⁰ C	13.6 ⁰ C	19.3 ⁰ C	27.3 ⁰ C	32.2 ⁰ C	33.0 ⁰ C	27.3 ⁰ C	20.0 ⁰ C	8.6 ⁰ C	1.0 ⁰ C
10 cm. Toprak Ter- mometre Sıcaklığı	3.0 ⁰ C	3.4 ⁰ C	9.4 ⁰ C	13.8 ⁰ C	19.0 ⁰ C	26.5 ⁰ C	30.6 ⁰ C	31.9 ⁰ C	27.1 ⁰ C	20.4 ⁰ C	9.5 ⁰ C	1.9 ⁰ C
20 cm. Toprak Ter- mometre Sıcaklığı	3.6 ⁰ C	3.8 ⁰ C	8.8 ⁰ C	13.0 ⁰ C	17.9 ⁰ C	25.1 ⁰ C	28.4 ⁰ C	29.4 ⁰ C	26.0 ⁰ C	20.7 ⁰ C	11.0 ⁰ C	3.5 ⁰ C
50 cm. Toprak Ter- mometre Sıcaklığı	6.0 ⁰ C	5.5 ⁰ C	8.6 ⁰ C	12.5 ⁰ C	16.3 ⁰ C	22.5 ⁰ C	26.5 ⁰ C	28.0 ⁰ C	25.9 ⁰ C	22.0 ⁰ C	14.7 ⁰ C	6.8 ⁰ C
100 cm. Toprak Ter- mometre Sıcaklığı	8.5 ⁰ C	7.3 ⁰ C	8.7 ⁰ C	11.8 ⁰ C	14.7 ⁰ C	19.4 ⁰ C	23.4 ⁰ C	25.5 ⁰ C	24.9 ⁰ C	22.4 ⁰ C	17.4 ⁰ C	10.3 ⁰ C
Karlı Gün Sayısı	08 gün	11 gün	01 gün	-	-	-	-	-	-	-	04 gün	07 gün
Max.30 ⁰ C ve Daha Yukarı Gün Sayısı	-	-	-	-	-	20 gün	30 gün	30 gün	20 gün	02 gün	-	-

Tablo 1.16 ELAZIĞ METEOROLOJİ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ 2005 YILI METEOROLOJİK VERİLER

METEOROLOJİK DEĞERLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİR.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Mahalli Basınç (mb.)	905.5	902.9	902.5	903.3	901.2	899.3	898.6	897.1	901.0	905.2	907.6	907.5
Maksimum Sıcaklık	4.0 ⁰ C	6.1 ⁰ C	11.5 ⁰ C	18.9 ⁰ C	25.1 ⁰ C	28.7 ⁰ C	35.8 ⁰ C	35.7 ⁰ C	28.9 ⁰ C	20.3 ⁰ C	11.4 ⁰ C	6.5 ⁰ C
Ay İçerisinde En Yüksek Sıc. ve Günü	9.8 ⁰ C 12.gün	13.3 ⁰ C 20.gün	6.2 ⁰ C 11.gün	24.4 ⁰ C 13.gün	31.4 ⁰ C 22.gün	34.0 ⁰ C 10.gün	39.6 ⁰ C 28.gün	38.6 ⁰ C 18.gün	32.3 ⁰ C 17.gün	28.6 ⁰ C 12.gün	16.1 ⁰ C 30.gün	14.4 ⁰ C 01.gün
Minimum Sıcaklık	-3.5 ⁰ C	-2.7 ⁰ C	2.5 ⁰ C	7.0 ⁰ C	10.1 ⁰ C	14.2 ⁰ C	19.9 ⁰ C	19.9 ⁰ C	19.8 ⁰ C	6.9 ⁰ C	1.9 ⁰ C	0.6 ⁰ C
Ay içerisinde En Düşük Sıc. ve Günü	-10.0 ⁰ C 27.gün	-9.2 ⁰ C 13.gün	-3.5 ⁰ C 26.gün	0.0 ⁰ C 04.gün	4.0 ⁰ C 05.gün	7.5 ⁰ C 02.gün	16.1 ⁰ C 05.gün	17.6 ⁰ C 31.gün	9.9 ⁰ C 30.gün	0.6 ⁰ C 21.gün	-3.8 ⁰ C 24.gün	7.2 ⁰ C 19.gün
Toprak Üstü Min.Sıc	-5.4 ⁰ C	-4.5 ⁰ C	8.0 ⁰ C	5.1 ⁰ C	7.8 ⁰ C	14.4 ⁰ C	17.2 ⁰ C	17.8 ⁰ C	8.0 ⁰ C	5.5 ⁰ C	0.9 ⁰ C	0.0 ⁰ C
Ay İç.En Düşük Top. Üstü Min.Sıc.ve Günü	-13.0 ⁰ C 25.gün	11.2 ⁰ C 13.gün	-7.0 ⁰ C 26.gün	-1.8 ⁰ C 04.gün	2.2 ⁰ C 05.gün	6.2 ⁰ C 04.gün	14.5 ⁰ C 05.gün	16.0 ⁰ C 23.gün	8.0 ⁰ C 30.gün	-1.0 ⁰ C 21.gün	-5.0 ⁰ C 24.gün	-8.2 ⁰ C 29.gün
Ortalama Sıcaklık	0.1 ⁰ C	1.3 ⁰ C	6.6 ⁰ C	13.0 ⁰ C	17.8 ⁰ C	22.1 ⁰ C	28.5 ⁰ C	27.7 ⁰ C	20.9 ⁰ C	12.8 ⁰ C	5.9 ⁰ C	3.0 ⁰ C
Donlu Gün Sayısı	28 gün	23 gün	09 gün	-	-	-	-	-	-	-	04.gün	09.gün
Buhar Basıncı	4.3	4.3	4.5	7.7	9.3	10.3	11.2	11.3	8.2	7.5	6.3	6.1
Nisbi Nem %	70.4	62.0	54.9	52.7	46.4	39.8	28.8	30.3	34.8	52.2	68.2	77.3
Açık Gün Sayısı	05 gün	01 gün	06 gün	06 gün	04 gün	18 gün	27 gün	26 gün	19	16	08gün	01 gn
Bulutlu Gün Sayısı	14 gün	21 gün	17 gün	21 gün	26 gün	12 gün	04 gün	05 gün	11	11	17gün	15 gün
Kapalı Gün Sayısı	12 gün	06 gün	08 gün	03 gün	01 gün	-	-	-	-	4	05gün	15 gün
Buharlaşma Miktarı	-	-	-	4.4	6.4	8.2	10.5	10.0	7.6	3.8	-	-
Buharlaşma Havuzu	-	-	-	4.4	6.4	8.2	10.5	10.0	7.6	3.8	-	-
Saatlik Güneş Işın. Şiddeti Saat Ort. D.	164.52	239.60	315.12	423.68	524.04	581.10	586.07	511.64	412.41	288.58	181.31	102.32
Saatlik Güneşleme Süresi (Saat olarak)	2.9	4.2	5.4	6.7	9.7	11.6	12.7	11.6	9.9	7.4	4.1	1.3
Ay İç. En. Kuv. Rüz. Günü Yönü ve Hızı	23.gün ESE 9.3	19.gün SE 16.3	23.gün NW 16.2	14.gün SE 20.5	24.gün SSE 17.6	15.gün SSE 16.4	28.gün E 14.8	04.gün ESE 13.8	04.gün NW 9.4	17.gün ESE 12.4	21.gün SE 13.5	18.gün SE 11.7
Kuv.Rüz.Gün Sayısı	07 gün	06 gün	09 gün	05 gün	11 gün	04 gün	03 gün	02 gün	-	02	02	02 gün
Fırtınalı Gün Sayısı	-	-	-	02	02	-	-	-	-	-	-	-
Rüz.Ay Ort.Hızı	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
Ay Ort.Hakim Yönü	2.2	2.5	3.3	2.8	2.6	2.0	2.2	2.1	2.0	2.2	1.9	1.9
Aylık Yağış Toplamı (mm)	30.4	22.2	48.6	30.3	14.1	33.5	0.0	0.4	5.8	72.9	53.8	18.8
Yağış Gün Sayısı	08 gün	06 gün	13 gün	12 gün	10 gün	06 gün	01 gün	03 gün	01 gün	07 gün	10 gün	08 gün
En Çok Yağış ve Günü (mm)	16.1 31 gün	7.3 06 gün	15.3 04 gün	13.7 24.gün	3.5 03.gün	12.1 05.gün	0.0 06.gün	0.2 03.gün	5.8 30.gün	21.9 31.gün	33.1 05.gün	8.1 16.gün
En Yük.Kar Örtüsü	04 cm. 05 gün	07 cm. 06 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yağmurlu Gün Say.	08 gün	01 gün	11 gün	10 gün	10 gün	06 gün	01 gün	03 gün	01 gün	07 gün	10 gün	08 gün
Karla Karışık yağ- murlu Gün Sayısı	01 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01 gün
Karla Örtülü Gün Sayısı	09 gün	05 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orajlı Gün Sayısı	-	-	02 gün	04 gün	08 gün	05 gün	-	-	-	-	-	-
Çisentili Gün Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolulu Gün Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sisli Gün Sayısı	-	-	01 gün	-	-	-	-	-	-	-	02 gün	11 gün
Kırağılı Gün Sayısı	-	01 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	01 gün	03 gün
5 cm. Toprak Termo- metre Sıcaklığı	1.6 ⁰ C	2.8 ⁰ C	7.8 ⁰ C	15.1 ⁰ C	21.3 ⁰ C	26.6 ⁰ C	33.8 ⁰ C	34.6 ⁰ C	27.0 ⁰ C	16.4 ⁰ C	7.2 ⁰ C	4.7 ⁰ C
10 cm. Toprak Ter- metre Sıcaklığı	2.2 ⁰ C	3.2 ⁰ C	8.0 ⁰ C	15.1 ⁰ C	21.0 ⁰ C	26.0 ⁰ C	32.5 ⁰ C	33.2 ⁰ C	26.9 ⁰ C	16.9 ⁰ C	8.0 ⁰ C	5.6 ⁰ C
20 cm. Toprak Ter- metre Sıcaklığı	3.2 ⁰ C	3.6 ⁰ C	7.7 ⁰ C	14.1 ⁰ C	19.6 ⁰ C	24.2 ⁰ C	29.3 ⁰ C	30.5 ⁰ C	26.2 ⁰ C	18.2 ⁰ C	9.3 ⁰ C	6.9 ⁰ C
50 cm. Toprak Ter- metre Sıcaklığı	5.6 ⁰ C	5.0 ⁰ C	8.0 ⁰ C	12.8 ⁰ C	17.7 ⁰ C	22.0 ⁰ C	26.9 ⁰ C	28.7 ⁰ C	26.2 ⁰ C	20.7 ⁰ C	12.6 ⁰ C	9.6 ⁰ C
100 cm. Toprak Ter- metre Sıcaklığı	7.9 ⁰ C	6.7 ⁰ C	8.4 ⁰ C	11.6 ⁰ C	15.6 ⁰ C	19.5 ⁰ C	23.6 ⁰ C	26.2 ⁰ C	25.4 ⁰ C	21.9 ⁰ C	15.3 ⁰ C	11.9 ⁰ C
Karlı Gün Sayısı	06 gün	05 gün	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Max.30 ⁰ C ve Daha Yukarı Gün Sayısı	-	-	-	-	02 gün	16 gün	31 gün	31 gün	14 gün	-	-	-

Tablo 1.17 ELAZIĞ METEOROLOJİ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ 2006 YILI METEOROLOJİK VERİLER

METEOROLOJİK DEĞERLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİR.	TEMM.	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Mahalli Basınç (mb.)	905.8	903.1	901.5	900.2								
Maksimum Sıcaklık	2.6 ⁰ C	7.0 ⁰ C	13.6 ⁰ C	18.7 ⁰ C								
Ay İçerisinde En Yüksek Sıc. ve Günü	7.8 ⁰ C 26.gün	14.6 ⁰ C 27.gün	19.0 ⁰ C 30.gün	24.4 ⁰ C 21.gün								
Minimum Sıcaklık	-4.1 ⁰ C	-1.1 ⁰ C	2.8 ⁰ C	8.5 ⁰ C								
Ay içerisinde En Düşük Sıc. ve Günü	-13.0 ⁰ C 22.gün	-9.2 ⁰ C 17.gün	-2.2 ⁰ C 11.gün	2.5 ⁰ C 27.gün								
Toprak Üstü Min.Sıc	-5.5 ⁰ C	-2.4 ⁰ C	0.8 ⁰ C	6.6 ⁰ C								
Ay İç.En Düşük Top. Üstü Min.Sıc.ve Günü	11.4 ⁰ C 17.gün	-11.8 ⁰ C 17.gün	-4.0 ⁰ C 05.gün	0.5 ⁰ C 28.gün								
Ortalama Sıcaklık	-1.2 ⁰ C	2.7 ⁰ C	7.9 ⁰ C	15.5 ⁰ C								
Donlu Gün Sayısı	06 gün	02 gün	03 gün	-								
Buhar Basıncı	4.2	4.7	6.0	8.6								
Nisbi Nem %	71.2	63.1	58.0	58.2								
Açık Gün Sayısı	07 gün	04 gün	05 gün	01 gün								
Bulutlu Gün Sayısı	13 gün	13 gün	24 gün	23 gün								
Kapalı Gün Sayısı	11 gün	11 gün	02 gün	06 gün								
Buharlaştırma Miktarı												
Buharlaştırma Havuzu	-	-	-	5.9								
Saatlik Güneş Işın. Şiddeti Saat Ort. D.	164.78	232.92	319.53	356.24								
Saatlik Güneşleme Süresi (Saat olarak)	3.1	4.1	6.0	5.8								
Ay İç. En. Kuv. Rüz. Günü Yönü ve Hızı	21.gün NW 17.4	08.gün ESE 15.9	08.gün SSE 20.5	23.gün SE 15.3								
Kuv.Rüz.Gün Sayısı	01 gün	09.gün	10 gün	08 gün								
Fırtınalı Gün Sayısı	01 gün	-	01 gün	-								
Rüz.Ay Ort.Hızı	NW	ESE	NW	NW								
Ay Ort.Hakim Yönü	1.8	1.8	2.8	2.5								
Aylık Yağış Toplamı (mm)	51.8	28.9	38.0	72.4								
Yağış Gün Sayısı	14 gün	09 gün	11 gün	14 gün								
En Çok Yağış ve Günü (mm)	11.4 24.gün	9.2 09.gün	12.2 18.gün	15.8 03.gün								
En Yük.Kar Örtüsü	17 cm. 25. gün	19 cm 03.gün	-	-								
Yağmurlu Gün Say.	14 gün	09 gün	11 gün	14 gün								
Karla Karışık yağmurlu Gün Sayısı	02 gün	01 gün	-	-								
Karla Örtülü Gün Sayısı	16 gün	07 gün	-	-								
Orajlı Gün Sayısı	-	-	-	03 gün								
Çisentili Gün Sayısı	-	-	-	-								
Dolulu Gün Sayısı	-	-	01 gün	-								
Sisli Gün Sayısı	02 gün	01 gün	-	-								
Kırağılı Gün Sayısı	05 gün	03 gün	02 gün	-								
5 cm.Toprak Termometre Sıcaklığı	1.1 ⁰ C	3.6 ⁰ C	9.5 ⁰ C	15.7 ⁰ C								
10 cm. Toprak Termometre Sıcaklığı	1.8 ⁰ C	4.0 ⁰ C	9.6 ⁰ C	15.4 ⁰ C								
20 cm. Toprak Termometre Sıcaklığı	3.0 ⁰ C	4.1 ⁰ C	9.4 ⁰ C	15.0 ⁰ C								
50 cm. Toprak Termometre Sıcaklığı	5.8 ⁰ C	5.3 ⁰ C	9.2 ⁰ C	13.3 ⁰ C								
100 cm. Toprak Termometre Sıcaklığı	8.5 ⁰ C	6.9 ⁰ C	9.3 ⁰ C	12.1 ⁰ C								
Karlı Gün Sayısı	11 gün	03 gün	-	-								
Max.30 ⁰ C ve Daha Yukarı Gün Sayısı	-	-	-	-								

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE TEZİN KAPSAMI

Literatür çalışmaları üç ana başlık altında yapılmıştır. Isı Pompası ve alternatif ısıtılmalı seralar, güneş enerjisi ve havalı kolektörler, ısı depolamasında kullanılan faz değiştiren malzemeler ve tuz hidratlardır.

Velraj ve arkadaşları [9], yaptıkları çalışmada kendilerinin dizayn ettikleri güneş kollektörlerinde topladıkları enerjiyi ayrı bir yerde bulunan depolama ünitesine ısı değiştirgeçleri kullanarak transfer etmişlerdir. FDM olarak parafin kullanan Velraj ve arkadaşları depolama ünitesinde dikey tüplerin içini farklı biçimdeki kanatçıklara bölerek parafinleri bu bölmelere yerleştirmişlerdir. Kanatçık düzeninde FDM'den en fazla faydanın 'V' biçimli bölmelerden elde edildiğini bulmuşlardır.

Kaptan ve Kılıç [10], depolamalı bir güneş kollektörlü su ısıtıcısı geliştirerek, güneş enerjisinin toplanması ve depolanmasını aynı yerde gerçekleştirmiştir. Deneylerini laboratuvar ortamında yapay güneş ışınlarını kullanarak yapan Kaptan ve Kılıç elde ettikleri deneysel verileri sayısal yöntemle karşılaştırmışlardır. Tuz hidratların ısı depolama kapasiteleri, depolama maddesinin değişik tip kapsül veya kaplara konulması ile ilgili bir çok araştırma yapılmıştır.

Rabin ve arkadaşları [11], suyun düşük sıcaklıkta güneş enerjisi ile ısıtılması için güneş enerjisinin depolanması ve toplanmasını aynı yerde yapan düzlemsel bir güneş kollektörü tasarlamıştır. CaCl_2 , KCl ve NaCl 'nin yüzde olarak sırasıyla % 48, 4.5 ve % 47.1 oranlarında karışımına % 47.1 H_2O ekleyerek FDM olarak kullanmıştır. Sistemin kışın donmasını önlemek için özel bir aracı transfer yağda kullanan Rabin ve arkadaşları güneşin olmadığı zamanlarda küp şeklindeki kollektörün alt kısmında bulunan FDM'de depolanan ısıyı kullanarak suyu ısıtmışlardır. Deneysel veriler sonucunda kış aylarında güneş radyasyonunun emilme absorblama oranının % 70 civarında olduğu ve sistemin düşük sıcaklıkta su elde etmek için uygun olduğunu görmüşlerdir.

Mahmoud S. Audi [12], taş yataklarına güneş enerjisinin depolanması üzerine deneysel olarak çalışmıştır. Çalışmada yöresel (Ürdün) taşlar kullanılmış. Bu çalışmasını Amman'da 220 m^2 'lik evde denemiştir. 50 m^2 lik havalı güneş kollektörü ile bu evin yıllık ısı yükünün % 52'sinin bu yolla karşılanabileceğini göstermiştir. Ayrıca burada kaya tiplerini karşılaştırmış ve bunların özgül ısılarının yüksek olanlarla daha küçük depolarla aynı ısıtmayı yaptığının sonucuna varmıştır.

C. Choudhury ve arkadaşları [13], bir kaya yatağı deposunun güneş enerjisini depolamak için ekonomik olarak nasıl dizayn edileceği üzerinde çalışmışlardır. Kışın Yeni Delhi’de depolanan enerjinin birim fiyatını hesaplamışlardır.

C. Choudhury ve çalışma arkadaşları [14], yaptıkları bir çalışmada yine kaya yataklara sıcak akışkan temin eden ısıtıcılar üzerinde çalışmışlardır. Fakat bu çalışmaları orta seviyede sıcaklık ile sınırlandırmışlardır. Bu çalışmaların uygulamalarını üç ayrı dalda uygulamışlardır. Yazın mısır kurutmada ve kışın ise alan ısıtmada ve sıcak su elde etmede uygulamışlar ve daha sonra bu kare yataklı ısıtıcıları boş kanallı hava ısıtıcısıyla performans yönünden kıyaslamışlardır.

I. A. Abbud ve arkadaşları [15], kaya yataklarında ısı depolamak için kollektör çıkış sıcaklığını sabit tutarak ısı pompalamışlar ve sıcaklığı sabit tutmak için kullanılan akışkanın debisini değiştirmişlerdir. Elde ettikleri bulgular ile teoriksel çalışmalarda elde edilen verilerle uyumlu olduğunu görmüşlerdir.

M. Celalettin Baykul [16], Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 1987 yılında yaptıkları yüksek lisans tez çalışmasında güneş enerjisinin depolanması üzerinde genel bir çalışma yapmışlardır.

Ülkemizde düz plakalı hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin performansı ile ilgili ilk ayrıntılı çalışmalar, Güngör ve Özbalta [17], tarafından yapılmış olup, bu çalışmalar deneysel olarak güneş enerjisi ile ısıtılmış konutlarda, kollektör düzeneğinde enerji dengesi ölçümleri temeline dayanmıştır.

Yeh ve Chou [18], hava ısıtmalı güneş kollektörlerine kanatlar ilave ederek, kollektör verimini artırmayı hedeflemişlerdir. Kanat sayısının artışıyla kollektör veriminin % 12 oranında arttığını gözlemlemişlerdir.

Yeh ve Lin [19], düz plakalı hava ısıtmalı güneş kollektörlerinin kollektör 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.

Ertekin ve Bilgili [20], çalışmalarında, hava ısıtmalı güneş kollektörlerini tanıtarak bunların yapımında kullanılan yutucu yüzeyler, geçirgen örtüler, yalıtım malzemeleri ve kasalar hakkında bilgiler vererek, ısı verimin belirlenmesinde kullanılan ısı kazanç faktörü, verimlilik faktörü ve toplam ısı katsayıları hakkında bilgiler vermişlerdir.

Kurtbaşı ve Durmuş [21], çeşitli yüzey geometrilerine sahip havalı kolektörlerde deneyler yapmış ve beş farklı havalı kolektörlerin ısı transferi, basınç kaybı ve ekserji kaybı yönünden incelemiştir. Araştırmanın sonucunda basınç kaybı, ekserji ve ısı transferi için ampirik bağıntılar verilmiştir.

Isı pompaları ile ülkemizde ve yurtdışında yapılan çalışmaların önemli olanlarından bazıları özetlenirse;

Demirbay [22], tarafından yapılan bir araştırmada Isı pompaları ve Ülkemizin Jeotermal kapasitesi hakkında detaylı bir çalışma yapılmıştır. Bilindiği gibi jeotermal ısı pompaları (JIP) olarak da bilinen toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP), daha yüksek enerji kullanım verimleri nedeniyle, geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerine karşı cazip bir seçenek oluşturmaktadır. TKIP' ları ülkemizde yaklaşık 5 yıldır gündemdedir. Ancak ülkemizde TKIP'ları henüz imalat aşamasına gelmemiştir ve yurt dışından ithal edilen TKIP'ları kullanılmaktadır. Bir TKIP'sı sistemin enerji performansına (a) ısı pompası cihazına (IPC), (b) dolaşım sirkülasyon pompası (SP) veya kuyu pompası ve (c) toprak ısı değiştiricisi (TID) veya yer altı kuyusu olmak üzere üç ana faktör etki eder. IPC lerin yurtdışından ithal edildiği göz önüne alınırsa, SP'nin ve TID'nin optimum tasarımı büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde kurulan TKIP'sı sistemleri içinde TIP'nin maliyeti, toplam maliyetin % 25-30 u kadar tutmaktadır. Bu TIP'nin uygun tasarımı; sadece sistemin verimli çalışması için değil, aynı zamanda da verimliliği bakımından gereklidir. Bu çerçevede, TIP'nin etrafına konulan dolgu maddesinin doğru seçimi; sondaj çukurunun derinliğinin azalmasını sağlar ve TKIP'larının yatırım maliyetini düşürür. Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli bakımından dünyanın yedinci en zengin ülkesi konumundadır. Bu gelişmenin çoğu, direkt ısıtma, ısı tesisler ve sera ısıtması olmak üzere 51600 konut eşdeğer jeotermal ısıtma (493 MW_t) olarak jeotermal enerjinin direkt uygulamalarında gerçekleştirilmiştir . Jeotermal ısı pompaları (JIP) olarak da adlandırılan toprak kaynaklı ısı pompaları (TKIP) daha yüksek enerji kullanımı ve daha yüksek verimleri nedeniyle geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerine karşı bir seçenek oluşturmaktadır. TKIP'ları 1995 yılından beri, Amerika'da % 59 veya yıllık % 9.7 olarak en fazla gelişme göstermiştir. Dünyadaki 26 ülkede kurulu kapasitesi 6 850 MW_t ve yıllık enerji kullanımı ise, 23214 TJ/yıl'dır. Kurulu olan sistemlerin sayısı, 500.000 dolaylarındadır. Bunun yanı sıra JIP'ları son üç yıldır gündeme gelmiş ve öncelikle birkaç konutta ısıtma/soğutma amaçlı olarak uygulamaya sokulmuş daha sonrada ticari binalarda da uygulamaya girmiştir . Ancak, ülkemizde TKIP'ları henüz imalat aşamasına gelmemiştir. Isı pompasının kendi ve toprağa döşenen veya dik olarak yerleştirilen, yurt dışından ithal edilerek (bazı donanımları da) montajı gerçekleştirilmektedir.

Ülkemizde bu konuda çalışan firma sayısı da azdır. Ülkemizdeki firmaların verilerine göre, geri ödeme süresi 3-4 yıl arasında değişmektedir. Amortismanın önündeki en büyük engel elektrik kullanımındaki ücretlendirmedir. D.İ.E raporlarına göre Ülkemiz elektriği dünyada en pahalı kullanan ikinci ülkedir Üniversite bazında ise deneysel olarak çok az sayıda çalışma mevcuttur. Son zamanlarda üniversitelerimizde de bu konuya el atmış ve ısı pompaları üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. TKIP uygulamalarında, topraktan ısı enerjisinin çekilmesi veya toprağa bırakılması, işletilmesi çevresindeki toprağın ısı ve nem akışıyla birlikte içeren bir TID'si kullanılarak gerçekleştirilebilir. TID ile bitişindeki toprak arasındaki ısı geçişi, iletim ve belli bir kısımda nem geçişi ile olur. Bundan ötürü, ısı geçişi toprağın tipine, sıcaklığına ve nem basamağına büyük ölçüde bağlıdır. Hava özelliklerine bağlı toprak yüzey sınır koşulları ve ısıtma/soğutma yükü nedeniyle, ısı çekilme bırakılma işleminin hepsi geçici rejimde olur. Toprağın ısı iletkenlik katsayısı, toprak tipi (toprağın yumuşaklık setlik derecesi, mineral bileşimi) nem miktarı, kuru yığma yoğunluğu, sıcaklığı ve toprağın nemi ile büyük ölçüde değişir. Bu bulgular aşağıdaki gibi sıralanabilir.

a) TKIP sisteminin performansı önemli ölçüde nem miktarına ve toprağın tipine bağlıdır. Toprağın nemini, kuru toprak koşullarının üstünde mümkün olduğu kadar yüksek tutmak yararlıdır.

b) Topraktan ısı çekmenin miktarı kumda en yüksektir. Bunu alüvyonlu ve killi toprak izlemektedir.

c) Bentonit ve iyi kaliteli çimentoya göre süper plastikli çimento kum harcı (ısı iletim katsayısı: 2.24 W/mK) ile daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

d) Standart bentonit harcı yerine, kum veya ısıl açıdan iyileştirilmiş bentonit harcı kullanılarak TID derinliği azaltılabilir.

Günerhan ve arkadaşları [23], MTA (Maden Tetkik ve Arama) ile ortak yaptıkları çalışmada 2000 yılına kadar Türkiye'deki tüm jeotermal kaynakları ve kapasitelerinin bir haritasını çıkarmışlardır ve bunları düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık kapasitelerine göre ayırmışlardır. Araştırmacılar düşük sıcaklık kapasiteli olanları Yüzey ısıtma, içme suyu temini, sera ısıtması, havuz ısıtma, endüstriyel kullanım, ısı pompası ve elektrik enerjisi üretimi olarak ayırmışlardır. 1962 yılından itibaren Türkiye'de jeotermal enerji konusunda ciddi araştırmalar yapılmadığını kaynakların iyi bir şekilde kullanılmadığını verilerle göstermiştir. Araştırmacılara göre Türkiye'nin jeotermal kaynak kullanım kapasitesi 4500 MW_e ve 31500 MW_t olduğu halde kullanım kapasitesinin 640 MW_t bu da toplam kapasitenin sadece % 2 sini oluşturmaktadır.

1990 yılının başlarından itibaren yeni ısıtma tekniklerinin gelişmesi ile jeotermal enerji ev ve sera ısıtmalarında kullanılmaya başlamıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada ülkemizde jeotermal enerji kullanarak yapılan ilk çalışmalar 1987 yılında Gönen ilçesinde 600 konut ile başlamış daha sonra bu sayı 50 000 e ulaşmış olduğunu belirtmektedirler. Seralarda da ilk kullanım burada başlamış ve gelişerek artmaktadır. Türkiye’de Jeotermal enerji ile ısıtılan seralar yaklaşık 31 hektar (310 dönüm) ve ısıtma kapasitesi kullanımı 69.61 MW_t. 1990 yılında tamamı yurtdışından temin edilerek kurulan Toprak kaynaklı ısı pompaları ile bina ve küçük çaplı sera ısıtması üzerinde çalışılmıştır. 2000 yılından itibaren seralarda kullanım daha da gelişmiştir. Tokat, Kütahya, Denizli, İzmir, Bursa, Çanakkale ve Balıkesir illerinde kurulan seralarda jeotermal enerjinin kullanımı sağlanmıştır. Ege bölgesinde özellikle Ege Üniversitesinin teşvik ve katkılarıyla ısı pompası kullanarak seralarda ısıtma ve soğutma sağlanmıştır. 1960’lara kadar sadece tıbbi ve sağlık amaçlı kullanılan jeotermal kaynaklar böylece ülke ekonomisine de katkıda bulunmaya başlamıştır.

Henderson ve arkadaşları [24], 2000 yıllarında kuzey İrlanda’da yaptıkları araştırmada gelişmiş Avrupa birliği ülkelerinde ısı pompalarının geleceği ve gelişimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. İngiltere’de üretilen enerjinin sadece % 50 sinin konutların ısıtılmasında kullanıldığını ve yakıtın diğer Avrupa ülkelerine göre ucuz olması nedeniyle (İngiltere Avrupa’da en ucuz doğal gaz üreticisi ve kullandırıcısıdır) ısı pompalarının yeterince ilgi görmediğini belirtmişlerdir. Diğer Avrupa ülkelerinde özellikle ısı pompalarının Almanya’da devlet tarafından teşvik edildiğini belirtmiştir.. Isı pompalarında kullanılan soğutucu gaz R22’nin Tüm dünyada 2020 yılında kullanımının yasaklanacağı Avrupa birliği ülkelerinde ise 2015 yılında olacağını belirtmiştir. R22’nin sakıncalarının başında gelişen teknoloji ile bulunan yeni gazların R22 ‘ye göre daha verimli ve ozon tabakasına daha az zarar verdikleri görülmüştür. R22 tehlikeli bir şekilde yanma ve parlama özelliğine sahiptir. Hatta EN 378’e göre Avrupa’da klima sistemlerinde kullanılmaması tavsiye edilmiştir. R 22 yerine alternatif gaz olarak R 407c yüksek soğutma kapasitesi, performans artırıcı ve daha stabil çalışması nedeniyle tavsiye edilmiştir. Son gelişmelerde en uygun gazın R410a olduğu kanıtlanmıştır. R 410a, R 22 göre % 40 daha yüksek basınca kadar sıkıştırılmaktadır. Daha yüksek ısıtma ve soğutma kapasitesine, daha yüksek ısı transfer katsayısına, daha düşük basınç düşüşüne, daha küçük boru çaplarına ve son olarak da sistemin ebatlarının ve ağırlığının küçülmesini sağlamıştır. Fakat kullanımını kısıtlayan bir sakınca düşük sıcaklık kriteridir (70 °C). Yaptıkları bir karşılaştırmada şu sonuçları bulmuşlardır.

Bir sıcak su kazanı için;

- % 90 verimle 100 kW enerji için = 111 kW eşdeğer yakıt kullanımı.

Isı pompasında ise ;

- 100 kW, COP 4.0 = 25 kW elektrik kullanımı

Buna karşın elektrik üretimi için kullanılan yakıtı da dikkate alırsak ;

- 25 kW, % 35 verimle = 71 kW fosil yakıt kullanımını gerektirir.

Bir çok ülkede elektrik üretiminin fosil yakıtlarla yapıldığı ve CO₂ emisyonu ve global iklim şartları da düşünülürse ısı pompasının ne kadar kazançlı olduğu açıkça görülmektedir. Isı pompalarının COP'lerinin yükseltilmesi içinde çalışmalar yapmışlardır. Isı pompası tiplerinin geliştirilmesi üzerinde de yaptıkları çalışmada aynı rotoru kullanarak yapılan sıkıştırma ve genişleme işinin daha yüksek kapasite ile çalıştığını ama sıcak ve soğuk taraftaki ısı transferi geçişini olumsuz etkilediğini görmüşlerdir. Kompresör tarafındaki sıcak buhar vanayı ısıtmakta soğutucu akışkanın kondenserden daha sıcak çıkmasına neden olmaktadır. Bu da performansta bir miktar düşmeye neden olmaktadır. Araştırmacılara göre Sistemde bazı kısıtlamalar olmasına karşın R410a daha küçük, etkili veriminden dolayı ev ve sera ısıtması için idealdir.

İnalı ve arkadaşı [25], 2003-2004 yılında Elazığ ilinde yaptıkları çalışmada 24 m² alana sahip bir odanın toprak kaynaklı ısı pompası ile kışın ısıtılması için çalışmışlardır. Odanın ısıtma ve soğutma yükü 2.5 ve 3.2 KW hesaplamışlardır. Binanın dışına 1 mt. ve 2 mt. derinliğe ½” kalınlığında 50 şer mt. plastik boru döşemişlerdir. Toprak sıcaklığının en yüksek ve en düşük olduğu aylarda aldıkları toprak sıcaklıklarını kaydederek (1 mt ve 2 mt.) İçerdeki sıcaklığın 21-24 °C olacak şekilde otomatik devreye girip çıkmasını sağlamışlardır. Yaptıkları deneysel çalışma ile ısıtma yükünü ve ekonomikliğini araştırmışlardır.

Özgener ve arkadaşı [26], 2003-2004 yılında İzmir’de yaptıkları çalışmada Ege Üniversitesi kampüsüne kurulan 48.51 m² alana sahip bir serada güneş kolektörü destekli toprak kaynaklı bir ısı pompası ile seranın ısıtılmasını deneysel olarak incelemişlerdir. Toprak kaynaklı ısı pompası için dikey olarak 50 mt. derinlikte 1¼ “ kalınlığında Polipropilen Random Copolimer (PPRC) boru kullanmışlardır. Deneysel çalışma sonunda kütle, enerji ve ekserji bağıntıları kurarak deneysel ve matematiksel mukayesesini yapmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonunda toprak kaynaklı ısı pompalı sistemin sıvı yakıt kaynaklı ısıtma sistemleri ile mukayese edildiğinde ekserji veriminin net bir şekilde daha üstün olduğunu göstermişlerdir. Verim % 67.7- 71.8 toprak kaynaklı sistemin lehinedir. Sistemin verimini büyük ölçüde fan, kompresör, kondenser, genişleme valfi, evaporatör ve toprak kaynaklı boruların döşenmesi etkilemektedir. Geri kalan sistemdeki parçalar ikinci derecede daha etkilidir. Deneysel neticeler sonunda bu sistemin Ege ve Akdeniz bölgesinde diğer ısıtma sistemlerinden tamamen bağımsız olarak ideal bir ısıtma olduğunu söylemektedirler.

Araştırmacılar ülkemizde ısı pompalarının yeni teknolojileri kullanarak ısıtma sistemlerinde klasik ısıtma sistemlerinin yerine alternatif bir ısıtma oluşturacağını söylemişlerdir.

Chou ve arkadaşları [27], 2001 yılında Singapur Bangkok'da yaptıkları deneysel çalışmada 240 m² sera alanına 180 m² kullanım alanına sahip bir cam serada iklim koşullarının nispeten diğer ülkelere göre ılıman geçtiği bir yerde üç değişik ürün olan çiçek, yemeklik ot ve limonçiçeğinin yetiştirilmesini araştırmışlardır. Bu ürünler sıcaklık, rutubet ve karbondioksit gereksinimlerine göre seranın içine uygun yerlere yerleştirmişlerdir. Ürünlerin Pazar paylarını da göz önüne alarak en sıcak yere limonçiçeği, yemeklik ot ve orkide son sıraya yerleştirilmiştir. Sera içinde iki değişik sıcaklık seçeneği uygulanmıştır. 07:00-19:00 saatlerinde sera içindeki sıcaklık 27 °C gece 19:00-07:00 arasında 18 °C ve bağıl nem % 40 olacak şekilde ısı pompası ayarlanmıştır. Deneylerin yapıldığı yerde en düşük hava sıcaklığı ortalama 15°C civarındadır. Deneyde kullandıkları cihaz 3.0 kW kompresör gücü, 30.0 kW kondenser kapasitesi, 37 kW evaporatör kapasitesidir. Yaptıkları bu model çalışma ile ısı pompası COP kapasitesi 1.2-4.0 arasında değişmektedir. Araştırmacılar iyi bir hava sirkülasyonu olduğu takdirde bu bölgede bu kapasitede bir sera için ideal bir ısıtma, soğutma ve rutubetlendirme olduğunu göstermişlerdir.

Özgener ve Hepbaşlı [28], 2004 yılında yaptıkları çalışmada güneş destekli toprak kaynaklı ısı pompası ile sera ısıtmasının ekonomik analizini yapmışlardır. 2003-2004 ısıtma sezonu boyunca Ocak 20- Mart 31 tarihleri arasında saat 08.30-16.00 saatlerinde veriler alınmıştır. Yaptıkları çalışmada toprak kaynaklı bir ısı pompası ve seranın YTL olarak maliyet masraflarını çıkararak enerji kazançlarını ve optimal miktarını hesaplamışlardır.

Hyun ve Kap [29], yaptıkları çalışmada Isı pompalarının yeni yeni kullanıma başlanması ile Faz değiştiren maddeler ve Isı pompası destekli sistemle sera ısıtması üzerinde deneysel çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışma Güney Kore'de Cheong kentinde gerçekleştirilmiştir. Bu bölge ülkenin orta kesimlerinde olup ılıman bir iklime sahiptir. Maksimum sıcaklık -8,-10 °C arasındadır. Sera için hesaplanan termal enerji tüketimi m² başına 100 kcal/h ve toplam olarak 1500 m² sera ısıtma alanı bulunmuştur. Bu değer petrol olarak karşılığı 200 varil petrol olmaktadır. Sera plastik örtülü olup 7m genişlik, 14m uzunluk, 3.4m yükseklik te olup 816 kg Na₂SO₄. 10H₂O kullanılmıştır. Kullanılan maddenin faz değişim sıcaklığı 18-22 °C arasındadır. Kullanılan ısı pompası 3 PS gücünde olup Freon 22 gazı kullanılmıştır. Makinenin COP 2-4.5 arasındadır. Yaptıkları çalışmada sera ısıtma sistemini üç ana parçadan oluşturarak incelemişlerdir. Bunlar Solar sera, Faz değiştiren madde depolama ünitesi ve Isı pompası sistemi ve daha sonra dört ayrı tipte model oluşturarak sera ısıtma sistemlerini bunların kombinasyonundan oluşturmuşlardır.

Yukarıda belirtilen üç ana parçalı 1- Solar sera sistemi, 2- Solar sera-Faz değiştirici madde depolama ünitesi, 3-Solar sera ısı pompası sistemi, 4- Solar sera-Faz değiştirici madde-ısı pompası sistemi olarak incelemişlerdir. Ölçümleri yarımşar saat aralıklarla kaydetmişlerdir. Deneyleri 15 Ocak –25 Mart 1997 tarihlerinde Cheong Ju bölgesinde yapmışlardır. Deneylerin yapıldığı esnada hava sıcaklıkları -12 °C ile 15 °C arasında olmuştur. Deneyler esnasında sera dış hava sıcaklığı, ısı pompası evaporatör çevresi herhangi bir yapay kontrol sistemine gerek duyulmadan kolayca kontrol edilmiştir. Isı pompasının güç harcamı 2.067 Kcal/h den 2.239 Kcal/h artış göstermiştir. Bu artışa bağlı olarak da ortam sıcaklığı 3 °C -8 °C arasında değişmiştir. Sıfır °C altındaki ortam sıcaklığındaki güç tüketimi 2.067 Kcal/hr olmuştur. Bu esnada ısı pompasından kazanılan termal enerji ortam sıcaklığına bağlı olarak 4800 Kcal/h - 8800 Kcal/h arasında değişmiştir. Isı pompasının COP' u 0 °C üzerinde 4, 0 °C'nin altında 3.0 seviyelerinde olmuştur. Solar enerji ölçümleri seraya sabah 09.00-16.00 arasında sağlanmış, ısı pompasının 24 saat çalışması sağlanmıştır. Bir örnek vermek gerekirse sera dışında sıcaklık -8.0 °C olduğunda bu ısı kaynakları ile sera içindeki sıcaklık 7.5 °C olmuştur. Diğer bir deyişle sağlanan ısı kazancı 15.5 °C olmuştur.

Çalışmalar neticesiyle bulunan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1- Kullanılan ısı pompası 0 °C üzerinde COP 4.0, 0 °C altında 3.0 civarında bulunmuştur.

2- Serada Faz değiştirici malzeme- Isı pompalı sistemde gece vakti ölçülen ısı kaybı gündüze göre 2-3 kat fazla olmuştur.

3- Sera içindeki ortam sıcaklığı FDM-Isı Pompalı sistemde en yüksek değere ulaşmıştır. Bu esnada bulunan değer 13.5-14 °C arasındadır. Solar sera ve Isı pompalı sistemde 12-13.5 °C bulunmuştur. Sera ve FDM 'li sistemde 7-9 °C, Sadece Isıtmasız solar serada 5-7 °C bulunmuştur.

4- Bu çalışmalar neticesinde sistemde % 75'lik bir ısı kazancı olmuştur.

Kuang, Wang ve Yu [30], tarafından 2000-2001 yılında Çin'in kuzey bölgesindeki Qingdao kentinde yapılan çalışmada solar destekli ısı pompalı bir sistemde ısı temini adını verdikleri deneysel çalışmada 42 m² toplam alana sahip bir laboratuvar binasını ısıtmak için deneysel çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar bu tür çalışmalarının son dönemlerde Çin'de bir devlet politikası olarak desteklendiğini ve büyük teşviklerde bulunulduğunu söylemişlerdir. Çünkü Çin'de ısıtma ve enerji alanında % 79 oranında kömür kullanıldığını ve bunun artan sanayi ve nüfus karşısında bir çevre sorunu yarattığını söylemişlerdir. Sistemde 11 m² yüzey alanına sahip 5 adet düz plakalı kolektör 2.1 m³ ısı depolama tankı aynı zamanda tanka bir elektrikli ısıtıcı yerleştirilmiştir.

Su kaynaklı ısı pompasında 2.2 kW bir hermetik kompresör ve kondensör, evedaratör ve fan devreleri yerleştirilmiştir. Isıtma testleri esnasında oda sıcaklıkları 16-22 °C arasında (ortalama olarak 19.3 °C) olmuştur. Bu esnada dış ortam sıcaklıkları -10, – 4 °C arasında olmuştur. Kollektördeki izolasyon 2.93 den 56.04 kW h/ gün (ortalama 31.67 kW h/gün) olmuştur. Bu değerler en soğuk günlerde bile binanın ısıtma yükünü karşılamıştır. Bu esnada sistemin COP ve kompresörün ve pompaların elektrik harcamaları hesaplanmıştır. Sistemin ortalama COP değeri 2.19 bulunmuştur. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada 5 günlük verileri kullanmış ve bu esnada 2 gün havanın tamamen kapalı olduğunu belirtmişlerdir. Solar destekli ısı pompası kullanarak yapılan bu çalışmada ek ısı kaynaklarına ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Deneysel çalışma sonucunda kolektör veriminin gayet yüksek bir değere eriştiğini (% 67.2) göstermişlerdir. Sistemde ek bir ısı kaynağına ve depolama tankı içine bir ısıtıcı yerleştirilmesi gerekliliğini vurgulamışlardır.

Badescu [31], tarafından Romanya Bucharest bölgesinde yapılan çalışmada 7.6 m uzunluğunda 6.4 m genişliğinde ve 3m. yüksekliğindeki solar hava kolektörlü ve ısı pompalı bir sistemde odayı ısıtmak için deneysel çalışma yapılmıştır. Ilık havalarda bir klima sisteminin yeterli olduğunu ama daha soğuk günlerde buhar sıkıştırırmalı bir ısı pompasının gerekli olduğunu göstermiştir. Çalışmalar sonucunda daha küçük termal enerji depolama daha yüksek ısı pompasının buharlaştırıcı için ısı akısı temin ettiğini göstermiştir. Buda daha küçük termal enerji depolama birim çıkışının daha yüksek termal yüklerde kısa zaman periyotlarında daha hızlı olduğunu göstermiştir. Araştırmacıya göre ısı pompasının COP ve ekserji değeri termal enerji birim uzunluğu arttıkça azalmaktadır.

Yuehong Bi ve arkadaşları [32], tarafından 2001 yılında Çin'in Tianjin bölgesinde yapılan çalışmada solar ve toprak kaynaklı ısı pompaları üzerine deneysel ve teoriksel bir çalışma yapmışlardır. Solar toprak kaynaklı (STKIP) sisteminde dikey yerleştirilen çift spiral borulu yer kaynaklı ısı değiştiricisi kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada solar toprak kaynaklı ısı pompası, toprak kaynaklı ısı pompası ve solar kaynaklı ısı pompalarını mukayese etmişlerdir ısı pompası performansının ısıtma modunda iken sistem performansını ve yeraltı sıcaklıkları sürekli ölçülmüştür. Deneysel çalışma sonucunda solar kaynaklı ısı pompalı sistemde ısıtma yükü 2334W ve COP ise 2.73, toprak kaynaklı ısı pompalı sisteminde ısıtma yükü 2298 W, COP ise 2.83 ve solar toprak kaynaklı ısı pompalı sistemde ısıtma yükü 2316 W ve COP 2.73 bulunmuştur. Deneysel çalışmada kullanılan toprak kaynaklı ısı pompalı sistemde dikey yerleştirilen sistemin yatay yerleştirilen sistemle mukayesesi yapılmıştır.

Dikey yerleştirmede 60 metre derinlik ve i çapı 20mm olan polietilen boru ile yatay olarak 2.2 metre derinliğe yerleştirilmiş 60 metre uzunluğundaki ve i çapı 20 mm olan boru ile sistemlerin mukayesesi yapılmıştır çalışmalar sonucunda toprak kaynaklı ısı pompasında COP' unda %21 oranında artış olmuştur. Yeraltındaki suyun sıcaklığı hacim kontrol metodu ile bulunmuştur. Matematiksel sonuçların deneysel sonuçlar ile mukayesesi yapılmıştır. Elde edilen sayısal sonuçlar deneysel sonuçlarda karşılaştırılmış analitik sonuçların deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğu görülmüştür. Hazırlanan matematiksel model toprak ısı değiştiriciler ve toprak kaynaklı hazırlanan matematiksel model ile toprak ısı değiştiriciler ve toprak kaynaklı ısı pompası için bir dizayn modeli oluşturmuşlardır. Yapılan çalışmada solar toprak kaynaklı ısı pompası için kullanılan solar kollektörün performansı da bulunmuşlardır.

Başçetinçelik ve arkadaşları [33], tarafından 1994 yılında Adana ilinde yapılan çalışmada 180 m² ölçülerindeki (15m x 12m) llerindeki bir naylon örtülü serada 27 m yüzey alanına sahip 55⁰ eğim açısıyla güneye doğru yerleştirilmiş solar hava ısıtıcısı ile 6000 kg. parafin (metre kare başına 33.33 kg) sera toprak yüzeyine yerleştirilmiştir. FDM'nin erime sıcaklığı (48-60 ⁰C) dır. Deneysel alışmalar ağustos ve eylül aylarında yapılmıştır. şarj periyodu esnasında enerji verimi birinci ve ikinci şarj periyodu olarak hesaplanmıştır. Birinci şarj periyodunda toplam enerji verimi % 28.9- % 85.8 net enerji verimi % 8.2-54.2 arasında bulunmuştur. İkinci şarj periyodunda enerji verimi % 48.9-% 86.8 arasında net enerji verimi %18.4-% 55 arasında değişmektedir. Günlük değerler dikkate alındığında toplam ve net enerji verimi ikinci şarj periyodunda birinci şarj periyodundan daha yüksek bulunmuştur. Yapılan çalışmada ortalama değer olarak toplam ve net enerji verimleri % 76.1 ve % 42.3 bulunmuştur.

Kern ve Aldrich [34], tarafından 1987 yılında yapılan çalışmada, bir cam serada hava kolektörlü sistem, kaya taşları ile ısı depolaması ve aynı sera içerisinde FDM malzemesi kullanarak ısı depolaması yapmış ve birbirleriyle mukayese etmiştir. FDM'nin genelde daha yüksek enerji depolama özelliği olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda; solar ısıtmalı FDM malzemesinin uygulamasının daha uygun olduğunu belirlemiştir.

Katsunori Nagora ve arkadaşları [35], tarafından Japonya'nın Sappora kentinde (43⁰ kuzey enlem 141⁰ doğu boylamı) toprak kaynaklı ısı pompası dizaynı yaparak bunun diğer alternatif ısıtma tipleri ile mukayesesini yapmıştır toprak kaynaklı ısı değiştiricisi 100 metre derinliğe dikey olarak yerleştirilmiş 32 mm dış çapındaki bir U borusu ile toplam taban alanı 130 m² olan bir binada ısı pompası ile 26 Kasım ile 8 Haziran arasında ısıtma deneyleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda bu sistem fuel-oil ile doğal gazlı ve hava kaynaklı ısı pompası ile mukayese edilmiştir.

Mukayeseler sonucunda işletme ömrü, KCO emisyonu, maliyet ve amortisman hesapları yapılmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompasının maliyetinin diğerlerine göre yüksek olduğu ama ömür ve CO emisyonu yönünden üstün olduğu bulunmuştur. Araştırmacılar bu sistemin ileri yıllarda alternatif bir ısıtma sistemi olacağını göstermişlerdir.

Chaturvedi ve arkadaşları [36], tarafından Old Dominion Norfolk bölgesinden yapılan çalışmada sıcak su temini için bir değişken kapasiteli direkt genleşmeli solar destekli ısı pompası geliştirilmiş ve bununla ilgili çalışılmıştır. Kompresör hızının değişiminin termal performansı direk genişlemeli solar destekli ısı pompasında araştırılmıştır. Sonuçlar neticesinde ortam sıcaklığındaki mevsimsel değişiklikler kompresör kapasitesinde ve COP üzerinden önemli ölçüde iyileşmeler sağlamıştır. Yaz koşullarında yapılan deneyler neticesinde daha yüksek ortam sıcaklığı, daha yüksek ısı artışı sağlanmıştır. Bu kıyaslama daha düşük ortam sıcaklığının oluşmasını sağlayan kış koşullarına göre daha çok enerji harcamasını gerektirmektedir, bunun neticesinde yaz aylarında kompresör kapasitesinin düşürülmesini ve dolayısıyla kompresörün devir sayısının düşürülmesini gerektirmektedir. Bu da sistemde termal yük gereksinimlerine göre termal enerji çıkışında da artış sağlamaktadır. Sonuçlar neticesinde azaltılan kompresör devri sistemin daha stabil olmasını ve akabinde sistemin COP da da bir iyileşme sağlamaktadır. Araştırmada teoriksel sonuçlar bir bilgisayar modeli oluşturularak deneysel sonuçlarla mukayese edilmiştir. Yapılan çalışmada sistemdeki frekans 30-70 Hz arasında tutulmuştur deneysel sonuçlar sonucunda aynı zamanda yüksek frekanslardaki ortam sıcaklığındaki sistem COP'unun düşük frekanslı çalışmalarla mukayese edildiğinde daha duyarlı olduğu görülmüştür. Sistem Norfolk Virginia bölgesindeki evlerde sıcak su ısıtma uygulamalarında kullanılan elektrikli ısıtıcı ile mukayese edilmiştir. COP değeri 2.5 ila 4 arasında bulunmuş, elektrikli rezistanslı ısıtmaya göre %37 kazançlı olmuştur.

Doherty ve arkadaşları [37], tarafından Nothingham'da bir eko evi oluşturularak toprak kaynaklı bir ısı pompasının dizaynı ve uygulaması üzerine deneyler yapmışlardır. Evin ısıtma ve soğutma yükü ASHRAE Fundamentals Handbook tarafından belirtilen derece –gün metodu kullanılarak kışın ısıtma yük gereksinimi 3550 kW/gün, yazın 19 kW/gün bulunmuştur. Evin maksimum ısıtma kapasitesi 8 kW olarak hesaplanmıştır 6 kişinin bu evde yaşadığı kabul edilirse kişilerin vücut ısıları, aydınlatma ve cihazlarda 2.5 kW lik bir ısı yükü yeterli olmuştur. Aynı şekilde içerideki kazançtan dolayı soğutma yükünde potansiyel bir artış söz konusudur. Toprak kaynaklı ısı değiştiricisi 8 kW ısıtma yükü için. Sarmal şekilde 320 metre uzunluk, dikey olarak 160 metre toplam veya U şeklinde (80m x 2) dir. Kullanılan borunun iç çapı 32mm dir Sistemde su giriş sıcaklıkları ve ortam sıcaklıkları, toprak ısı değiştirici sıcaklığı, ısıtma, soğutma sıcaklığı sürekli ölçülmüştür.

Sistemde R-22 gazı kullanılmıştır ve minimum su sıcaklığı -4°C düştüğünde evaporatörde donma olmaması için ısı pompasını otomatik olarak kapatacak bir üniteyle kapatılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilecek veriler ileride yapılacak pek çok çalışmaya ışık tutacaktır. Araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlar maddeler halinde sıralanırsa;

- Yerleştirilen toprak kaynaklı ısı pompası eko evinin ısıtma ve soğutma yükünü sağlayabilecek şekildedir
- Toprak ısı değiştiricisinden yüksek ısı değiştiricisinden yüksek enerji çekimi sistemin COP unu yükseltir. Fakat bu tekrar şarjı etkileyecek ve bu nedenle sistemin uzun süreli performansında negatif bir etki yaratacaktır. Toprak ısı değiştiricilerinde yüksek akış oranı yüksek pompalama güç tüketimi ve daha düşük COP değerlerine neden olur.
- Toprak tarafındaki evaporatör sıcaklık farkı ve yük tarafındaki sıcaklık farkı düşük kopresör işi ve yüksek COP için oldukça düşük olmalıdır.
- Evaporötere giren yüksek su sıcaklığı sistemin COP' unu artırır.
- Sistemdeki dışarı atılan CO gaz kazancı 3.8 ton doğal gaz kullanımı ile oluşan harcama eşdeğer değer olduğu bulunmuştur.
- Sistemdeki geri kazancın yada geri ödeme periyodu gazla yapılan ısıtmaya göre 5-7 yıl bulunmuştur.

Garcia ve arkadaşları [38], tarafından 1997 yılında İspanya Madrid'de yapılan ve Avrupa Birliği tarafından desteklenen bir projede Avrupa Birliği sınırları içinde kalan yedi ülkede seracılığın yaygın olarak yapıldığı bölgeler tespit edilmiştir. Aliartos (Yunanistan), Almeria (İspanya), Bedford (İngiltere), Braunschweig (Almanya), De Bilt (Hollanda), Milan (İtalya) ve Montpellier (Fransa) buralarda Güneş enerjisi, Isı pompası ve Alternatif elektrik üretim sistemleri bu ülkeler arasındaki iklim ve bu kaynakları kullanım maliyetleri karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada solar sistemin Kuzey kesimleri için ekonomik olmadığı hatta hiç verimli olmadığı ortaya koyulmuştur. Bu konuda yeni tekniklerin uygulanmasına rağmen maliyetlerin yüksekliği ve iklim koşullarının uygun olmaması nedeniyle sera ısıtılmasında diğer alternatifler öne çıkmıştır. İkinci olarak denenen alternatif ısı pompalarıdır. Bilindiği gibi ısı pompaları Avrupa'da bir çok ülkede başarılı bir şekilde konut ve işyerlerinin ısıtılmasında kullanılmaktadır. Yüksek ilk yatırım maliyetleri ve sürekli tam kapasite çalışma zorunlulukları nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir. Isı pompaları ortam sıcaklıklarına bağlı olarak kapasiteleri değişiklik göstermektedir. Çalışmada bu ülkelerdeki elektrik birim fiyatları verilmiştir. Elektrik üretimleri doğal gaz ve fuel oil birim fiyatları verilmiş en ucuz elektriğin İngiltere'de olduğu belirtilmiştir. Çünkü üretim doğal gaz kaynaklıdır.

Üçüncü olarak yapılan çalışma bazı işletmelerin kendi tesislerini kurarak elektrik üretimi ve bunların dışarıya satılmasıdır. Bu sistem şimdilik en pahalı sistem olarak gözükmektedir. Yapılan çalışmalarda EURO cinsinden sera maliyetleri elektrik birim fiatları, ve ısı pompaları birim fiatları ayrı ayrı verilmiştir. Searacılık bakımından en ekonomik ülkenin İspanya 88 kWh/yıl m² daha sonra Yunanistan 198 kWh/yıl m² olduğu tespit edilmiştir.

Çomaklı ve arkadaşları [39], tarafından, Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde evsel ısıtma için enerji depolamalı güneş destekli ısı pompası sisteminin performansını araştırmak için deneysel düzenek kurulmuştur. Deneysel sonuçlar kullanılan ısı pompasından 1992 ısıtma sezonu boyunca Aralık- Mayıs aylarında elde edilmiştir. Isıtma sezonu boyunca deneysel olarak elde edilen sonuçlar, kolektör verimini, ısı pompasının performans katsayısını (COP), sistemin COP'unu, depolama verimini ve sistemin toplam enerji tüketimini hesaplamak için kullanılmıştır. Kolektör veriminin, ısı pompası COP'unun, sistemin COP'unun ve depolama veriminin aritmetik ortalama değeri sırasıyla % 70, % 4.5, % 4 ve % 60 bulunmuştur.

İleri [40], tarafından 100 KW soğutma kapasitesi için güneş destekli R-22 absorpsiyonlu ısı pompası sistemi, Ankara için saatte bir data kullanılarak bir bilgisayar simülasyonu ile araştırılmıştır. Yazları jeneratör, kışları evaporatör güneş enerjisini almış diğer talepler de yardımcı ısıtıcılar tarafından karşılanmıştır. Sistemin performansı güneş enerjisinden sağlanan yük bölümünden değerlendirildiğinde, araştırmadaki biçim ve boyutların, iklimden, kaynak sıcaklık limitinden, kolektör tipi ve alanından çoğunlukla etkilenmekte, fakat depolama tankının boyutlarından az etkilenmekte olduğu belirtilmiştir.

Abou-Ziyan ve arkadaşları [41], düşük sıcaklık uygulamaları için güneş destekli R22 ve R 134a gazı kullanılan ısı pompası sistemleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bilinen bir ısı pompası, güneşli bir hava ısıtıcısı ve iki seri bağlı güneş destekli ısı pompası sistemleri için simülasyon sonuçları gösterilmiştir. R22, R404a, ve R134a'nın termodinamik özellikleri, % 99'dan daha yüksek korelasyon faktörleri ile verilmiştir. Isı pompasının Performans karakteristikleri, evaporatör sıcaklığı 0-45 °C aralığı için kondenser sıcaklığı 50-70 °C aralığı için kütle akış oranı 1000-2000 kg/h aralığı için bu ısı pompası kullanılarak araştırmışlardır.

Yamankaradeniz ve Horuz [42], tarafından İstanbul şartlarında açık günler için, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının teorik ve deneysel incelenmesi yapılmıştır. Teorik çalışmada İstanbul şartlarında açık günler için anlık, aylık ve mevsimlik ortalama ısıtma tesir katsayıları ve sistemin diğer özellikleri incelenmiştir.

Isı pompası devresinde 0.75 kW gücünde tam hermetik kompresör, hava soğutmalı 4.5 kW soğutma kapasiteli yoğuşturucu, enerji deposu içerisine daldırılmış maksimum 3.5 kW çekebilen buharlaştırıcı ve soğutucu akışkan olarak R-12 kullanılmıştır.

Torres Reyes ve arkadaşları [43], çalışmalarında havayı ısıtmak için güneş destekli ısı pompasının teoriksel ve deneysel ekserji analizini yapmışlardır. Araştırmacılar tarafından güneş destekli ısı pompalı deneysel bir prototip, ekserji verimi, tüm sistem tersinmezliğini ve teçhizatların tersinmezliklerini belirlemek için test edilmiştir. Evaporasyon ve konsensasyon basamaklarında çalışan akışkanın optimum sıcaklığını belirlemek için metodoloji ileri sürmüşlerdir.

Huang ve Chyng [44], integral tip güneş destekli ısı pompası su ısıtıcısının dizayn ve test edilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Depolama tankı ve Rankine çevrim ünitesi daha küçük bir boyut yapmak için birleştirilmiştir. Yapılan testlerde 3.83 lük bir COP elde edilmiştir.

Kaygusuz [45], tarafından yapılan bir araştırmada ısı pompalı bir güneşle ısıtılmalı sistemin performansı deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar ısıtma sezonu boyunca Kasım ayından Nisan ayına kadar elde edilmiştir. Ortalama mevsimlik ısıtma performans değerleri seri ve paralel ısı pompası sistemleri için sırasıyla 4.0 ve 3.0 olarak bulunmuştur. Ayrıca güneşle ısıtma sisteminin analizi için bir matematiksel model geliştirilmiştir. Örneğin sistemin, COP teorik kolektör sayıları, kolektör verimi, ısıtma kapasitesi, kompresör gücü ve depolama tankındaki sıcaklıklar gibi model parametreleri, deneysel sonuçları kullanarak hesaplamışlardır. Çalışmada teorik modelin, deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Hawlder [46], su ısıtma sisteminde güneş destekli bir ısı pompasının performansını incelemiştir. R 134a soğutucusuna uygun bir evaporatör gibi hareket eden, üzeri camla kaplanmamış düz levha güneş kolektörü, güneş destekli ısı pompası su ısıtma sisteminde analitik ve deneysel çalışmalar yapmıştır. Sonuçlar sistemin performansının, kolektör alanı, kompresör gücü ve güneş ışınlaması ile önemli derecede etkilendiğini göstermiş, ekonomik bir analiz ise sistem için yaklaşık iki yıllık bir minimum geri ödeme süresi ortaya koymuştur.

Babür [47], tarafından 1986'da yapılan "Design and Construction of an Earth Source Heat Pump" (Toprak Kaynaklı ısı pompası tasarımı ve yapımı) isimli Yüksek Lisans çalışmasında ODTÜ Makine mühendisliğinde var olan cihazlar kullanılarak Toprak hava arasında çalışan bir ısı pompasının tasarımını ve yapımını gerçekleştirmiştir. İki devreden oluşan ısı pompasının, bir devresi Soğutucu akışkan R-12 ile çalışan soğutma çevrimi, diğer devresi ise içinden su- antifiriz karışımı (salamura) geçen toprak altındaki boru demetidir.

Toprak altındaki boru demeti 10 metre uzunluğunda 5/8“ bakır borudan yapılmıştır. Soğutma ve salamura devreleri bir depo içerisindeki helis ısı değiştiricisi ile birleştirilmiştir. Deney düzeni toprak sıcaklık dağılımını ölçmek ve ısı pompasının etkinlik katsayısını belirlemek için gerekli ölçme cihazları ile donatılmıştır. 1985-86 ısıtma mevsiminde değişen iklim koşullarında ve değişken salamura kütle debisinde toplam 44 deney yapılmıştır. Topraktan soğrulan ısı gücü ölçülmüş ve teorik modellerin tahminleri ile karşılaştırılmıştır.

Kara [48], tarafından düşük sıcaklıktaki Jeotermal kaynakların Isı pompası yardımıyla Bina ısıtmada Kullanımı isimli doktora çalışmasında Erzurum yöresinde bulunan jeotermal kuyulardan çıkan düşük sıcaklıkta olduğu ve sadece kaplıca amacıyla kullanılan su ile çalışmıştır. Örneğin Erzurum’un Pasinler ilçesinde 200 metre derinlikte 42 °C sıcaklık ve 75-95 l/s debide iki kuyu, Ilıca ilçesinde ise, 605 metre derinlikte 39 °C sıcaklıkta jeotermal kuyular mevcuttur. Bu kuyular kaplıca amaçlı kullanılmaktadır ve kaplıcalardan atılan jeotermal suyun sıcaklığı 30-35 °C dolayındadır. Bu çerçevede, yukarıda sözü geçen düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynakların bina ısıtılmasında değerlendirilmesi amacıyla, su-su tipi bir jeotermal ısı pompası sistemi tasarlanmış ve sistemin bir bilgisayar modeli geliştirilmiştir. Sistemde 35 °C sıcaklıkta jeotermal kaynak kullanılarak döşemeden ısıtma amacıyla 45 °C sıcaklıkta su üretilmiştir. Sonuçta R-22 gazı ile çalışan jeotermal ısı pompasının toplam etki katsayısı 2.8 olarak belirlenmiş ve geliştirilen bilgisayar programından elde edilen sonuçların deneysel çalışma ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bilgisayar programı yardımıyla, bu sistemde R-22 ye alternatif olarak R-500 ve R-502 gazlarının kullanımı incelenmiş ve en yüksek etki katsayısının R-500 gazı ile elde edildiği görülmüştür. Öte yandan yapılan inceleme sonunda çevre dostu olması nedeniyle, son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan R-134a gazının kullanımının daha iyi bir netice vereceği anlaşılmıştır.

Isı pompalarının kurulma maliyeti, diğer ısıtma sistemlerine göre genelde daha yüksektir. Fakat uzun vadede kullanılması durumunda, diğer sistemlere oranla ısı pompaları daha avantajlı olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yüksek yatırım maliyetine rağmen ısı pompalarının kullanımı giderek artmaktadır.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında FDM ile ısı depolanması hem yurt içinde hem de yurt dışında son yıllarda bir çok araştırmacı tarafından araştırılmış ve araştırılmaktadır. Özellikle Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Akdeniz Üniversitesinde Organik ve İnorganik FDM’ler, yağ asitleri, parafin ve tuz hidratlar ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Esen ve arkadaşları [49], gizli ısı depolamada değişik parametreler kullanarak silindirik tank dizaynı yapmışlardır ve FDM’nin ısı depolanma kapasitesini sayısal olarak çalışmışlardır.

Esen ve Ayhan [50], güneş destekli silindirik enerji depolama tankında enerji depolanması üzerine önce teorik olarak çalışmışlardır sonra bulunan değerlerle tank dizaynı, FDM depolanması ve ısı kapasite ile deneyler yapmışlardır.

Esen [51,52], yaptığı diğer bir çalışmada ısı pompası ile güneş kaynaklı gizli ısı depolamanın termal performansını deneysel ve teorik çalışmıştır. Çalışmada tank içindeki sıcaklık ve depolanan ısı dağılımı hesaplanmıştır.

Çomaklı ve arkadaşları [53], güneş destekli ısı pompası yardımıyla faz değiştiren malzeme kullanarak çalışmalarında kullanılan elemanlara değişik parametreler uygulayarak deneysel sonuçlar elde etmişlerdir.

Kürklü ve arkadaşları [54], güneş kolektörleri ile Parafin mumunun kısa süreli termal performansını araştırmışlardır. Antalya yöresinde yapılan bu çalışmada değişik güneş kolektörleri parametreleri ile gün ışığından yararlanarak gece ısıtma yapmışlardır. Güneş kolektörleri ile yapılan termal verimde % 22 bir artış bulmuşlardır.

Kürklü [55], farklı ölçülerde dizayn edilmiş cam seralarda Antalya yöresinde değişik miktarlarda Kalsiyum Klorid Hekzahidrat kullanarak seralarda ısıtma çalışması yapmıştır.

Sarı ve Kaygusuz [56], FDM malzemesi olarak myristic asit kullanarak termal performansını deneysel olarak araştırmışlardır. Bulunan değer diğer FDM'ler ve literatür ile karşılaştırmışlardır: FDM'nin tank içinde radial ve axial yöndeki erime ve katılaşma parametreleri ile çalışmışlardır. Tanktaki FDM'nin ısı depolama kapasitelerini ölçmüşlerdir.

Sarı ve Kaygusuz [57], lauric asitin erime ve katılaşma prosesini deneysel olarak incelemişlerdir. Dikey olarak yerleştirilmiş çift borulu enerji depolama sisteminde sıcaklık dağılımı, sıcaklık değişimi ve faz değişimi esnasında FDM'nin radial ve axial yerleştirme düzeni incelenmiştir.

Sarı ve Kaygusuz [58], üç değişik türde yağ asiti kullanarak bunların ısı depolama kapasiteleri ve depolama tanklarının korozyon testleri yapmışlardır.

Gizli ısı depolamada en sıkça kullanılan ticari ürünlerin bir tasnifi Abhat [59], ve daha sonra Lorsch ve arkadaşları [60], Farid ve arkadaşları [61], Humphrienad ve Griggs [62], tarafından detaylı bir şekilde depolama kapasiteleri ve sıcaklık değerleri verilmiştir. Ticari parafin mumu ucuz ve oldukça yüksek bir ısı depolamaya (200 kJ/kg veya 150 MJ/m^3) ve geniş aralıklarda bir erime sıcaklığına sahiptir. Buna karşın düşük termal iletim ($0.2 \text{ W/m}^2\text{C}$) sahiptir. Buda uygulamaları kısıtlar. Metalik dolgu maddesi, metal matrix çatı, kanatlı tüpler ve alüminyum bıçaklar termal iletimi arttırmak için kullanılır [63].

Saf parafin mumu çok pahalıdır ve bu nedenle teknik sınıfa giren parafin kullanılır. Ticari parafin mumları 55 °C 'da erirler.

Parafinler üzerinde Farid ve arkadaşları [64], yaptıkları çalışmada üç değişik cins parafin mumunun erime sıcaklıklarını 44, 53 ve 64 °C olarak gizli ısıları da 167, 200, 210 kJ/kg olarak vermişlerdir. P-116 ticari parafin mumu son yıllarda pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. P-116'ın erime sıcaklığı 47 °C gizli ısı 210 kJ/kg'dır. Son güncel araştırmalar Lane ve arkadaşları [65], tarafından yapılmıştır.

M. M. Farid ve A. N. Khalaf [66], tarafından yapılan çalışmada, iki farklı kaba doldurulmuş ve farklı kristalizasyon sıcaklıklarına sahip $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ içerisinden ısı transfer akışkanı direkt temas halinde geçirilerek ısı transferindeki iyileşme tespit edilmiştir.

Hasan [67], faz değiştiren madde (FDM) olarak palmitik asit kullandığı bir deney seti kurmuş ve geliştirdiği parametrik çalışma ile de deneysel sonuçlarını kontrol etmiştir. Neticede, FDM'nin konulduğu silindirik borunun düşey konuma nazaran yatay olarak yerleştirilmesi durumunda erime zamanının daha da kısaldığını tespit etmiştir

Feldman ve Shapiro [68], yağlı asitlerin (capric lauric, palmitik, stearic asitler) ve onların ikili karışımlarının termal özelliklerini incelemişlerdir. Gizli ısı depolamada yüzey ısıtma uygulamalarında uygun olduğu araştırmalar neticesinde görülmüştür. Yağlı asitlerin erime sıcaklıkları 30-65 °C arasında olup, gizli ısıları 153-182 kJ/kg dır. Bu özellikler gizli ısı termal enerji depolama sistemlerinin dizaynında en önemli özelliklerdir.

Diamano ve Escoto [69], capric ve lauric asit karışımlarının düşük sıcaklıklardaki depolaması için çalışmışlardır. Karışımın erime sıcaklığı 14 °C ve eriyen gizli ısı 113 ve 133 kJ/kg arasındadır. Bazı malzemeler sadece depolama performansı ve pratikte kullanımı üzerinde çalışmışlardır. Örnek olarak dimetil-sulfoxide erime sıcaklığı 16.5 °C ve gizli ısı 86 kJ/kg, maleic anhyride erime sıcaklığı 52 °C ve gizli ısı 145 kJ/kg bulmuşlardır. Tuz hidratlar yüksek hacimsel depolama yoğunluğu (350 MJ/m^3), izafi olarak yüksek termal iletim ($0.5 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$) ve maliyet olarak parafin mumu vb. ürünlerle karşılaştırıldığında termal enerji depolama için oldukça ilgi çekici malzemelerdir. Glauber tuzu ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ilk araştırma yapılan FDM'lerden olup % 44 Na_2SO_4 ve 56 H_2O ilave etmektedir. Erime sıcaklığı 32.4 °C ve oldukça yüksek bir gizli ısı 254 kJ/kg (377 MJ/m^3) ve termal enerji depolama da en ucuz malzemelerden biridir. Buna karşın faz seyrilmesi ve aşırı soğuması rahatça uygulanmasını kısıtlamaktadır.

Biswas [70], ekstra su kullanarak formasyon değişikliklerinin önlenebileceğini göstermiştir.

Bu çevrimler esnasında sistemi kararlı yapmasına karşın depolama yoğunluğunu düşürür ve sistemi büyük sıcaklık değerlerinde çalışmaya zorlar. Bazı inceltici katkılar örneğin Bentonite kili, kullanarak Glauber tuzundaki bu faz seyrelmesi sorununun çözülebileceği görülmüştür. Ne yazık ki buda karışımın daha düşük termal iletiminden dolayı, kristalizyon miktarını ve ısı transferini düşürecektir. Boraks aşırı soğumayı minimum seviyeye indirmek için Telkes [71], tarafından önerilmiştir. Bu işlemde kullanılacak boraksın yüksek yoğunlukta olması gerekir. Diğer tuz hidratların pek çoğu da aynı problemi paylaşmaktadır.

Kimura ve Kai [72], yaptıkları çalışmada Sodyum Klorür [CaCl], kullanarak 1000 ısıtma soğutma soğutma çevriminde Kalsiyum Klorür Hekzahidratın stokiyometrik karışımında tuzun oldukça kararlı olduğunu göstermişlerdir.

Gibbs ve Hasnain [73], parafinlerinin diğer FDM' lere göre ne çevrimler esnasında ne de temas nedeniyle termal davranışlarında bir bozulma olmadığını göstermişlerdir. Aksine daha muhteşem bir karallılığa sahip olduğunu göstermişlerdir.

Porisini [74], ticari FDM olarak kullanılan 4 ticari tuzun korozyon testlerini yapmıştır. Pek çok araştırmacı FDM'ler olarak tuz hidratları kullanarak korozyon testleri yaptılar. FDM'lerin yoğunluğu önemlidir. Birim hacim başına depolama kapasitesini doğrudan etkiler. Tuz hidratlar genelde parafinlerden daha yoğundurlar ve bu nedenle birim hacim başına temel alındığında daha etkilidirler. Yaptığı çalışmada eriyik tuzların yüksek sıcaklıklarda korozyon durumları ile deneysel çalışmalar yapmıştır. Korozyon testleri ile pek çok referans bilgi (tuz hidratlar ve sulandırılmış tuz hidratlar) için vermiştir.

Cabeza ve arkadaşları [75], çok yaygın olarak kullanılan beş metalin (aliminyum, pirinç, bakır, çelik ve paslanmaz çeliğin) erimiş tuz hidratlarla temasında (çinko nitrat hekzahidrat, sodyumhidrojen karbonat, potasyum kloroid, su, sodyum asetat trihidrat, sodyum trisülfat pentagram) tam korozyon testlerini yapmışlardır.

Heine ve arkadaşları [76], 235-857 °C eriyen 6 değişik tuzun bu sıcaklıklara uygun 4 değişik metal kullanarak korozyon performansı üzerinde çalışmışlardır.

Lane [77], tarafından FDM'lerin kapsüllenmesi araştırılmıştır. Mikrokapsüllenmiş FDM'lerin pek çok avantajları vardır. Kapsüllenmiş FDM'ler ısı transfer alanını artırır. Faz değişimi oluşurken depolama malzemesinin hacmindeki değişikliklerin kontrolünü ve dış ortamlardaki FDM'lerdeki karşı tepkiyi azaltır. Lane 200 ün üzerinde erime sıcaklığı 10-90 °C arasında değişen FDM malzemelerini kapsülleyerek bir tasnifini yapmıştır. $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 'un polyester kaplamayla mikrokapsüllenmesi kısmen başarılı olmuştur. Değişik geometriye sahip kapsüllenmiş FDM'lerin değişik malzeme ve avantaj ve dezavantajları Daha sonraki çalışmalar cidar ve taban panellerinin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ un plastik film ile makrokapsülenerek kaplanması hava kullanılarak yapılan ısıtma sistemlerin ısı transferlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır.

Eames ve arkadaşları [78], tarafından su ihtiva eden küresel formdaki malzemelerin donma ve erime prosesleri deneysel olarak çalışılmıştır.

Stark [79], FDM'lerin polyester film ile kapsüllenmesi geliştirilmiştir. Malzemelerin donma ve erime prosesleri üzerinde çalışmıştır.

Royon ve arkadaşları [80], düşük sıcaklıklarda depolama için yeni bir malzeme geliştirilmiştir. Isı eşanjörleri ile direkt temasta olan yeni jenerasyon FDM'ler kapsüllenerek kullanım için oldukça uygun hale getirilmiştir. %75 parafin % 25 YYPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) karışımı gizli ısı 157 kJ/kg-199 kJ/kg ve erime sıcaklığı 57 °C olarak verilmiştir bu değer ticari parafin değerine oldukça yakındır. Alüminyum Oksit ve Amonyum Nitrat ağırlık olarak 1:1 oranında ötektik formdadır ve 53 °C da erir 48 °C kristalleşir. Entalpisi damla kalorimetresi ile ölçülür. Bulunan değerler 287 kJ/kg ve 25-67 °C erime sıcaklıkları arasındadır ve 1.67 kat sudan (172.2 kJ/kg) ve 8.75 kat (32.8 kJ/kg) kayadan fazladır. Çok sayıda ısıtma soğutma çevrimleri için faz ayrışması incelenmiştir. Buna karşın % 5 oranında attapulgit kili eklendiğinde bu ötektik karışımın faz ayrışması önlenabilir. Bu ötektik malzeme 0.0254 m. Çapta YYPE içi boş bilyalarla kapsüllenirse 1100 ısıtma soğutma çevrimi boyunca 25-65 °C ısıtma aralıklarında entalpi azalması % 5 olarak bulunmuştur.

Bu yapılan literatür araştırmalarının neticesinde yaptığımız çalışma tamamıyla yeni ve orijinal bir çalışma olmuştur. Çalışmamızda özellikle seracılığı bu bölgede uygulanabilir bir hale getirmek, üretici ve çiftçimiz için alternatif bir geçim kaynağı oluşturulmasını sağlamaktır. Bölgemizde kışın ısıtma masrafının oldukça artması bu konunun yıllarca ihmal edilmesine neden olmuştur. Seracılığın en başarılı bir şekilde uygulandığı Akdeniz bölgesinde bile ısıtma hala klasik odun veya petrol türevlerine dayalı yakıtlarla yapılmaktadır. Alternatif ısıtmalı seralar olarak yapılan bu çalışmada tamamıyla bu sistemlerin dışında yeni ısıtma sistemlerinin denenmesi amaçlamıştır. Deneysel çalışmada ilk defa Havalı güneş kolektörleri kullanılarak sera ısıtılması ve sera ısıtılmasında kimyasal madde kullanılarak geceleri ısıtma yapılması amaçlanmıştır. Tamamıyla yeni ve değişik geometrik dizaynlara sahip kolektörler denenmiştir. Yapılan diğer çalışmada toprak kaynaklı ısı pompaları kullanılarak seraların ısıtılabilirliği araştırılmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompaları ile yurdumuzda yapılan çalışmalar oldukça az ve yetersizdir. Isı pompası ile sera ısıtılmasının yanında kimyasal maddenin şarjı sağlanmış bu sayede sera içinde bu kimyasal maddenin deşarjı esnasında verdiği ısı ile ilave bir ısı kazancı elde edilmiştir. Bu yönleri ile çalışma orijinallik oluşturmaktadır.

3. DENEY DÜZENEGİ VE TANITILMASI

Deney düzeneği Şekil 3.1 de şematik olarak verilmiş ve diğer şekillerde tüm elemanların ve sera içinin renkli fotoğrafları ile gösterilmektedir. Deney seti 10 adet değişik geometrik dizaynlara sahip havalı güneş kolektörleri, bir adet hava fanı, sisteme ait açma kapama vanaları ve by-pass devreleri ile donatılmışlardır. Bir adet ısı pompası ve toprak ısı değiştiricisi, devridaim su pompası, devridaim su tankı, aşırı soğuklar için acil (emergensi) su ısıtıcısı, kimyasal maddenin konulduğu tank, sıcak havanın gönderileceği ısıtma kanalları ve kontrol üniteleri, ısıtma ortamı olarak 30 m² (6mx5m) cam sera ve diğer yardımcı elemanlardan meydana gelmiştir. Havalı güneş kolektörlerinde havanın akışını ve sirkülasyonu rahatlatmak için 10 adet olan kolektörler iki ayrı şekilde dizayn edilmiştir. Bunlar bir hat boyunca yerleştirilmiş olup ilk grup 6 adet ikinci grup 4 adet olarak yerleştirilmiştir. Geçişleri sağlamak için ve akışı yönlendirmek için devreye uygun yerlere vanalar konulmuştur. Kolektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınlamı Solarimetre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Deney düzeneğindeki havalı güneş kolektörleri hava koşullarının uygun olduğu zamanlarda sera içini ısıtmak amacıyla direkt sera içine ve boru devreleri ile sera içinde toprak yüzeyine yerleştirilmiş ve kimyasal maddenin şarjında kullanılmıştır. Kimyasal madde deposu için kullanılan silindirik tank içerisine gizli ısı (latent heat) şeklinde depolamak için tuz hidrat olarak kalsiyum klorür heksahidrat (CaCl₂.6H₂O) konulmuştur. Kurulmuş olan deney düzeneğindeki ısı pompası, bir adet hava soğutmalı kondenser, tam hermetik kompresör, soğutucu akışkan deposu, serbest genleşme kutusu, kurutucu (filtre), iki adet termik kısılma vanası, selenoid valf, alçak ve yüksek basınç prosestatı, iki adet manometre, elektrik kumanda ve kontrol panosundan ibarettir. Yatay borulu toprak kaynaklı ısı değiştiricisinde ise bir adet silindirik iç içe borulu çift geçişli ısı değiştiricisi kullanılmıştır. Isı pompasında soğutucu akışkan olarak R-22 (klorodifloro metan- CHClF₂) kullanılmıştır. Deney düzeneğinde güneş kolektörlerinden elde edilen sıcak havanın sera tabanına, sera içerisine ve kimyasal tankına direkt vermek için bağlantılar yapılmıştır.

Yukarıda kısaca anlatılan deney düzeneğinin her bir elemanı daha detaylı olarak incelenirse;

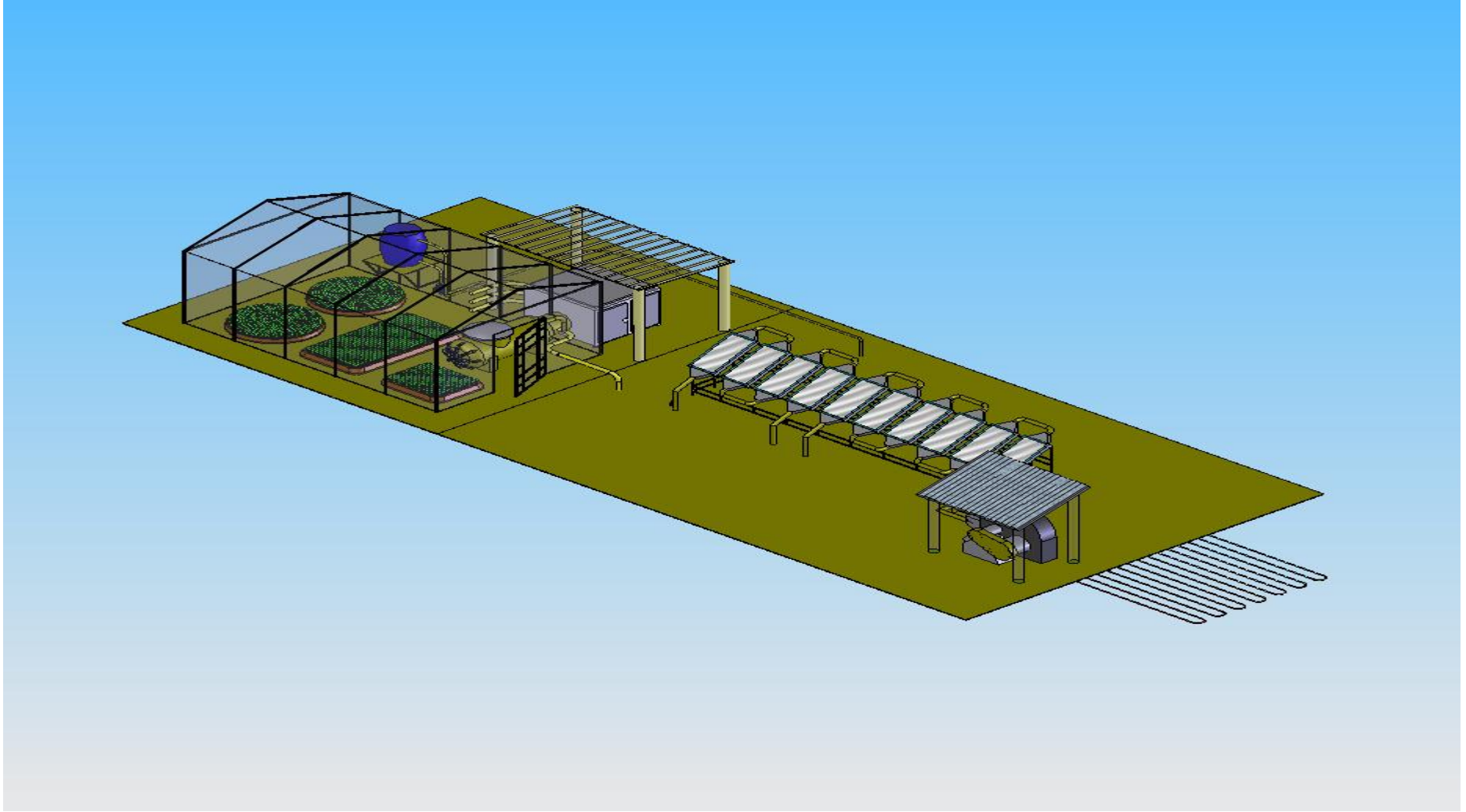
-Güneş Enerjisi Düzeneği (Havalı Kolektör)

-Isı Depolama Düzeneği

-Toprak Kaynaklı Isı Pompası Düzeneği

-Cam Sera

olarak dört ana başlık altında toplanır.



Şekil 3.1. Deney Düzeneği ve Tesisatların Görünüşü

3.1. Güneş Enerjisi Düzeneği

Güneş enerjisi düzeneği, bağlantıları ile birlikte 10 adet havalı güneş kolektörleri, solarimetre hava hattı, hava by-pass devreleri vanalar ve değer kaydedici elemanlardan meydana gelmiştir. Aşağıdaki bölümde güneş enerjisi düzeneğini oluşturan elemanların teknik ve yapısal özellikleri açıklanmıştır.

3.1.1. Havalı Güneş Kolektörleri

Şekil 3.2 ve 3.3 de görüldüğü gibi deney düzeneğinde 10 adet 5 farklı geometrilerde imal edilmiş düzlemsel güneş kolektörleri kullanılmıştır. Güneş kolektörleri Elazığ ili için yazın 38° eğimli olacak şekilde kuzey-güney doğrultusunda güney cepheye yerleştirilmiştir. Güneş kolektörlerinin 10 adedi özel olarak imal edilmiştir. Ülkemizde ticari olarak imal edilen ve kullanılan herhangi bir havalı güneş kolektörleri olmadığı için bu kolektörler tamamen bizim dizaynımız ve imalatımız olarak yapılmıştır. Hava geçişini kolaylaştırmak için hava fanının başlangıcındaki kolektörlerin aralık ve dizaynları maksimum hava geçişine olanak sağlayacak şekilde ön tarafa yerleştirilmiştir. Güneş kolektörlerinin 10 adedinin de güneş enerjisini absorbe eden absorblayıcı panosu, 0.35 mm galvaniz sac malzemesinden imal edilmiştir. Kolektörlerde 5 farklı yüzey geometrisi tasarlanmıştır. Bu sayede kolektör verimleri üzerine de bir çalışma yapılmıştır. Hava geçiş aralığının mümkün olduğunca yüksek tutulabilmesi için kolektör dış çerçeveleri iki adet kolektör üst üste konularak yapılmıştır. Bu sayede 100 mm çapındaki tesisat dolaşım borularından maksimum istifade sağlanmıştır. Kolektörlerin her birinin altına, absorblayıcı galvaniz sac ile kasa arasına 7 mm kalınlığında cam yünü ile yalıtılarak ısı kayıpları en düşük düzeyde tutulmuştur. Kolektörler kaçak ve sızdırmazlık kontrolü için 7 bar basıncındaki hava ile test edilmiş ve test sonucuna göre yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2 Havalı Güneş Kolektörlerinin Önden Görünüşü



Şekil 3.3 Havalı Güneş Kolektörlerinin Arkadan Görünüşü.

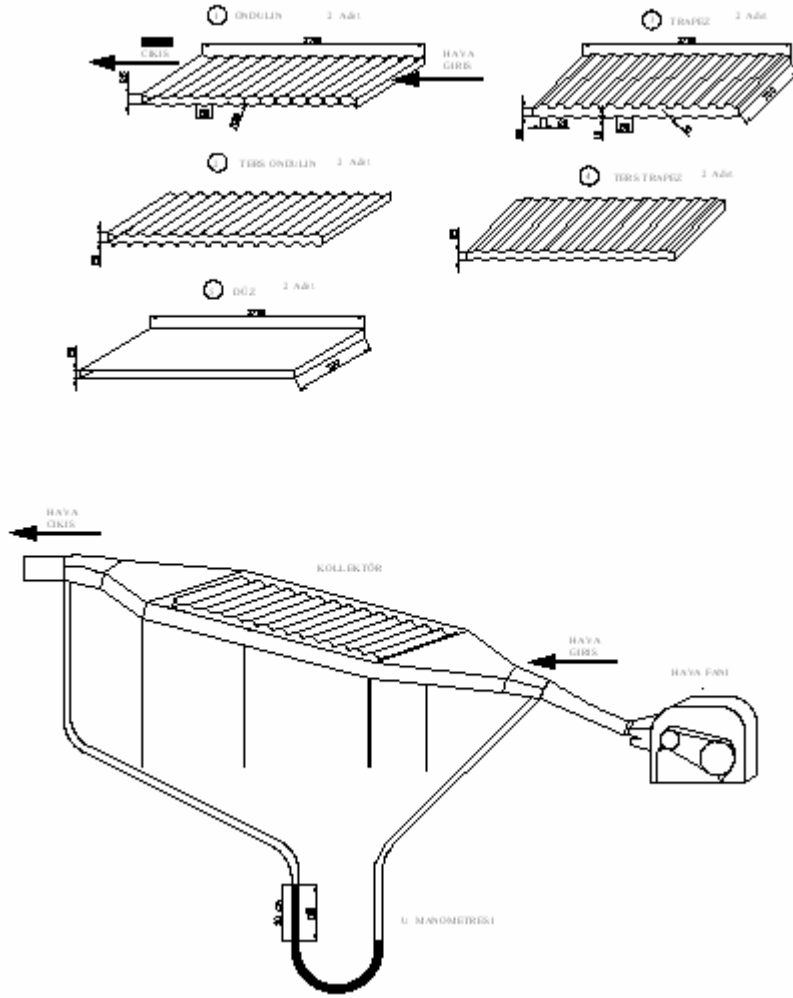
Tablo 3.1 Düzlemsel Güneş Kolektörleri Teknik Özellikleri

Malzeme	Alüminyum
Dış Ölçüler	1.9x 0.9x0.18 m.
Faydalı alan	1.6 m ²
Ağırlığı	35 kg
Basınca dayanıklılığı	Max. 16 bar
Cam örtü sayısı	1 Adet
$(\tau\alpha)_e$	0.80
F_r	0.85

Kolektörlerin imalat resimleri Şekil 3.4’ de verilmiştir.

3.1.2. Havalı Güneş Kolektörleri Tesisat ve Bağlantıları

Güneş enerjisi sisteminde, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 görüldüğü gibi havalı güneş kolektörlerinin sayısı fazla olduğu ve bunlardan maksimum verimi alabilmek için iki ayrı grup olarak seri şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.4 Deneyde Kullanılan Havalı Güneş Kolektörleri İmalat Resimleri

Birinci grupta 6 adet, ikinci grupta 4 adet tutulmuştur. Birinci gruptaki elemanlar ilk altı kolektörden sonra izoleli bir şekilde 30 cm toprak altına yerleştirilmiş daha sonra ikinci gruptaki 4 adet kolektörle bağlantıları yapılarak ve gerekli yerlere yönlendirici ve sevk edici vanalar konularak sera içerisine doğru yönlendirilmiştir. Kolektörlerin hava sevk edilen ağız kısımları 100 mm çapındaki borudan hava geçişini kolaylaştırmak ve yönlendirme yapmak için üçgen şeklinde 0.35 mm. galvaniz saçtan içerisi cam yünü ile kaplanarak ve dış etkenler ve hava koşullarına dayanacak şekilde kenetlemeli olarak imal edilmişlerdir. Kolektör hava giriş boruları 5 bar basınca dayanacak PVC borulardan seçilmiştir. Boruların üstü 3 kat izole edilmiştir. Birinci kat tülbent ve çabuk kuruyan alçı ile kaplanmış ertesi gün tam kuruduktan sonra astar boya ile boyanmış, ikinci kat aynı şekilde yapılmış, üçüncü kat flex boru izolasyon malzemesi ile kaplanmış üzerine tekrar astar boya çekilmiştir. Geçmeler ve bükümler havanın geçişine engel teşkil etmeyecek şekilde test edilerek montaj yapılmıştır. Tüm kolektörler 40x40 lama çelikten yapılan bir hat boyunca yerleştirilen sehpa üzerinde kuzey-güney hattı boyunca pusula ile normlara uygun bir yön ayarlaması yapılarak Elazığ ili için Devlet Meteoroloji İstasyon Müdürlüğünden alınan değerlere göre kuzey- güney hattı boyunca 38° eğimle yerleştirilmiştir. Hava sirkülasyonu için bir adet hava fanı ile irtibatlandırılmıştır. Şekil 3.5 de deney tesisat bağlantıları verilmiştir.



Şekil 3.5 Havalı Güneş Kolektörlerinin Tesisat ve Bağlantıların Görünüşü

3.1.3. Hava Fanı

Havalı güneş kolektörü sisteminde havanın basınçlı bir şekilde kolektörlerden sevkı için bir adet radyal fan (salyangoz şeklinde) yerleştirilmiştir. Daha önce bir yüksek kapasiteli bir kalorifer kazanında hava üfleyici olarak kullanılan fan devri düşürülerek ve motor gücünde de bir tadilat yapılarak dizayn edilmiştir. Fan hava üfleyici ağzı kolektör girişinde ikiye ayrılarak fanın zorlanmasının önlenmesine çalışılmıştır. Çıkış kısımları spiral boru bağlantıları şeklinde yapılarak kolektör girişleri ile bağlantıları yapılmıştır. Fan bir beton kaide üzerine oturtularak titreşim ve sarsıntı için dengelenmiştir. Elektrik ve pano bağlantıları yanına yapılmıştır. Elektrik şalterlerin dış etkenler tarafından korumak için fan gövdesine yerleştirilen bir saç kutu içine konmuştur. Elektrik motorunun rahat çalışabilmesi için çalıştırma yıldız- üçgen şalterle yapılmıştır. Fanın emme ağzındaki valf ile hava debisi ayarlanabilmekte, ayrıca kollektör girişlerine vanalı ve çıkış noktalarına yerleştirilen küresel By-pass sistemleri ile hava akımı istenilen noktalara yönlendirilmektedir. Fan ile ilgili teknik özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.6 Hava Fanı ve Bağlantılarının Görünüşü.

Tablo 3.2 Hava Fanı Teknik Özellikleri

Marka:	Ed-Vantilatör Sanayi ve Ticaret LTD.
Tipi:	ER40145S6270K
Nominal güç:	5 HP
Nominal devir.	1400 d/dak.

3.1.4. Solarimetre ve Kaydedici (İntegratör)

Düzlemsel güneş kolektörleri yüzeyine gelen toplam güneş ışıını deney sırasında Kıpp-Zonen solarimetresi ile ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler solarimetreye bağlı olarak çalışan data logger da kaydedilmiştir. Solarimetre seranın çatısının 2 metre üstünde güneş kolektörlerine yakın bir yere ve kolektörlerle aynı eğimde yerleştirilmiştir. Data logger ile ona bağlı kaydedici de dış etkenlerden korunacak şekilde kapaklı bir saç dolap içerisinde solarimetreye uygun bir yere yerleştirilmiştir. Değerlerin daha sağlıklı olabilmesi için Elazığ Devlet Meteoroloji İstasyonundan da alınan değerlerle karşılaştırılması yapılmış. Değerlerin gayet uyumlu olduğu görülmüştür. Veri toplayıcı olarak Almemo 5990-0 model çok noktadan ölçüm alabilen cihaz kullanılmıştır. Veri toplayıcı aşağıda verilen ekipman ve özelliklere sahiptir.

- 1 adet Pentium-III bilgisayar/ PIV bilgisayar
- 27 adet giriş soketi,
- 2 adet çıkış soketi,
- 99 ölçüm kanalı,
- Bilgisayar destekli online bağlantı elemanı,
- 12 VDA (ZB3093NA) güç kaynağı,
- ZA9000FST bağlantı elemanı,



Şekil 3.7 Veri Toplayıcı

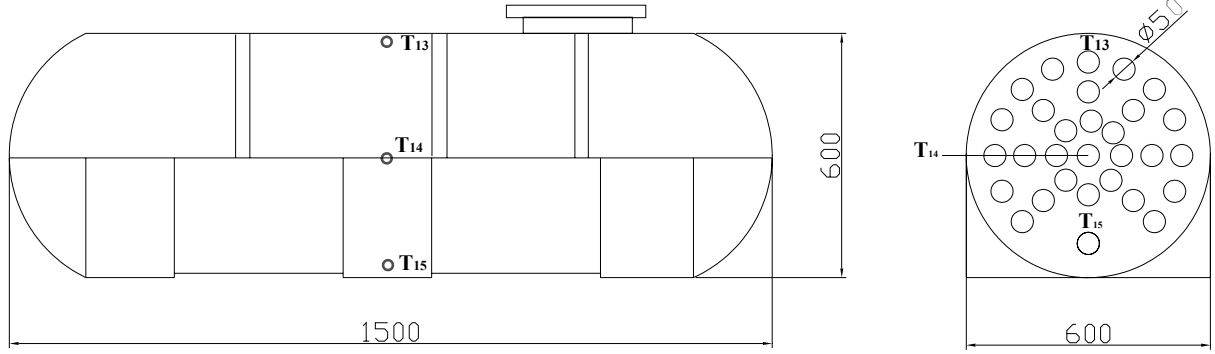
3.2 Enerji Deposu

Enerji deposu, güneş kolektörlerinde ve toprak kaynaklı ısı pompası ile toplanan ısı enerjisini faz değiştiren kimyasal madde ile gizli ısı şeklinde depolayan bir tanktır. Plastik Depo Şekil 3.8’de görüldüğü gibi çapı 60 cm, boyu 150 cm ve yüksekliği 60 cm olan silindirik biçimde 5 mm kalınlığında 400 lt. hacminde bir tanktır. Depo yan gövdesine eşit aralıklarla yerleştirilmiş 30 adet 50 mm çapındaki PVC borulardan oluşmuştur. Boruların esneklik ve sızdırmazlık testi için özel bir kimyasal madde Yüksek kaliteli tek bileşenli poliüretan yapıştırıcı (**High Quality-One Component Polyurethane Adhesive**) ile delik uçları depo dışından yapıştırılmıştır. Su ve basınçlı hava test edilerek sızdırmazlık ve dayanım testleri yapılmıştır. Bu deponun içine kimyasal madde yerleştirilmiştir. Kimyasal madde dolum ve boşaltımı için uygun yerlere vanalar bırakılmıştır. Kimyasal maddenin tank içinde homojen dağılması için boru demetlerinin yerleşimi belirli aralıklarla yapılmıştır. Tankın içindeki borularda esneklik ve sızdırmazlık için iç taraftan da yalıtım yapılmıştır. Bilindiği gibi kimyasal madde deşarj anında oldukça büyük şekil değişikliğine uğramaktadır. Bunun için en uygun malzeme seçilmesi, korozyon yapmaması ve bu şekil değişikliğini karşılayacak bir madde olmasıdır. Bunun için kimyasal maddenin depolanması için en uygun malzeme esnek bir malzeme olmasıdır. Deponun alt tarafına boşaltma için bir adet kelebek vana yerleştirilmiştir.

Deponun ısı pompasına ve sera içine bağlantıları için özel olarak imal edilmiş içerisinde kelebek bir vana çalışan davlumbaz yapılmıştır. Davlumbaza hava kolektörlerinden gelen sıcak hava için bir giriş, gözetleme ve ölçüm alma kapağı, yan tahliye kapağı yerleştirilmiştir. Kelebek vananın tam açılabilmesi ve rahat çalışabilmesi için içerde lastik contalarla sızdırmazlık sağlanmıştır. Tanka bağlantı yerleri sızdırmazlık elemanları ile yalıtılmıştır. Tank sera içerisinde bir metal sehpa üzerinde dengeli bir şekilde oturtulmuş ve sabitlenmiştir. Şekil 3.9’de tankın ölçüleri verilmiştir.



Şekil 3.8 Kimyasal Madde Tankı ve Boruların İmali



Şekil 3.9 Kimyasal Madde Tankı ve Boruların Görünüşü

3.2.1 Isı Enerjisi Depolayan Kimyasal Madde

Isı depolama uygulamalarında daha öncede bahsedildiği gibi düşük sıcaklıklarda (20-100 °C) yapılan uygulamalarda iki çeşit depolama kullanılmaktadır. Birincisi duyulur ısı (sensible heat) depolama, diğeri ise gizli ısı (latent heat) depolama yöntemidir. Bizim çalışmamızda, güneş kolektörlerinden veya ısı pompası vasıtasıyla toplanan veya üretilen enerjiyi depolamak için gizli ısı enerji depolama metodu seçilmiş ve enerji depolayıcı madde olarak da düşük sıcaklıkta faz değiştiren ticari saflıkta Kalsiyum klorür heksahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kullanılmıştır. Daha öncede ifade edildiği gibi Kalsiyum klorür heksahidrat hem ekonomik hemde ısısal ve kimyasal kararlılık bakımından diğeri faz değiştiren maddelerden daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca bu madde zehirleyici ve insan sağlığına zararlı değildir. Bilindiği gibi kalsiyum klörür soda fabrikalarında yan ürün olarak elde edildiğinden daha ekonomik olmaktadır.

Susuz olarak satın alınan bu maddeye laboratuarda teorik miktarın (ağırlıkça % 51 CaCl_2 ve % 49 H_2O) biraz fazlası su ilave edilerek çözülüp içine kristalleşmeyi sağlamak için çekirdekleştiririci olarak kimyasal maddenin ağırlığının % 2-4 oranında merk KNO_3 (% 99.8 saflıkta) ilave edilerek kalsiyum klörür heksahidrat hazırlanmış tam karışımı sağlamak ve malzeme içinde katılaşmamama olmaması için tanklar içinde karıştırılarak eritilmiştir.

Malzeme soğutulmaya bırakılmış ve enerji deposuna yerleştirilmiştir. Tablo 3.3 de, kalsiyum klörür hekzahidrat'ın bazı teknik özellikleri verilmiştir. Depolama için kullanılan kimyasal madde miktarı 300 kg'dır. Depolama maliyeti oldukça düşük olmaktadır. Malzemenin içine katılacak olan diğer safsızlar (% 5-8 oranında KCl, NaCl vs.) sayesinde tuz hidrat daha iyi bir erime-katılma özelliği göstermektedir. Fakat maddenin safsızlığı % 90-92 arasında değiştiği için ısı depolama kapasitesi Merk maddeye göre biraz daha az olmaktadır. (165-170 kJ/kg) . Bununla birlikte, ekonomik faktörlerde göz önüne alındığında uygulamada ucuz olan teknik saflıkta madde kullanmak daha uygun olacaktır.

Tablo 3.3 Kalsiyum Klörür Hekzahidrat'ın Bazı Teknik Özellikleri

Erime noktası	28-35 °C
Yoğunluk	1500 kg/m ³
Depoladığı gizli ısı	45 kcal/kg
Aşırı soğuma derecesi	1 °C (çekirdekletirici ilavesi ile)
Isı depolama kapasitesi	7.6. 10 ⁴
Isı çevrim sayısı	Literatüre göre 3500
Fiyat	2.5 YTL/kg
Yanıcılık ve zehirleyicilik	Yok
C _p k (Özgül ısı)	0.34 kcal/kg °C
C _p s (özüml ısı)	0.50 kcal/kg °C



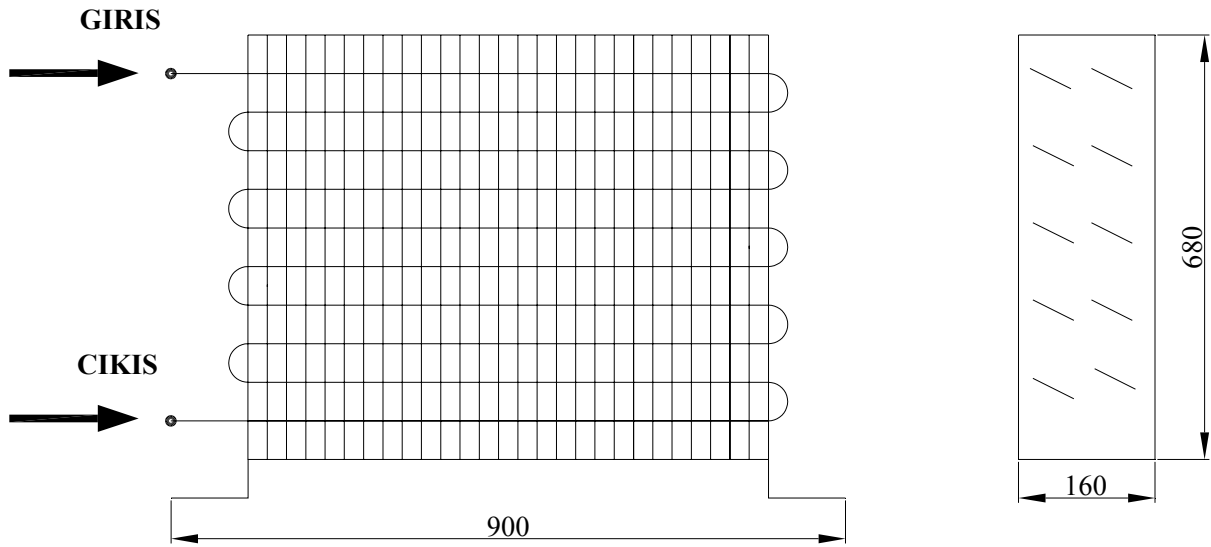
Şekil 3.10 Kalsiyum Klorürün ve Potasyum Nitratın Harmanlanmış Görünüşü.

3.3 Isı Pompası Düzeneği

Deney düzeneğinde Şekil 3.1 de görüldüğü gibi yatay toprak kaynaklı olarak çalışan bir ısı pompası kullanılmıştır. Toprağa yatay olarak serilen plastik borular içerisinde ısıtıcı akışkan olarak antifirizli su (salamura) dolaştırılmış ve topraktan ısı çekilerek eşanjöre aktarılmıştır.

3.3.1 Kondenser

Isı pompası sisteminde hava soğutmalı kondenser kullanılmıştır. Kondenser kapasitesi 20 kWh ısı verecek şekilde seçilmiştir. Kondenserden hava akışını sağlamak için Şekil 3.11 Görüldüğü gibi kondenserin hava kanalının emme tarafına yerleştirilmiş olan 45 cm çapındaki 180 W lık bir fan kullanılmıştır. Kondenser kanatlı olup 3/8” bakır borudan imal edilmiştir. Ayrıca kanat ömalzemeleri aliminyumdan seçilmiş olup kanat aralığı 3 mm. olacak şekilde yapılmıştır. Kondenserin konulduğu yer sera içi ile irtibatlandırılarak emiş havasını sera içerisinde çekmesi sağlanmıştır. Kondenserin bulunduğu kısım bir saç ile kapatılarak foam ile sızdırmazlık sağlanmıştır.



Şekil 3.11 Kondenserin (Yoğuşturucu) Görünüşü

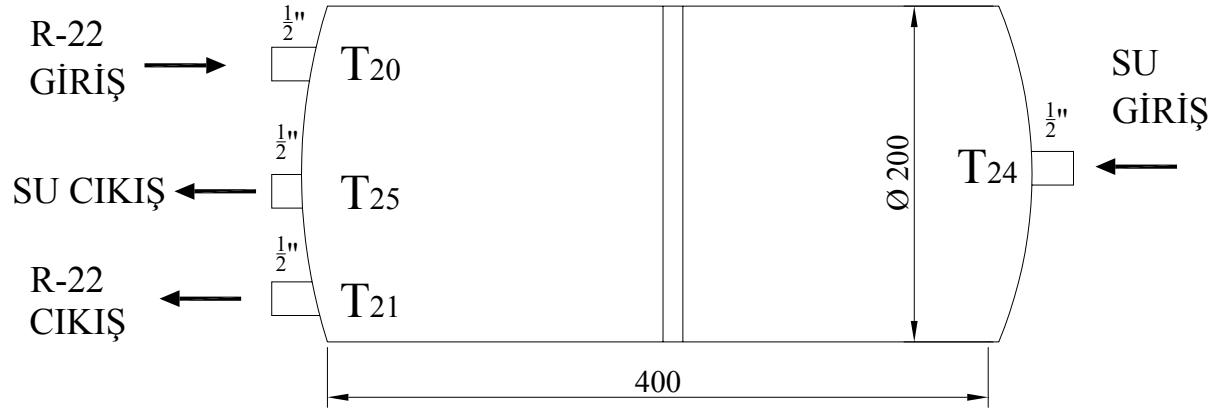
3.3.2 Sıvı-Gaz Isı Eşanjörü

Deney düzeneğinde, topraktan gelen salamura suyun sıcaklığını ısı pompasına direkt aktarabilmek için sudan-havaya ısı transfer eden bir adet ısı değıştirici kullanılmıştır.

Şekil 3.12’de görülen bu ısı değıştirici, tasarım olarak kondensere benzemektedir. Kondenserde kanatçıkların arasındaki bakır boruların içinden R-22 gazı dolaşırken, burada boruların içinden toprakta dolaştırılan su dolaşmakta ve ısısını ısıtma ortamına gönderilen gaza vermektedir. Kullanılan ısı eşanjörünün kapasitesi maksimum 5 kWh olarak seçilmiştir. Isı eşanjörü tüplü tip olup dikey olarak yerleştirilmiştir. Bundaki amaç boru bağlantılarının ve ölçüm cihazlarının yerleştirilme kolaylığıdır. Isı eşanjöründe alt tarafta su girişi ve gaz girişi üst tarafta su çıkışı ve gaz çıkışı vardır. Bunların birbirine temas ve etkileme olmaması için gerekli izolasyonlar yapılmıştır.



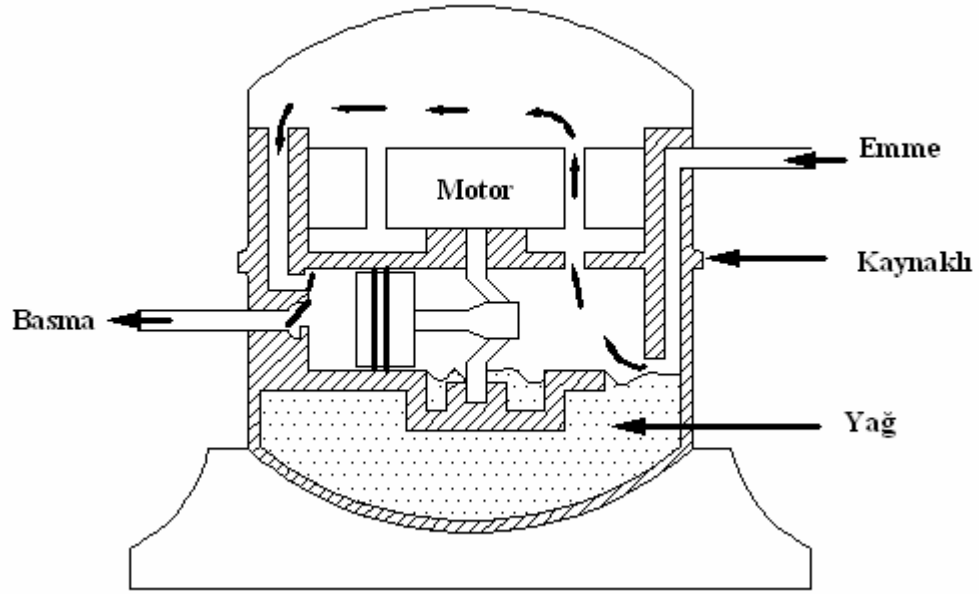
Şekil 3.12 Silindirik İç İçe Borulu Isı Eşanjörünün Görünüşü



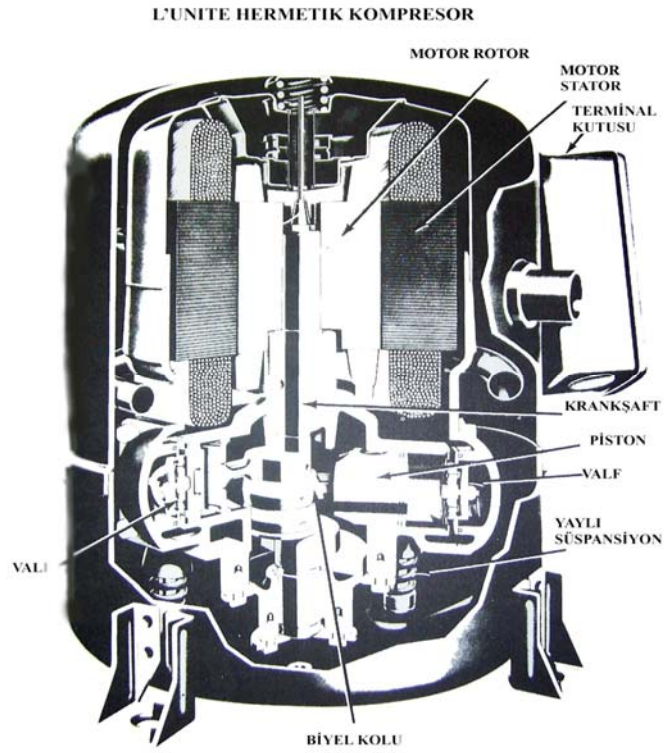
Şekil 3.13 Silindirik İç İç Borulu Isı Eşanjörünün Görünüşü.

3.3.3 Kompresör

Isı pompası düzeneğinde soğutucu akışkan olarak R-22 kullanan tam hermetik pistonlu kompresör kullanılmıştır. Kompresörün teknik özellikleri Tablo 3.4 de şematik olarak görünüşleri ise şekil 3.14.'de verilmiştir. Ayrıca ısı pompası sisteminin kompresörün dıştan görünümü şekil 3.15' de verilmiştir.



Şekil 3.14 Dikey Tam Hermetic Kompresörün Görünüşü



Şekil 3.15 Dikey Tam Hermetic Kompresörün Kesit Görünüşü.

Tablo 3 .4 Kompresörün Teknik Özellikleri.

Marka:	L'UNITE HERMETIQUE TECUMSEH
Model:	TFH 5532F
Nominal voltaj:	220-240/1/50
Kapasite:	5487 W
Güç harcamı:	2.5 HP (1.86 kW)
Buharlaştırma sıcaklığı:	7.2 °C
Yoğunlaşma sıcaklığı:	46 °C
Emme gaz sıcaklığı:	35 °C
Kullanılan gaz:	R-22
Nominal devir:	2900 d/dak
Gaz akış miktarı:	9.2 m ³ /h
Çalışma basıncı:	16.7 bar
Net ağırlığı:	28 kg.
Max. Çalışma basıncı :	25 bar
Soğutucu doldurma:	2.7 (max. Tavsiye edilen)

3.3.4 Termik Kısılma Vanası

Isı pompası deney düzeneğinde 3/8" lik bir adet termik kısılma vanası kullanılmıştır. Bu vana toprak kaynaklı evaporatörün girişine, Termik kısılma vanası soğutucu akışkanın basıncını ve sıcaklığını düşürmeye yarar. Sıcaklığa duyarlı olan ucu evaporatörün çıkışına temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Termik kısma vanasının bu hassas ucu buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu akışkanın kızgınlığına göre buharlaştırıcıya gidecek olan R-22 gazının miktarını ayarlamaktadır.

3.3.5 Kurutucu ve Yan Geçiş (By-pass) Devresi

Kondensördeki soğutucu akışkanın basıncı atmosfer basıncının altına düştüğü zaman, sistem ne kadar iyi izole edilirse edilsin sisteme dışarıdan bir miktar hava sızıntısı olacaktır. Havanın içinde bulunan su buharı dar kesitlerden geçerken donarak soğutucu akışkanın geçmesini engeller. Bu durum, ısı pompasının performansının düşmesine yol açmaktadır. Bunu önlemek için ısı pompasının kondenseri ile termik kısılma vanası arasına 3/8" lik kurutucu konmuştur.

Kurutucu içinde bulunan silikajel maddesi soğutucu içindeki su buharını ve diğer yabancı maddeleri soğutucu gazdan ayırmaktadır. Kurutucu bozulduğu veya tıklandığı zaman, ısı pompasının çalışmasını sağlamak için kurutucuya paralel olarak sisteme yan geçiş (by-pass) devresi konulmuştur.

3.3.6 Alçak ve Yüksek Basınç Prosestatı

Kompresörün alçak ve yüksek basınç kısmına otomatik olarak kumanda edebilen bir cihazdır. Isı pompası düzeneğinde prosestat, kompresörün girişine ve çıkışına birer ucundan bağlanarak monte edilmiştir. Buharlaştırıcının basıncı, ayarlanan basıncın altına düştüğü zaman alçak basınç prosestatı otomatik olarak kompresörün elektrik motoruna kumanda ederek kompresörü durdurur. Yüksek basınç prosestatı da aynı şekilde sistemde meydana gelecek aşırı basınç yükselmesi (ayarlanan basınçtan daha büyük basınç) durumunda kompresörü otomatik olarak durdurur. Böylece kompresörün aşırı güç çekerek yanması engellenmiş olur. Yukarıda ifade edilen nedenlerden dolayı ısı pompası düzeneğine emniyetli çalışmayı sağlamak için iki adet prosestat yerleştirilmiştir.

3.3.7 Selenoid Vanası

Selenoid vanası termik kısılma vanası gibi soğutucu akışkanın geçişine kumanda eder. Soğutucu akışkan borusu üzerinde bulunan selenoid vananın açılıp kapanması elektromanyetik olarak yapılmaktadır. Selenoid vananın kumanda ucu kompresörün elektrik motoruna bağlanmıştır. Kompresörün motoru her hangi bir sebeple durduğu zaman, selenoid vana otomatik olarak sistemde dolaşan soğutucu akışkanın geçişini durdurmaktadır. Böylece meydana gelebilecek teknik arızalar önlenmiş olmaktadır.

3.3.8 Su Sirkülasyon Pompası

Deney düzeneğinde ısı pompasına gidiş üzerinde, Şekil 3.16 da görülen su sirkülasyon pompası ve by-pass devresi yerleştirilmiştir. Kullanılan su sirkülasyon pompası, ısı pompasının su kaynaklı evaporatöründe, ve topraktan gelen salamura suyun ısı eşanjörü (toprak-ısı değiştiricisi) içinde ısı transferini sağlayacak akışkanı pompalamaktadır. Kısacası sistemdeki suyun dolaşımını sağlamaktır. Su sıcak su kalorifer hortumu olarak bilinen pex ½” içerisinde dolaştırılmaktadır. Dışarda kalan tüm hortum izole edilmiştir. Su sirkülasyon pompasının teknik özellikleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5 Su Sirkülasyon Pompasının Teknik Özellikleri

Markası	:	DAB	A 50/180 XM	3 Hızlı
Gücü	:	160 W	2710	d/d
		148 W	2540	d/d
		140 W	1715	d/d
Nominal voltaj	:	1x230 V		
Debisi	:	1-12 m ³ /h		
Basma Yüksekliği	:	8 metre		

3.3.9. Su takviye tankı

Sistemde devir daim yapan pompanın kapalı bir çevrim içinde sirkülasyonu pompa için bir takım sakıncalar içermektedir. Bunun nedeni dolaşan toplam hortum boyunun fazla olmasıdır. Sistemde kullanılan toplam boru uzunluğu 256 metredir. Sirkülasyon pompası U şeklinde döşenen ve hortum çapının küçük olması nedeniyle zorlanmaktadır. Bunun bertaraf edilmesi için açık bir sistem düşünülerek yer altından çekilen salamura suyun sera içerisinde 50 litrelik bir tanka basılması ve buradan sirkülasyon pompası ile çekilerek ısı değiştiricisine sevki düşünülmüştür. Bu sayede sistemin ısı transferinin daha iyi olduğu ve pompanın daha verimli çalıştığı görülmüştür. Devreye giriş ve çıkışlar için uygun yerlere küresel vanalar yerleştirilmiştir. Sera içerisindeki depodaki antifrizli (salamura su) suyun donma derecesi ve miktarı rahatça gözlenebilmektedir.



Şekil 3.16 Su Takviye Tankı, Sirkülasyon Pompası ve Bağlantılarının Görünüşü

3.3.10 Termoeleman Bağlama Parçaları

Sistemdeki termoeleman bağlama parçaları, dış ünite ve iç ünite olmak üzere iki ana kısma ayrılmışlardır. Dış ünite kısmı havalı güneş kolektörleri, toprak ısı değiştiricisi ve ısı pompası üzerinden alınmıştır. Kullanılan Termoelemanın (Bakır-konstantan çiftli) öncelikle toprak içine yerleştirilen hortum içerisindeki salamura suyun sıcaklığını ölçmek için belirli aralıklarla 9 adet termoeleman bağlanarak sabitlenmiştir. Toprak içindeki suyun ısı pompasına girmeden önce su giriş, su çıkış ve toprak sıcaklıklarını ölçmek için termoeleman yerleştirilmiştir. Toprak sıcaklığını hassas olarak ölçmek için ısı iletim katsayısı yüksek olan madeni yağ ile doldurulduktan sonra, termoeleman çifti izolasyonlu olarak ağız kapatılarak toprak içine yerleştirilmiştir. Dış ünite de ısı pompası üzerinde tekrar su giriş ve çıkış sıcaklıkları, evaporatör gaz giriş ve çıkış sıcaklıkları, kompresör gaz giriş ve çıkış sıcaklıkları için termoelemanlar yerleştirilmiştir. İç ünite de kimyasal madde tank içi sıcaklıkları, klima havası giriş sıcaklıkları, havalı güneş kolektörü giriş havası sıcaklıkları, sera içi ve sera dışı sıcaklıkları için termoelemanlar yerleştirilmiştir.



Şekil 3.17 Termoeleman ve Bağlantılarının Görünüşü



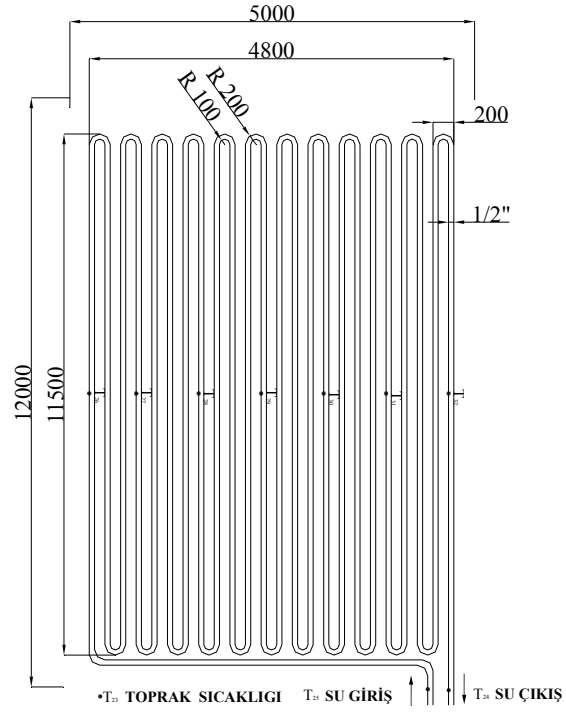
Şekil 3.18 Salamura Su Giriş-Çıkış ve Toprak Sıcaklık Ölçüm Bağlantılarının Görünüşü

3.3.11 Toprak Isı Değiştirici

Sistemde toprak altına döşenen hortumlar için seranın hemen dışında havalı kolektörlerin arka tarafında dikdörtgen şeklinde 12 metre boyunda 5 metre eninde ve 2 metre derinliğinde yer hazırlanmıştır. Hortumlar bu alana tam yerleşecek şekilde 20 cm aralıklarda yerler işaretlenerek ve zeminde oynamaması için her hortum tırnaklı klipslerle tutturularak sabitlenmiştir. Dönüşlerin mümkün olduğunca rahat olması için uygun radüsler verilmiştir. Hortumların yerleştiği yerde zemin önce çok ince elenmiş kum (sıva kumu) ile düzeltilmiştir. Yerleştirme işleminin sonra toprak ile kapatmadan önce hortumların üzeri ısı iletiminin daha iyi olması ve ısının daha rahat çekilmesi için aynı kum ile kapatılmıştır. Kullanılan toplam boy 246 metredir. Bunun 10 metrelik kısmı dışarıda kalmıştır. Toplam boy 256 metredir. Toprak altı ısı değiştirici hortumların fotoğrafları 3.19'de verilmiştir. Toprak altı ısı değiştirici hortumların yerleştirilmeleri ve ölçüleri şekil 3. 20' de verilmiştir.



şekil 3.19 Toprak Altı Isı Değiştiricisi ve Hortumların Görünüşü.



Şekil 3.20. Toprak Altı Isı Değiştiricisi Ölçüleri ve Boyutları.



Şekil 3.21 Zeminin Toprakla Kapatılması

3.4. Isıtma Ortamı

Isıtma ortamı olarak 30 m² döşeme alanı olan, uzunluğu 6 metre, genişliği 5 metre, yüksekliği 2 metre olan bir cam sera kullanılmıştır. Cam sera çelik yapısı 30x30 ve 40x40 lama çelikten olup çelikten imal edilerek paslanmaya karşı galvaniz ile kaplanmıştır. Bağlantılar kaynak ile birleştirilmiş ve sabitlenmiştir. Cam kalınlıkları ön cephede 3mm., çatı kısmında 4 mm. olarak tutulmuştur. Yan duvarlarda ve çatı kısmında herhangi bir ısı yalıtım malzemesi yoktur. Döşeme kısmında kullanılan toprak zeminin alt kısmı önce tesviyeli bir şekilde döşenmiş üstüne yerleştirilen toprak önce sıkıştırılmış sonra serbest olarak tesviye edilerek ürün yetiştirilmeye hazır hale getirilmiştir. Seranın dıştan ve içten görünüşleri Şekil 3. 22 ve 3.23 de verilmiştir.



Şekil 3.22 Seranın Dıştan Görünüşü (Haziran ayı)



Şekil 3.23 Seranın İç Görünüşü



Şekil 3.24 Seranın Komple Görünüşü



Şekil 3.25 Serada Yetiştirilen Ürünün Görünüşü.

4. ÖLÇÜMLER VE DENEYLERİN YAPILIŞI

Deneylelerde, her yarım saatte bir aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

- a- Güneş ışınlmı ölçümü
- b- Sıcaklık ölçümü
- c- Debi ölçümü
- d- Basınç ölçümü
- e- Güç ölçümü

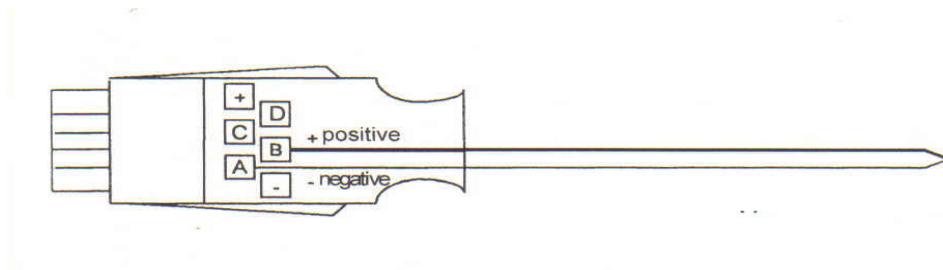
4.1. Güneş Işınımının Ölçümü

2005 ve 2006 yıllarında sonbahar, kış ve ilkbahar başlangıç mevsimi boyunca güneş ışınlmı Kıpp-Zonen solarimetresi ile ölçülerek solarimetreye bağlı data logger'da kaydedilmiştir. Ölçümlerde Elazığ Devlet Meteoroloji İstasyonundan alınan değerlerle karşılaştırma yapılmıştır.

4.1.1. Deneyler Sırasında Kullanılan Ölçme Cihazları

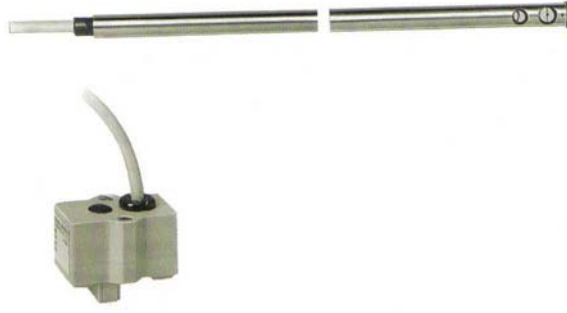
Deney düzeneğinde sıcaklıklar 0.05 mm çapındaki T-tipi bakır-constant (Cu-CuNi) ısı çifti ile ölçülmüştür. Kullanılan ısı çiftleri -200 ila +400 °C arasında, 0.1 K kararlılıkta ve % ± 0.1 hata ile sıcaklık ölçümü yapabilmektedir.

Isıl çiftler, ZA9000FST bağlantı elemanı (connector) ile veri toplayıcıya bağlanmıştır. Bağlantı elemanının şematik görünüşü ve fotoğrafı Şekil 4.1'de verilmiştir.(Ahlborn, 2005, Almemo product Catalog, Germany).



Şekil 4.1 ZA9000FST Bağlantı elemanının şematik görünüşü

Deneylelerde hava hızı ölçmek için FVA645TH3 Termoaneometre Akış Sensörü kullanılmıştır. Almemo firmasından satın alınan akış sensörünün fotoğrafı Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. FVA645TH3 Thermoanemometre akış sensörünü

Termoaneometre akış sensörünün (Thermoaneometer Flow Sensor) teknik özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir

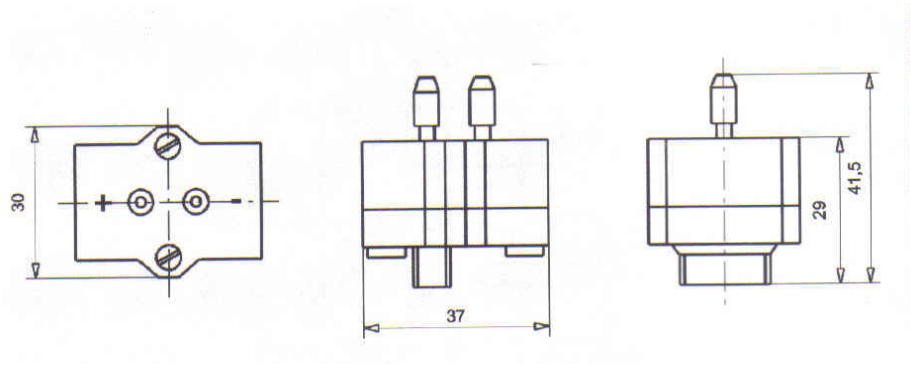
Tablo 4.1 FVA645TH3 Akış sensörünün teknik özellikleri

Ölçüm aralığı	0.1-15 m/s
Sıcaklık aralığı	(-20)-(+80) °C
Etkili aralık	(0)- (+70) °C
Telafl aralığı	(+10)-(+36) °C
Nominal sıcaklık	+22 °C ±2 K
Hava nemi	0-90% r.H.
Çalışma gerilimi	6-13 V
Akım	50 mA
Boyutlar	300 mm uzunluk, 8 mm çap
Kablo uzunluğu	1.5 m

Kollektör giriş-çıkışındaki basınç farkını belirleyebilmek için FDA612MR Basınç modülü kullanılmıştır. Basınç modülünün fotoğrafı ve şematik görünüşü ile detayı sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.4’de görölmektedir.



Şekil 4.3. FDA612MR Basınç modülü



Şekil 4.4. FDA612MR Basınç modülünün şematik görünüşü ile detayı

Basınç modülünün teknik özellikleri Tablo 4.2’de belirtilmiştir.

Tablo 4.2 Basınç modülünün teknik özellikleri

Ölçüm aralığı	± 1000 mbar
Yükleme kapasitesi	Maksimum 3 kat ölçüm aralığı
Nominal sıcaklık	$22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$
Çalışma sıcaklığı	$(-10)-(+60)\text{ }^{\circ}\text{C}$
Hava nemi	10-90 % r.H.
Boyutlar	37 mm x 36 mm x 22 mm
Sensör malzemesi	Alüminyum, naylon, silikon, silika jel

4.2 Sıcaklık Ölçümü

Yapılan deneyler boyunca sistemin çeşitli yerlerinden Şekil 3.1 görülen komple resimden soğutucu akışkan, sistemde dolaşan salamura su, toprak sıcaklığı, toprakta dolaşan suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları, hava kolektörleri, giriş ve çıkış sıcaklıkları, hava fanı giriş sıcaklığı, sera giriş sıcaklığı, sera iç ve dış ortam sıcaklıkları, kimyasal madde tankı sıcaklıkları, sıcak hava giriş sıcaklığı, kondenser ve evaporatör gaz sıcaklıkları bakır-konstantan termoeleman çifti ile ölçülerek data loger ile kaydedilmiştir. Ayrıca sera iç ve dış ortam sıcaklıkları ve bağıl nem seranın iki ayrı yerine kurulan digital termometreler ile de ölçülmüştür.

4.2.1 Soğutucu Akışkanın Sıcaklık Ölçümleri

Deney düzeneğinde ısı pompasının kompresörünün, kondenserin, su kaynaklı evaporatörün giriş ve çıkış noktalarındaki soğutucu akışkanın (R-22) sıcaklıkları yine aynı termoeleman çiftleri ile ölçülmüştür.

4.2.2 Sistemde Dolaşan Suyun Sıcaklık Ölçümleri

Deney düzeneğinde, toprak altında dolaşan salamura suyun, su kaynaklı evaporatörün, suyun topraktan çıkış ve toprağa giriş sıcaklıkları yine aynı termoeleman çiftleri ile ölçülerek data logger ile kaydedilmiştir.

4.2.3 Sistemde Dolaşan Havanın ve Ortamın Sıcaklık Ölçümleri

Deney düzeneğinde, toprak kaynaklı evaporatörün, kondenserin ve toprak ısı değiştiricisinin hava giriş ve çıkış kanalların belirli yerlerine yerleştirilen termoeleman çiftleri ile bu noktalardaki hava sıcaklıkları ölçülmüştür.

4.2.4 Sistemdeki Kimyasal Madde Sıcaklık Ölçümleri

Deney düzeneğinde kimyasal maddenin şarj ve deşarj anındaki sıcaklık değerleri hava giriş, hava çıkış, ve tank cidarlarına yerleştirilen termoelemanlar yardımıyla tank sıcaklığı ölçülmüştür.

4.3 Sistemdeki Debi Ölçümleri

Deney sırasında sistemde dolaşan suyun ve hava kanallarındaki havanın debileri ayrı ayrı ölçülerek kaydedilmiştir.

4.3.1 Sistemde Dolaşan Salamura Suyun Debinin Ölçümü

Sistemde dolaşan salamura su (antifrizli su) sera içine yerleştirilen bir tankla açık sisteme dönüştürülmüştür. Suyun dönüş hattına yerleştirilen bir rotametre ile suyun debisi ölçülmüştür.

4.3.2 Sistemdeki Hava Kanalındaki Havanın Debinin Ölçümü

Deney düzeneğinde kondenser çıkışındaki havanın tank giriş ve çıkış arasındaki debisi kızgın tel anometresi ile ölçülerek veri toplayıcıya aktarılmıştır.

4.4 Sistemdeki Basınç Ölçümü

Isı pompası sisteminde kompresör giriş ve çıkışında soğutucu akışkanın basınçları manometreler ile ölçülerek kaydedilmiştir. Basınç ölçümünde kullanılan manometreler tekrar kalibre edilmiştir.

4.5 Sistemdeki Güç Ölçümü

Deney düzeneğinde kullanılan güneş kolektörü fanı, ısı pompasında kullanılan fanlar, su sirkülasyon pompası ve kompresörün çektiği güç sera içine yerleştirilen bir elektrik sayacı ile hesaplanmıştır. Bu da bize sistemin çekmiş olduğu enerjiyi rahatça kontrol etme imkanı sağlamıştır.

4.6. Deneylerin Yapılışı

Bu çalışmada son 20 yıldır Ülkemizde üretici için yeni bir geçim kaynağı olan seracılığın en önemli sorunlarından olan ısıtma problemleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizin bazı bölgelerinin etkin olduğu Akdeniz ikliminin seracılık yönünden çok büyük atılımlar yaptığı bilinmektedir. Bizim amacımız kısmen Akdeniz ikliminin tipik bazı özelliklerini karşılayan Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgesinde seracılığın yaygınlaşması ve yapılmasıdır. Özellikle GAP projesinin tam olarak işyerlik kazanması sayesinde seracılığın daha büyük atılımlar yapacağını ummaktayız. Seracılıkta kullanılan klasik ısıtma sistemleri (odun, kömür, petrol türevli yakıtlar) yerine daha alternatif sistemlerin kullanılmasıdır. Bu çalışmamızda daha önce ülkemizde hiç yapılmayan bir uygulama ile sera ısıtılması yapılmıştır. Bu temel sistemleri aşağıda sıralarsak;

- a- Güneş destekli (Havalı Güneş Kolektörleri) sera ısıtma sistemi.
- b- Güneş destekli ve enerji depolamalı sera ısıtma sistemi.
- c- Isı pompalı ve enerji depolamalı sera ısıtma sistemi.

4.6.1. Güneş Destekli Sera Isıtma Sistemi

Bu sistem Şekil 4.5 den de görüldüğü gibi havalı güneş kolektörleri, tesisat, dağıtım kanalları, sera ve diğer yardımcı ölçüm ve kontrol cihazlarından meydana gelmiştir.

Bu sistemde havalı güneş kolektörleri ile havanın açık ve bulutsuz olduğu günlerde sabah saatlerinde hava fanı çalıştırılarak sera içine sıcak hava gönderilmiştir. Burada sera içinde hava dağılımını kolaylaştırmak için oldukça ağır devirli bir fan daha kullanılmıştır.

Kolektörlerde seri bir devre kurulmuştur. Birinci grup 6 kolektörden, ikinci grup 4 kolektörden oluşmuştur.

Toplanan tüm ısı bir ana dağıtım borusunda toplanarak toprak altına izoleli bir şekilde yerleştirilen PVC borular ile sera içine sevk edilmiştir. Güneşli fakat soğuk günlerde sera taban alanı etrafına döşenen borulara da hava sevk edilerek ısıнын toprak tabanına mümkün olduğunca yakın olması sağlanmıştır.

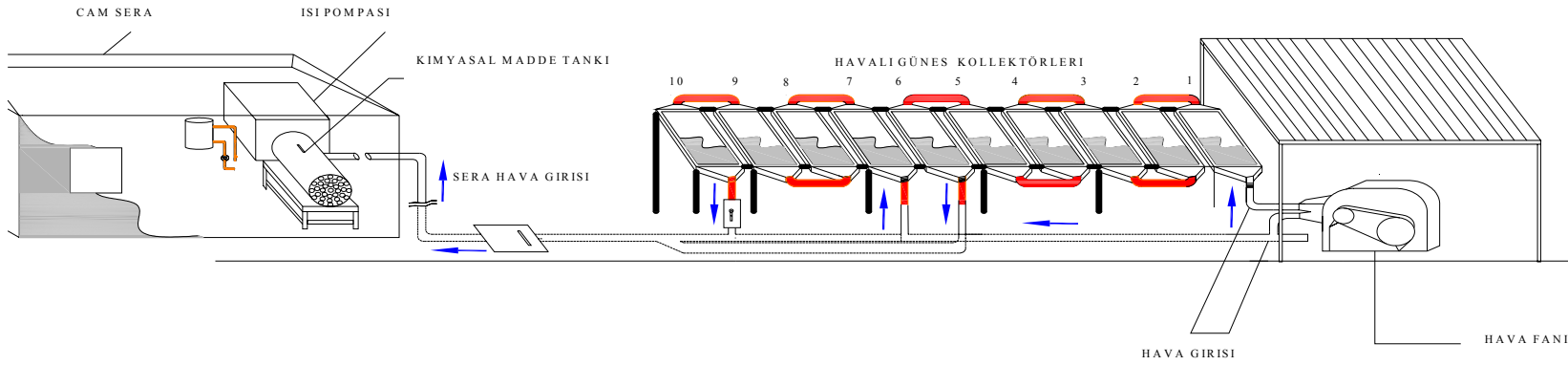
4.6.2. Güneş Destekli ve Enerji Depolamalı Isıtma Sistemi

Bu sistem Şekil 4.5 den de görüldüğü gibi havalı güneş kolektörleri, tesisat, dağıtım kanalları, enerji depolayıcı, (kimyasal madde tankı) sera ve diğer yardımcı ölçüm, kontrol cihazlarından meydana gelmiştir.

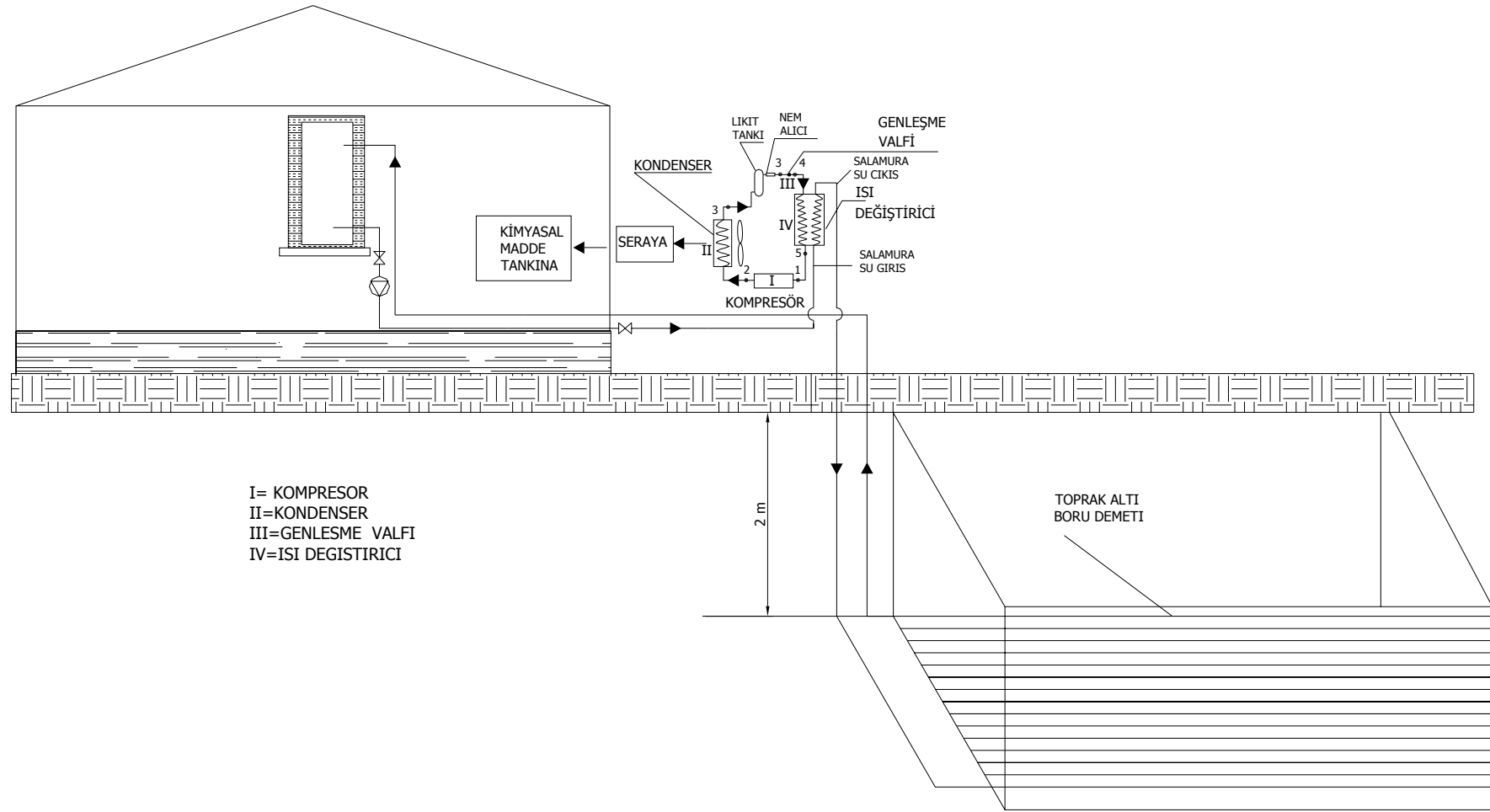
Bu sistemde havalı güneş kolektörleri ile elde edilen sıcak hava dağıtım kanalları yardımıyla sera içine yerleştirilen kimyasal madde tankına sevk edilmiştir. Bu sistem önceki sistemden farklı olarak sıcak hava ile kimyasal madde tankındaki tuz hidratın şarjı yani erimesi sağlanmıştır. Bu işlem gelen havanın hava kanallarından direkt olarak tanka yönlendirilerek tank içindeki hava kanallarından geçerek kimyasal maddeyi eritme işlemidir. Tank içerisinden geçen sıcak hava tekrar sera içine verilmiştir. Şarjı tamamlanan kimyasal maddenin deşarjı için gece vakti tankın uç kısmına yerleştirilen ağır devirli bir fan ile depoya sera içi hava üflenmiş ve deşarjı sağlanmıştır. Otomatik olarak devreye giren düşük devirli eksenel fan deşarjı kolaylaştırmak ve ısıнын sera içine yayılması için kullanılmıştır. Seranın ısıtılmasında ilave bir ısı kazancı sağlamıştır.

4.6.3. Isı Pompalı ve Enerji Depolamalı Sera Isıtma Sistemi.

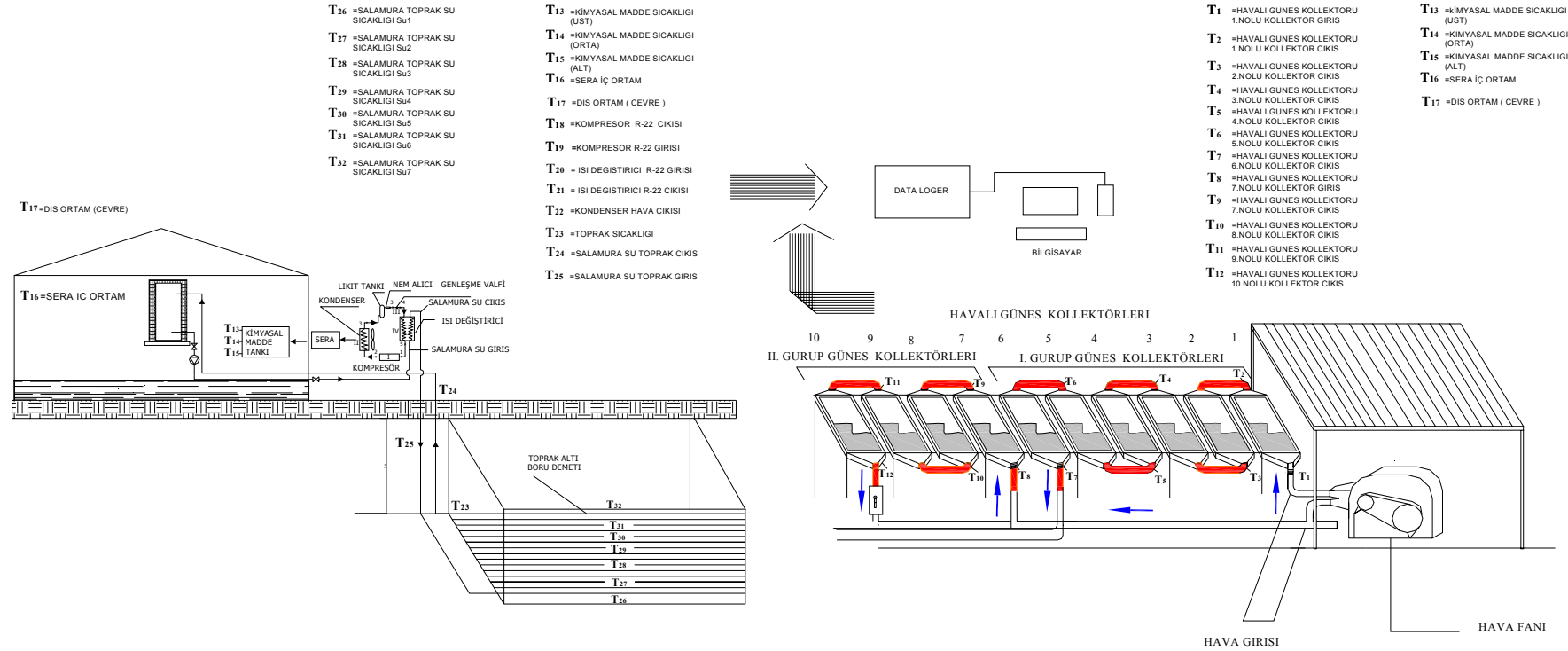
Bu sistem Şekil 4.6 den de görüldüğü gibi toprak kaynaklı bir ısı pompası, enerji deposu, su sirkülasyon pompası ve diğer yardımcı elemanlardan oluşmuştur. Bu sistem de toprak kaynaklı ısı pompası ile topraktan alınan enerji ısı pompası ile sera içerisine verilmekte gündüz kimyasal maddenin şarjı sağlanmakta, gece ise ısı pompası sürekli çalıştırılmakta klima sıcak hava girişi ve kimyasal madde girişleri ayrı yönlerden verilmektedir. Kimyasal maddenin şarjı tankın uç kısmına yerleştirilen nispeten soğuk olan sera havasının ağır devirli bir fan ile deşarjından yararlanarak sera içerisi kimyasal madde ile ısıtılmaktadır. Bu sayede hem ısı pompasının enerjisinden hem de kimyasal maddenin şarjından elde edilen enerjiden faydalanmıştır. Isı pompası cihazı 24 saat çalıştırılmıştır, kimyasal madde deşarjı için gece vakti hava durumuna göre fan uygun bir saatte çalıştırılmıştır.



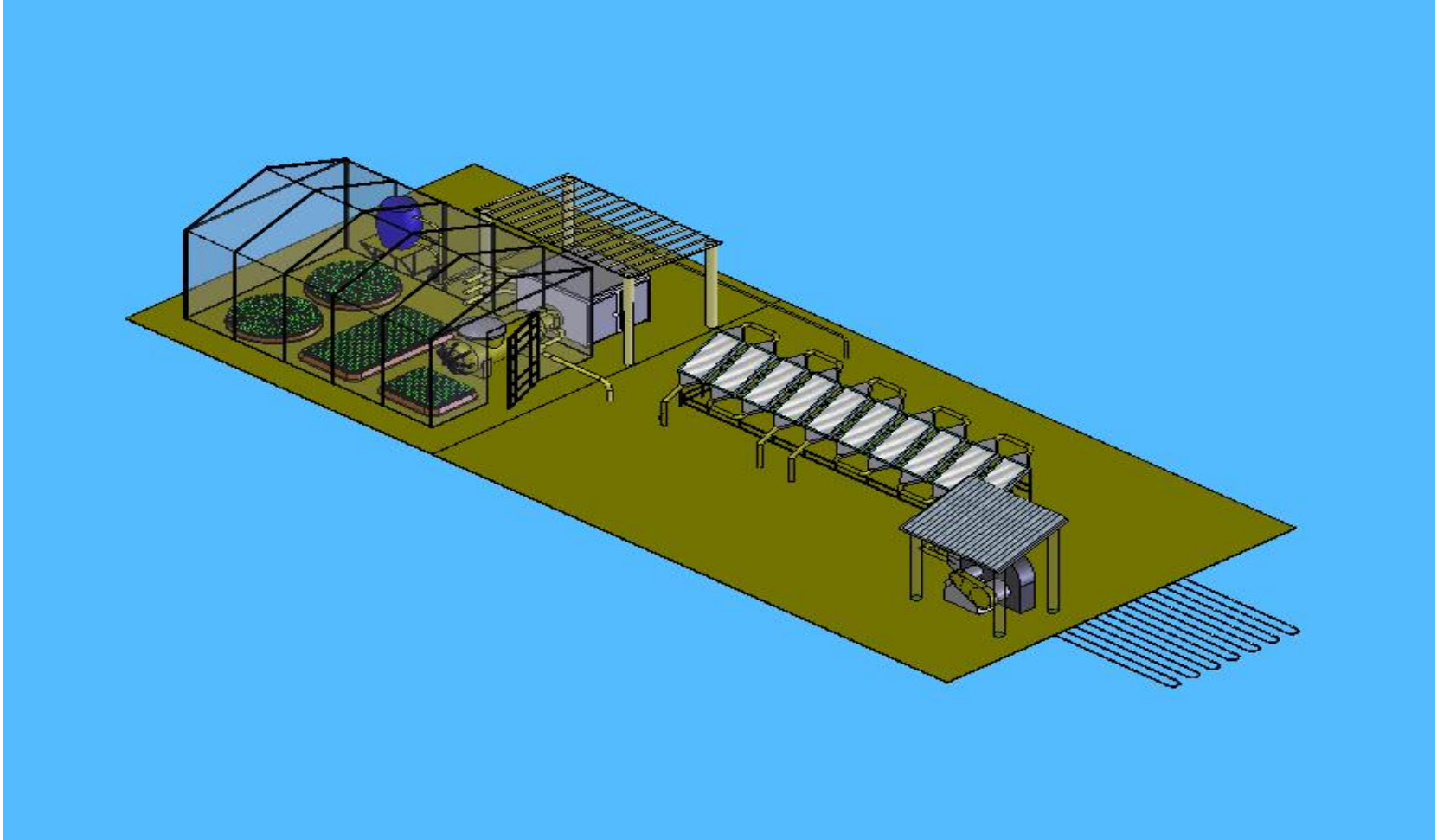
Şekil 4.5 Güneş Destekli ve Isı Depolamalı Isıtma Sistemi.



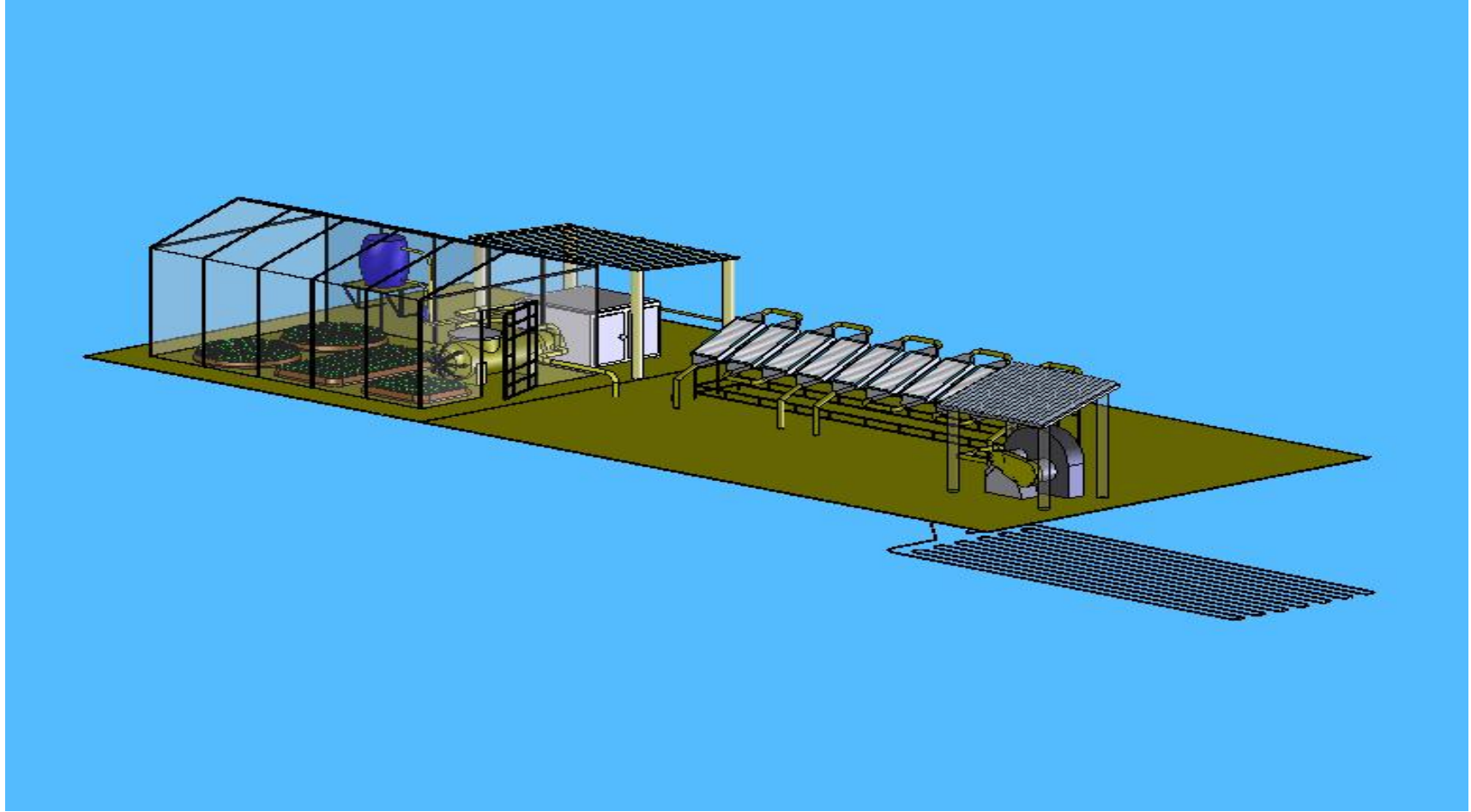
Şekil 4.6 Isı Pompalı ve Isı Depolamalı Isıtma Sistemi.



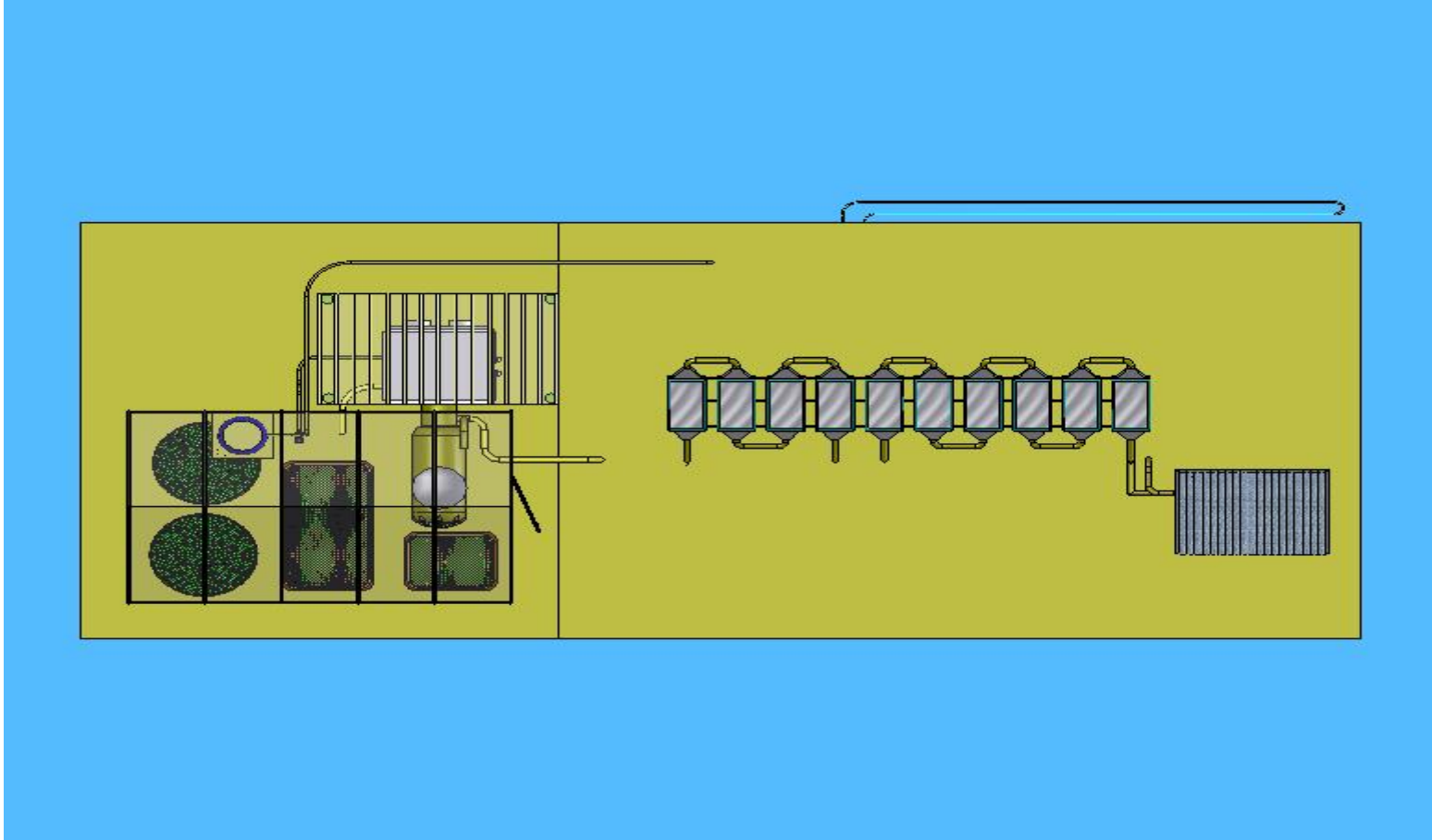
Şekil 4.7 Deney Düzenekinde Sıcaklık ve Basınç Ölçüm Noktaları



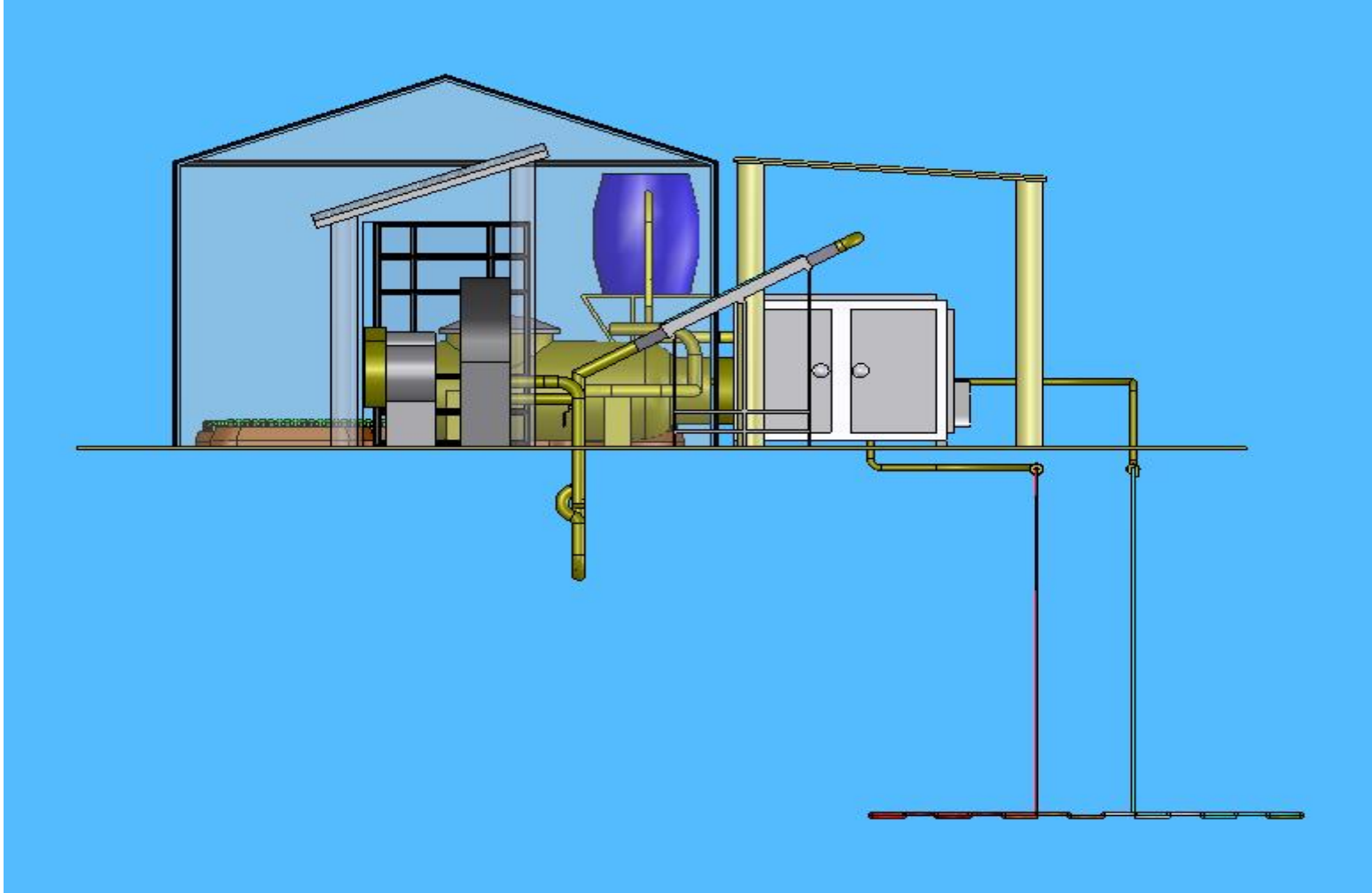
Şekil 4.8 Deney Düzenekinin İzometrik Görünüşü



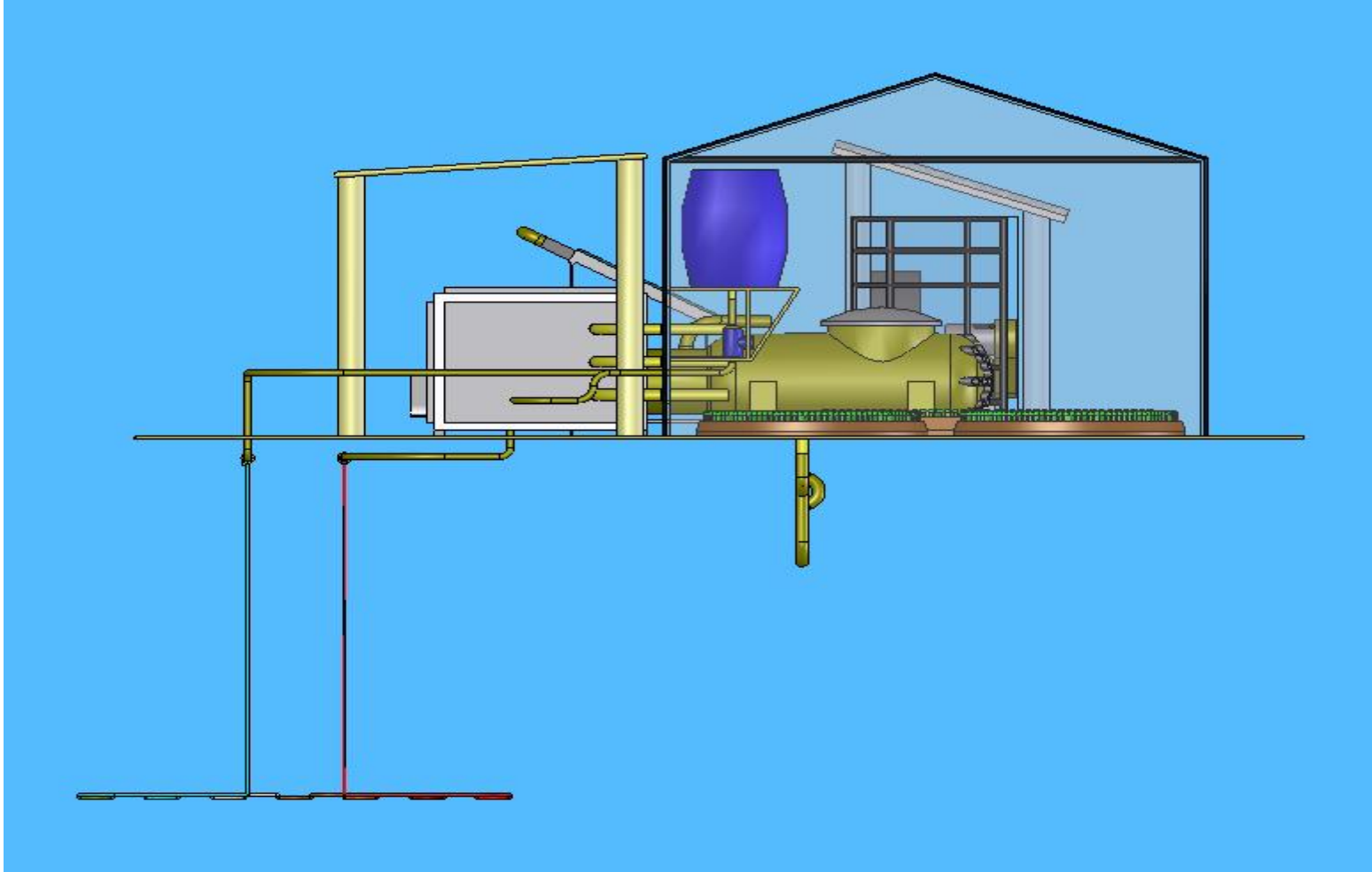
Şekil 4.9 Deney Düzeneğinin Trimetrik Görünüşü



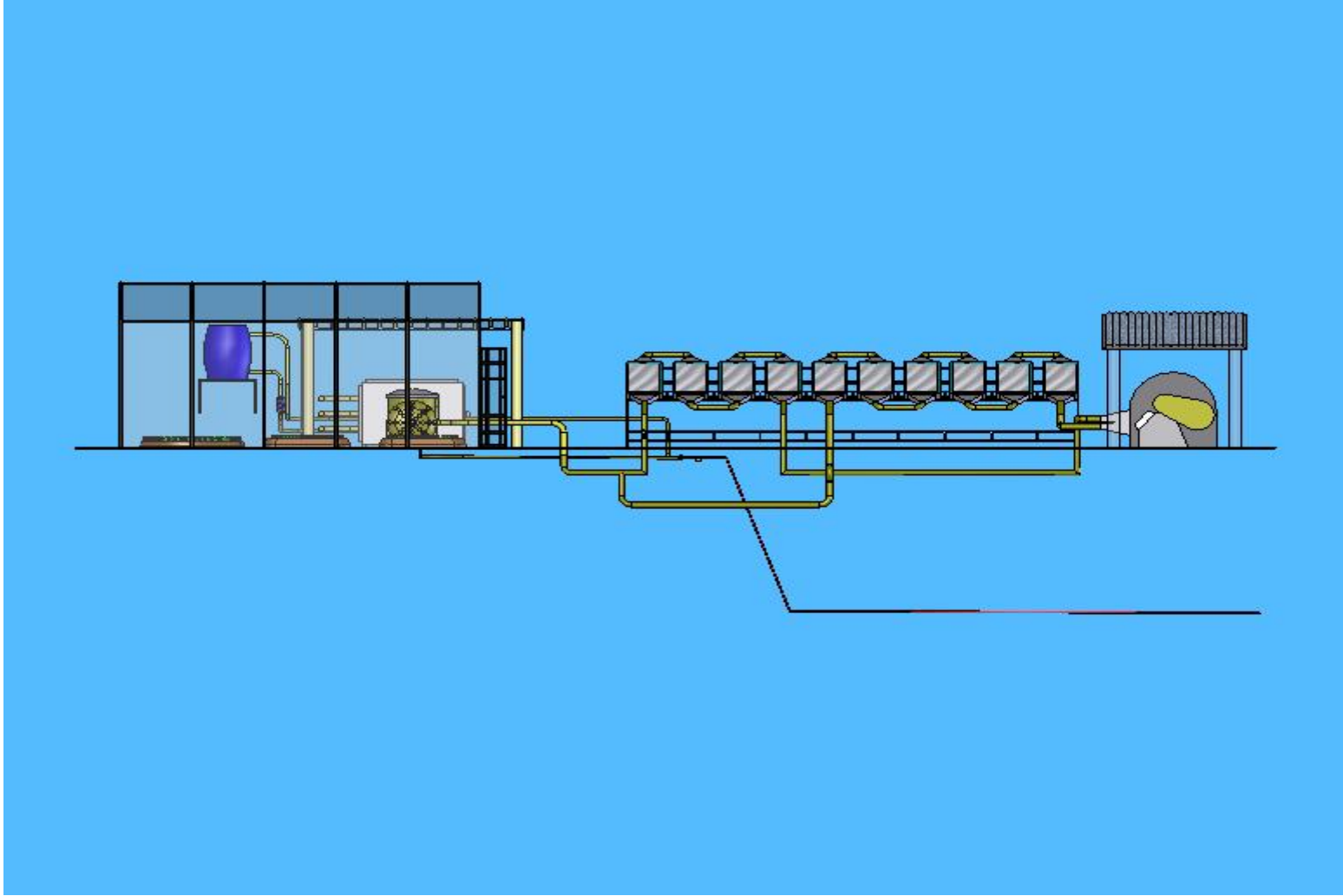
Şekil 4.10 Deney Düzenekinin Üstten Görünüşü



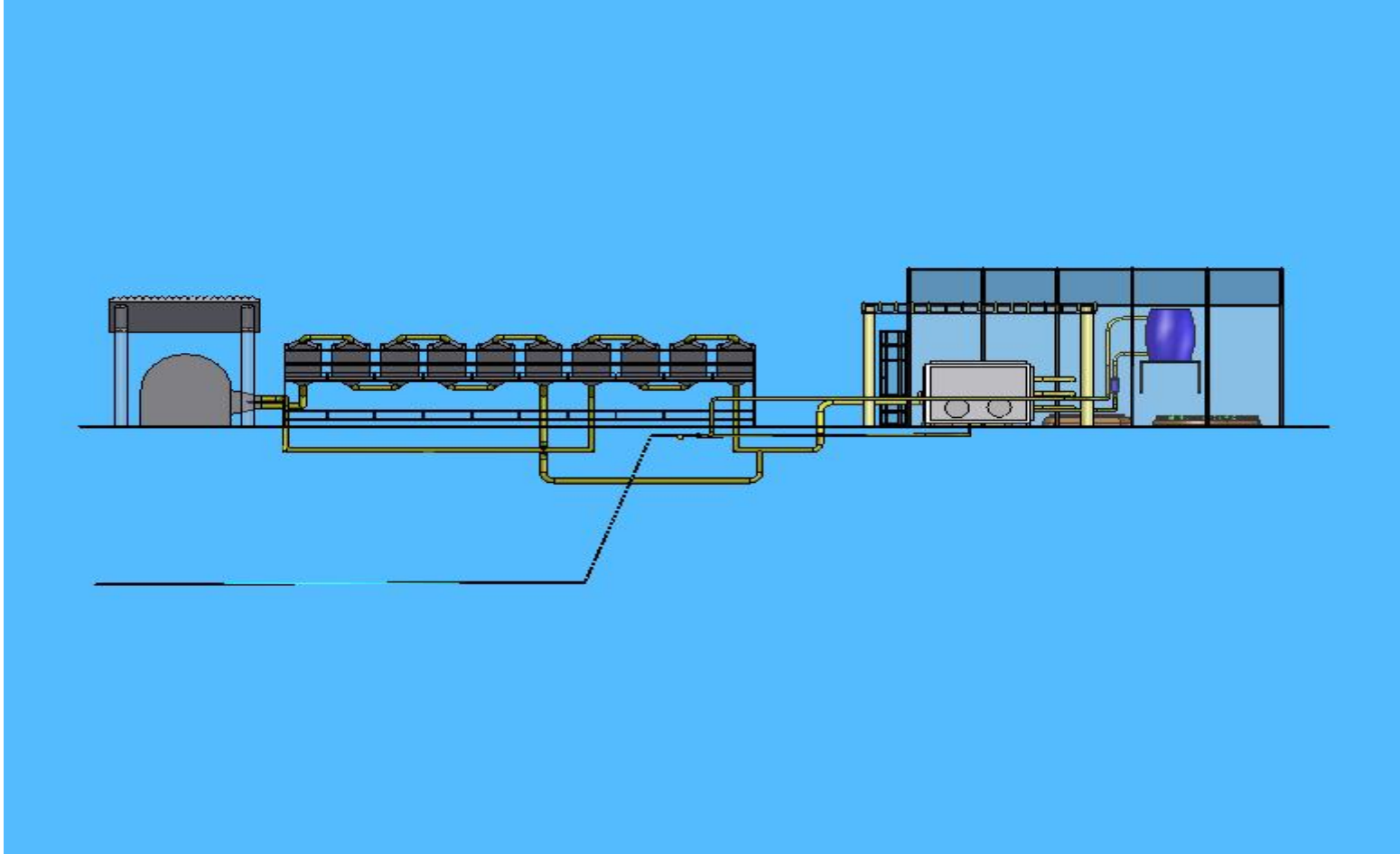
Şekil 4.11 Deney Düzenekinin Sağdan Görünüşü



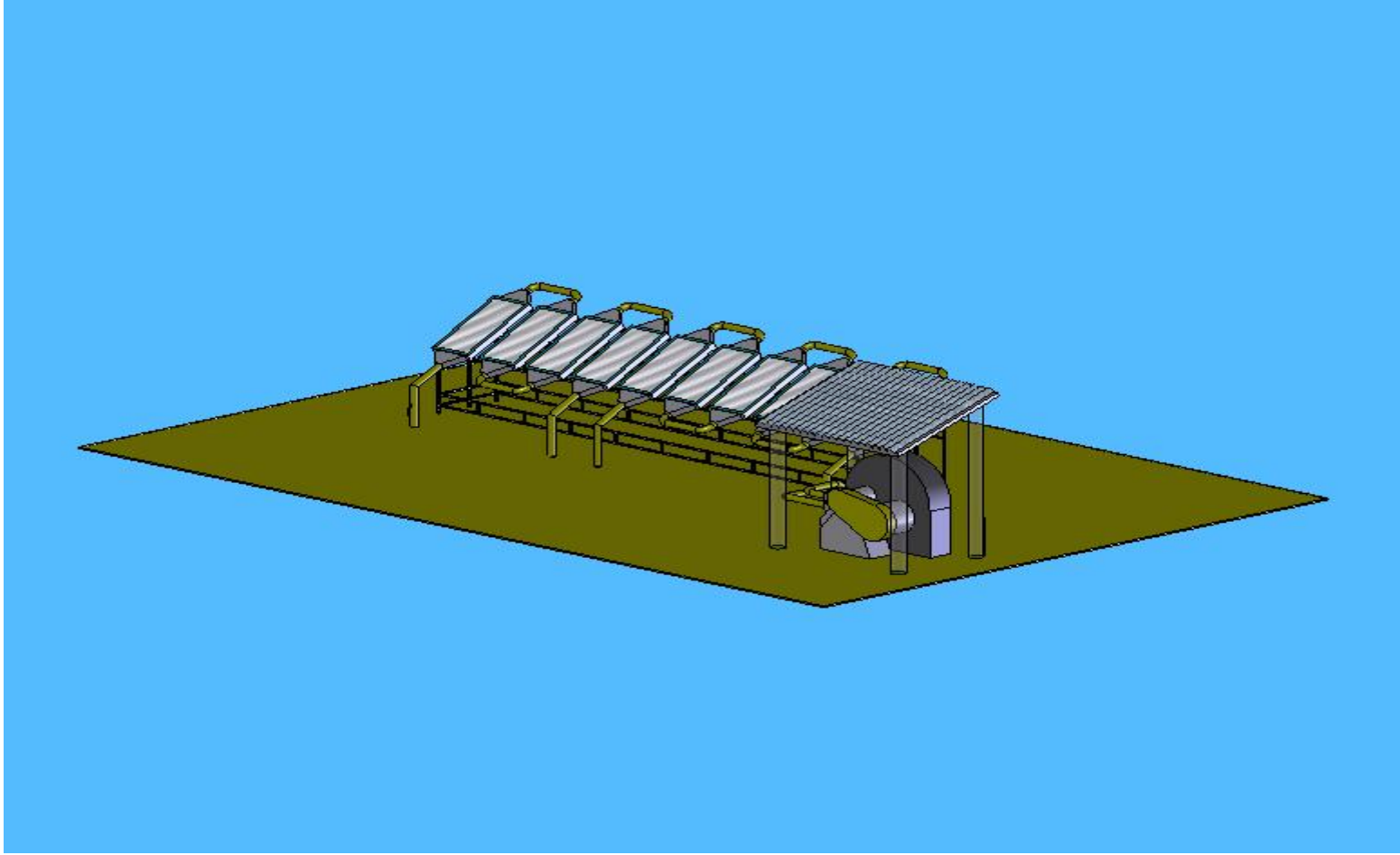
Şekil 4.12 Deney Düzenekinin Soldan Görünüşü



Şekil 4.13 Deney Düzenekinin Önden Görünüşü



Şekil 4.14 Deney Düzeneğinin Arkadan Görünüşü

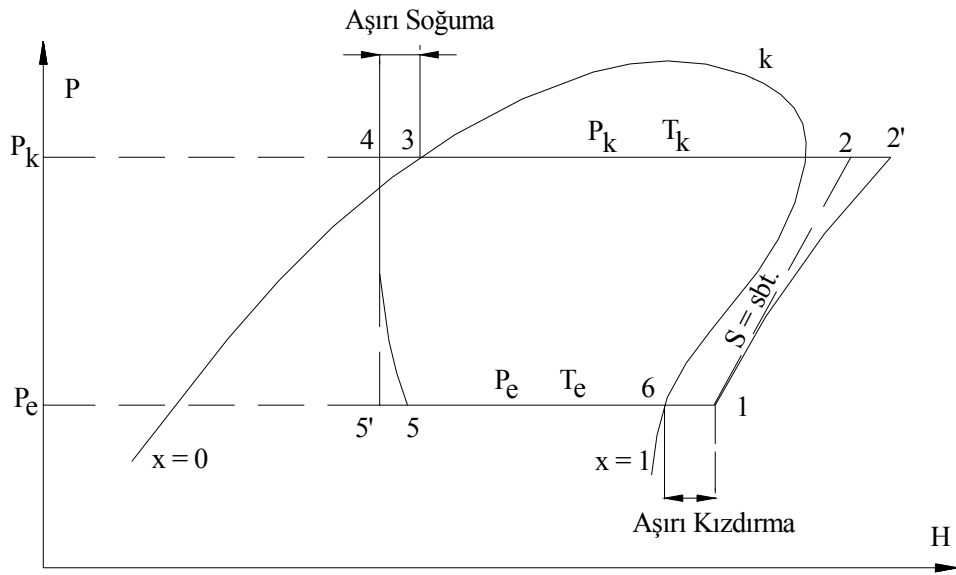


Şekil 4.15 Hava Fanı ve Kolektörlerin Görünüşü

5. HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

5.1. Isı Pompasının Çevrim Hesabı

Isı pompasının çevrim hesabında Şekil 5.1’de verilen diyagram esas alınmıştır. Bu ısı pompası çevriminde 1–2’ tersinir adyabatik sıkıştırma, 1–2 adyabatik olmayan tersinir sıkıştırma, 2–4 sabit basınçta yoğuşma, 4–5’ sabit entalpide genleşme, 4–5 sabit olmayan entalpide genleşme ve 5–1 sabit basınçta buharlaşmayı göstermektedir. Ayrıca diyagram üzerinde 3–4 arası aşırı soğuma ve 6–1 arası aşırı kızdırma olmaktadır.



Şekil 5.1 Isı Pompasının P-H Diyagramı.

5.1.1. Isı Pompası Devresinde Dolaşan Soğutucu Akışkanın Kütlesel Debisinin Hesaplanması

Soğutucu akışkanın kütlesel debisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\dot{m}_f = \frac{\eta_v \cdot V_s \cdot S_d}{v_{öz} \cdot 60} \quad (5.1)$$

Burada;

$\dot{m}_f$ = Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkanın kütlesel debisi [kg/s],

V_s = Kompresörün strok hacmi [m³/dev],

η_v = Kompresörün hacimsel verimi,

S_d = Kompresörün devir sayısı [dev/dak],

$v_{öz}$ = Kompresörün girişinde soğutucu akışkanın özgül hacmi [m^3/kg],
olarak tanımlanmıştır.

5.1.2. Isı Pompasının Yoğuşturucusundan Alınan Isı Miktarı

Yoğuşturucudan alınan ısı miktarı;

$$Q_c = \dot{m}_f (h_2 - h_3) \quad (5.2)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir , burada;

Q_c = Yoğuşturucunun verdiği ısı [kJ/s],

$\dot{m}_f$ = Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi [kg/s],

h_2 = Akışkanın kompresör çıkışındaki entalpisi [kJ/kg],

h_3 = Akışkanın yoğuşturucu çıkışındaki entalpisi [kJ/kg],

olarak tanımlanmıştır.

5.1.3. Isı Pompasının Buharlaştırıcısının Çektiği Isı Miktarı

Buharlaştırıcının çektiği ısı miktarı;

$$Q_{ev} = \dot{m}_f (h_1 - h_5) \quad (5.3)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Burada;

Q_{ev} = Buharlaştırıcının çektiği ısı miktarı [kJ/s],

$\dot{m}_f$ = Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi [kg/s],

h_1 = Akışkanın buharlaştırıcı çıkışındaki entalpisi [kJ/kg],

h_5 = Akışkanın buharlaştırıcı girişindeki entalpisi [kJ/kg],

olarak tanımlanmıştır.

5.1.4. Isı Pompası Kompresörüne Verilen Güç

Kompresöre harcanan güç;

$$\dot{W}_{komp} = \frac{\dot{m}_f (h_2 - h_1)}{\eta_m} \quad (5.4)$$

olarak verilmiştir.

Burada;

$\dot{W}_{komp}$ = Kompresöre verilen güç [kW],

$\dot{m}_f$ = Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi [kg/h],

h_2 = Akışkanın kompresör çıkışındaki entalpisi [kJ/kg],

h_1 = Akışkanın buharlaştırıcı çıkışındaki entalpisi [kJ/kg],

η_m = Kompresörün mekanik verimi,

olarak tanımlanmaktadır.

5.1.5. Isı Pompasının Performans Katsayısının Hesabı

Isı pompasının performans katsayısı;

$$COP = \frac{Q_c}{W_{sis}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (5.5)$$

şeklinde ifade edilmektedir .

5.1.6. Sistemin Performans Katsayısının Hesabı

Sistemlerin performans katsayısı;

$$COP_{sis} = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_{sis}} \quad (5.6)$$

$$\dot{W}_{sis} = \dot{W}_{komp} + \dot{W}_{fan} + \dot{W}_{sp} \quad (5.7)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada;

$\dot{W}_{sis}$ = Sisteme verilen toplam güç [kW],

$\dot{W}_{komp}$ = Kompresöre verilen güç [kW],

$\dot{W}_{fan}$ = Kondenser fanına verilen güç [kW],

$\dot{W}_{sp}$ = Sirkülasyon pompasına verilen güç [kW],

olarak tanımlanmıştır.

5.2. Toprak Isı Değiştirgecinin Tasarımı

Isı kaynağı olarak toprağı kullanan ısı pompalarının uygulama şeması, Şekil 5.1 'de görülmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompaları, açık toprak yüzeyi olan her yere kurulabilir. Gerekli olan yüzeyi, yaklaşık ısıtılacak yüzeye eşit olmalıdır.

Daha hassas bir hesap ile gerekli olan yüzey alanı şu bağıntı ile verilmektedir.

$$F_{top} = \frac{F_1 \cdot q_1 \cdot (\varepsilon - 1) \cdot 0,75}{q_s \cdot \varepsilon} \quad (5.8)$$

Burada;

F_1 = Isıtılacak alan [m^2],

q_1 = Isıtılacak ortamın özgül ısı ihtiyacı [kW/ m^2h],

ε = Isı pompasının tesir katsayısı,

q_s = Toprağın özgül ısı verme miktarı [kW/ m^2h],

0,75 = Kısıtlama faktörü,

olarak tanımlanmıştır.

Deneyssel olarak elde edilen veriler, tablolar haline dönüştürülmüş ve bu veriler ışığında her sistem için COP değerleri hesaplanarak çeşitli grafikler elde edilmiştir.

5.3. Güneş Kollektörleri Verimlerinin Hesaplanması

Güneş Kollektörleri verimi, güneş kolektörlerinin anlık verimi, net kolektör verimi alt başlıklarda incelenmiştir.

5.3.1. Güneş Kollektörlerinin Anlık Verimlerinin Hesaplanması

Anlık kolektör verimleri

$$\eta_a = F_R (\tau_\alpha) - \frac{F_R \cdot U \cdot (T_\varphi - T_g)}{A_k \cdot I} \quad (5.9)$$

veya

$$\eta_a = \frac{\dot{m}_{hava} \cdot Cp_{hava} \cdot (T_\varphi - T_g)}{A_k \cdot I} \quad (5.10)$$

ifadeleri ile hesaplanabilir . Burada;

η_a = Anlık kolektör verimi,

F_R = Kollektör ısı kazanç faktörü,

τ_α = Toplam ışıınımı yutma-geçirme çarpanı,

U = Toplam ısı geçiş katsayısı [W/m^2K],

A_k = Kollektörün toplam yüzey alanı [m^2],

T_g = Kollektöre hava giriş sıcaklığı [K],

T_φ = Kollektörden hava çıkış sıcaklığı [K],

I = Kollektör yüzeyine düşen anlık güneş ışıınımı [W/m^2],

Cp_{hava} = Kollektörlerde dolaşan havanın özgül ısısı [kJ/kgK],

$\dot{m}_{hava}$ = Kollektörlerde dolaşan havanın kütleli debisi [kg/s],
olarak tanımlanmıştır.

5.3.2. Net Kollektör Veriminin Hesaplanması

Net kollektör verimi aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir ,

$$\eta_n = \frac{Q_{kol}}{A_k \cdot I} \quad (5.11)$$

Burada;

η_n = Net kollektör verimi,

Q_{kol} = Kollektörde toplanan faydalı enerji [kW],
olarak tanımlanmıştır.

5.4 Seralarda Isı Kaybı Hesabı

I. Yöntem

Sera işletmeleri için iyi bir ısıtma sistemi gereklidir. Sistem en aşırı hava koşullarında ihtiyacı karşılayacak bir şekilde ölçülendirilmeli ve dizayn edilmelidir. Bir ısı kaybı hesaplamasında ilk adım sistem ısıtma kapasitesinden önce sistemi ve onu oluşturan elemanları iyi bir şekilde analiz etmektir. Burada iki türlü hesap yönteminden bahsedilecektir. Bu hesaplama yöntemine göre en çok ısı gereksinimi gece olacağı için hesaplamalarda Birinci tür hesaplama yönteminden bulunan dikkate alınacaktır.

Sera ısıtma kayıpları aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir.

$$Q = \left[\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots \right] (t_1 - t_0) (f_w) (f_c) (f_s) \quad (5.12)$$

Burada;

Q = Toplam ısı kaybı

Watts

A_1, A_2 = Değişik komponentlerin yüzey alanı

m^2

R_1, R_2 = Her bir komponentin termal direnci

$\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$

t_1 = İç ortam dizayn sıcaklığı

$^\circ C$

t_0 = Dış ortam dizayn sıcaklığı

$^\circ C$

f_w = Rüzgar veya ısı faktörü (Tablo 5.2)

f_c = Sera inşaat tipi veya kalite faktörü (Tablo 5.3)

f_s = Sistem faktörü (Tablo 5. 4)

Bu eşitlik bir standart bina ısı kaybı formülüdür. Cam bir sera için bir takım düzeltmeler ve kısmen de gereksinimler dahil edilmiştir. Herhangi bir cam sera veya naylon örtülü sera için bu hesaplamalar rahatça uygulanabilir. Aşağıda bütün elemanların açıklamaları ve değişik faktörlerin tabloları verilmiştir.

Eşitlikte verilen;

Q- Değeri sera içerisinde dizayn sıcaklığını temin edebilmek için gerekli minimum ölçülerdeki ısıtıcı veya kazan gereksinimi belirleyecek toplam ısı kaybıdır.

A₁, A₂- Binayı oluşturan değişik elemanların pencere, duvar, temel ve değişik elemanların yüzey alanlarıdır. m²

R₁, R₂- Her bir inşa materyalinin termal dirençlerdir. (Metrik sistemde RSI olarak bilinir) Tablo 5.1’ de en sık rastlanılan sera inşa tiplerinin malzeme ve parçalarının RSI değerleri verilmiştir. Bu ısı kaybı hesaplamalarını yaparken metrik sistemde kullanılan elemanların birbirine uyumlu olmasına dikkat etmelidir.

t₁- Ürün yetiştirilmesi için sera içinde gerekli minimum sıcaklık değeri.

t₀- Dış ortam hava sıcaklığı. Dış ortam sıcaklığı ya tahmin edilen en düşük sıcaklık ya da bölgede ölçülen tahmini en düşük kış hava sıcaklığı olmalıdır.

f_w- Rüzgar veya ısı faktörüdür. Isı kayıp hesaplamalarında rüzgar hızı 25 km/h olarak kabul edilerek hesaplamalar yapılır. Rüzgar faktörü f_w her 10 km/h rüzgar hızında % 5 oranında artar. En soğuk kış günlerinde maksimum rüzgar hızının 25 km/h hıza ulaştı farz edilerek hesap yapılır. Bu konu ile bilgiler Tablo 5.2. de verilmiştir.

f_c- İnşaat faktörüdür. Tablo 5.3’ de bu konu ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu faktör değişik tipteki seralar için ısı kaybını belirler. İnşaatın kalitesi, inşası vb gibi faktörleri içerir. Çatının yapım özellikleri, eğimi, sızıntı ve açıklıklar ısı gereksinimleri için dikkate alınması gereken özelliklerdir.

f_s- Sistem faktörüdür bu konu ile ilgili değerler Tablo 5.4’ de bulunabilir. Isıtma sistemleri ve yerleştirme uygulamaları ile özellikleri kapsar. İçerideki sıcaklık mümkün ise 20 °C ‘ nin üzerinde olmalıdır. Çatıya yakın yerlerden konveksiyon ile kaçan ısı ve yan duvarlardan kaçan ısı oldukça fazladır. Bu sistemlerin tümü daha büyük yüzey sıcaklıklarına ve daha büyük türbülansa ve sonuçta daha büyük ısı kayıplarına yol açarlar. Tablo 5.4 bu değerlerin tümünü yansıtmaktadır.

5.4.1. Isı Kaybı ile İlgili Faktörler

Bu verilen ısı kaybı formülleri solar ısı kazancına müsaade etmez. Çünkü yapılan bu ısı kayıp formülleri maksimum ısıtmanın gerekli olduğu gece koşullarına göre ayarlanmıştır. Ayrıca gündüz ısı gereksinimleri içinde yapılan ısı gereksinim değerleri ayrıca verilecektir. Isı kaybını azaltmak için değişik metodlar mevcuttur.

- Çift katlı naylon ile kaplama
- Çift cidar polikarbon veya akrilik cam malzemeler.
- Gece vakti izalasyon yapılan perdeler.
- Bazı yüzeylerin izalasyonları, örneğin kuzey duvarların.
- Çift katlı örtülerde polietilen boncuklar.
- Isı değiştirgeçleri.
- Taban çevresinin izolasyonu.

Bazı alanların izolasyonu örneğin kuzey duvarları göz önüne aldığımızda olabilecek muhtemel ışık kayıpları için dikkat etmek gerekir. Çünkü bu kısıntı ürün veya kalitesinde düşüklüğe sebep olacaktır. Bazı ürünler ve uygulanan sistemler ışık seviyesine diğerlerine nazaran daha hassastırlar. Bu nedenle çift naylon kaplı sistemler veya cam seraların üzerlerinin kaplanması veya kuzey taraflarının izole edilmesi tavsiye edilmez. Kuzey tarafının izolasyonu soğuk ülke uygulamaları için uygun bir çözüm yöntemi olabilir.

Seralarda sıkça kullanılan birkaç tipte ısıtma sistemleri vardır. Formüllerle hesaplanan ısıtma yükü hesapları % 10 veya % 20 fazla emniyet faktörleri göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Ayrıca sistemin büyütülme ve genişletilme özelliklerini göz önüne alarak veya merkezi sistem bir ısıtma olasılıkları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 5.1. Sera İnşaatı Malzeme Termal Dirençleri

Malzeme		Kalınlık	RSI değerleri $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$
Cam	Tek cam	3	0.15
	Çift cam (6 mm. hava boşluklu)	-	0.27
	Fiberglass	-	0.16
	Plastik	0.15	0.14
	Çift akrilik veya polikarbonat	6-12	0.30-0.35
	Hava boşluklu çift katlı naylon	-	0.25-0.28
İnşaat malzemeleri	Asbestos çimentolu	6	0.16
	Ağaç	25	0.30
	Beton	100	0.20
		150	0.23
Beton Blok		200	0.35
	İzolasyonlu Rijd polystrene	25	0.88
	Polietilen foam	25	1.10

Tablo 5.2. Rüzgar veya Işın Faktörü (f_w)

Rüzgar hızı km/h	(f_w)
25 den az	1.00
30	1.03
40	1.08
50	1.13
60	1.18
70	1.22

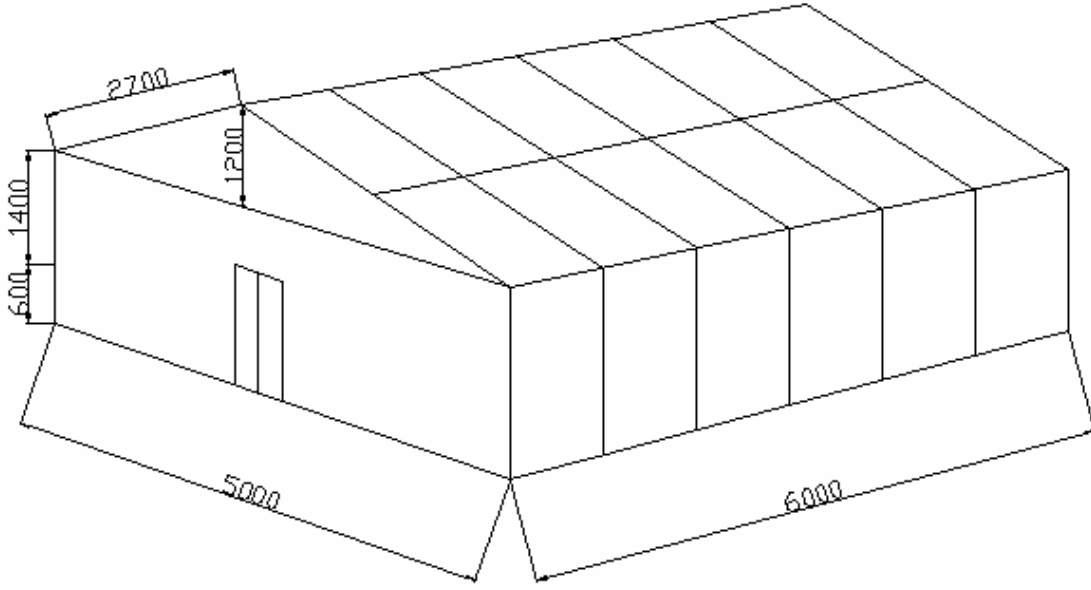
Tablo 5.3.. İnşaat Faktörü (f_c)

Sera tipleri	
Tümü metal, sıkı camlı, bindirmeli,	1.08
kimi yerlerde gevşek camlı	1.15-1.20
Ağaç çerçeve, çelik oluklu, sıkı konstrüksiyon	1.05
Ağaç çubuklu, havalandırmalı vb.,iyi, sıkı sızdırmazlı	1.00
Orta seviyede	1.10
Gevşek fittings	1.20-1.30
Fiberglas contalı	0.95
Sızdırmaz contalı	0.90-0.95
Çift katlı akrilik veya polikarbon	0.90

Tablo 5.4 Sistem Tanımlama Faktörleri (f_s)

1. Isıtıcılarla ısı temini	1.15
2. Sistemde % 50 radyasyon ve konveksiyon borulu sistem	1.10
3. Sistem 2, su borulu sirkülasyon	1.15
4. Toprağa ve camlara yakın ısıtma	1.00
5. Soğuk günlerde cam seralarda 20 °C sıcaklık	0.95

Bu tabloları bizim seramız için uygularsak seramızın ölçüleri 5.0mx 6.0 mx 2.0 m yan duvarlar açık. İzoleli zemin topraktan 300 mm. aşağıda ve sera duvarlarından 600 mm. yukardadır. Malzeme olarak tümü cam olup metal çerçeve kullanılmıştır. Sıcaklık ihtiyacımızı maksimum 10 °C göre yapalım.



Şekil 5.2. Seranın Dış Ölçüleri

Duvar alanı: $(5.0+5.0+6.0+6.0)1.4 = 30.8 \text{ m}^2$

Üçgen uç alanı: $1.2 \times 5 \times 0.5 \times 2 = 6 \text{ m}^2$

Çatı alanı : $2.7 \times 6 \times 2 = 32.4 \text{ m}^2$

Zemin alanı : $(5+5+6+6) (0.9) = 19.8 \text{ m}^2$

$A_1 = 30.8+6+32.4 = 69.2 \text{ m}^2$

$A_2 = 19.8 \text{ m}^2$

$R_1 = 0.15$

$R_2 = 1.88$

$t_1 - t_0 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$

$f_w = 1.13$

$f_c = 1.08$

$f_s = 1.15 \times 0.95$

Isı kaybı

$$Q = \left[\frac{69.2}{0.15} + \frac{19.8}{1.88} \right] (10) (1.13) (1.08) (1.15 \times 0.95)$$

$Q = 6289.89 \text{ W}$ veya **6.28 kW**

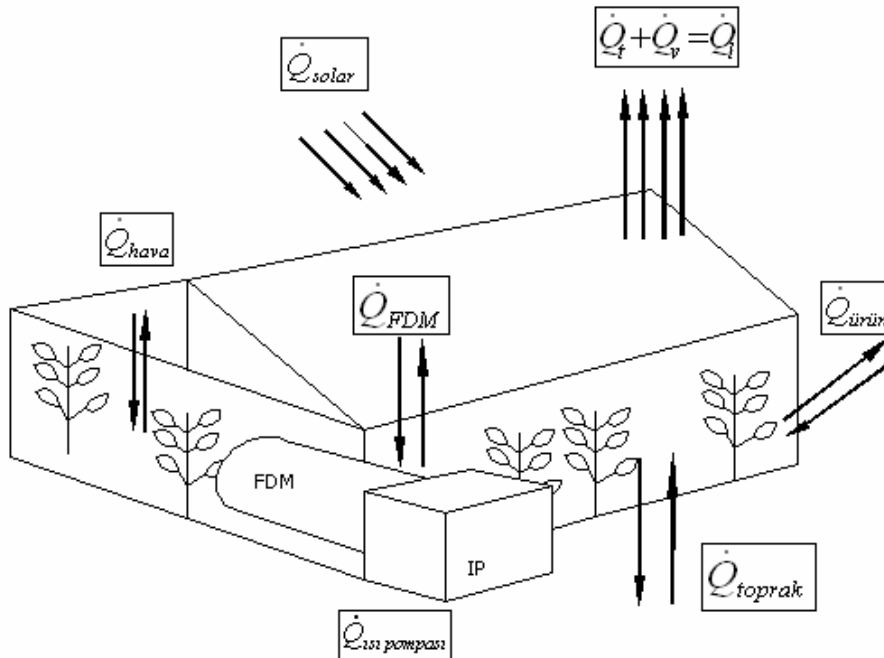
$Q = 21439 \text{ Btu/h}$

Görüldüğü gibi 10 °C sıcaklık farkı için yaklaşık 6 kW’lık bir ısıtıcı gereklidir. Bu ısınn yaklaşık 6-7 °C sıcaklık değeri ısı pompası yaklaşık 3-5 °C sıcaklık değeri Kimyasal maddenin deşarjından sağlanmıştır. Bu hesaplamalara göre 2.5 HP gücünde tam hermetik bir kompresör seçilerek deneyler yapılmıştır.

II. Yöntem

Diğer hesaplama yöntemi ise gündüz ısı gereksinimine göre yapılan hesaplamalardır. Bu yapılan hesaplama gece için yapıldığına göre farklılık göstermektedir. Bu yüzden referans olarak gece yapılan hesaplamalar referans alınmıştır.

Seralarda ısı akışı enerji denge durum denklemleri ile aşağıdaki gibi yazılabilir.



$$\dot{Q}_{güneş} + \dot{Q}_{ısı pompası} = \dot{Q}_t + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{toprak} + \dot{Q}_{ürün} + \dot{Q}_{hava} + \dot{Q}_{FDM} \quad (5.13)$$

$$\dot{Q}_{güneş} = \tau \cdot I_s \quad (5.14)$$

$$\dot{Q}_{ısı pompası} = COP \cdot \text{Elektrik güç tüketimi} \quad (5.15)$$

$$\dot{Q}_t = A_g \cdot h_t (1-f_v) (T_{iç} - T_{ortam}) \quad (5.16)$$

$$\dot{Q}_v = A_g \cdot h_v (T_{iç} - T_{ortam}) \quad (5.17)$$

$$\dot{Q}_{\text{toprak}} = \alpha_{\text{toprak}} \cdot A_g \cdot R_g \cdot \tau \cdot I_s \quad (5.18)$$

$$R_g = \left(\frac{A_g - A_{\text{ürün}}}{A_g} \right)$$

$$\dot{Q}_{\text{ürün}} = R_{\text{ürün}} \cdot \alpha_{\text{ürün}} \cdot \tau \cdot I_s$$

$$\dot{Q}_{\text{ürün}} = (1 - R_g) \cdot \alpha_{\text{ürün}} \cdot \tau \cdot I_s \quad (5.19)$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{hava}} &= (h_a + \chi h_v) \cdot \dot{m}_{\text{hava}} \\ &= (C_p \cdot t + (L H + c_v \cdot f_v)) \cdot \dot{m}_{\text{hava}} \\ &= (C_p \cdot t + 0.6220 \frac{p_v}{p_a} (I_s H_{\text{su}} + C_p \cdot f_v)) \cdot \dot{m}_{\text{hava}} \end{aligned} \quad (5.20)$$

$$\dot{Q}_{\text{FDM}} = \dot{m}_{\text{FDM katı}} \cdot C_p \text{ katı} (T_{s2} - T_{s1}) + LH_{\text{FDM}} \cdot \dot{m}_{\text{FDM}} + \dot{m}_{\text{FDM sıvı}} \cdot C_p \text{ sıvı} (T_{t1} - T_{t2}) \quad (5.21)$$

Isı pompasından elde edilen ısı kazancı aşağıdaki gibi yazılabilir

$$\text{Isı pompasından elde edilen ısı kazancı} = \text{Giren güç} \cdot \text{COP} \quad (5.22)$$

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\dot{m}_{re} (h_2 - h_3) \eta_{\text{motor}}}{\dot{m}_{re} (h_2 - h_1)} \\ &= \frac{\dot{m}_{re} C_{pv} (T_{w \text{ çıkış}} - T_{w \text{ giriş}}) \eta_{\text{motor}}}{\dot{m}_{re} (h_2 - h_1)} \\ &= \frac{\dot{m}_{re} C_{pv} (T_{w \text{ çıkış}} - T_{w \text{ giriş}})}{(h_2 - h_1) \left(\frac{\eta_{\text{komp}}}{60} \right) \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) D_p Z_{pt} \frac{\eta_v}{\eta_{\text{komp}}}} \end{aligned} \quad (5.23)$$

$$\dot{Q}_{\text{güneş}} = \text{Sera içindeki solar radyasyon} \quad (\text{Watt})$$

$$\dot{Q}_{\text{ısı pompası}} = \text{Isı pompasından elde edilen ısı kazancı} \quad (\text{Watt})$$

$$\text{COP} = \text{Isı pompası performans katsayısı}$$

$$\dot{Q}_t = \text{Sera örtüsünden ısı kaybı} \quad (\text{Watt})$$

$$\dot{Q}_v = \text{Seradan havalandırma yolu ile kaybolan ısı} \quad (\text{Watt})$$

$$\dot{Q}_{\text{toprak}} = \text{Sera içindeki topraktan alınan ve verilen ısı} \quad (\text{Watt})$$

$$\dot{Q}_{\text{ürün}} = \text{Ürün tarafından alınan ve verilen ısı} \quad (\text{Watt})$$

$$\dot{Q}_{\text{hava}} = \text{Sera içerisindeki havanın entalpisi} \quad (\text{Watt})$$

$\dot{Q}_{FDM}$	=	Faz değiştirici Malzemenin ısı depolaması	(J/kg)
τ	=	Sera örtüsü geçirgenliği	
I_s	=	Yatay yüzeydeki solar radyasyon	(W/m ²)
h_t	=	Sera örtüsü ısı transfer katsayısı	(W/m ² °C)
h_v	=	Sera havalandırma ısı transfer katsayısı	(W/m ² °C)
A_g	=	Sera taban alanı	m ²
f_s	=	Termal enerji kazancı	
α_{toprak}	=	Toprak ısı emme oranı	
R_a	=	Ürün olmayan toprak alanı	$\left(\frac{A_g - A_{ürün}}{A_g} \right)$
$R_{ürün}$	=	Ürünle kaplı toprak alanı	$\left(\frac{A_{ürün}}{A_g} \right)$
h_a	=	Kuru havanın entalpisi	(J/kg)
h_v	=	Hava içerisindeki buharın entalpisi	(J/kg)
χ	=	Sera içi mutlak nem	
LH	=	Su buharı gizli ısısı	(J/kg)
$\dot{m}_{re}$	=	Freon Gazı kütleli debisi	(kg/h)
P_v	=	Hava içindeki kısmi buhar basıncı	(kg/cm ²)
P_a	=	Hava içindeki kısmi kuru hava basıncı	(kg/cm ²)

Hesaplamalarda iki yöntem türü incelemiştir. Yöntem I'de maksimum kayıpların daha çok gece olması nedeniyle daha gerçekçi bir hesap ortaya çıkmaktadır. Yöntem II ise sera içindeki gündüz oluşacak kazançları ilave bir ısı kazancı olarak ortaya çıkarmaktadır. Yöntem II'de bulunan ısı gereksinimi geceye nazaran daha az olmaktadır. Hesaplamaların daha çok ısı gereksinimi olan geceye göre yapılması bu yüzdendir. Bu nedenle hesaplamalarda Yöntem I kullanılmıştır.

5.5 Kimyasal Madde şarj ve Deşarjı Esnasında Oluşan Isı Miktarı

Gizli ısı depolamalı sistemlerde transfer edilen ısı aşağıdaki eşitlikten bulunabilir. Bu hesaplamalarda anlık hesaplamalar yapılmıştır. FDM'nin şarj ve deşarjı esnasındaki ısı transferi zamanın bir fonksiyonudur. FDM'nin şarj ve deşarjı zamana bağlı olarak değerlendirilmelidir.

$$Q_{top.ver.ısı(t)} = \dot{m}_h C p_h (T_{hg(t)} - T_{h\zeta(t)}) \text{ olmaktadır.} \quad 5.24$$

Bu aynı zamanda şarj esnasında oluşan ısı miktarıdır. Havanın kimyasal madde deposuna verdiği ısı şarj esnasında kimyasal maddenin aldığı ısı kabul edilir. Sistem tamamen izoleli olarak kabul edilirse

$$Q_{top.ver.ısı(t)} = Q_{şarj(t)} = Q_{deşarj(t)} \quad 5.25$$

olur. Şarj anında alınan ısıdeşarj anında verilen ısıya eşittir. Sistem izoleli olmamış olsaydı depo yüzeyinden taşınım yoluyla kaybolan bir ısı oluşacaktı. Bu kayıp ısıyı $Q_{kayıp(t)}$ olarak tanımlarsak

$$Q_{kayıp(t)} = h A (T_{yüzey\ ort.} - T_{\infty\ hava}) \quad 5.26$$

eşitliğinden hesaplanabilirdi. Depodan ısı kaybı olması durumunda ise;

$$Q_{top.ver.ısı(t)} - Q_{kayıp(t)} = Q_{şarj(t)} = Q_{deşarj(t)} \quad 5.27$$

eşitliğinden bulunabilir.

Biz hesaplamalarımız da kimyasal madde deposunu tam izoleli olarak kabul ettik.

$$Q_{şarj(t)} = Q_{deşarj(t)} \quad 5.28$$

Hesaplamalarımızda kullandığımız depomuz 60 cm çapında 150 cm boyunda ve aynı depo üzerinde 30 adet 5 cm çapındaki hava geçiş kanallarından oluşmuştur.

$$\text{Depo alanı } A_{depo} = \frac{\pi D_{depo}^2}{4} = \frac{\pi 0.6^2}{4} = 0.28 \text{ m}^2$$

$$\text{Delik alanı } A_{delik} = n \frac{\pi d_{delik}^2}{4} = 30 \frac{\pi 0.05^2}{4} = 0.058 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_{delik}}{A_{depo}} = 0.21$$

$$V_{tan\ k} = \frac{\pi D^2}{4} H = \frac{0.6^2}{4} \pi 1.5 = 0.424 \text{ m}^3$$

$$V_{delik} = n \frac{\pi d^2}{4} H = 30 \frac{(0.05)^2}{4} \pi 1.5 = 0.08835 \text{ m}^3$$

$$V_{kimyasal} = V_{tan\ k} - V_{delik} = 0.33565 \text{ m}^3$$

Yapılan hesaplamalara göre 300 kg kimyasal madde ve 200 kg su konulmuştur. Kimyasal maddeye 3/2 oranında su katılmıştır. Çekirdekleşmeyi ve dönüşümü kolaylaştırmak için içerisine 6 kg Potasyum Nitrat katılmıştır. Karışım daha sonra homojenliği sağlamak için hafifçe ısıtılarak karıştırılmış ve kullanıma hazır hale getirilmiştir.

$$\frac{V_{kimyasal}}{V_{ısıtma}} = \frac{0.33565}{0.08835} = 3.8$$

Bu nedenle bulunan deneysel bağıntılar kimyasal maddenin ısıtma yüzey alanına oranının 3 ila 4 kat değerleri için geçerlidir.

6. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE BULGULAR

Elazığ İli bölgesinde güneş, faz değiştirici madde(FDM), ve yatay toprak kaynaklı ısı pompası ile seraların ısıtılabilirliğini incelemek amacıyla Üniversitemiz Çiçek Sera bölgesinde deneysel ölçülerde bir cam sera kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bu ortamın ısıtılabilirliğini araştırmak amacıyla havalı güneş kolektörleri, kimyasal madde depolama tankı ve yatay toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kurulmuştur.

Deney sırasında güneş ışıınımları solarimetre ile ölçülmüş ve günün saatlerine göre değişiminin grafikleri çizilmiştir. Bu değerler Elazığ Devlet Meteoroloji İstasyonundan da alınan değerlerle karşılaştırılmıştır. Her bir kolektöre hava giriş ve çıkış sıcaklıkları, Sera içi bağıl nemi, ısı değiştiricisine salamura su giriş ve çıkış sıcaklıkları, kompresör Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, ısı değiştiricisine Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları, Salamura su giriş giriş ve çıkış sıcaklıkları, salamura su toprak altı sıcaklıkları, toprak sıcaklığı, ısı pompası devresinde kompresör giriş ve çıkış noktalarındaki Freon-22 basınçları, yoğuşturucuya giren ve çıkan hava sıcaklıkları ve sistemin harcadığı elektrik sarfiyatı periyodik olarak ölçülmüştür.

Tüm alınan deney sonuçları ekteki tablolarda gösterilmiştir. Ek-1. Işınım değerleri ve Havalı Güneş kolektörlerinden alınan değerleri, Ek-2. Isı pompasından alınan değerleri, Ek-3 Kimyasal madde şarj ve deşarjı ile ilgili değerleri içermektedir. Bunlarla ilgili çizilen grafikler ekte gösterilmiştir.

- a) Işınım değerlerinin günün saatlerine göre değişiminin grafikleri (Ek-1.1) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-1.1-Ek-1.18) de gösterilmiştir.
- b) Kolektör Basınç Kaybı-Reynolds değişim grafikleri (Ek-1.2) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-1.19-Ek-1.21) de gösterilmiştir.
- c) Kolektör tipleri debi-verim eğrileri (Ek-1.3) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-1.22-Ek-1.33) de gösterilmiştir.
- d) Maksimum debi-verim eğrileri (Ek-1.4) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-1.34-Ek-1.36) de gösterilmiştir.
- e) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için iç ortam, dış ortam, yoğuşturucuya Freon Gaz girişi, yoğuşturucu hava çıkış sıcaklıklarının günün saatlerine göre sıcaklık değişiminin grafikleri (Ek-2.1) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-2.1-Ek-2.20) de gösterilmiştir.

- f) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için COP_{sis} değişiminin günün saatlerine göre değişiminin grafikleri (Ek-2.2) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-2.21-Ek-2.46) de gösterilmiştir.
- g) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için iç ortam, dış ortam, Yoğuşturucuya hava girişi ve çıkış sıcaklıklarının günün saatlerine göre sıcaklık değişiminin grafikleri (Ek-2.3) de çizilmiştir.. Bu eğriler Şekil (Ek-2.47-Ek-2.64) de gösterilmiştir.
- h) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için, harcanan gücün (Watt), günün saatlerine göre değişiminin grafikleri (Ek-2.4) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-2.65-Ek-2.74) de gösterilmiştir.
- i) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için, iç ortam, dış ortam, ısı değiştiriciye Freon giriş ve çıkış sıcaklıklarının günün saatlerine göre sıcaklık değişiminin grafikleri (Ek-2.5) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-2.75-Ek-2.90) de gösterilmiştir.
- j) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için Yoğuşturucuya hava giriş ve çıkış sıcaklıklarının COP_{sis} değişiminin grafikleri (Ek-2.6) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-2.91-Ek-2.100) de gösterilmiştir.
- k) Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için iç ortam,dış ortam, toprak, salamura su giriş ve çıkış sıcaklıklarının günün saatlerine göre sıcaklık değişiminin grafikleri (Ek-2.7) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-2.101-Ek-2.124) de gösterilmiştir.
- l) Kimyasal Madde tankının içinin günün saatlerine göre sıcaklık değişiminin grafikleri çizildi (Ek-3.1). Bu eğriler Şekil (Ek-3.1-Ek-3.18)'de gösterilmiştir.
- m) Kimyasal madde tankının içinin, iç ortam ve dış ortamın günün saatlerine göre sıcaklık değişim grafikleri (Ek-3.2) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-3.19-Ek-3.32) de gösterilmiştir.
- n) Kimyasal maddenin şarjı vedeşarjı esnasında elde edilen ısıнын günün saatlerine göre şarj vedeşarj esnasında değişimlerinin grafikleri (Ek-3.3) de çizilmiştir. Bu eğriler Şekil (Ek-3.33-Ek-3.36) de gösterilmiştir..

Havalı güneş kolektörleri ile yapılan deneysel çalışmalarda, kolektör verimleri ve basınç kayıpları hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular ve grafikler neticesinde en yüksek basınç kaybının maksimum Reynolds sayısında $Re= 5000$ ‘ iken değişik günlerde (4.5-5.5 kPa) ile ters trapez şeklinde geometriye sahip kollektörde bulunmuştur. Çalışılan debide verim-zaman eğrilerinde en verimli olarak 07.10.2005 tarihinde % 43 ile ondülin tip kolektör bulunmuştur.

Sistemin COP_{sis} değeri ile bir boyutsuz $\theta = \frac{T_{\text{çevre}}}{T_{\text{toprak}}}$ sayısı belirlenerek ampirik

(deneysel) bağıntılar aşağıdaki gibi bulunmuştur. Bu değerlerin sağlıklı olabilmesi için her zaman $T_{\text{toprak}} > T_{\text{çevre}}$ olmalıdır. Bu nedenle θ değeri daima 1'den küçüktür. Aksi takdirde toprak altı ısı eşanjörü fayda yerine zarar getirir.

EKİM 2005 (20.EKİM.2005)

$$COP_{sis} = -11944\theta^2 + 23055\theta - 11122 \quad R^2 = 0.9804$$

KASIM 2005 (01.KASIM.2005)

$$COP_{sis} = 2333.3\theta^2 - 4488.3\theta + 2161.3 \quad R^2 = 0.9738$$

ARALIK 2005 (07.ARALIK.2005)

$$COP_{sis} = -10476\theta^2 + 20866\theta - 10387 \quad R^2 = 0.9875$$

OCAK 2006 (19.OCAK.2006)

$$COP_{sis} = -10076\theta^2 + 19376\theta - 9312.8 \quad R^2 = 0.9812$$

ŞUBAT 2006 (17.ŞUBAT.2006)

$$COP_{sis} = -16429\theta^2 + 31491\theta - 15088 \quad R^2 = 0.9635$$

MART 2006 (25.MART.2006)

$$COP_{sis} = 43667\theta^2 - 85935\theta + 42282 \quad R^2 = 0.9824$$

NİSAN 2006 (09.NİSAN.2006)

$$COP_{sis} = -857.14\theta^2 + 1700.3\theta - 840.14 \quad R^2 = 0.9765$$

Kimyasal madde için ampirik bağıntılar aşağıdaki gibi bulunmuştur. Bu bağıntılar Güneş Kolektörleri ve Isı Pompası için şarj ve deşarj durumları ayrı ayrı için türetilmiştir.

Güneş kolektörleri için şarj anında

$$Q = 0.0158t^2 - 0.3112t + 1.558 \quad R^2 = 0.9904$$

bulunmuştur. Bu değerler;

$8_h > t > 1_h$ (Zaman aralığı için geçerlidir.)

$45^\circ\text{C} > T_g > 25^\circ\text{C}$ (Güneş kolektörleri hava giriş sıcaklığı)

$$\frac{A_{delik}}{A_{depo}} = 0.21 ; \frac{V_{kimyasal\ madde}}{V_{ısıtma\ yüzey\ alanı}} = \frac{0.33565}{0.08835} = 3.8$$

m=300 kg kimyasal madde

$\dot{m} = 0.036\text{ kg/s}$ hava debisi için geçerlidir.

Güneş kolektörleri için deşarj anında

$$Q = 0.0256t^2 - 0.4427t + 1.7925 \quad R^2 = 0.982$$

bulunmuştur. Bu değerler;

$4_h > t > 1_h$ (Zaman aralığı için geçerlidir.)

$35\text{ }^\circ\text{C} > T_\phi > 5\text{ }^\circ\text{C}$ (deşarj hava çıkış sıcaklığı)

m=300 kg kimyasal madde

$\dot{m} = 0.036\text{ kg/s}$ hava debisi için geçerlidir.

Isı Pompası için şarj anında

$$Q = 0.0276t^2 - 0.4488t - 1.9143 \quad R^2 = 0.9943$$

bulunmuştur. Bu değerler;

$6_h > t > 1_h$ (Zaman aralığı için geçerlidir.)

$50\text{ }^\circ\text{C} > T_g > 35\text{ }^\circ\text{C}$ (Isı Pompası kimyasal madde hava giriş sıcaklığı)

$$\frac{A_{delik}}{A_{depo}} = 0.21 ; \frac{V_{kimyasal\ madde}}{V_{ısıtma\ yüzey\ alanı}} = \frac{0.33565}{0.08835} = 3.8$$

m=300 kg kimyasal madde

$\dot{m} = 0.27\text{ kg/s}$ hava debisi için geçerlidir.

Isı Pompası için deşarj anında

$$Q = 0.0504t^2 - 0.6962t + 2.3776 \quad R^2 = 0.947$$

bulunmuştur. Bu değerler;

$4_h > t > 1_h$ (Zaman aralığı için geçerlidir.)

$35\text{ }^\circ\text{C} > T_g > 5\text{ }^\circ\text{C}$ (Isı Pompası kimyasal madde hava giriş sıcaklığı)

m=300 kg kimyasal madde

$\dot{m} = 0.27\text{ kg/s}$ hava debisi için geçerlidir.

Kimyasal maddenin depolayabileceği toplam ısı miktarı ısı pompası ve güneş kolektörlerinde yaklaşık olarak eşittir. Fakat ısı pompasında şarj süresi daha kısalmakta, deşarj süreleri çevre sıcaklığına bağlı olmak kaydıyla yaklaşık eşittir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 SONUÇ

Bölgemizin meteorolojik verilerden anlaşılacağı gibi seraların ısıtılmasında kullandığımız güneş kaynaklı hava kolektörleri gündüz Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları için tek başına ısıtma yükünü ve kimyasal maddenin erimesi (şarjı) için istenilen sıcaklığı sağlamaktadır. Fakat geceleri bu sistem kullanılamadığı için ilave bir ısı kaynağına ihtiyaç vardır. Aralık ayından itibaren gece dış ortam sıcaklıkları düşüş kaydetmektedir. Bölgemizde en soğuk geçen ay Ocak ayı olmaktadır. Ortalama 20-22 gün sıcaklıklar $-5, -20^{\circ}\text{C}$ arasında olmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası bu aylar için daha idealdir. Isı pompası daha kararlı bir çalışma sergilemektedir. Isı pompasına salamura su giriş sıcaklıklarında donma problemleri için ek tedbirler almak gerekmektedir. Ocak ayında toprak sıcaklığı $5-7^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Salamura suyun Silindirik iç içe borulu ısı eşanjörüne girişte ortamın ısısı ve F-22 gazının ısı alışverişinde sistemde ısının aniden düşmesine neden olmakta, sonucunda donma problemi ortaya çıkmaktadır. Bunun için ani ısı düşmelerinde ilave bir ısıtıcıya gerek duyulabilir. Netice itibarıyla ısı pompasının direkt sera içerisine veya dışarıda kapalı bir yere yerleştirilmesi daha uygun olacaktır. Toprak kaynaklı ısı pompası, çevre sıcaklığının toprak sıcaklığından düşük olduğu zamanlar kullanılabilir. Düşük çevre sıcaklıklarında klasik hava kaynaklı, ısıtma sistemlerine göre daha performanslıdır.

Ekonomik analiz sonuçlarına ilaveten, güneş destekli, enerji depolamalı ve ısı pompalı sisteminin bir birlerine göre avantajları:

1. Havalı güneş kolektörleri kullanılarak yapılan ısıtmada daha yüksek verim elde edilmiştir. Tamamıyla çevreye dost, ekonomik ve temiz bir ısıtma sağlanmıştır. Bölgemiz Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları için havalı güneş kolektör kullanımına gayet uygundur. Güneşin doğuş ve batış süresi oldukça uzun, güneş ışınlarından yararlanma oldukça yüksektir.
2. Havalı güneş kolektörlerinin verimi oldukça yüksektir.
3. Isı pompası COP değerleri yüksektir.
4. Kimyasal madde depo sıcaklığı hemen hemen sabit olduğundan sera içerisinde ısının rasyonel bir şekilde dağılımını sağlamıştır.
5. Kompresörün çalışma düzeni oldukça karardır. Kompresör uzun süreli çalıştırmalar için gayet uygundur. Kompresörün arıza yapma ihtimali çok azdır.
6. Salamura suyun debisi artırıldığında ısı transferi dolayısıyla kompresörün COP' u artış göstermektedir.

7. Salamura suyun donma riski hemen hemen yoktur. Salamura su sıcaklığı -20°C kadar donmama özelliğine sahiptir. Bu risk çevre sıcaklığının düşük olmasına karşı bir tedbirdir olarak düşünülmüştür. Sistemde bu risk için ilave olarak emercensi bir ısıtma ve otomatik stop donanımları mevcuttur.
8. Isı pompasının bu tür sistemlerde iyi bir izolasyonu yapılmalı, mümkünse sera içerisine yerleştirilmeli veya ısı pompasının muhafazalı bir şekilde çalıştırılmasına dikkat edilmelidir.
9. Toprakta alınan salamura suyun sıcaklığı çevreye göre daha yüksek olduğundan kompresörün sıkıştırma oranı oldukça azdır ve bundan dolayı iş için dışarıdan daha az enerjiye gereksinim duyar.
10. Depo kullanıldığı için kimyasal maddenin kararlılığı ve değişimi rahatlıkla görülebilmektedir.
11. Toprak kaynaklı ısı pompası kullanıldığı için cihaz -20°C sıcaklıkta bile rahatlıkla çalışmaktadır. Sistemde donma (defrost) problemi görülmemiştir.
12. Sistemde yardımcı ısı kaynağına gerek duyulmamıştır.
13. Toprak ısı değiştiricisinden kullanılan PEX borularının çapı 1" ve üstünde seçilmelidir. Dikine yerleştirilen salamura su düzeneği ile karşılaştırılarak mukayesesi yapılmalıdır.
14. Toprak kaynaklı ısı pompasının performansı 2-3.5 arasında çıkmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası bize sera içerisinde çevre sıcaklığına bağlı olmakla birlikte $5-9^{\circ}\text{C}$ lik bir ek kazanç sağlamakta, kimyasal madde ise ortalama olarak, $1-3^{\circ}\text{C}$ lik ek kazanç sağlamaktadır.

7.2 ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ısı pompasının kompresörünün gücü daha yüksek seçilirse ve ısı değiştiricisinin ısıtma yükü artırılırsa cihazın daha verimli çalışması sağlanabilir. Bu çalışma sonucunda bölgemizdeki klasik ısıtma yöntemlerine alternatif olarak bu sistem denenebilir. Yalnız bu sistem tamamen bizi dışa bağımlı kılmaktadır. Türkiye henüz bu teknolojiye elverişli değildir. Çünkü öncelikle çözülmesi gereken sorun elektrik fiyatlarının dünya ölçülerinde makul bir seviyeye indirilmesi olmalıdır. Isı pompası parça ve cihazların (Kompresör, ekspansiyon valfi, termostatlar, kontrol ve ayar cihazları, sirkülasyon pompası, ısı değiştirgeçleri vb.) üretimleri yoktur.

Ülkemizde Isı pompaları için uygun bir sirkülasyon pompası üretimi bile yoktur. Çalışmamızda kullanılan pompa (DAB) özellikle ısı pompaları için en uygun pompa serisine sahiptir.

1. Bölgemiz ısıtma sezonunda güneş enerjisi açısından istenilen düzeyin oldukça üzerindedir. Güneş enerjisinin Ocak ayına kadar verimli bir şekilde kullanılması mümkündür. Bundan sonra yapılacak çalışmalar havalı güneş kolektörlerinin yeni dizaynlarının ve verimlerini artırmak üzerine olmalıdır.
2. Isı kayıplarının en az düzeye indirmek için ısının aktarıldığı boru ve kanalların iyi bir şekilde standartlara göre (TSE ve ASHRAE) iyice yalıtılmalıdır.
3. Sera inşa şekilleri ve yeni dizaynlar takip edilerek yeni teknolojiler uygulanmalı (çift cam, polikarbon vb.)
4. Seranın mümkünse kuzey tarafları korumalı bir şekilde yapılmalı.
5. Bu tür sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması teknik ve ekonomik yönden devlet tarafından desteklenmelidir.
6. Enerji depolayıcı çeşitli maddeler üzerinde daha fazla araştırma yapılarak, daha uygun daha ucuz maddeler bulunarak hizmete sunulmalıdır.
7. Isı pompasındaki yeni teknolojileri yakından takip edilerek, özellikle yeni kullanıma sunulan R-123, R-134a, R-407c, R-410a, vb. (ozon yok etme katsayısı sıfır)gazlar ile çalışan sistemler denenmelidir.
8. İleriki çalışmamızda dikey borulu kuyu tipi toprak kaynaklı ısı pompası için çalışmalar yürütülecektir.
9. Isı depolamak için farklı kimyasal maddeler özellikle parafinler denenmelidir.
10. Kimyasal madde deposu daha büyük seçilebilirdi fakat önemli olan kimyasal madde hacmi ile ısıtma hacmi arasındaki orandır.

Sonuç olarak mutlaka seracılık güzel yurdumuzda geliştirilmeli ve sera ısıtılmasında, oduna, kömüre mutlaka alternatif ısıtma kaynağı bulunmalıdır. Çalışmamız bu amaca yönelik temel teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Uyarel A.Y., Öz, E.S., 1987, Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları, Emel Basımevi Ankara.
2. Baldemir, F., 1987, Güneş Enerjisine Giriş (L'energie Solaire) Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Ders Notları, Elazığ.
3. Ertekin, C., Bilgili, E., 1998, Güneş Enerjili Hava Isıtıcılarında Isıl Verim, 5. Ulusal Soğutma Ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Adana., 237-248..
4. Reay, D.A., Macmichael, D.B.A., 1979, Heat Pumps Design and Application, Pergamon Press, Oxford.
5. Calm, J.M., Heat Pump, ASHRE Journal, August 1984.
6. Çengel, Y.A., Boles, M.A., 1996, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik Literatür Yayıncılık.
7. Yüksel, A. N., 1989, Sera Planlaması ve Yapımı, Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları Ankara., 5, 197.
8. Yüksel, A. N., Korkut, A. B., Kaygısız, H., 1993, Sera Üreticisinin El Kitabı, Hasat Yayıncılık İstanbul., 450.
9. Velraji R., Seeniraj, V., Hafner, B., Faber, C., Schwarzer, K., 1997, Experimental Analysis Ve Numerical Modelling of Inward Solidification in a Finned Vertical Tube for Latent Heat Storage Unit, Solar Energy., 60, 281-290.
10. Kaptan, I., N., Kılıç, A., 1996, Theoretical And Experimental Investigation of a Novel Built-In Storage Solar Water Heater, Solar Energy., 57, 3939-400.
11. Rabin, Y., Bar-Niv, I., Korin, E., Mikic, B., 1995, Integrated Solar Collector Storage System Based on a Salt Hydrate Phase-Change Material, Solar Energy., 55, 425-444.
12. Audı, S.M., 1992, Experimental Study of A Solar Space Heating Model Using Dordanlen Rocks For Storage, Energy Converse Mgmt, 33, 33-842.
13. Chaudhury, C., Chauhan, P., Mand Garg, H.P., 1995, Economic Design of a Rock Bed Storage Device for Storing Solar Thermal Energy, Solar Energy., 55,29-37.
14. Chaundhury, C., Garp, H.P., Prakash. J., 1993 Transient Analysis of Rock Bed Air Heaters for Intermediate Temperature Applications, International Journal of Energy Research., 17,337-392.
15. Abdub, A., Löf. G.O.G., Hitle, D.C., 1995, Simulation of Solar Air Heating at Constant Temperature, Solar Energy.,54 75-83.
16. Baykul, M.C., 1987, Güneş Enerjisi Depolamaması Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen. Bil. Enst. Eskişehir.
17. Güngör, A., Özbalt N., 1993, Güneş Enerjisinin Depolanması, Güneş Enstitüsü Dergisi, 1.
18. Yeh, H., Tin, C., 1996, Efficiency of Solar Air Heaters with Baffles, Energy Vol 16., 7, 983-987.
19. Yeh, H., Lin T., 1996, The Effect of Collector Aspect Ratio on The Collector Efficiency of Upward-Type Flat Plate Solar Air Heaters, Energy Vol 21., 10, 843-850
20. Ertekin, C., Bilgili, E., 1998, Güneş Enerjili Hava Isıtıcılarında Isıl Verim, 5. Ulusal Soğutma Ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Adana., 237-248.
21. Kurtbaş, İ., Durmuş, A., 2004, Efficiency and Exergy Analysis of a New Solar Air Heater. Renewable Energy 29. 1489-1501.
22. Demirbay, A., 2002, Turkey's Geothermal Energy Potential, Energy Sources, Vol 24, No:12. pp 1107-1115.
23. Gunerhan, G.G., Kocar, G., Hepbaşlı, A., 2001, Geothermal Energy Utilization In Turkey, International Journal Of Energy Research., 25, 769-784.

24. Henderson P. C., Hewitt, N. J., Mongey, B., 2000, An Economik and Techical Case for a Compressor / Expander Unit For Heat Pumps, *International Journal Of Energy Research.*, 24, 831-842.
25. İnallı, M., Esen, H., 2004, Experimental Thermal Performance Evaluation of a Horizantal Ground-Source Heat Pump System, *Science Direct.*, 24, -2219-2232.
26. Özgener, Ö., Hepbasli A., 2005, Experimental Performance Analysis of a Solar Asisted Ground-Source Heat Pump Greenhouse Heating System, *Science Direct.*, 37, 101-110.
27. Chou, S. K., Chua, K. J., Ho, J. C., Ooi, C. L., 2004, On The Study of an Energy-Efficient Greenhouse for Heating, Cooling And Dehumidification Applications, *Science Direct.*, 77, 355-373.
28. Ozgener, O., Hepbasli, A., 2005, Exergoeconomic Analysis of a Solar Assisted Ground-Source Heat Pump Greenhouse Heating System, *Science Direct.*, 25, 1459-1471.
29. Hyun, Song,-Kap., 1997, Development of Heat Pump- PCM Latent Heat Storage System for the Greenhouse Heating (I) *Journal of Korean Society for Agriculture Machinery* 19 (3).
30. Kuang, Y. H., Wang, R.Z., Yu, L. Q., 2003 , Experimental Study on Solar Assisted Heat Pump System for Heat Supply. *Energy Conversion and Management* 44 1089-1098.
31. Badescu.V, 2003, Model of A Thermal Energy Storage Device İntegrated into a Solar Assisted Heat Pump System For Space Heating, *Energy Conversion And Management.*, 44, 1589-1604.
32. Yuehong, B., Tingwei, G., Liang, Z., Lingen, C., 2004, Solar and Ground Source Heat-Pump System, *Science Direct.*, 78, 231-245.
33. Başçetinçelik, A., Öztürk, H. H., Paksoy, H. I., Demirel, Y., 1999, Energetic And Exergetic Efficiency of Latent Heat Storage System for Greenhouse Heating, *Renewable Energy.*, 16, 691-694.
34. Kern, M. End Aldrich, R. A., 1979 Phase Change Energy Storage in a Greenhouse Solar Heating System. Paper Presented at the Summer Meeting of ASAE and CSAE, June 24-27, University of Manitoba, Winnipeg.
35. Katsunori, N., Takao, K., Sayaka, T., 2006, Development of a Desing and Performance Prediction Tool for the Ground Source Heat Pump System, *Science Direct.*, Xx, Xxx-Xxx.
36. Chaturvedi, S. K., Chen, D. T., Kheireddine, A., 1998, Thermal Performance of a Variable Capacity Direct Expansion Solar-Assisted Heat Pump, *Eneryg Convers*, Vol 39, 3/4, 181-191.
37. Doherty, P. S., Al-Huthaili, S., Riffat, S. B., Abodahap, N., 2004, Ground Source Heat Pump-Description and Preliminary Result of the Eco House System, *Science Direct.*, 24, 2627-2641.
38. Garcia, J. L., De La Plaza, S., Navas, L. M., Banavente, R. M., Luna, L., 1998, Evaluation of The Feasibility of Alternative Energy Sources for Greenhouse Heating., *J. Argic. Engng Res.*, 69, 107-114.
39. Çomaklı, Ö., Kaygusuz, K., Ayhan, T., 1993, Solar-Assisted Heat Pump And Energy Storage for Residential Heating, *Solar Energy* Vol 51., 5, 357-366.
40. İleri, A., 1997, Yearly Simulation of a Solar-Aided R''-Degdme Absorption Heat Pump System, *Solar Energy* Vol 55., 5, 455-469.
41. Abou-Ziyan, H. Z., Ahmed, M. F., Metwwlly, M. N., Abd El-Hameed, H. M., 1997, Solar-Assisted R22 And R134a Heat Pump Systems for Low Temperature Applications, *Applied Thermal Engineering* Vol 17., 5, 455-469.
42. Yamankaradeniz, R., Horuz, I., 1998, The Theoretical and Experimental İnvestigation of The Characteristics of Solar-Assisted Heat Pump, *Energy* Vol 25, 6, 885-898.

43. Torres Reyes, E., Picon Nuñez M., Cervantesde G, J., 1998, Exergy Analysis an Optimization of a Solar-Assisted Heat Pump, *Energy* Vol 23., 4, 337-344.
44. Huang, B. J., Chyng, J.P., 1999, Integral-Type Solar-Assisted Heat Pump Water Heater, *Renewable Energy* Vol 69., 1-4, 731-734.
45. Kaygusuz, K., 2000, Experimental And Theoretical Investigation of a Solar Heating System with Heat Pump, *Renewable Energy* Vol 21., 1,1, 79-102.
46. Hawlader, M. N. A., Chou, S. K., Ulah, M. Z., 2001, The Performance of A Solar Assisted Heat Pump Water Heating System, *Applied Thermal Engineering* Vol 21, 10, 1049-1065.
47. Babür, N., 1986. Design and Construction of an Earth Source Heat Pump, Yüksek Lisans Tezi (Yönetici: Doç. Dr. Rüknettin Oksay), ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, 119 Sayfa, Eylül.
48. Kara, Y.A., 1999. Düşük Sıcaklıktaki Jeotermal Kaynakların Isı Pompası Yardımıyla Bina Isıtılmasında Kullanımı, Doktora Tezi,(Yönetici: Doç. Dr. Bedri Yüksel) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 130 Sayfa Erzurum.
49. Esen M., 1994 Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompasındaki Faz Değiştiren Madde İçeren Silindirik Enerji Deposunun Bilgisayarda Simülasyonu ve Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
50. Esen M., and Ayhan T., 1996, Development of a Model Compatible with Solar Assisted Cylindrical Energy Storage Tank and Variation of Stored Energy with Time for Different Phase Change Materials, *Energy Conv. & Management*, Vol.37, No.12, pp.1775-1785.
51. Esen, M., 2000, Thermal Performance of a Solar-Aided Latent Heat Store Used for Space Heating by Heat Pump, *Solar Energy*, Vol. 69. No.1. pp.15-35.
52. Esen, M., Durmuş A., Koca, A., 2000, Tuz Hidratların Isı Enerjisini Depolama Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi, I. Çevre Ve Teknoloji Sempozyumu İstanbul., 485-495.
53. Çomaklı, Ö., Kaygusuz, K., Ayhan, T., 1993, Solar-Assisted Heat Pump And Energy Storage for Residential Heating, *Solar Energy* Vol 51., 5, 357-366.
54. Kürklü, A., 1998, Energy Storage Applications in Greenhouse by Means of Phase Change Materials, *Renewable Energy* Vol 13., 89-103.
55. Kürklü, A., Özmerzi. A., Wheldon, A. E., and Hadley, P., 1996 Utilization of a Phase Change Material (pcm) for The Reduction of Peak Temperatures in a Model Greenhouse. Paper Presented at Agritech 96, International Workshop on Greenhouse Technologies for Mild Climates, 12-15 May, Bet-Dagan.
56. Sarı, A., Kaygusuz, K., 2000 Energy and Exergy Calculations of Latent Heat Storage Systems. *Energy Sources*; 22 (2): 117-26.
57. Sarı, A., Kaygusuz, K., 2002 Thermal and Heat Transfer Characteristics in a Latent Heat Storage System Using Lauric Acid. *Energy Convers Mgmt.*: 43 (18): 1605-24.
58. Sarı, A., Kaygusuz, K., Thermal Energy Storage System Using Some Fatty Acid as Latent Heat Energy Storage Materials. *Energy Sources* 2001; 23 (1) 275-85.
59. Abhat A., 1983 Low Temperature Latent Heat Thermal Energy Sorage: Heat Storage Materails. *Solar Energy* 30: 313-32.
60. Lorsch HG., 1976 Kauffman KW, Denton JC. Therman Energy Storage For Heating and Air Conditioning, Future Energy Production System. *Heat Mass Transfer Processes*1: 69-85.
61. Farid, M. M., Khudhair, M, A., 2003 A Review on Phase Change Energy Storage:Material and Applications, *Energy Conversion and Management*.

62. Humphries WR, 1977 Griggs El. A Designing Handbook for Phase Change Thermal Control and Energy Storage Devices. NASA Technical Paper, pp. 1074.
63. Farid MM, Mohammed AK, 1987 Effect of Natural Convection on The Process of Melting and Solidification of Paraffin Wax. Chem Eng Commun 57: 297-316.
64. Farid MM, Kim Y, Kanzawa A., 1990 Thermal Performance of Heat Storage Module Using PCM's with Different Melting Temperatures-Experimental. Trans ASME, J Solar Energy Eng 112:125-31.
65. Lane, G. A., 1983, Solar Heat Storage: Latent Heat Materials, Volume I-Background and Scientific Principles, Crc Pres, Florida.,
66. Farid MM, Khalaf AN., 1994 Performance of Direct Contact Latent Heat Storage Unit with two Hydrated Salts. Solar Energy 52:179-89.
67. Hasan, A., 1994, Phase Change Material Energy Storage System Employing Palmitic Acid, Solar Energy., 52, 143-154.
68. Feldman, D., Sapiro, M.M., 1989, Fatty Acids and Their Mixtures as Phase Change Materials for Thermal Energy Storage. Solar Energy Mater 18, 201-16.
69. Dimaano, M., Escoto, A., 1998 A Preliminary Assessment of Mixture of Capric and Lauric Acid for Low Temperature Thermal Energy Storage. Energy 23 ; 421-7.
70. Biswas, DR., 1997, Thermal Energy Storage Using Sodium Sulphate Decahydrate and Water. Solar Energy 19: 99-100.
71. Telkes, M., 1952 ,Nucleation of Super Saturated Inorganic Salt Solution. Indust. Eng. Chem. : 44 : 1308.
72. Kimura H, Kai J., 1984 Phase Change Stability of $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Solar Energy 33:557-63.
73. Gibbs B, Hasnain S., 1995 DSC Study of Technical Grade Phase Change Heat Storage Materials for Solar Heating Application. in: Proceedings of The 1995 ASME/JSME/JSEI International Solar Energy Conference, Part 2.
74. Porisini FC., 1988 Salt Hydrates Used for Latent Heat storage: Corrosion of Metals and Reliability of Thermal Performance Solar Energy 41:193-7.
75. Cabeza L, Illa J, Roca J, Badia F, Mehling H, Hiebler S, 2001 et Al . Immersion Corrosion Tests on Melt-Salt Hydrate Pairs Used for Latent Heat Storage in The 32-36 °C Temperature Range. Mater Corros 52:140-6.
76. Heine, D., Heess, F., 1980, Chemische und Physikalische Eigenschaften von Latentwärmern für Solarkräfte Proceedings of the 3rd International Solarforum Hamburg.
77. Lane, G. A., 1980, Low Temperature Heat Storage Unit with Phase Change Materials, Int. J. Ambient Energy., 1(3), 155-168.
78. Eames, I.W., Adref, K. T., 2002, Freezing and Melting of Water in Spherical Enclosures of the Type Used in Thermal (ice) Storage Systems, Appl. Thermal Eng. 22 733-745
79. Stark, P., 1980 PCM Impregnated Polymer Microcomposites for Thermal Energy Storage. SAE (Soc Automotive Eng.) Trans :99: 571-88.
80. Royon, L., Guiffant, G., 1997, Investigation of Heat Transfer in a Polymeric Phase Change Material for Low Level Heat. Energy Convers 38: 517-24.
81. Ryu HW, Woo SW, Shin BC, Kim SD., 1992 Prevention of Subcooling and Stabilization of Inorganic Salt Hydrates as Latent Heat Storage Materials. Solar Energy Mater Solar Sells 27:161-72.
82. Abhat, A., 1980 Low Temperature Latent Heat Thermal Energy Storage Heat Storage Materials. Solar Energy, 39(4), 313-332.
83. Costello YA, Melsheimer SS, Edie DD., 1978 Heat Transfer and Calorimetric Studies of a Direct Contact-Latent Heat Energy Storage System; Thermal Storage and Heat Transfer in Solar Energy System. ASME Meeting San Francisco, USA, pp. 10-5.

84. Couter, J.P., Farber, E.A., 1982 Two Applications of a Numerical Approach of Heat Transfer Process within Rock Beds, *Solar Energy.*, 299, 451-462.
85. Koca A., 2001, Gizli Isı Enerji Depolu Düzlemsel Bir Güneş Kolektörünün Isıl Performansının Deneysel Olarak Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Elazığ.
86. Tores-Reyes, E., Cervantes De Gortari, J., 2001, Optimal Performance of an Irreversible Solar-Assisted Heat Pump, *Exergy Int. J.*, 1/2, 107-111.
87. Kern, M. End Aldrich, R. A., 1979 Phase Change Energy Storage in a Greenhouse Solar Heating System. Paper Presented at the Summer Meeting of ASAE and CSAE, June 24-27, University of Manitoba, Winnipeg.
88. Jaffrin, A., Cadier, P. and Venard, M., 1987 La Baronne Solar Greenhouse of CREAT-CNRS. in REUR Technical Series I-Greenhouse Heating with Solar Energy, ed.C. Von Zabeltitz, CNRE, pp. 192-194.
89. Baille, A and Boulard, T.,1987 Phase Change Material for Heat Storage in Greenhouse in REUR Technical Series I-Greenhouse Heating with Solar Energy, ed. C. Von Zabeltitz, CNRE, pp. 139-142.
90. Baille, A and Boulard, T.,1987 Phase Change Material for Heat Storage in Greenhouse in REUR Technical Series I-Greenhouse Heating with Solar Energy, ed. C. Von Zabeltitz, CNRE, pp. 139-142.
91. Huang, B. K., Toksoy, M., Çengel, Y., 1986, Transient Response of Latent Heat Storage in Greenhouse Solar System, *Solar Energy.*, 37(4), 279-292.
92. Takakura, T., Nishina, H., 1981, A Solar Greenhouse with Phase Change Energy Storage and a Microcomputer Control System, *Acta Hort. (Energy in Protected Cultivation).*, 115, 583-590.
93. Jaffrin, A., Cadier, P., 1982, Latent Heat Applied to Horticulture-La Baronne Solar Greenhouse, *Solar Energy.*, 38(4), 313-321.
94. Boulard, T., Razafinjohany, E., Baille, A., Jaffrin, A., Fabre, B., 1990, Performance of A Greenhouse Heating System with a Phase Change Material. *Agric. Forest Meteorology.*, 52, 303-318.
95. Levav, N., Zamir, N., 1987, Phase Change Materials for Heat Storage in Greenhouse, in Reur Technical Series I-Greenhouse Heating with Solar Energy., 163-166.
96. Nishina, H., Takakura, T., 1984, Greenhouse Heating by Means of Latent Heat Storage Units, *Acta Hort. (Energy In Protected Cultivation Iii.).*, 148, 751-754.
97. Machida, Y., Kudon, Y. and Takeda, T., 1985 PCMs of Glauber's Salt-Based Eutectic Mixtures for Geenhouse Heating *Proc. Int. Symp. Thermal Application of Solar Energy*, April 7-10, Hakone pp. 537-541.
98. Nishina, H. And Takakura, T., Solar Heating Greenhouse by Means of Latent Heat Storage Units. *Proc. Int. Symp. Thermal Application of Solar Energy*, April 7-10, Hakone pp. 543-545.
99. Cristopia Energy System Web Site www.cristopia.com.
100. Yüksel, N., Tekirdağ da Bir Sera İçin Isıtma Projesi: T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ .
101. Eddie DD, Melsheimer SS. 1976 An Immisicible Fluid-Heat of Fusion Energy Storage System. in: *Proceedings of Sharing The Sun: Solar Technology in the Seventies. A Joint Conference of The American Section of The International Solar Energy Society.* Fouda Unit. *Solar Energy* 43:237-52.
102. Esen, M., 2000, Thermal Performance of a Solar-Aided Latent Heat Store Used for Space Heating by Heat Pump, *Solar Energy*, Vol. 69. No.1. pp.15-35.
103. www.igshpa.oksatate.edu 2001, Ground Heat Exchangers.

104. Ersöz, İ., Toprak Kaynaklı ısı Pompası ile Bir Hacmin Soğutulması, 2000, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi.
105. Hancıoğlu, E., 2000, Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompası İle Bir hacmin Isıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
106. Kreider, J.F., Kreith, F., 1982, Solar Heating and Cooling: Active and Passive Design, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
107. Taşdemiroğlu, E., 1988, Solar Energy Utilization: Technical and Economic Analysis of Solar Heating Systems, Energy Conversion and Management, vol.28, pp. 95-103.
108. Doğan, M., 2002, İşletme Ekonomisi ve Yönetim, 6. Baskı, Anadolu Matbaası, İzmir.
109. AE, Despault GJ, Taylor JB, Capes CE. 1984 Solar Storge System Using Salt Hydrate Latent Heat and Direct Contact Heat Exchanger-II, Characteristics of Pilot Operating with Sodium Sulfate Solution.Solar Energy 32:57-65.
110. Özgener, Ö., Hepbasli A., 2005, Experimental Performance Analysis of a Solar Asisted Ground-Source Heat Pump Greenhouse Heating System, Science Direct., 37, 101-110.

EK -1

Tablo Ek-1.1 Havalı Güneş Kolektörleri 03.10.2005 Hava Açık Hafif Rüzgarlı

SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	I
08:00	22.1	22.2	25.1	26.4	27.4	26.8	26.1	27.4	25.6	26.5	24.9	26.1	20.5	16.5	15.5	20.9	21.2	0.036	383
08:30	22.4	22.8	24.6	25.4	26.2	25.7	26.5	27.4	26.8	27.8	28.7	28.9	21.2	16.8	16.4	20.6	21.3	0.036	-
09:00	23.2	25.4	27.5	29.3	30.5	31.5	32.2	27.1	27.4	27.5	27.6	27.6	22.8	18.5	16.9	21.3	22.6	0.036	432
09:30	23.6	25.6	28.1	29.4	31.5	32.6	33.6	26.8	26.7	28.7	29.4	29.4	22.9	19.5	17.2	22.2	22.6	0.036	-
10:00	26.2	27.6	28.8	33.6	36.5	42.5	45.2	24.5	25.6	27.7	29.4	29.5	23.9	20.2	17.8	24.3	23.7	0.036	508
10:30	27.1	28.5	31.5	35.6	38.5	44.5	46.3	25.6	26.5	27.5	28.6	29.6	25.3	21.2	18.3	24.8	23.8	0.036	-
11:00	26.5	33.5	35.4	37.5	45.2	48.9	51.2	26.8	27.5	29.5	31.1	31.5	26.8	22.7	19.5	26.6	24.5	0.036	327
11:30	25.8	38.5	39.5	42.5	46.8	49.4	50.6	27.4	28.4	29.6	31.5	32.5	27.9	23.4	19.9	31.2	24.8	0.036	-
12:00	27.2	39.5	40.2	43.4	47.4	50.6	50.8	28.6	31.5	32.1	33.2	33.5	28.9	25.5	20.3	32.3	25.2	0.036	243
12:30	27.9	38.1	41.2	44.2	46.2	49.5	51.2	28.5	30.8	31.5	33.5	34.2	30.2	26.7	21.4	33.2	25.6	0.036	-
13:00	26.2	37.5	43.2	46.5	47.8	53.1	52.6	31.5	31.8	32.4	34.5	36.4	31.5	27.1	22.5	34.1	26.4	0.036	188.4
13:30	25.8	38.6	43.5	47.5	48.6	52.4	53.8	32.8	32.5	33.9	37.6	36.5	31.9	27.9	22.9	35.2	24.5	0.036	-
14:00	24.4	39.5	44.2	46.8	47.9	53.8	53.9	31.5	34.4	35.8	36.8	37.6	32.5	28.1	23.4	36.4	24.1	0.036	118.5
14:30	24.3	37.5	41.2	45.8	46.7	53.9	54.6	31.6	35.2	36.5	37.8	38.1	32.4	28.0	23.9	38.2	24.8	0.036	-
15:00	24.4	39.2	43.2	46.2	47.2	51.2	54.1	29.4	34.8	36.8	37.2	38.5	32.3	28.1	24.3	39.6	25.6	0.036	125
15:30	24.6	36.5	41.2	45.2	46.2	52.4	54.2	30.2	33.5	35.8	36.7	38.9	32.1	27.3	24.5	41.2	27.5	0.036	-
16:00	25.1	35.2	40.8	47.2	46.8	54.2	55.8	27.5	34.2	35.9	38.9	40.8	31.2	27.1	24.6	42.5	28.2	0.036	111.5
16:30	25.4	36.5	41.2	46.8	42.5	53.9	56.8	26.5	31.8	33.5	36.7	42.6	31.5	27.0	24.4	45.2	25.8	0.036	-
17:00	26.2	35.8	43.2	45.8	46.5	52.8	56.1	26.2	30.8	32.5	35.8	41.2	30.1	26.9	24.2	45.9	26.7	0.036	-

Tablo Ek-1.2 Havalı Güneş Kolektörleri 07.10.2005

EK- 1

SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1$	I
08:00	18.1	18.5	20.2	20.5	21.1	21.5	21.2	19.2	20.5	22.4	23.5	24.2	15.1	19.5	16.5	23.1	13.2	0.036	167.28
08:30	18.5	18.7	20.3	20.6	21.5	22.5	22.5	20.5	21.4	23.5	25.7	26.8	17.5	19.6	15.9	24.5	12.8	0.036	-
09:00	18.9	20.5	21.1	22.5	23.5	24.6	24.6	20.8	22.1	24.5	26.4	28.3	18.5	20.4	16.1	25.4	12.5	0.036	369.41
09:30	18.2	20.5	21.5	23.4	25.4	27.8	28.5	21.1	22.3	25.1	28.7	30.6	19.5	21.5	16.4	26.8	13.1	0.036	-
10:00	17.6	21.5	25.4	27.8	29.5	31.5	32.5	21.5	23.5	26.5	29.4	32.6	24.5	23.5	18.5	30.5	14.5	0.036	501.84
10:30	17.2	25.6	27.8	29.5	32.4	34.5	35.4	22.1	25.4	26.8	29.4	33.5	28.5	25.6	20.4	34.5	14.2	0.036	-
11:00	16.6	26.5	28.4	32.4	35.4	37.8	39.4	21.6	26.4	29.4	32.5	36.4	30.5	28.2	25.6	35.6	16.1	0.036	571.54
11:30	16.4	27.8	29.6	33.5	36.4	38.9	40.5	19.8	24.5	28.4	31.6	38.9	32.8	30.5	27.8	36.5	16.2	0.036	-
12:00	16.5	26.5	29.5	34.5	37.8	39.5	41.2	18.6	26.8	32.5	38.9	41.2	34.9	33.6	28.4	39.1	16.2	0.036	606.39
12:30	17.2	27.8	30.2	35.4	37.8	39.1	42.5	18.5	25.6	33.4	39.5	43.5	36.4	35.4	30.2	40.2	17.2	0.036	-
13:00	18.4	28.7	31.2	36.5	39.5	42.5	46.5	19.4	26.1	32.5	38.9	44.2	39.5	34.5	30.1	42.1	18.5	0.036	606.89
13:30	18.2	29.4	34.5	38.9	45.7	49.8	51.2	19.4	26.4	32.6	39.9	52.4	40.2	36.5	31.5	41.2	18.3	0.036	-
14:00	18.4	32.5	36.8	38.9	47.5	52.1	56.4	19.7	26.8	33.6	41.2	54.3	40.5	36.4	32.6	42.1	18.4	0.036	571.34
14:30	18.4	33.5	37.4	39.4	48.5	52.4	57.8	20.1	26.8	34.6	44.5	53.1	41.5	37.5	32.4	42.2	18.6	0.036	-
15:00	18.9	34.5	38.5	40.5	47.8	53.1	58.4	20.6	26.1	34.2	43.6	53.2	42.5	38.2	33.6	43.5	18.4	0.036	480.93
15:30	18.2	33.5	37.8	41.5	46.5	52.9	57.4	21.1	25.6	34.5	42.6	53.1	43.2	38.1	33.4	44.9	18.3	0.036	-
16:00	17.3	32.5	36.8	42.5	45.8	51.8	57.2	21.4	26.5	33.1	41.5	54.9	41.2	37.5	32.9	42.5	17.9	0.036	334.58
16:30	17.2	31.5	35.6	41.5	44.5	50.8	56.8	21.1	27.5	34.5	42.6	53.2	41.2	36.5	32.1	41.9	17.5	0.036	-
17:00	16.2	30.5	34.5	40.8	43.5	50.7	56.4	20.3	26.5	34.5	41.5	52.8	40.5	36.1	32.6	40.8	17.3	0.036	-

EK-1

Tablo Ek-1.3 Havalı Güneş Kolektörleri 10.10.2005 Hava Açık Güneşli

SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	I
08:00	18.1	19.6	20.3	20.6	21.3	21.6	21.2	19.2	21.2	22.1	23.5	24.2	15.5	13.4	12.4	18.4	17.9	0.036	167.28
08:30	18.5	19.3	20.6	21.5	22.4	22.3	23.1	20.5	23.1	24.5	26.5	27.6	17.4	15.6	13.1	20.1	18.2	0.036	-
09:00	18.9	20.2	22.4	23.4	24.1	24.5	24.6	20.8	22.5	25.4	27.4	28.3	20.5	18.4	15.3	21.2	18.4	0.036	348.5
09:30	18.4	20.4	21.4	22.7	26.5	28.5	31.5	21.2	22.5	26.4	29.4	31.5	22.5	20.5	18.4	23.1	19.2	0.036	-
10:00	17.6	21.4	22.8	24.5	27.5	31.4	32.5	21.5	24.5	28.5	30.5	32.6	22.7	20.4	18.2	22.5	19.4	0.036	487.9
10:30	18.5	20.4	23.4	25.7	28.4	31.5	36.4	21.6	24.5	27.4	31.5	33.2	26.5	24.3	22.3	26.1	20.5	0.036	-
11:00	17.6	19.4	20.5	26.4	29.4	34.5	39.4	21.6	24.5	28.1	32.4	36.4	26.2	24.4	22.3	25.9	21.4	0.036	564.57
11:30	17.3	20.4	24.5	26.4	28.4	35.6	40.5	19.5	23.6	27.6	31.5	37.5	30.4	28.4	26.3	32.5	20.5	0.036	-
12:00	16.5	21.4	25.4	27.4	29.4	34.6	41.2	18.6	24.5	31.5	36.4	41.2	33.4	31.3	29.1	34.2	20.4	0.036	606.39
12:30	17.4	21.2	24.6	26.4	28.4	34.9	42.4	18.5	24.6	32.5	38.6	42.6	35.4	33.4	31.2	35.4	18.4	0.036	-
13:00	18.4	24.6	26.5	28.4	34.4	39.5	46.5	19.4	26.4	33.5	39.5	44.2	35.5	32.5	30.2	36.2	17.9	0.036	606.39
13:30	18.2	24.3	25.9	27.6	33.8	38.6	47.5	20.5	27.4	34.6	40.7	46.7	37.4	35.6	32.2	38.4	18.5	0.036	-
14:00	18.4	24.4	29.7	33.4	38.5	46.9	56.4	19.7	31.5	37.5	46.8	48.3	36.5	34.5	32.2	39.4	18.3	0.036	564.57
14:30	18.5	25.4	31.5	35.4	40.5	47.6	57.4	19.4	29.4	32.8	44.5	50.8	40.5	38.5	36.4	42.4	19.4	0.036	-
15:00	18.9	25.4	33.4	38.5	42.4	49.4	58.4	20.6	24.5	31.5	43.5	50.2	42.4	40.3	38.4	44.2	19.6	0.036	446.08
15:30	18.5	24.5	32.5	37.6	41.5	48.6	56.4	21.5	26.4	31.8	44.5	51.2	42.5	40.1	38.2	45.8	19.7	0.036	-
16:00	17.3	23.5	34.2	38.5	42.5	47.6	55.2	21.4	25.2	30.8	42.5	50.9	43.5	41.1	37.4	47.5	18.5	0.036	292.74
16:30	17.2	22.1	31.5	36.4	41.8	46.4	54.8	22.1	24.6	31.5	43.8	48.2	42.4	40.3	38.2	44.2	18.4	0.036	-
17:00	16.2	21.2	32.5	36.4	42.7	48.2	54.4	20.3	22.5	29.4	41.5	48.8	43.5	41.1	38.1	45.2	17.3	0.036	-

EK-1

Tablo Ek-1.4 Havalı Güneş Kolektörleri 01.11.2005 Hava Acık Güneşli

SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	I
08:00													-	-	-	9.5	7.8	0.036	55.76
08:30													-	-	-	14.2	12.5	0.036	-
09:00													-	-	-	19.2	12.5	0.036	146.37
09:30													-	-	-	31.4	16.6	0.036	-
10:00	19.3	22.5	34.5	44.5	54.5	58.4	60.4	18.2	23.5	35.6	45.7	53.8	-	-	-	47.5	22.6	0.036	432.14
10:30	19.5	22.1	36.5	46.5	56.2	59.4	62.3	18.4	24.5	36.8	46.8	54.2	-	-	-	49.5	21.5	0.036	-
11:00	19.6	22.3	35.4	46.7	57.8	59.3	60.3	18.8	26.5	36.5	47.8	56.4	-	-	-	51.4	20.4	0.036	446.08
11:30	18.9	21.4	34.5	45.8	55.4	58.7	60.2	18.5	27.8	36.9	48.5	55.6	37.7	30.5	26.8	50.1	20.2	0.036	-
12:00	18.6	20.5	34.5	45.6	54.2	57.8	61.6	18.5	28.5	37.8	48.5	55.4	37.9	31.5	26.8	49.6	20.3	0.036	473.96
12:30	17.8	20.4	33.5	42.6	52.4	54.6	57.8	17.5	27.8	36.8	46.8	53.6	38.8	33.5	27.8	45.4	18.9	0.036	-
13:00	16.7	19.8	32.5	40.5	50.4	52.6	54.5	16.7	26.5	36.5	46.1	52.1	39.8	34.5	29.4	44.5	17.5	0.036	355.47
13:30	15.8	18.9	31.5	38.9	48.7	51.2	53.6	15.4	24.5	33.5	42.6	50.3	40.4	36.4	31.5	40.5	16.5	0.036	-
14:00	15.9	17.8	30.5	38.4	47.8	50.4	52.6	14.8	23.5	31.5	41.5	48.7	40.9	36.1	31.5	36.9	16.4	0.036	327.55
14:30	12.5	17.5	30.5	36.7	46.8	50.1	52.6	13.5	20.1	28.9	37.5	47.5	41.5	35.6	30.5	34.5	14.2	0.036	-
15:00	10.5	17.8	31.5	35.6	46.8	48.2	51.2	9.8	18.9	27.8	36.4	47.2	42.5	36.5	31.5	31.5	10.5	0.036	327.85
15:30	10.1	17.4	30.5	34.5	45.2	48.6	50.4	9.6	19.4	26.5	34.4	45.1	43.5	37.8	32.5	28.9	10.8	0.036	-
16:00	9.8	15.4	27.5	31.5	42.5	45.8	49.5	8.5	17.8	25.6	32.5	43.5	44.5	38.9	33.6	25.5	8.5	0.036	154.77
16:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.6	39.4	34.5	24.5	7.8	0.036	-
17:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.4	38.1	33.5	17.8	7.1	0.036	-

Saat 08.00-10.00 Isı pompası devrede.

Saat 16.00 Fan stop edildi. Isı pompası 16:00-07.30 devreye alındı.

Tablo Ek-1.5 Havalı Güneş Kolektörleri 11.11.2005 Hava Acık Öğleden sonra kapalı

SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	I
08:00	14.4	14.6	15.1	15.3	15.8	16.4	16.2	14.1	14.2	13.9	14.5	16.2	-	-	-	17.4	15.5	0.036	17.82
08:30	15.4	15.2	15.3	16.8	17.3	18.4	18.5	14.4	14.9	15.2	16.4	17.2	-	-	-	18.5	15.4	0.036	-
09:00	17.4	17.8	18.5	20.5	22.4	23.5	25.6	16.4	17.5	19.5	20.5	22.5	-	-	-	19.6	16.5	0.036	174.25
09:30	17.6	23.6	27.5	28.5	31.5	32.5	37.6	15.1	20.5	22.5	28.6	30.5	23.5	21.2	17.9	23.6	17.2	0.036	-
10:00	18.6	24.6	28.5	29.5	32.5	34.5	38.5	15.4	21.5	25.5	30.5	32.5	24.8	22.2	18.5	29.5	18.2	0.036	348.5
10:30	20.5	25.8	31.5	36.5	37.5	39.5	41.2	16.5	23.5	25.6	29.5	33.2	26.6	23.3	19.5	32.5	19.5	0.036	-
11:00	21.5	27.5	32.5	38.5	39.5	43.2	44.5	17.2	25.3	26.5	32.5	38.5	27.3	24.1	20.2	34.5	20.5	0.036	453.05
11:30	20.6	25.4	29.5	36.5	34.9	41.7	41.9	16.8	25.3	27.5	35.4	38.9	28.2	25.6	20.5	38.6	21.5	0.036	-
12:00	21.2	23.6	28.5	35.6	33.5	39.5	40.5	16.7	25.6	32.6	36.5	37.5	29.3	25.8	20.7	36.5	20.5	0.036	501.84
12:30	20.8	22.5	26.5	32.5	34.5	36.5	39.5	17.6	22.5	28.6	30.5	32.5	28.5	26.3	21.5	34.2	19.5	0.036	-
13:00	21.2	22.6	25.5	32.6	36.5	37.2	37.5	18.7	21.5	27.5	29.8	30.2	28.2	26.2	21.9	32.5	18.2	0.036	453.05
13:30	21.8	22.3	26.1	30.5	35.6	36.2	36.4	17.3	20.5	26.5	28.4	29.4	28.0	26.1	21.5	30.5	19.2	0.036	-
14:00	19.2	20.8	24.5	26.8	31.5	34.5	36.5	15.4	19.5	25.6	27.5	28.3	28.2	26.1	20.7	31.2	19.3	0.036	362
14:30	18.1	20.5	23.5	25.6	30.5	34.5	36.8	14.9	18.5	24.5	26.5	27.6	28.7	25.8	20.1	30.2	18.2	0.036	-
15:00	16.4	21.2	25.6	27.6	29.5	33.6	35.5	13.2	16.5	22.3	24.6	25.3	28.3	25.4	20.2	29.4	17.4	0.036	223
15:30	15.2	18.2	24.6	26.9	28.6	30.5	34.5	12.2	14.6	20.5	23.5	24.6	27.9	24.6	19.8	27.9	15.6	0.036	-
16:00	13.6	16.2	25.4	27.3	29.4	30.8	33.5	10.5	15.2	21.5	24.5	25.1	27.3	24.3	19.7	28.6	13.5	0.036	41.82
16:30	13.5	15.3	24.2	25.6	28.6	29.5	31.5	9.8	12.5	16.2	18.3	23.5	26.9	24.1	19.5	27.1	13.4	0.036	-
17:00	12.9	14.9	25.3	24.6	27.6	29.5	30.5	9.5	12.6	17.2	18.9	23.4	25.4	23.1	19.4	26.9	12.5	0.036	-

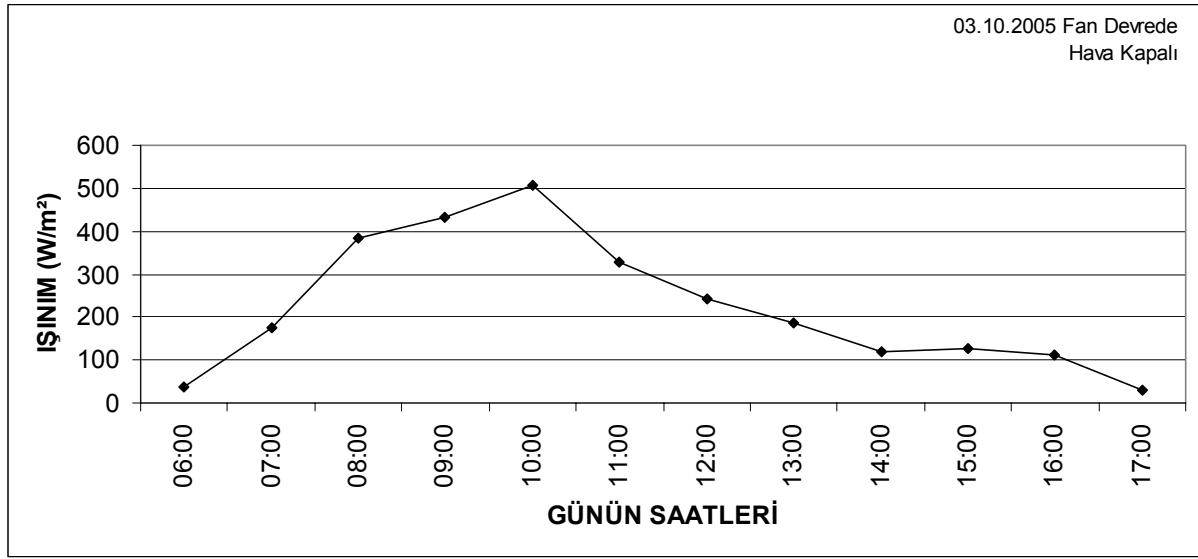
EK-1

Tablo Ek-1.6 Havalı Güneş Kolektörleri 06.03.2006 Hava Acık Öğleden sonra Isı pompası devrede

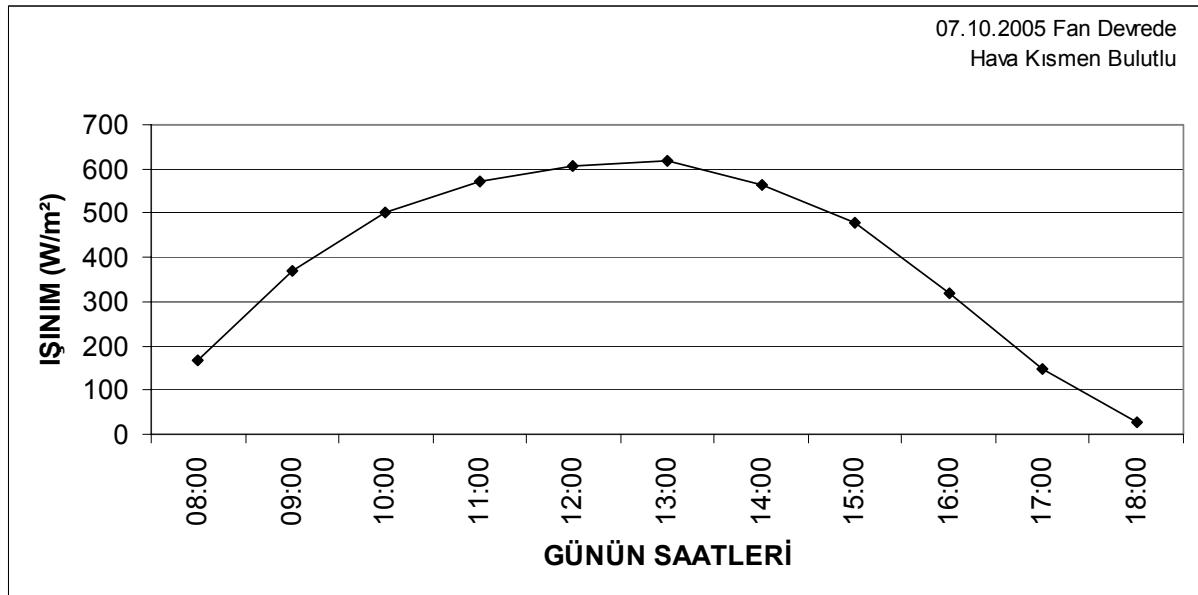
SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	I
08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.9	5.1	0.036	90.6
08:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.2	6.4	0.036	-
09:00	9.1	13.5	19.6	30.5	34.2	36.5	38.7	8.1	11.5	19.5	26.5	34.5	15.4	12.6	9.4	10.5	8.2	0.036	292.4
09:30	10.1	16.5	22.4	32.4	36.4	37.8	42.5	8.5	12.5	21.5	27.5	35.6	20.8	18.4	14.3	22.2	10.5	0.036	-
10:00	11.1	18.5	24.6	32.4	35.4	38.7	46.1	9.8	13.2	23.5	28.5	37.5	25.8	21.4	18.3	27.4	11.5	0.036	460.1
10:30	14.5	22.5	35.6	48.5	57.8	66.5	70.5	12.1	16.5	29.5	39.6	56.4	26.8	22.4	19.1	28.5	12.4	0.036	-
11:00	13.5	21.2	33.5	47.8	56.8	64.8	69.8	13.3	17.4	31.5	40.6	57.5	29.8	27.4	23.3	31.2	13.2	0.036	592.4
11:30	14.5	23.5	35.4	46.5	56.4	65.4	70.1	14.1	18.7	33.2	41.6	59.7	31.2	27.4	23.4	35.2	14.2	0.036	-
12:00	16.5	24.5	36.5	49.5	59.6	64.5	71.2	13.9	17.4	31.2	41.2	58.7	32.5	27.7	23.4	36.5	14.4	0.036	641.2
12:30	15.8	22.5	34.5	46.5	53.2	61.2	66.4	14.9	19.8	34.5	44.5	61.2	33.6	26.9	23.1	37.5	15.4	0.036	-
13:00	16.6	21.5	33.2	46.5	54.5	58.1	63.1	15.8	18.9	32.5	41.2	58.9	35.6	31.2	27.3	38.4	16.1	0.036	648.2
13:30	16.8	22.4	31.2	44.7	52.4	54.6	61.7	15.4	17.6	31.5	40.6	56.8	36.6	31.5	26.3	38.9	16.5	0.036	-
14:00	14.9	20.1	28.7	40.5	48.1	53.2	59.1	14.2	17.2	30.5	39.8	54.5	36.8	31.9	26.9	38.4	14.5	0.036	613.4
14:30	14.8	19.8	26.5	39.5	46.5	50.1	56.1	14.2	16.5	28.9	36.8	52.4	35.7	31.1	26.6	36.4	14.4	0.036	-
15:00	14.1	17.5	24.5	36.5	44.5	48.5	52.3	13.2	14.5	27.8	34.5	48.9	36.6	32.1	27.4	36.4	13.5	0.036	515.7
15:30	13.5	16.5	23.1	34.5	42.5	46.2	50.1	11.9	13.5	25.6	32.4	44.5	35.5	31.5	26.3	34.2	12.9	0.036	-
16:00	12.1	14.5	20.1	32.1	40.2	41.5	46.4	11.4	12.5	24.5	30.2	41.2	34.5	30.1	25.8	32.6	11.2	0.036	632.4
16:30	11.1	13.2	19.1	30.4	36.8	42.5	44.5	10.2	11.2	20.5	28.5	36.5	32.3	28.5	23.4	29.4	10.5	0.036	-
17:00	10.8	13.1	18.9	29.8	37.4	40.1	40.1	9.4	10.2	18.8	26.5	34.5	32.1	27.4	23.6	25.4	9.5	0.036	-

SAATLER	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	I
08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.1	3.8	0.036	139.4
08:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2	5.8	0.036	-
09:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.2	8.9	0.036	334.5
09:30	11.5	16.5	22.5	32.5	34.2	36.5	38.9	11.2	15.6	19.8	25.4	32.5	22.1	19.8	16.5	25.4	12.1	0.036	-
10:00	12.4	17.4	21.5	31.5	32.5	35.6	42.5	11.5	16.5	25.4	31.5	38.5	24.5	22.1	18.5	32.4	12.5	0.036	515.7
10:30	13.1	17.5	22.5	32.6	37.5	39.5	46.5	12.8	17.5	26.5	34.5	41.2	26.5	24.5	22.1	36.4	13.2	0.036	-
11:00	13.5	18.5	25.4	33.6	38.9	42.5	49.5	12.9	18.7	27.6	37.8	43.2	28.6	24.6	22.3	38.7	14.2	0.036	620.3
11:30	14.2	19.5	27.5	34.5	39.8	44.5	51.5	13.9	19.8	28.6	38.9	44.2	29.8	25.4	23.6	40.5	15.2	0.036	-
12:00	15.1	20.4	29.5	36.1	42.5	48.5	56.2	14.8	19.5	29.5	39.5	46.5	32.4	27.8	24.5	41.2	15.6	0.036	683.6
12:30	15.4	20.1	27.8	35.8	41.5	47.5	55.4	14.9	20.4	30.1	38.9	49.5	34.1	30.4	28.9	43.2	16.2	0.036	-
13:00	15.1	20.3	26.8	34.5	42.8	46.8	56.4	15.1	21.5	32.5	42.5	51.5	35.1	31.2	27.8	44.1	15.2	0.036	620.3
13:30	13.8	18.5	24.5	32.5	41.5	44.5	56.4	13.6	22.5	33.6	43.5	52.1	36.1	32.5	28.9	44.5	14.2	0.036	-
14:00	13.5	17.9	23.5	31.5	40.2	45.6	58.4	13.2	23.4	32.5	45.1	51.4	33.2	29.4	27.4	42.6	13.8	0.036	592.4
14:30	12.8	17.8	24.5	32.6	41.2	46.5	56.4	12.5	25.1	33.1	45.6	52.4	32.5	28.4	26.1	40.8	13.2	0.036	-
15:00	12.8	17.9	26.2	33.5	42.5	44.5	54.2	12.5	24.5	32.1	44.5	50.4	31.5	27.6	25.1	37.8	12.8	0.036	487.9
15:30	11.6	16.9	24.5	31.2	40.5	43.5	50.1	11.4	21.5	30.1	40.2	46.5	30.1	26.5	23.6	35.4	12.1	0.036	-
16:00	11.4	16.9	23.5	30.2	38.9	42.5	46.4	11.2	19.8	28.7	38.9	44.5	27.8	23.1	20.1	33.8	11.8	0.036	369.4
16:30	11.5	17.8	22.5	28.9	32.5	36.5	42.1	11.2	18.9	27.8	35.2	38.9	26.5	21.5	18.9	32.1	11.5	0.036	-
17:00	11.2	17.5	20.4	25.6	27.8	32.5	36.4	11.0	17.8	26.8	27.8	32.5	25.4	20.1	17.8	29.1	11.1	0.036	-

EK-1.1

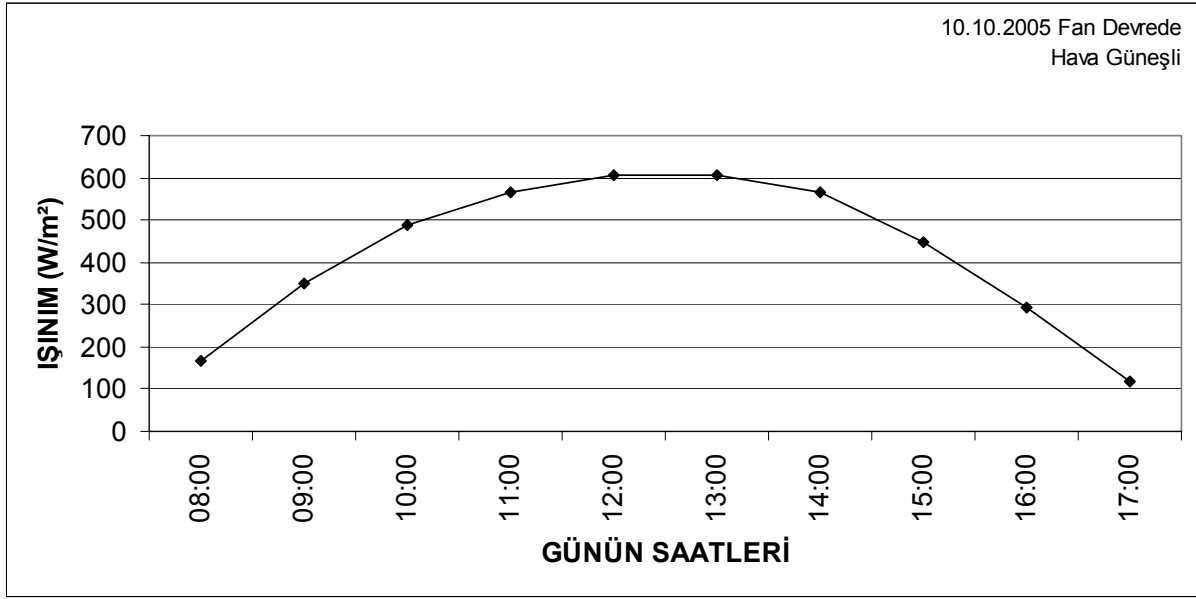


Şekil Ek-1.1 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

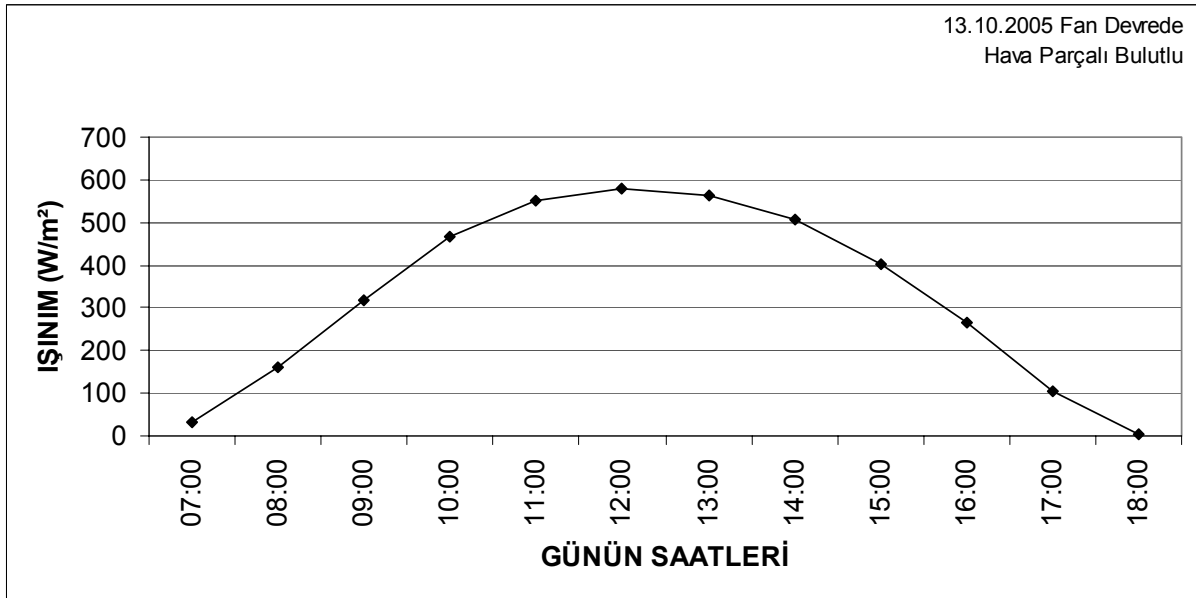


Şekil Ek-1.2 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

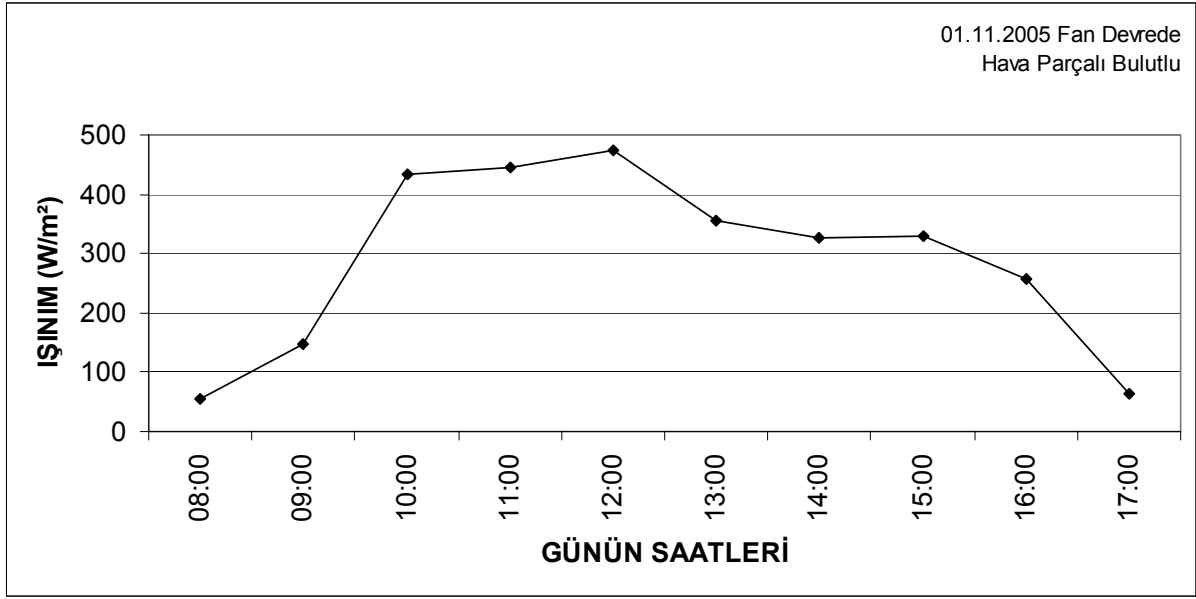


Şekil Ek-1.3 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

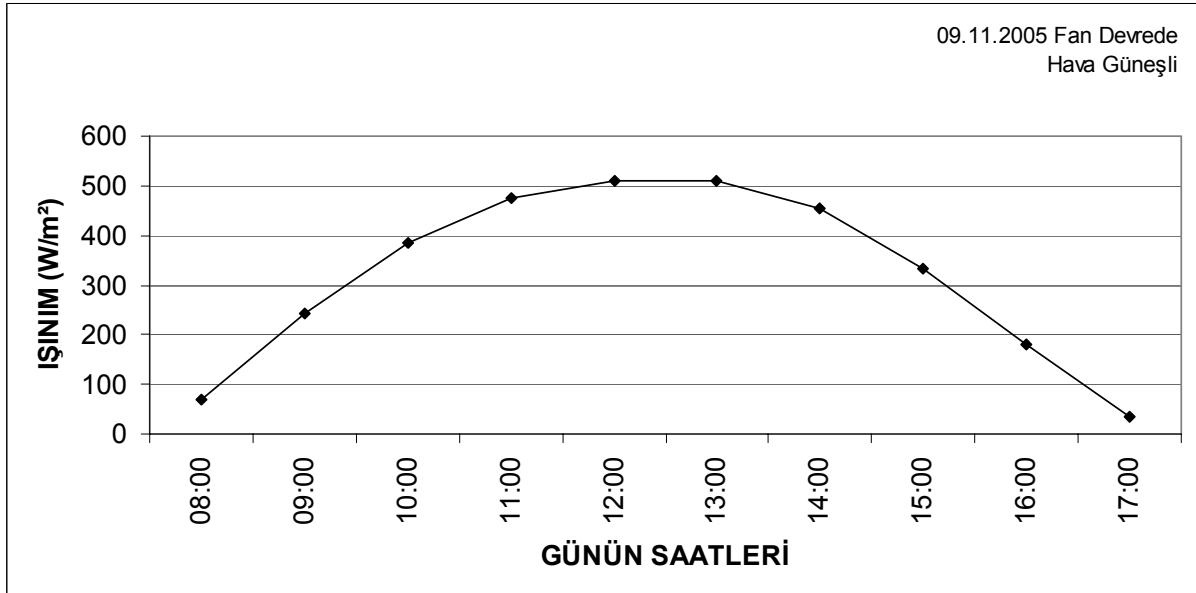


Şekil Ek-1.4 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

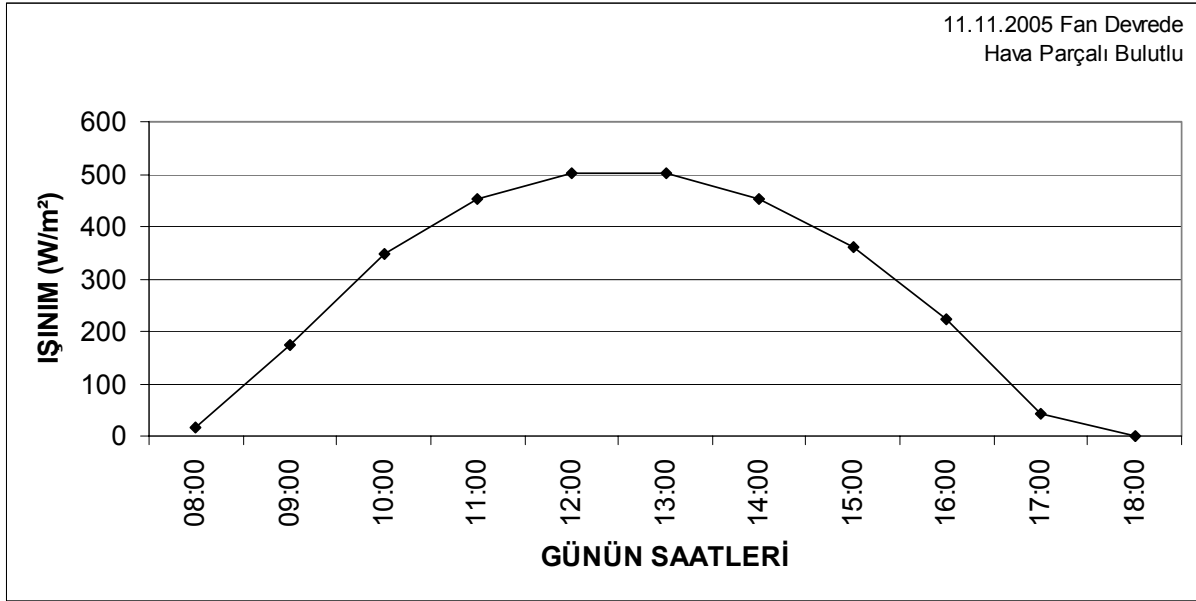


Şekil Ek-1.5 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

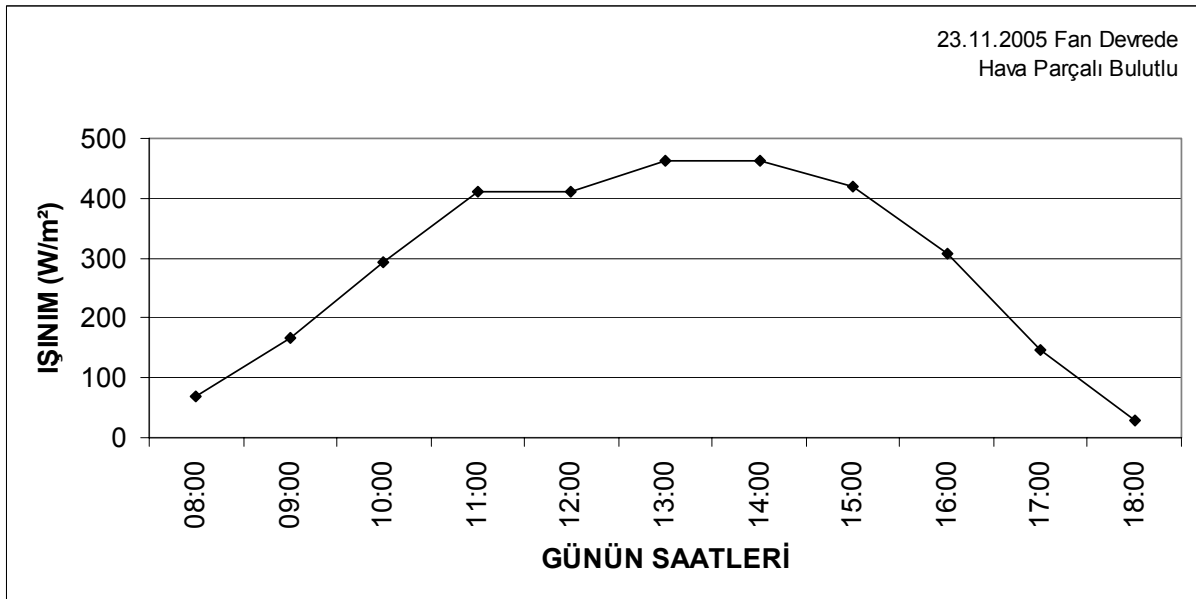


Şekil Ek-1.6 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

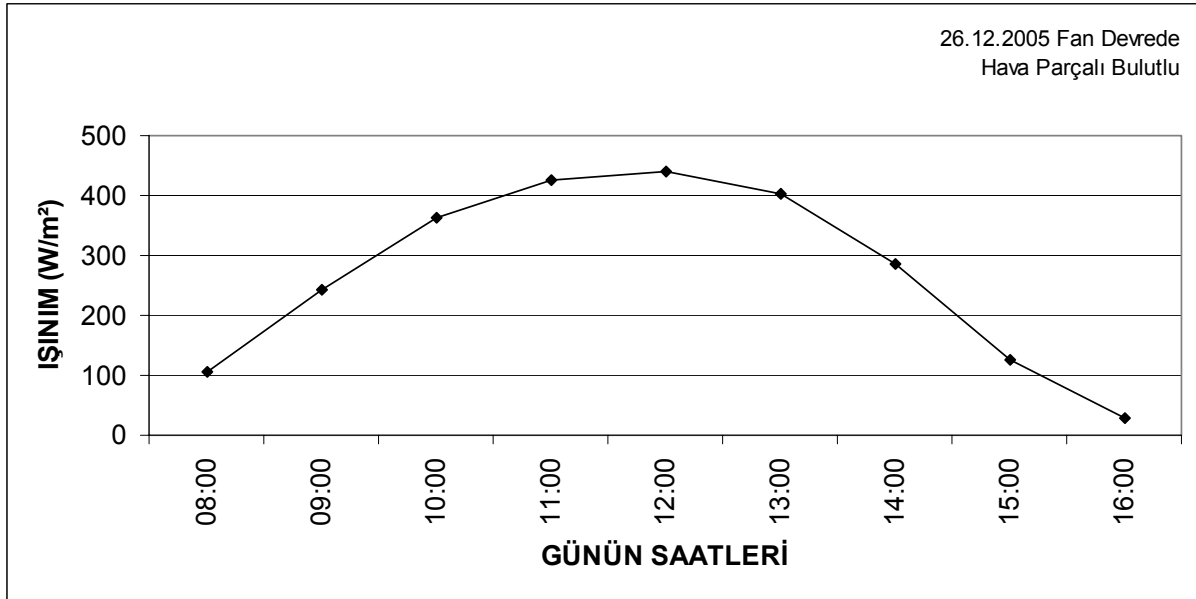


Şekil Ek-1.7 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

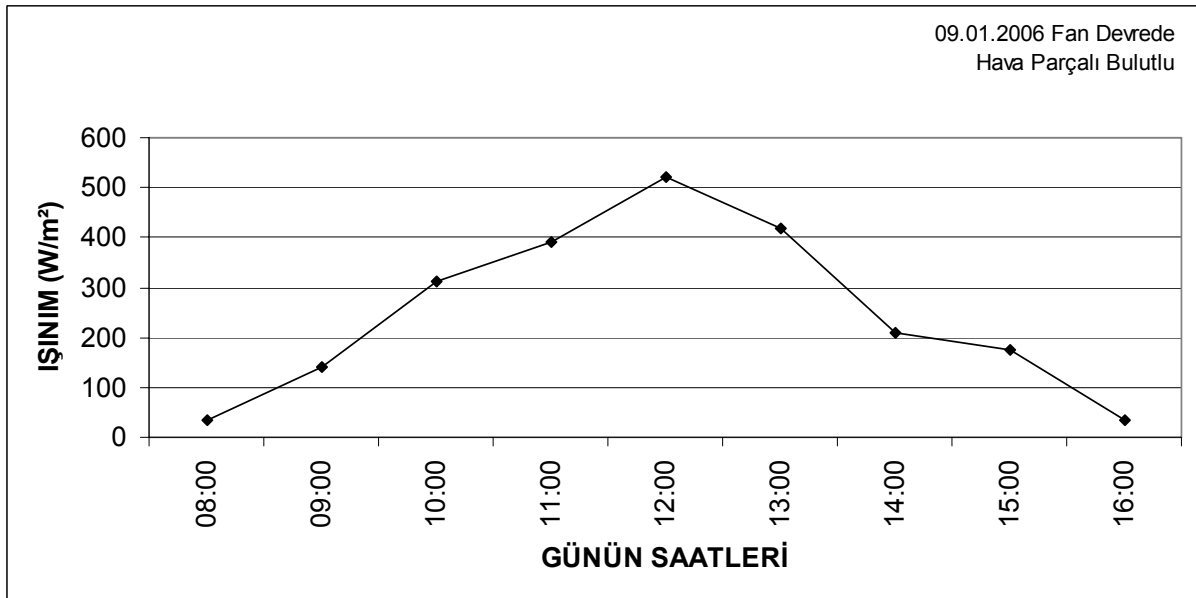


Şekil Ek-1.8 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

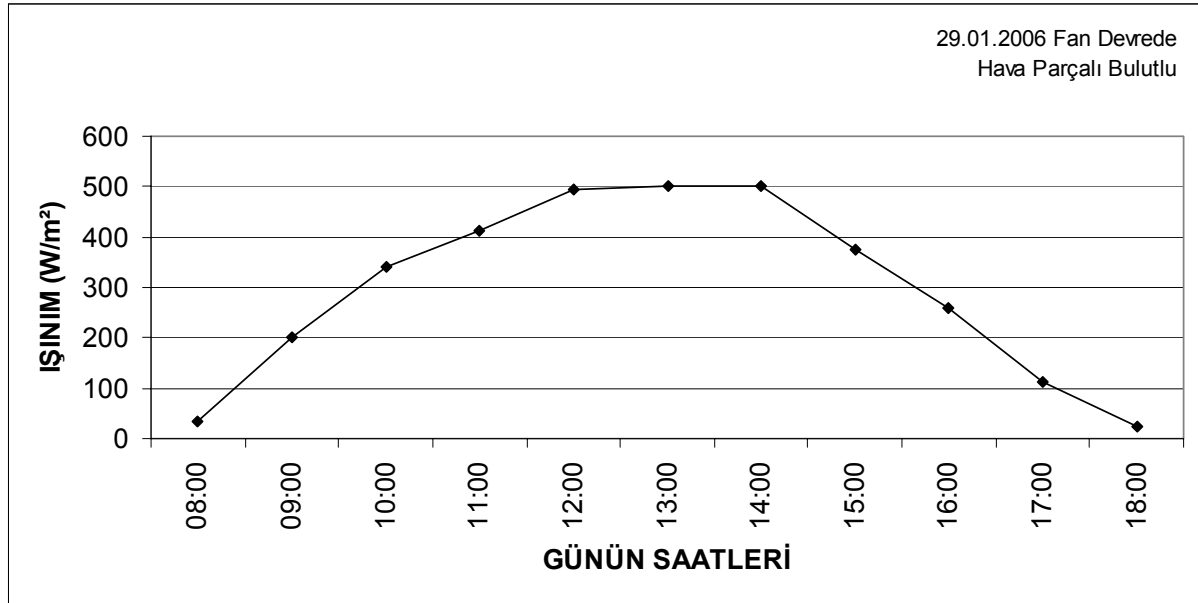


Şekil Ek-1.9 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

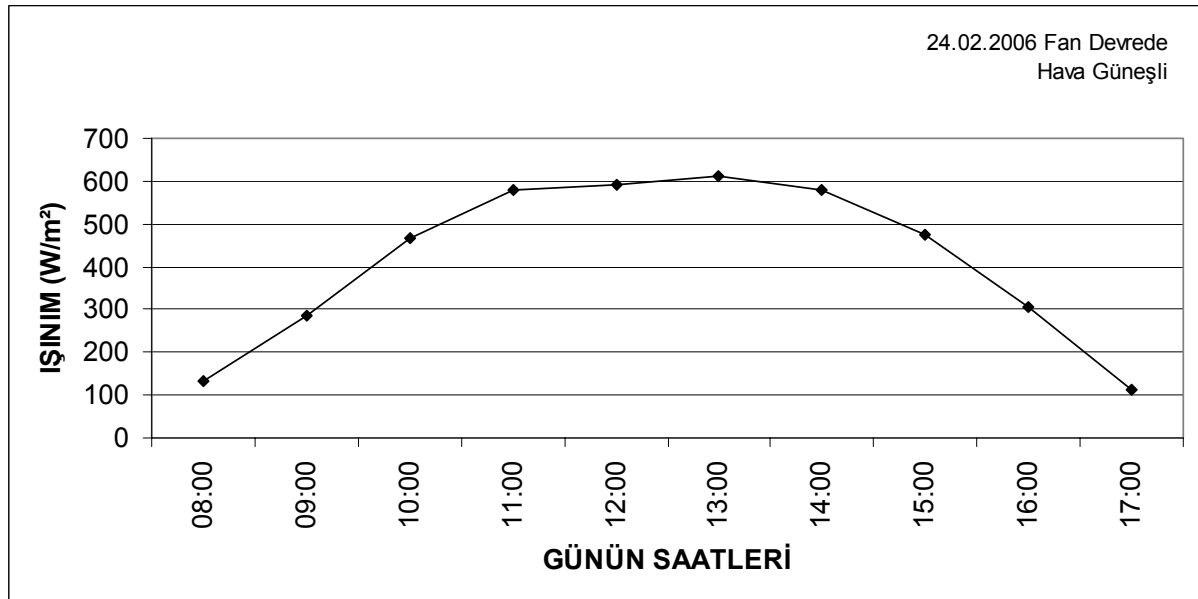


Şekil Ek-1.10 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

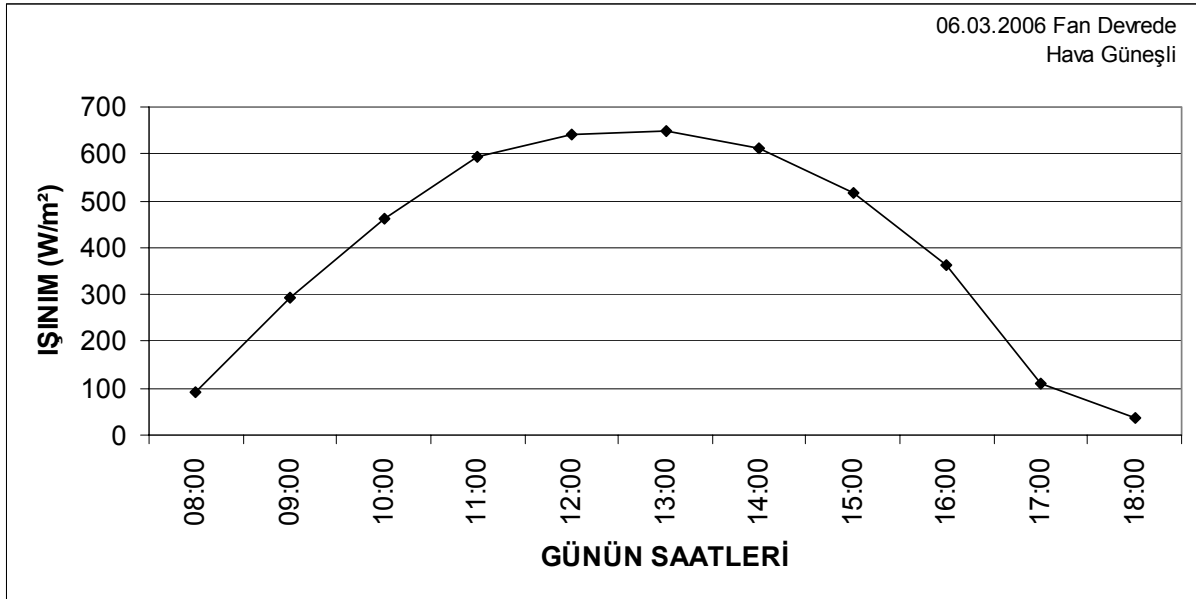


Şekil Ek-1.11 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

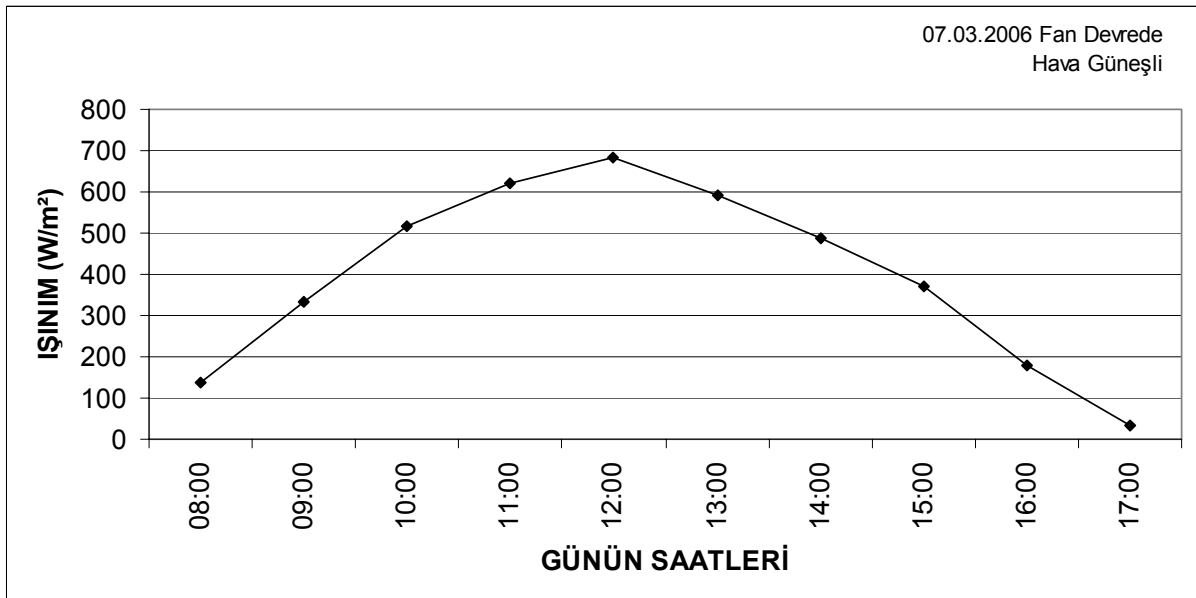


Şekil Ek-1.12 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

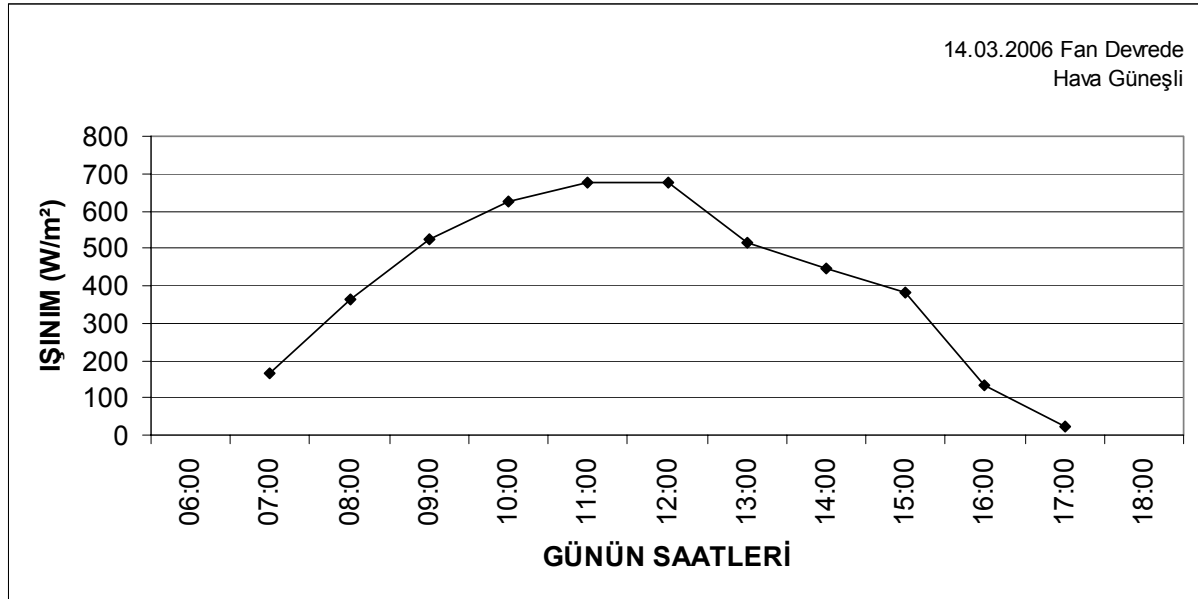


Şekil Ek-1.13 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

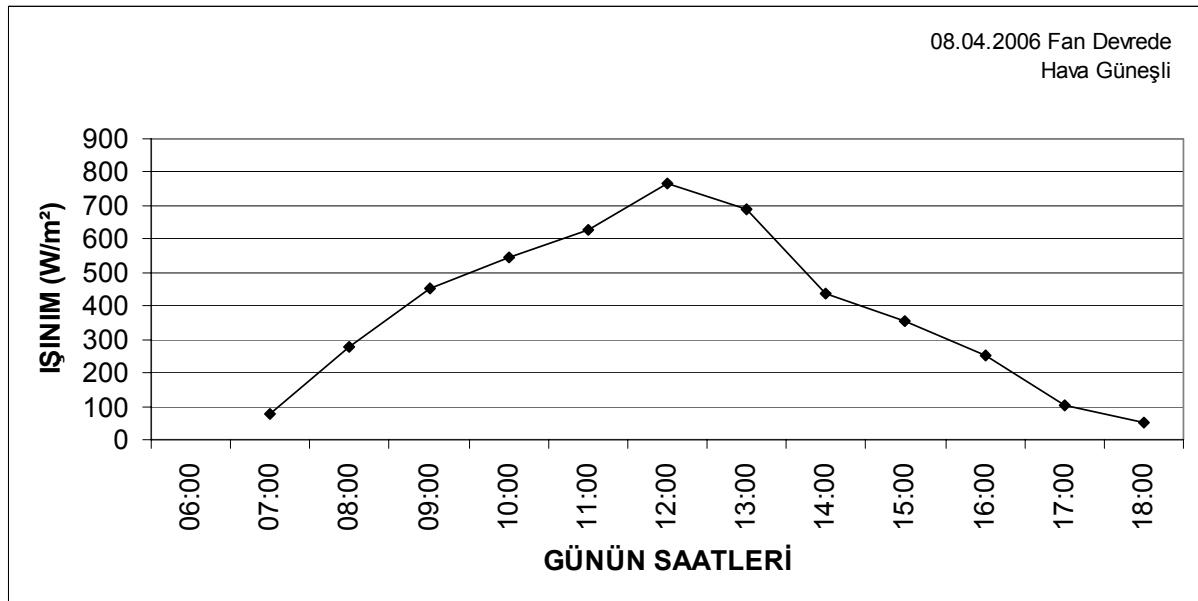


Şekil Ek-1.14 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

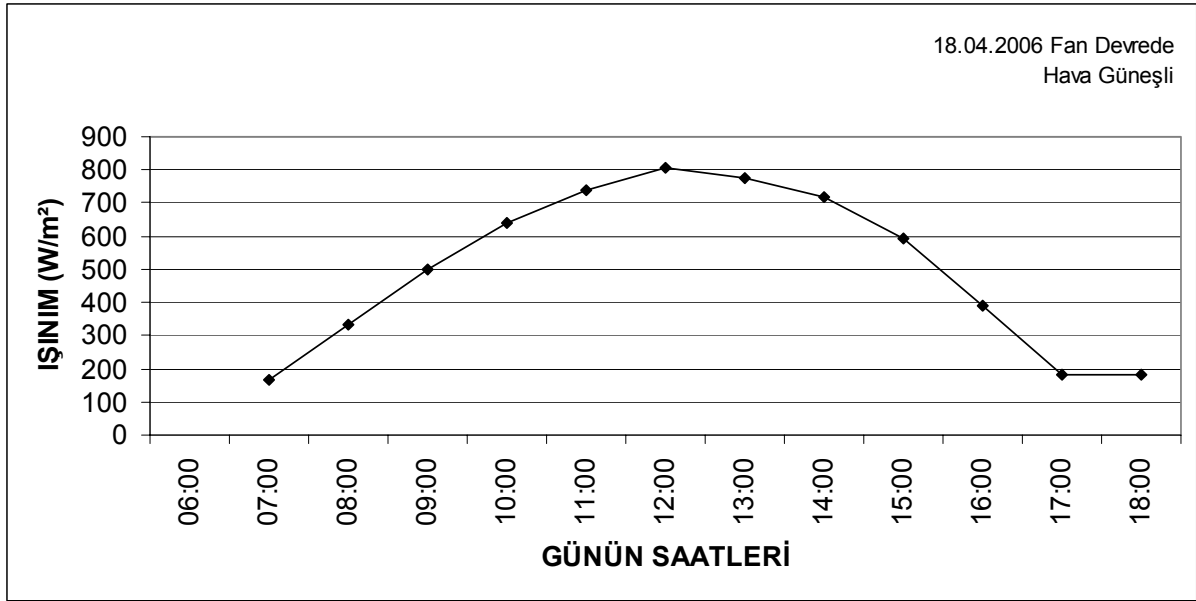


Şekil Ek-1.15 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

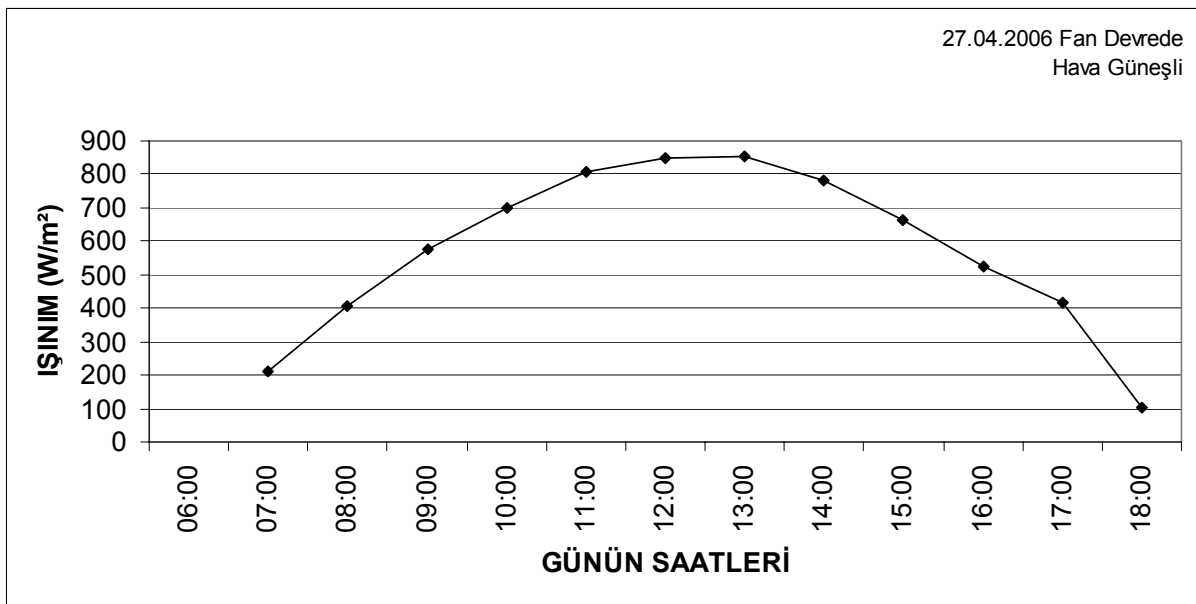


Şekil Ek-1.16 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.1

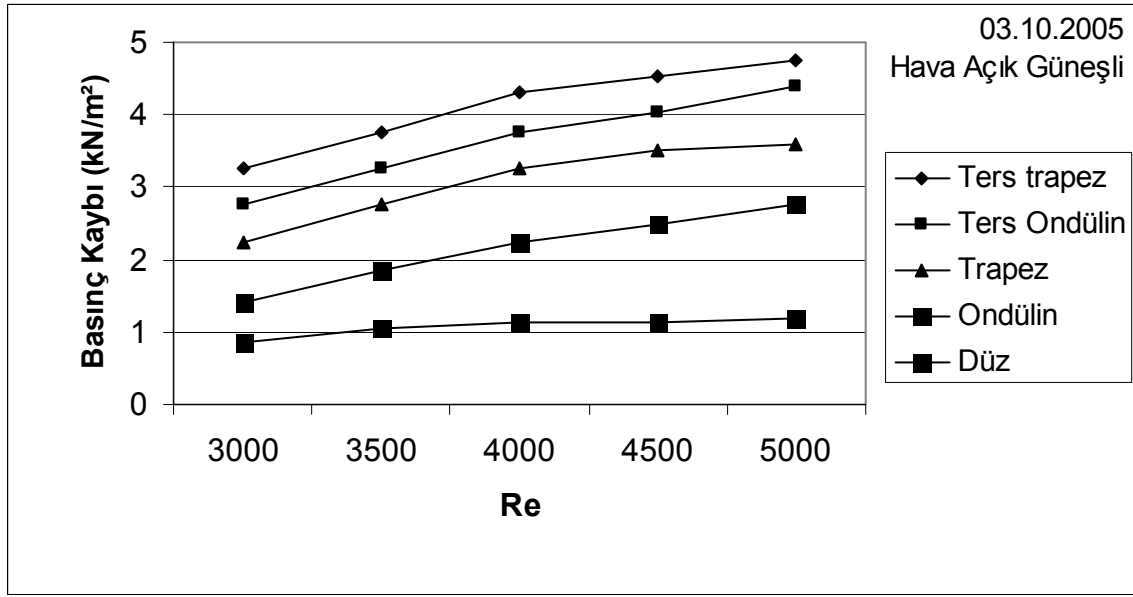


Şekil Ek-1.17 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

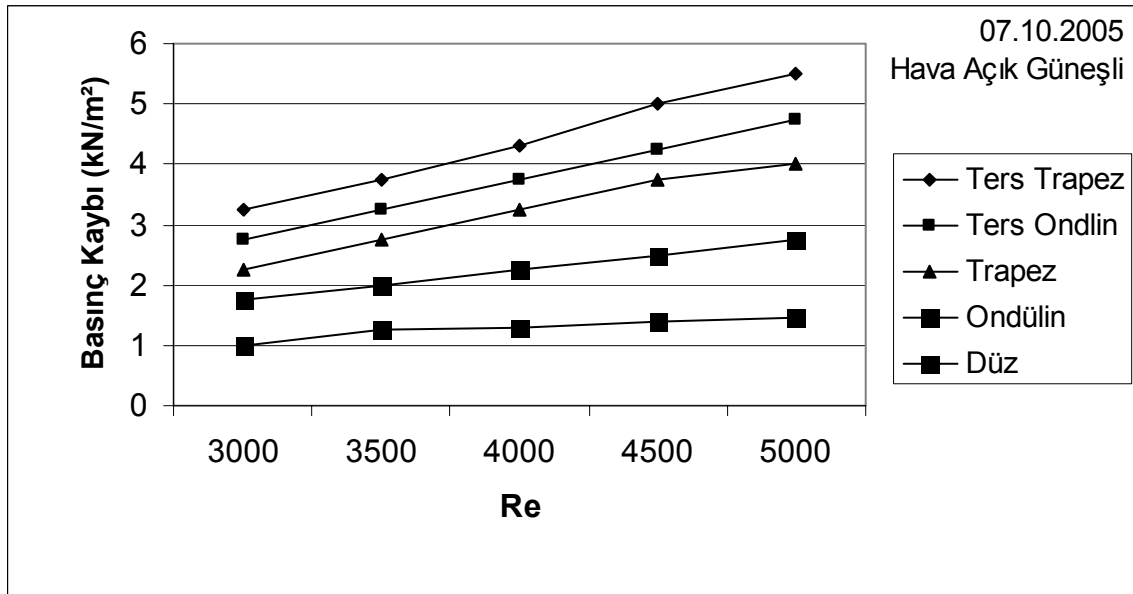


Şekil Ek-1.18 Tüm Güneş Işınımının Değişimi

EK-1.2

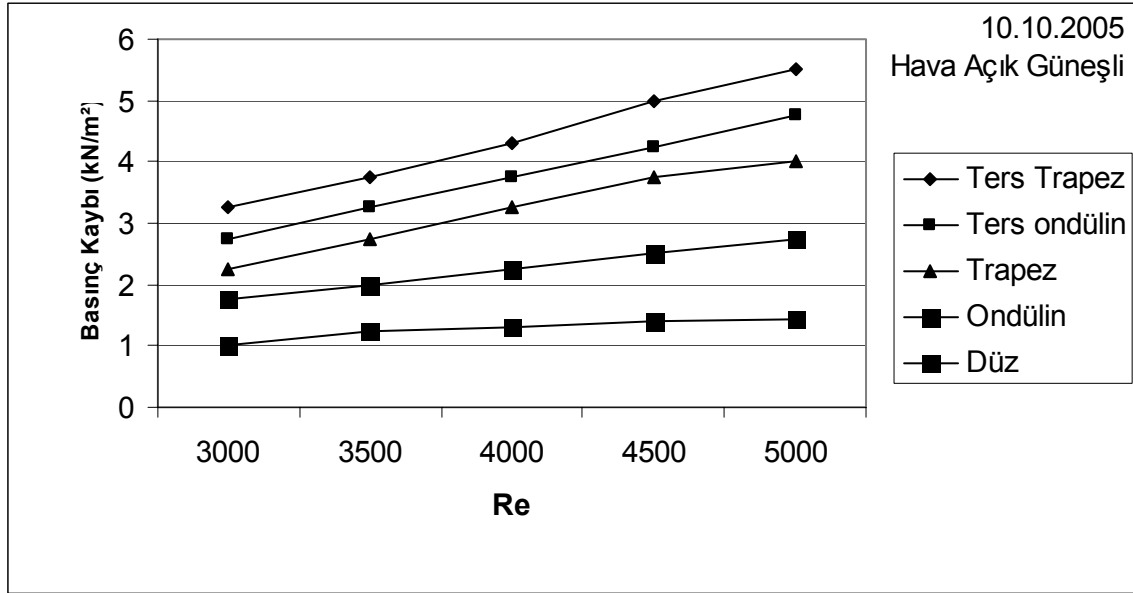


Şekil Ek-1.19 Basmaç Kaybı-Reynolds Değişimi



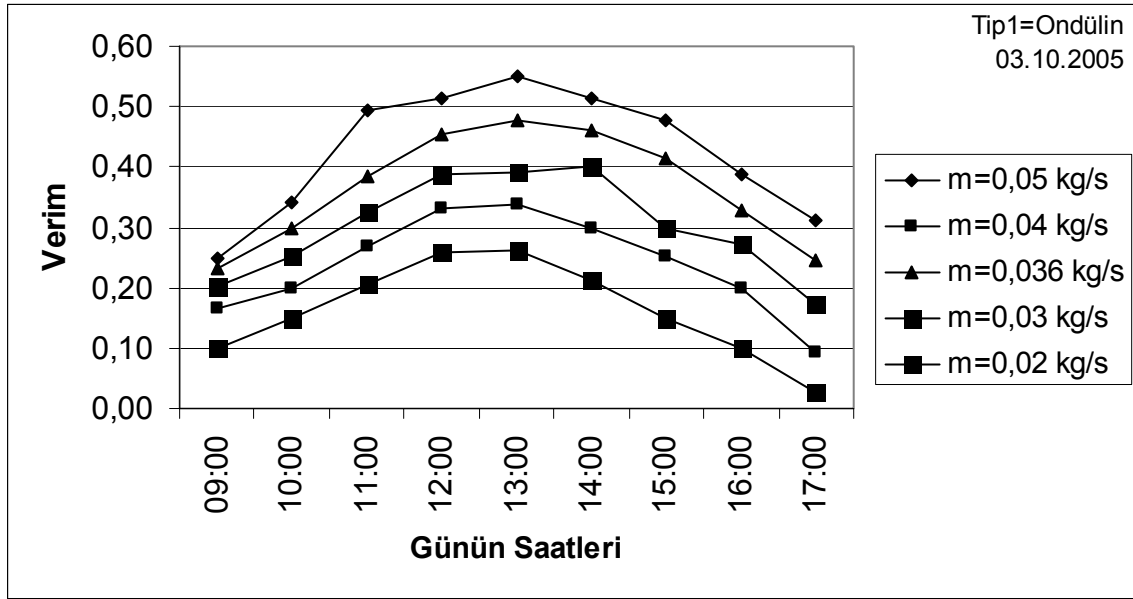
Şekil Ek-1.20 Basmaç Kaybı-Reynolds Değişimi

EK-1.2

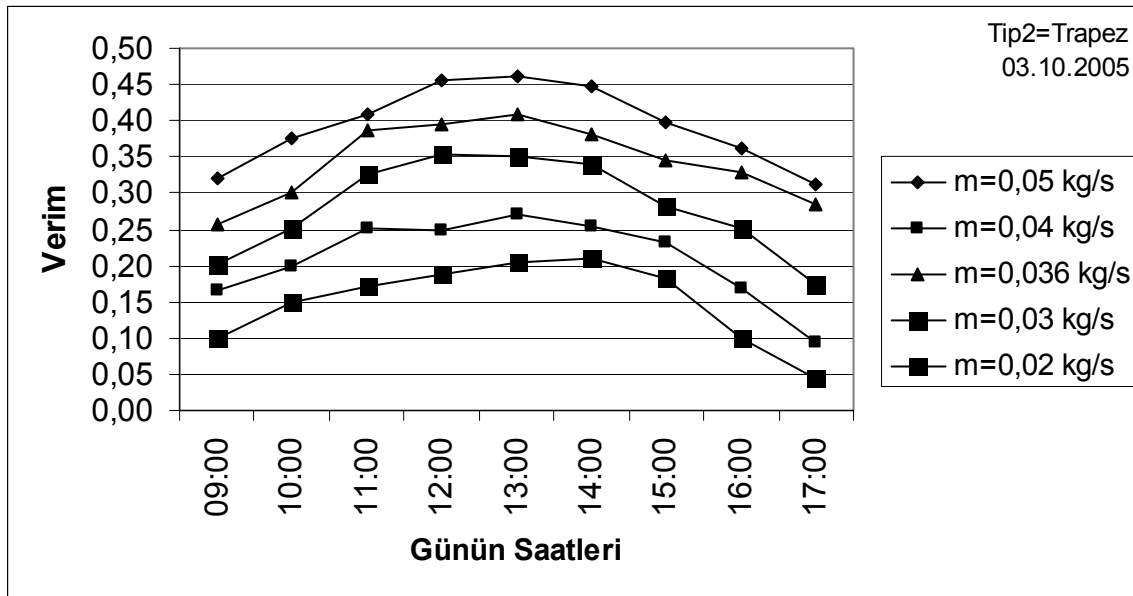


Şekil Ek-1.21 Basma Kaybı-Reynolds Değişimi

EK-1.3

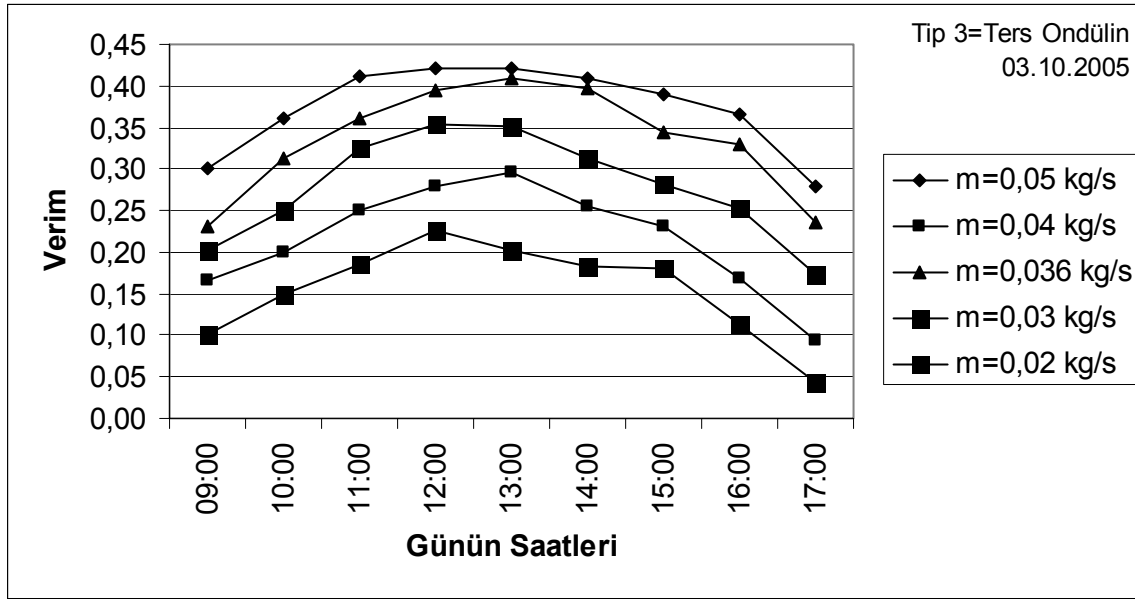


Şekil Ek-1.22 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

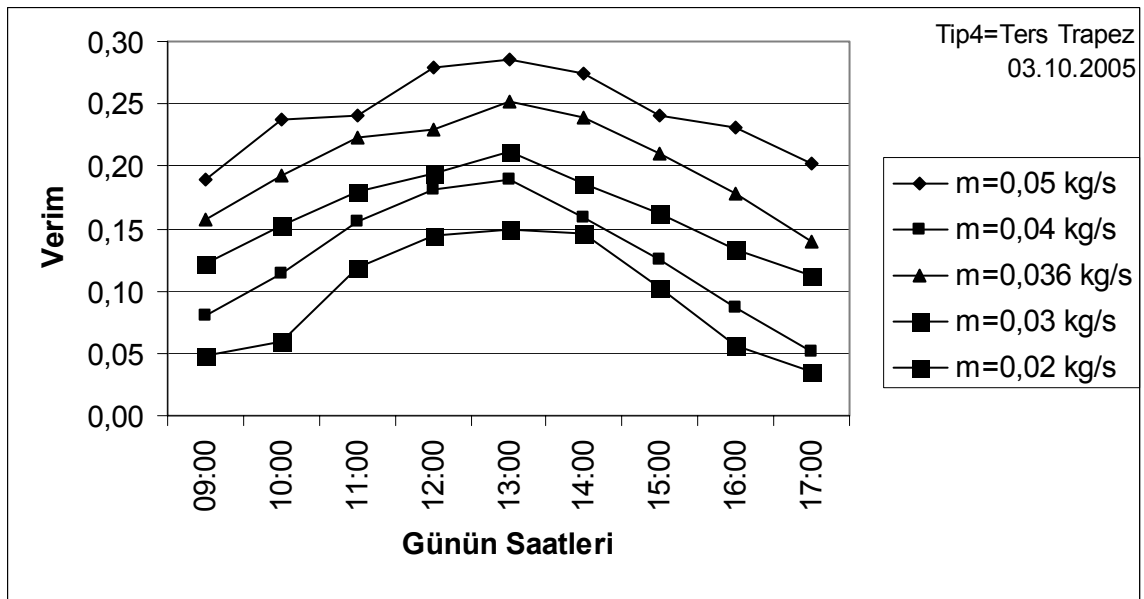


Şekil Ek-1.23 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

EK-1.3

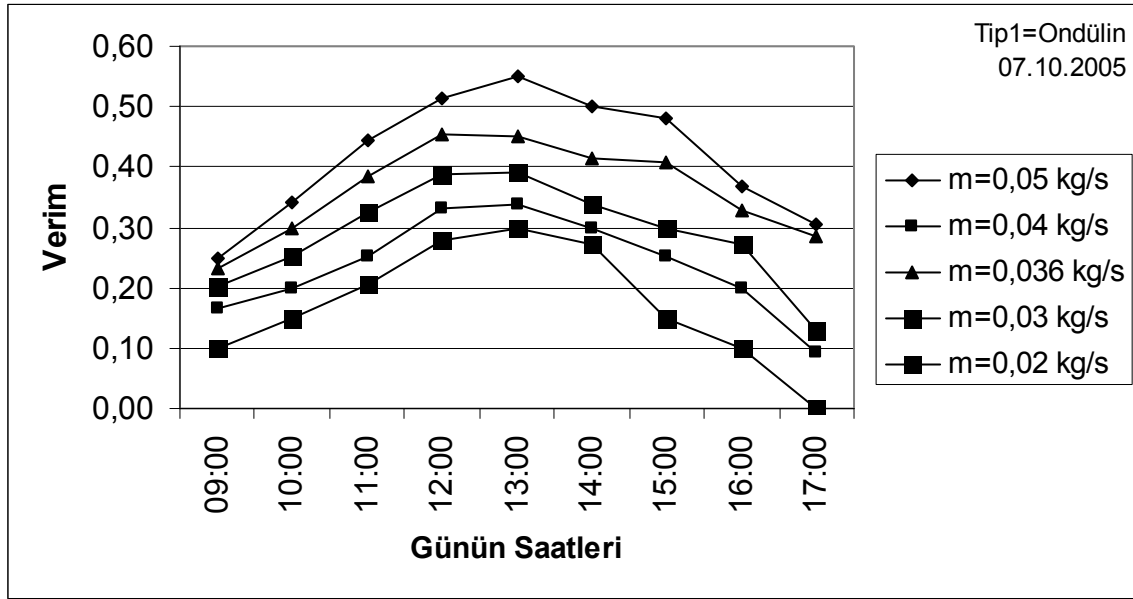


Şekil Ek-1.24 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

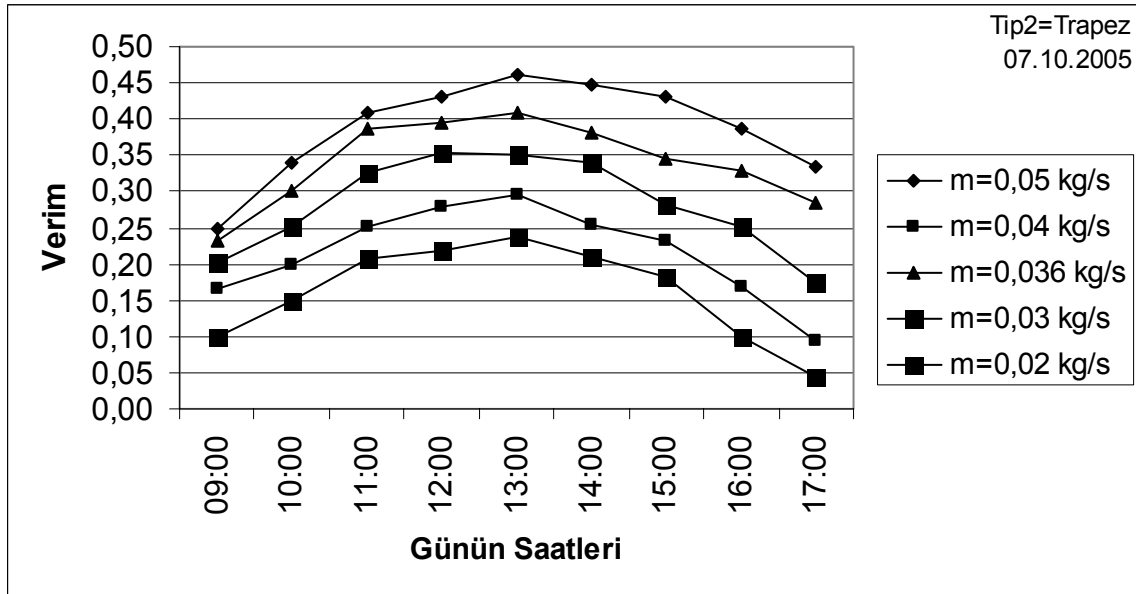


Şekil Ek-1.25 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

EK-1.3

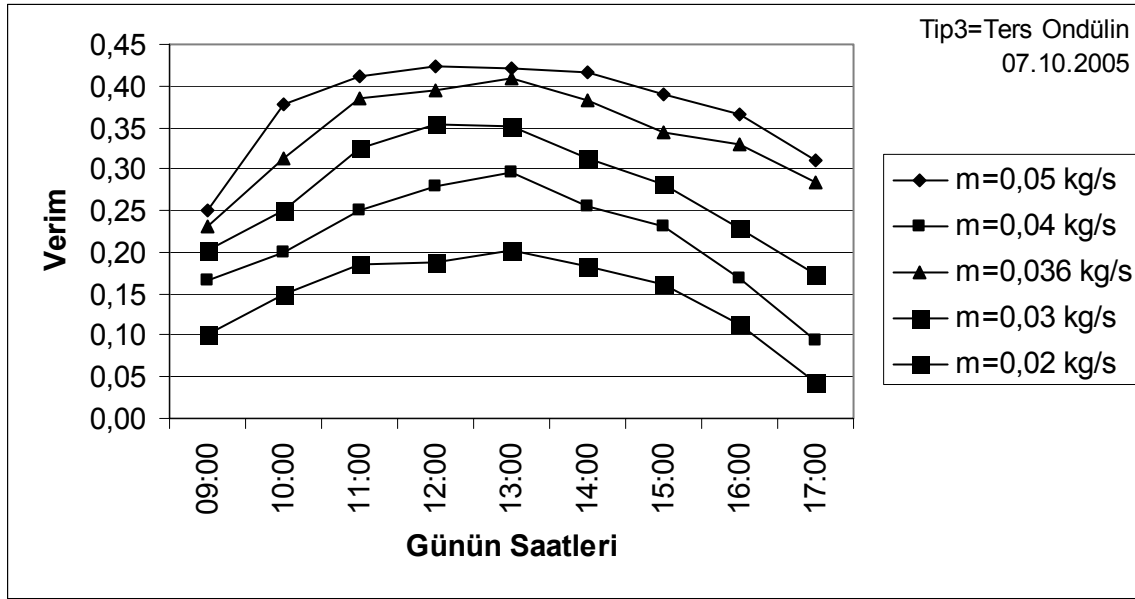


Şekil Ek-1.26 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

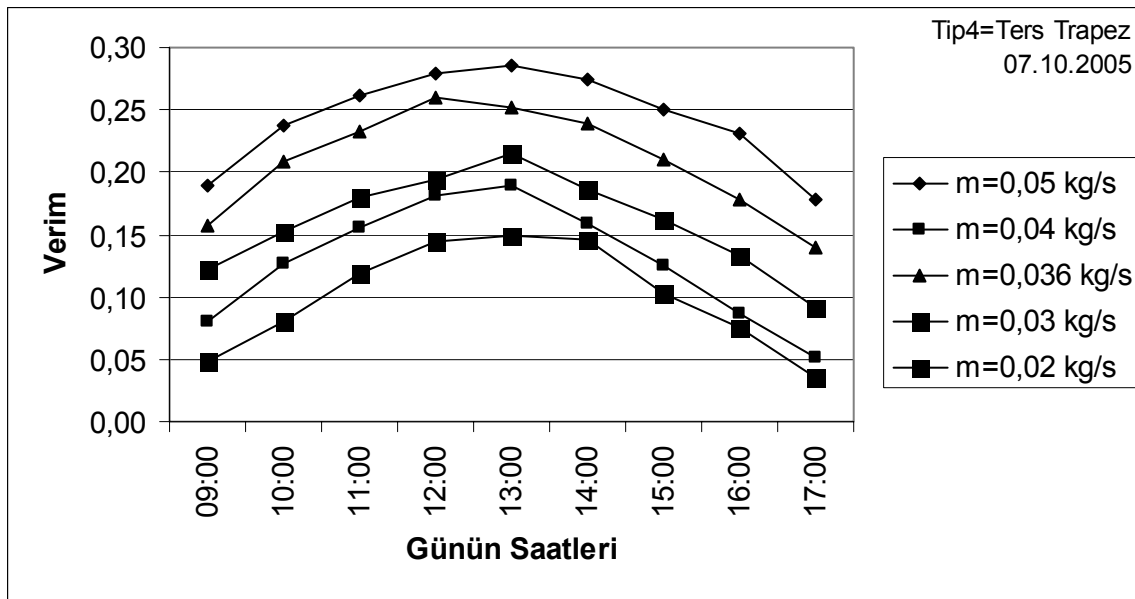


Şekil Ek-1.27 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

EK-1.3



Şekil Ek-1.28 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

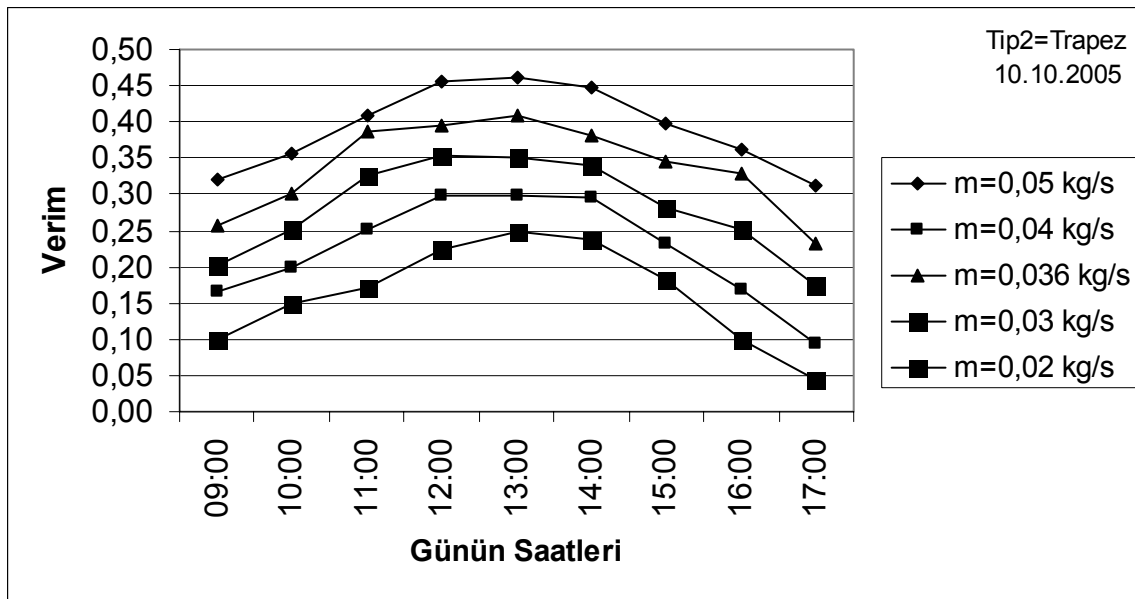


Şekil Ek-1.29 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

EK-1.3

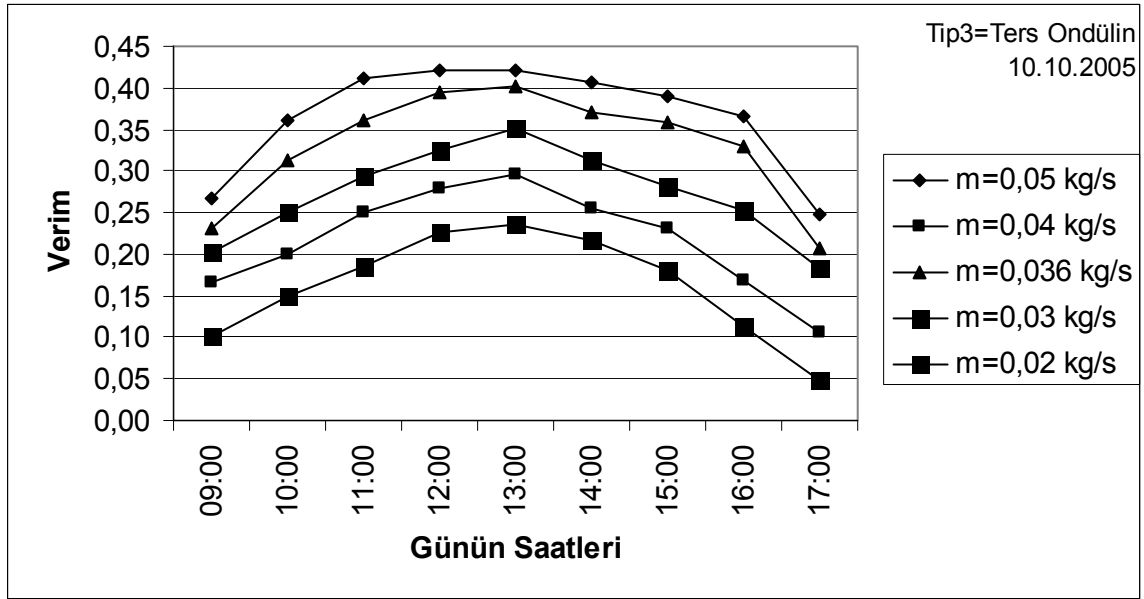


Şekil Ek-1.30 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

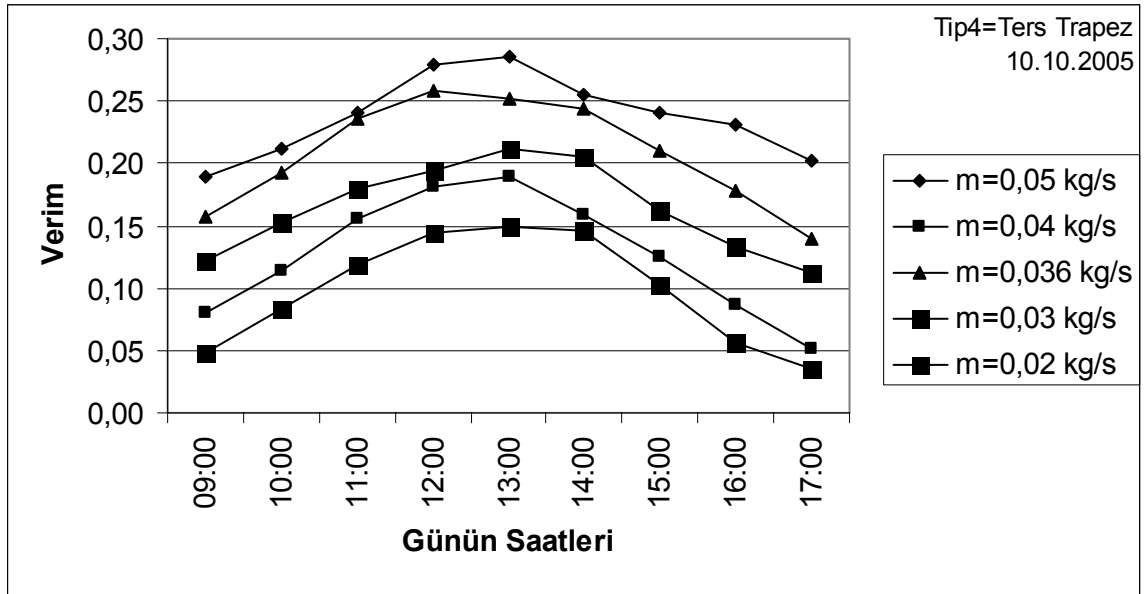


Şekil Ek-1.31 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

EK-1.3

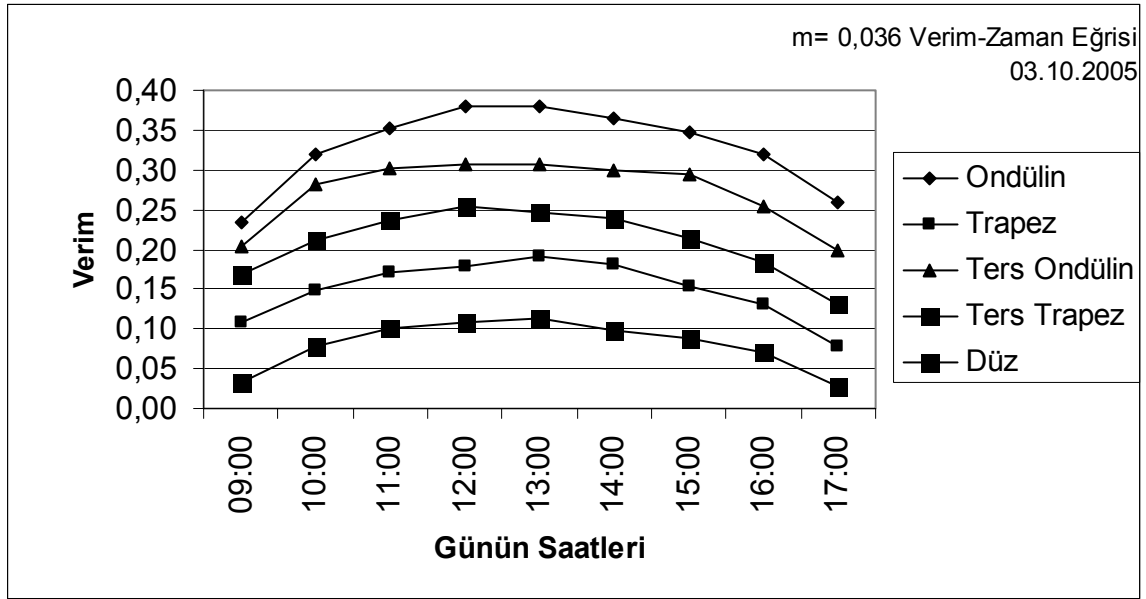


Şekil Ek-1.32 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

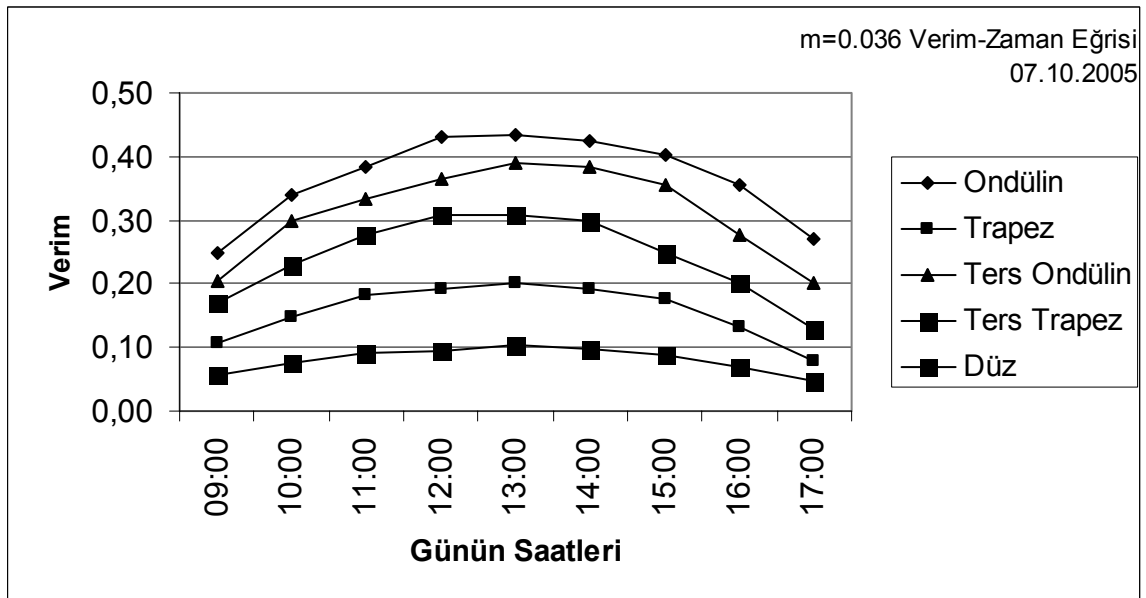


Şekil Ek-1.33 Kollektör Veriminin Günün Saatlerine Göre Değişimi

EK-1.4

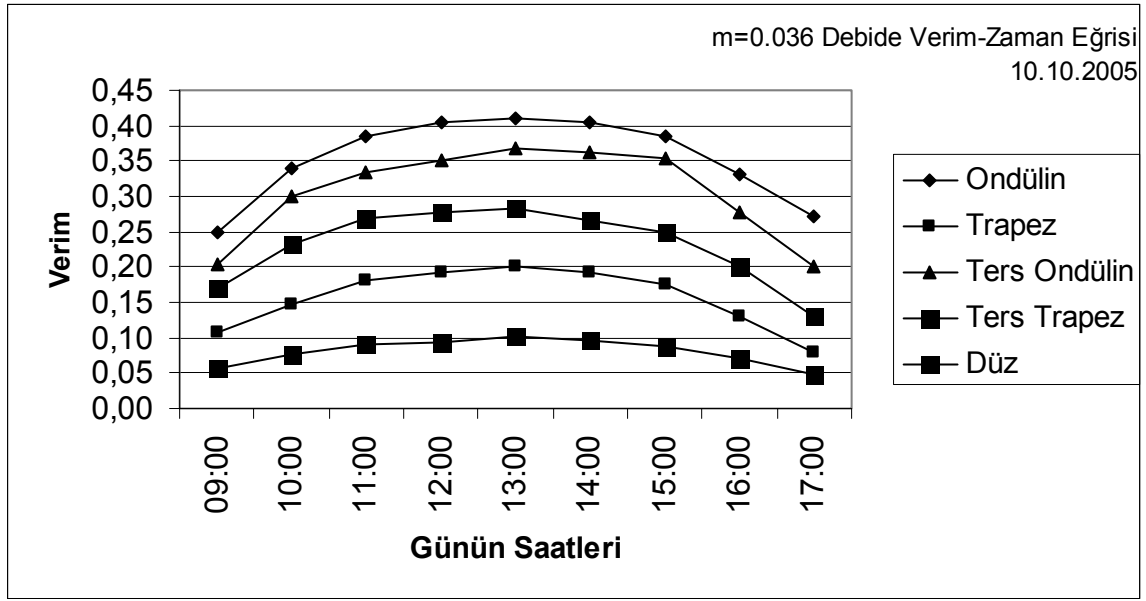


Şekil Ek-1.34 Debi $\dot{m} = 0,036$ Verim-Zaman Eğrisi



Şekil Ek-1.35 Debi $\dot{m} = 0,036$ Verim-Zaman Eğrisi

EK-1.4



Şekil Ek-1.36 Debi $m = 0,036$ Verim-Zaman Eğrisi

EK-2

Tablo Ek-2.1 Isı Pompası +FDM 19.10.2005 Hava kapalı (Aralıklı Sağanak Yağışlı)

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	12.2	10.5	8.9	7.8	7.4	67.4	-4.2	-12	-4	25.3	17.4	16.5	13.4	13.8	14.9	15.2	15.8
08:30	15.2	12.5	10.5	8.1	7.5	85.1	-3.3	-9	-3-2	27.1	17.2	17.2	14.2	15.8	16.9	17.1	18.8
09:00	18.5	13.5	11.2	11.5	9.1	83.2	-3.1	-8	-3.1	31.5	18.2	17.3	14.6	16.4	16.8	17.3	18.5
09:30	22.4	18.5	15.6	12.5	9.2	91.1	-3.1	-7.4	-3.1	32.1	18.8	17.9	14.3	16.2	16.7	17.5	18.9
10:00	27.6	21.5	18.5	15.4	11.2	94.1	-2.1	-5.2	-2.1	35.7	18.5	18.1	15.4	16.8	16.9	17.2	18.6
10:30	28.6	23.5	18.9	17.8	11.2	101.1	2.0	-3.5	2.1	37.5	18.2	17.6	14.2	16.6	17.2	17.4	18.4
11:00	31.5	26.5	21.5	18.4	10.8	107.4	2.7	-3.	2.7	38.6	18.3	17.6	14.3	16.7	17.2	17.5	18.7
11:30	32.5	27.4	22.4	19.5	11.5	108.1	2.5	-4.2	2.5	39.7	18.4	17.6	14.1	16.5	17.2	17.3	18.6
12:00	34.5	30.5	26.5	20.6	10.6	108.2	5.0	-4.4	5.1	40.2	18.4	17.6	13.9	16.2	17.5	17.6	17.4
12:30	36.5	31.5	27.4	21.5	11.2	109.4	5.2	-4.2	5.2	41.2	18.4	17.6	14.2	16.4	17.2	17.3	17.9
13:00	37.5	32.6	27.5	22.5	12.4	111.2	6.1	-3.8	6.1	42.3	18.5	18.2	15.4	16.5	16.9	17.4	17.9
13:30	38.5	32.9	27.4	25.1	12.4	110.2	6.1	-3.5	6.2	45.4	18.1	17.8	14.2	16.5	16.3	17.8	17.4
14:00	38.2	32.6	26.5	26.4	13.4	108.4	6.3	-3.5	6.3	46.9	18.5	17.8	13.5	16.8	17.2	17.3	18.3
14:30	39.5	33.8	28.4	27.4	15.1	110.6	6.8	-2.9	6.8	47.4	18.2	17.8	13.8	16.7	17.5	17.9	18.4
15:00	41.2	37.5	29.4	27.5	15.9	111.3	6.7	-3.5	6.7	48.3	18.3	17.9	14.1	16.5	16.8	17.5	18.3
15:30	42.1	37.4	32.4	27.6	14.5	112.5	6.7	-3.4	6.8	47.8	19.4	18.2	13.4	16.3	16.4	17.8	18.6
16:00	43.1	39.4	32.6	26.5	14.2	113.2	6.6	-3.1	6.8	46.9	18.4	17.6	12.9	16.8	17.5	17.9	18.8
16:30	41.5	38.4	33.1	25.4	13.8	114.5	6.0	-4.1	6.1	45.7	18.5	17.9	14.4	16.5	16.9	17.4	18.4
17:00	36.5	31.5	27.1	24.5	13.7	112.5	7.0	-3.6	7.1	44.7	18.6	18.0	13.8	16.2	17.5	18.7	18.9

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	16.1	16.3	16.5	3.5	13.5	0.043	0.27	1850	2.56	69	E 3.5
08:30	18.2	18.4	17.2	3.6	14.2	0.043	0.27	1850	2.78	68	
09:00	18.1	17.9	17.4	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.93	66	E 4.6
09:30	17.5	17.6	17.8	4.1	14.5	0.043	0.27	1850	2.87	58	
10:00	18.2	17.9	18.1	4.5	14.6	0.043	0.27	1850	2.97	52	E 5.6
10:30	17.7	18.4	17.8	4.6	14.7	0.043	0.27	1850	2.88	49	
11:00	17.8	18.2	18.3	4.5	14.9	0.043	0.27	1850	2.95	47	E 5.8
11:30	17.4	17.9	17.9	4.6	14.8	0.043	0.27	1850	2.96	47	
12:00	18.2	18.3	18.3	4.4	14.6	0.043	0.27	1850	2.87	48	NW 2.5
12:30	17.5	17.7	17.8	4.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.88	48	
13:00	17.5	17.5	18.2	4.7	14.8	0.043	0.27	1850	2.90	49	NW 4.1
13:30	17.6	17.6	17.9	4.9	15.1	0.043	0.27	1850	2.96	52	
14:00	17.5	17.6	18.2	5.1	15.6	0.043	0.27	1850	2.97	55	NW 2.1
14:30	17.8	17.5	18.2	5.1	15.6	0.043	0.27	1850	3.00	51	
15:00	17.6	17.4	18.3	5.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.93	52	NW 1.8
15:30	17.4	17.2	18.4	5.5	15.7	0.043	0.27	1850	2.95	51	
16:00	17.6	17.5	18.2	5.1	15.7	0.043	0.27	1850	2.96	48	NW 3.3
16:30	17.2	17.8	18.1	5.1	15.8	0.043	0.27	1850	2.97	47	
17:00	17.8	18.1	18.0	4.8	14.8	0.043	0.27	1850	2.94	44	NW 3.6

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	7.8	7.4	75.4	4.0	-4	4.1	26.8	16.4	16.5	13.4	14.1	14.9	15.6	15.8
8:30	-	-	-	8.1	7.5	89.1	5.6	-3.1	5.6	28.1	17.2	17.2	14.2	14.8	15.9	16.1	16.4
09:00	-	-	-	11.5	9.1	105.4	6.0	-3.5	6.1	30.6	19.2	17.3	14.6	15.4	16.1	16.3	16.5
09:30	-	-	-	12.5	9.2	115.1	6.1	-3.4	6.1	32.1	18.8	17.9	14.3	15.2	16.2	16.5	17.0
10:00	26.5	22.5	19.5	15.4	11.2	116.4	6.1	-3.8	6.4	36.1	19.5	18.1	15.4	16.1	16.9	17.2	17.6
10:30	27.8	23.5	18.5	17.8	11.2	117.4	6.8	-3.9	6.8	37.4	20.2	17.6	14.2	15.6	16.2	16.4	17.0
11:00	28.5	23.6	17.5	18.4	10.8	118.1	6.2	-4.5	6.2	38.1	20.3	17.6	14.3	15.7	16.2	16.5	17.0
11:30	31.5	27.5	22.5	19.5	11.5	120.4	6.8	-4.6	6.8	39.3	20.4	17.6	14.1	15.5	16.2	16.6	17.0
12:00	36.5	31.5	26.5	20.6	10.6	120.5	6.4	-4.1	6.4	40.4	21.4	17.6	13.9	15.2	16.5	17.6	17.4
12:30	37.4	32.5	27.4	21.5	11.2	122.4	7.1	-3.	7.2	41.1	22.4	17.6	14.2	15.9	16.2	17.3	17.9
13:00	38.9	33.5	28.4	22.5	12.4	121.4	7.5	-3.5	7.5	43.2	21.5	18.2	15.4	16.5	16.9	17.2	17.4
13:30	39.4	34.5	29.5	25.1	12.4	125.4	7.6	-3.4	7.6	44.8	21.1	17.8	14.2	15.9	16.3	16.8	17.0
14:00	41.2	36.5	32.6	26.4	13.4	126.2	7.5	-4.5	7.5	44.4	20.5	17.8	13.5	15.3	16.0	16.3	16.8
14:30	42.5	37.5	33.4	27.4	15.1	124.5	7.4	-4.1	7.4	44.1	20.2	17.8	13.8	15.4	16.1	17.0	17.2
15:00	42.6	38.5	34.1	27.5	15.9	125.6	7.5	-3.5	7.6	44.1	20.3	17.9	14.1	15.5	16.2	17.1	17.3
15:30	43.2	37.4	32.5	27.6	14.5	127.4	7.5	-3.6	7.4	45.1	20.4	18.2	13.4	15.3	16.4	17.1	17.6
16:00	42.5	37.6	33.6	26.5	14.2	127.5	7.6	-3.1	7.6	46.4	20.4	17.6	13.9	14.8	16.5	16.9	17.8
16:30	41.5	36.5	32.5	25.4	13.8	124.5	7.7	-3.1	7.8	45.1	19.5	17.9	14.4	15.5	16.2	17.0	17.4
17:00	40.6	35.6	31.5	24.5	13.7	124.6	7.8	-3.2	7.9	43.8	19.6	18.5	13.8	15.2	16.5	17.7	17.9

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	16.1	16.2	16.5	3.3	13.5	0.043	0.27	1850	2.78	54	WNW 3.5
08:30	16.8	17.0	17.2	3.6	13.9	0.043	0.27	1850	2.93	54	
09:00	16.6	17.0	17.3	3.8	14.5	0.043	0.27	1850	2.80	54	NW 5.9
09:30	17.2	17.4	17.8	4.1	14.5	0.043	0.27	1850	2.85	55	
10:00	17.3	17.9	18.1	4.2	14.5	0.043	0.27	1830	2.90	56	NW 5.9
10:30	17.2	17.4	17.6	4.2	14.2	0.043	0.27	1830	3.06	51	
11:00	17.2	17.4	17.6	4.5	14.8	0.043	0.27	1800	2.95	54	NW 5.8
11:30	17.1	17.4	17.6	4.8	14.7	0.043	0.27	1800	2.98	52	
12:00	17.2	17.4	17.6	4.8	14.6	0.043	0.27	1800	2.96	54	NW 6.1
12:30	17.1	17.4	17.6	4.9	14.6	0.043	0.27	1800	2.58	54	
13:00	17.2	17.5	18.2	5	15.3	0.043	0.27	1800	2.98	56	NW 5.6
13:30	17.2	17.6	17.9	5	15.7	0.043	0.27	1800	2.95	55	
14:00	17.1	17.3	17.8	5.1	15.8	0.043	0.27	1750	2.79	55	NW 6.1
14:30	17.2	17.5	17.8	5.2	15.8	0.043	0.27	1750	3.11	54	
15:00	17.2	17.4	17.9	5.2	15.7	0.043	0.27	1750	3.05	52	NW 6.8
15:30	17.1	17.2	18.2	5.2	15.3	0.043	0.27	1750	2.90	52	
16:00	17.2	17.4	17.6	5.3	15.4	0.043	0.27	1750	2.99	51	NW 6.7
16:30	17.2	17.8	17.9	4.7	14.5	0.043	0.27	1800	2.96	51	
17:00	17.8	18.1	18.5	4.8	14.8	0.043	0.27	1800	2.90	52	NW 4.4.

EK-2

Tablo Ek-2.3 Isı Pompası +FDM 01.11.2005

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	9.5	7.8	82.6	-1.5	-7	-1.5	29.7	17.4	16.8	14.2	14.8	15.1	15.8	16.0
08:30	-	-	-	14.2	12.5	92.1	-1.2	-6	-1.2	34.8	18.5	18.2	15.2	15.9	16.4	17.1	17.8
09:00	-	-	-	19.2	12.5	105.1	1.5	-6.1	1.5	39.9	19.5	19.2	15.9	16.1	17.4	17.9	18.1
09:30	-	-	-	31.4	16.6	112.5	3.5	-5.4	3.4	41.9	20.1	19.5	15.2	16.5	17.6	18.1	18.5
10:00	-	-	-	29.5	15.6	115.2	5.6	-5.3	5.6	50.7	20.4	19.7	15.4	16.6	17.5	17.9	18.1
10:30																	
11:00																	
11:30																	
12:00																	
12:30																	
13:00																	
13:30																	
14:00																	
14:30																	
15:00																	
15:30																	
16:00																	
16:30																	
17:00																	

Isı Pompası 08:00-10:00 devrede
10:00-17:00 Fan devreye alındı.

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	16.0	16.3	16.8	3.8	13.2	0.043	0.27	1.85	2.96	69	WNW 0.8
08:30	18.0	18.2	18.2	4.1	13.8	0.043	0.27	1.85	3.02	68	
09:00	18.3	18.7	19.2	4.5	14.2	0.043	0.27	1.85	3.03	66	WNW 2.5
09:30	19.0	19.1	19.5	4.5	14.5	0.043	0.27	1.70	2.96	58	
10:00	19.1	19.5	19.7	4.6	14.6	0.043	0.27	1.85	3.38	52	NW 2.5
10:30											
11:00											
11:30											
12:00											
12:30											
13:00											
13:30											
14:00											
14:30											
15:00											
15:30											
16:00											
16:30											
17:00											

Tablo Ek-2.4 01.11.2005 Isı Pompası+FDM Hava Kapalı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
17:00	42.4	38.1	33.5	17.8	7.1	98.8	4.1	-5.1	4.1	34.8	17.7	16.8	13.5	13.8	14.8	15.6	15.9
17:30	42.2	38.5	32.5	17.5	7.2	105.6	4.3	-5.4	4.2	35.2	17.5	17.2	13.5	13.9	15.1	15.9	16.1
18:00	42.6	38.4	31.5	18.1	7.3	108.9	4.3	-5.2	4.3	37.4	17.5	17.2	13.5	14.1	15.6	16.4	16.6
18:30	42.5	37.5	32.5	17.2	7.5	110.2	4.1	-4.8	4.2	37.1	17.9	17.5	13.5	14.2	15.6	16.2	16.7
19:00	42.1	37.8	31.5	16.8	7.9	110.2	4.1	-5.3	4.1	36.1	17.6	17.3	13.4	14.3	15.6	16.4	16.9
19:30	40.8	35.6	31.7	17.2	7.7	110.5	4.2	-5.4	4.3	37.3	17.5	17.6	13.4	14.5	15.4	16.5	17.1
20:00	41.2	36.5	32.6	17.6	7.5	110.4	4.0	-5.4	4.1	37.4	17.6	17.4	13.8	14.1	15.2	16.2	16.8
20:30	41.3	36.4	32.6	17.6	7.2	108.3	4.5	-5.5	4.5	37.8	17.5	17.2	14.2	14.6	15.3	16.2	16.5
21:00	41.2	36.8	32.8	17.9	7.0	105.8	4.6	-5.2	4.6	37.8	17.1	16.8	13.4	14.5	15.1	16.0	16.2
21:30	41.2	36.9	33.5	17.6	7.1	108.9	4.5	-5.3	4.5	37.9	16.8	16.5	13.2	14.6	15.3	15.6	16.0
22:00	43.5	38.5	33.4	16.5	6.8	105.4	4.2	-5.6	4.2	36.7	16.5	16.2	13.2	14.8	15.1	15.4	15.6
22:30	41.2	36.7	31.6	15.8	6.6	108.7	4.2	-5.7	4.2	35.7	15.9	15.9	12.8	13.9	15.2	15.3	15.4
23:00	39.8	33.6	28.5	15.7	6.5	108.7	4.5	-5.5	4.6	35.9	16.2	15.9	12.7	13.7	15.2	15.1	15.4
23:30	38.5	33.6	27.8	15.6	6.4	108.9	4.5	-5.4	4.6	35.4	16.2	15.7	12.4	13.6	14.8	15.0	15.3
24:00	38.6	33.4	29.5	15.7	6.2	110.2	4.5	-5.3	4.5	35.7	16.4	16.1	13.5	14.8	15.0	15.2	15.4
00:30	37.5	32.9	28.4	15.9	6.3	110.4	4.7	-5.2	4.8	35.1	16.2	15.7	12.8	13.9	14.5	14.8	15.1
01:00	36.5	32.6	27.8	16.4	6.3	110.3	4.2	-5.1	4.2	36.3	16.5	16.2	12.7	13.4	14.5	15.0	15.2
01:30	37.8	32.8	27.8	16.2	6.5	110.4	4.2	-5.9	4.3	36.4	16.3	16.1	13.5	13.5	14.6	15.0	15.2
02:00	38.4	33.5	28.5	15.2	6.7	110.4	4.4	-5.6	4.5	35.4	16.4	16.1	13.2	13.6	14.3	15.2	15.4
02:30	36.8	33.2	27.8	14.8	6.4	111.2	4.0	-6.1	4.1	34.5	16.8	16.4	13.2	13.6	14.6	15.3	15.7
03:00	35.6	32.1	27.4	14.7	6.9	110.3	4.0	-6.2	4.0	34.7	16.3	16.2	13.2	13.7	14.8	15.1	15.5
03:30	33.2	28.7	24.5	14.9	5.5	108.5	3.5	-7.2	3.5	34.7	16.7	16.4	13.8	14.5	15.1	15.6	15.8
04:00	27.8	22.6	18.5	13.8	5.8	106.4	3.2	-7.5	3.2	33.7	16.5	16.2	12.8	13.8	14.5	14.8	15.4
04:30	25.6	22.1	17.8	13.4	5.6	107.5	3.1	-7.4	3.1	33.9	16.2	16.0	13.2	14.1	14.8	15.1	15.4

05:00	23.5	18.5	15.2	13.5	5.6	10.5	2.8	-7.2	2.9	33.7	16.5	16.2	12.7	13.5	14.5	15.1	15.4
05:30	22.5	17.5	13.2	13.7	5.5	105.6	2.8	-7.3	2.8	33.6	17.2	17.0	14.2	15.2	15.4	15.6	16.1
06:00	21.2	16.5	12.5	13.9	5.5	106.4	2.7	-7.4	2.7	33.1	17.5	17.3	13.6	15.2	15.6	16.0	16.4
06:30	19.5	13.5	9.5	12.9	5.6	107.5	2.5	-7.5	2.5	32.7	17.6	17.2	13.6	15.1	15.3	16.0	16.3
07:00	18.4	13.2	9.4	14.5	6.4	105.4	2.2	-7.5	2.6	34.8	17.6	17.2	13.6	14.8	15.3	16.0	16.2
07:30	16.5	12.5	8.9	16.4	7.5	104.5	2.3	-7.6	2.6	32.4	17.8	17.5	13.8	15.2	15.6	16.5	17.1

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgaryönü ve Şiddeti
17:00	16.2	16.5	16.8	4.3	12.8	0.043	0.27	1800	2.56	62	NW 0.8
17:30	16.5	16.8	17.2	4.5	13.1	0.043	0.27	1800	2.66	64	
18:00	16.8	16.9	17.2	4.4	13.8	0.043	0.27	1800	2.90	62	NW 1.0
18:30	16.8	17.2	17.5	4.6	14.2	0.043	0.27	1800	2.99	62	
19:00	17.1	17.2	17.2	4.8	14.5	0.043	0.27	1800	2.90	61	NW 0.8
19:30	17.2	17.3	17.6	4.7	14.5	0.043	0.27	1850	2.94	61	
20:00	16.9	17.2	17.4	4.7	14.6	0.043	0.27	1800	2.98	59	NW 0.9
20:30	16.6	16.8	17.2	4.8	14.8	0.043	0.27	1850	2.96	59	
21:00	16.4	16.5	16.8	4.9	15.1	0.043	0.27	1800	2.99	58	NW 0.6
21:30	16.0	16.3	16.5	5	15.4	0.043	0.27	1850	2.97	58	
22:00	15.8	16.0	16.2	5.1	16.2	0.043	0.27	1800	3.04	57	NW 1.6
22:30	15.6	15.8	15.9	5.2	16.2	0.043	0.27	1750	3.08	57	
23:00	15.6	15.7	15.9	5.1	16.4	0.043	0.27	1850	2.96	57	N 1.7
23:30	15.4	15.6	15.7	5.1	16.4	0.043	0.27	1800	2.98	57	
24:00	15.6	15.8	16.1	4.8	15.2	0.043	0.27	1800	3.01	56	
00:30	15.2	15.5	15.7	4.7	15.1	0.043	0.27	1800	2.89	54	
01:00	15.4	15.8	16.2	4.7	15.2	0.043	0.27	1800	2.99	54	
01:30	15.6	15.8	16.1	4.6	15.1	0.043	0.27	1850	2.96	54	
02:00	15.6	15.9	16.1	4.3	15.2	0.043	0.27	1800	3.04	54	
02:30	16.0	16.2	16.4	4.8	15.3	0.043	0.27	1800	2.96	53	
03:00	15.9	16.1	16.2	4.6	15.3	0.043	0.27	1800	2.98	53	
03:30	16.1	16.2	16.4	4.2	15.3	0.043	0.27	1800	2.90	53	
04:00	15.7	15.8	16.2	4.2	15.1	0.043	0.27	1800	2.99	51	
04:30	15.5	15.6	16.0	4.6	15.4	0.043	0.27	1800	3.08	52	

05:00	15.6	16.0	16.2	4.7	15.1	0.043	0.27	1800	3.04	53	
05:30	16.4	16.7	17.0	4.6	15.4	0.043	0.27	1750	3.08	53	
06:00	16.6	16.9	17.3	4.2	15.2	0.043	0.27	1750	2.98	53	
06:30	16.4	16.5	17.2	4.2	15.3	0.043	0.27	1750	2.89	53	
07:00	16.4	16.8	17.2	3.8	15.3	0.043	0.27	1800	3.05	53	
07:30	17.1	17.2	17.5	3.8	15.2	0.043	0.27	1600	2.71	51	

EK-2

Tablo Ek-2.5 Isı Pompası +FDM 07.11.2005 Hava Açık öğleden sonra kapalı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	16.7	14.3	12.2	15.5	13.4	83.8	4.5	-4.2	4.5	35.2	15.1	14.9	13.1	13.8	13.9	14.2	14.3
08:30	17.7	14.3	12.3	16.2	14.2	98.7	4.3	-4.5	4.3	35.6	16.2	16.0	13.2	13.8	14.3	15.1	15.4
09:00	19.7	15.2	13.2	18.2	16.2	105.8	4.4	-4.4	4.5	38.3	17.2	16.8	13.2	14.2	16.4	15.8	15.9
09:30	25.6	21.2	18.9	22.4	17.1	114.2	5.0	-4.2	5.1	40.7	18.2	17.4	14.2	15.2	16.8	17.2	16.9
10:00	30.7	26.4	22.9	28.5	20.1	126.3	5.2	-3.1	5.2	47.4	18.6	18.1	14.6	15.2	16.2	16.5	16.7
10:30	35.7	31.3	27.3	34.4	21.5	131.3	5.3	-3.2	5.4	52.4	18.4	18.2	14.5	15.2	16.6	17.2	17.6
11:00	37.7	32.3	26.5	40.5	23.5	135.4	5.7	-3.2	5.8	56.5	18.2	17.9	13.2	14.8	15.6	16.8	17.2
11:30	37.9	32.2	26.4	40.5	21.5	136.4	6.0	-3.0	6.1	56.3	17.4	17.1	14.1	15.2	15.6	16.1	16.3
12:00	38.8	34.4	28.5	40.2	20.2	134.4	6.3	-3.0	6.3	56.8	16.6	16.2	13.2	14.2	15.2	15.5	15.8
12:30	39.3	35.4	30.8	39.3	19.2	133.5	6.2	-2.9	6.2	52.8	17.2	17.2	14.2	15.3	15.9	16.1	16.5
13:00	40.3	36.8	31.5	39.2	18.9	132.5	6.1	-3.1	6.1	53.3	16.2	15.9	12.1	13.2	14.4	14.8	15.1
13:30	41.2	37.5	32.7	38.5	17.2	132.5	5.8	-3.5	5.8	53.2	16.2	15.4	12.3	13.8	16.5	15.8	15.7
14:00	39.9	35.4	30.5	37.5	16.5	129.4	5.9	-3.4	5.9	52.6	15.2	14.2	11.3	12.1	13.8	14.2	14.8
14:30	39.3	34.4	29.5	36.5	15.4	130.4	5.2	-3.6	5.2	52.4	15.3	14.2	10.9	11.3	12.8	15.2	14.6
15:00	37.8	33.4	28.4	33.5	15.6	130.2	5.3	-3.5	5.3	52.8	14.9	13.2	10.2	11.5	12.4	13.6	12.8
15:30	37.8	33.2	27.7	28.4	13.4	128.9	5.4	-3.4	5.4	47.9	15.2	14.2	11.2	12.3	12.5	13.1	13.4
16:00	37.6	32.7	26.9	26.5	12.5	127.8	5.5	-3.1	5.5	45.6	15.9	13.2	10.1	11.6	12.2	12.5	13.0
16:30	37.5	32.8	26.5	24.1	11.4	128.5	5.6	-3.2	5.6	43.6	15.7	13.4	10.3	11.8	12.5	12.6	13.0
17:00	37.5	32.2	26.5	21.1	9.8	126.4	5.6	-3.2	5.7	42.5	16.1	14.2	10.6	11.5	12.4	12.8	13.0

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	14.3	14.5	14.9	5.5	15.5	0.043	0.27	1800	2.96	55	NW 1.0
08:30	15.6	15.8	16.0	5.5	15.6	0.043	0.27	1800	2.92	56	
09:00	15.8	16.4	16.8	5.9	15.9	0.043	0.27	1800	3.02	57	SSW 1.0
09:30	15.8	16.2	17.4	5.7	15.7	0.043	0.27	1850	2.68	58	
10:00	16.8	17.9	18.1	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.77	59	SSE 1.5
10:30	16.8	17.6	18.2	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.63	58	
11:00	17.4	17.3	17.6	6.2	15.8	0.043	0.27	1550	2.80	61	SSE 2.6
11:30	16.5	16.6	17.1	6.2	15.1	0.043	0.27	1550	2.81	62	
12:00	15.9	16.1	16.2	6.3	15.4	0.043	0.27	1550	2.82	62	S 1.9
12:30	16.8	17.0	17.2	6.4	15.6	0.043	0.27	1550	2.83	54	
13:00	15.2	15.7	15.9	6.5	15.4	0.043	0.27	1500	2.71	58	S 2.1
13:30	15.1	15.2	15.4	6.2	15.3	0.043	0.27	1500	2.89	58	
14:00	14.0	14.1	14.2	6.2	15.7	0.043	0.27	1500	2.71	56	S 1.7
14:30	14.0	14.2	14.2	6.4	15.4	0.043	0.27	1500	2.71	54	
15:00	13.0	13.1	13.2	6.2	15.3	0.043	0.27	1750	2.99	59	S 0.6
15:30	13.4	13.6	14.2	6.2	15.1	0.043	0.27	1750	3.02	56	
16:00	13.1	13.2	13.2	6.3	15.4	0.043	0.27	1750	2.94	54	S 0.7
16:30	13.0	13.1	13.4	6.1	15.2	0.043	0.27	1850	2.78	55	
17:00	13.2	13.5	14.2	6.1	15.4	0.043	0.27	1850	3.16	56	WSW 0.8

Tablo Ek-2.6 Isı Pompası +FDM 08.11.2005

EK-2

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	6.9	4.5	76.8	2.2	-4.5	2.3	26.7	11.1	10.5	7.3	7.8	8.3	8.5	8.7
08:30	-	-	-	11.4	7.8	86.7	3.4	-3.8	3.5	32.6	12.4	11.6	8.5	8.9	9.4	9.8	10.3
09:00	-	-	-	17.6	8.9	95.4	3.5	-3.5	3.6	37.8	13.2	12.5	9.7	9.3	9.7	10.5	11.2
09:30	-	-	-	19.6	9.7	112.5	4.1	-3.4	4.2	39.9	14.3	13.8	9.8	10.5	10.9	11.4	12.1
10:00	-	-	-	22.5	12.4	125.8	4.4	-3.2	4.5	42.5	15.6	14.9	11.3	11.7	12.9	13.5	13.9
10:30	-	-	-	27.8	14.3	128.9	4.5	-3.1	4.6	47.9	16.3	16.1	12.3	12.8	13.5	14.9	15.1
11:00	-	-	-	32.6	16.4	131.5	5.0	-2.8	5.1	52.7	16.7	16.5	12.4	12.9	13.7	15.1	15.6
11:30	-	-	-	33.5	17.2	133.6	5.5	-2.8	5.6	53.8	16.5	16.3	12.6	13.2	14.1	14.8	15.4
12:00	-	-	-	34.7	17.9	135.8	5.9	-2.7	5.9	54.7	16.8	16.4	12.7	13.5	14.2	14.7	15.7
12:30	-	-	-	36.7	18.4	136.9	6.4	-2.9	6.4	56.7	17.1	16.8	12.4	13.4	14.2	14.8	15.8
13:00	-	-	-	38.6	18.9	138.9	6.3	-2.9	6.3	58.9	17.3	17.1	13.6	14.2	15.3	16.4	16.8
13:30	-	-	-	37.4	18.1	137.8	6.4	-2.8	6.4	57.7	17.4	17.2	13.6	14.1	15.1	15.9	16.4
14:00	-	-	-	36.7	17.5	136.4	6.4	-2.7	6.4	56.9	17.6	17.3	13.4	13.9	14.9	15.6	16.3
	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti						
08:00	8.9	9.6	10.5	5.6	15.6	0.043	0.27	1850	2.80	67	WNW 0.5						
08:30	10.6	10.9	11.6	5.6	15.4	0.043	0.27	1850	3.10	65							
09:00	11.8	12.1	12.5	5.4	15.2	0.043	0.27	1800	3.04	66	NW 2.5						
09:30	12.6	12.9	13.8	5.4	15.3	0.043	0.27	1800	3.05	63							
10:00	14.1	14.5	14.9	5.6	15.3	0.043	0.27	1800	3.01	55	NW 3.5						
10:30	15.6	15.8	16.1	5.2	15.2	0.043	0.27	1800	3.01	56							
11:00	16.0	16.2	16.5	5.4	15.4	0.043	0.27	1800	3.02	54	NW 4.3						
11:30	15.6	15.9	16.3	5.4	15.2	0.043	0.27	1800	3.05	59							
12:00	15.8	16.1	16.4	5.4	145.3	0.043	0.27	1800	3.01	54	NW 4.4						
12:30	16.1	16.4	16.8	5.6	15.2	0.043	0.27	1850	2.93	52							
13:00	16.7	16.9	17.1	5.3	15.3	0.043	0.27	1850	2.97	52	NW 4.4						
13:30	16.7	16.9	17.2	5.6	15.8	0.043	0.27	1800	3.05	54							
14:00	16.6	16.9	17.3	5.2	15.4	0.043	0.27	1800	3.01	53	NW 4.6						

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	14.2	12.3	78.4	2.1	-4.2	2.1	30.3	15.1	13.8	10.8	11.5	12.8	13.1	13.2
08:30	-	-	-	17.5	13.5	89.5	3.5	-3.8	3.5	37.8	15.2	13.9	10.6	11.4	12.6	12.8	13.2
09:00	-	-	-	22.3	16.4	96.4	4.5	-2.8	4.5	41.8	16.5	14.2	11.2	12.4	13.2	13.6	13.8
09:30	-	-	-	26.7	18.3	112.4	4.6	-2.5	4.6	46.8	16.3	14.1	11.3	12.3	13.1	13.5	13.6
10:00	-	-	-	33.4	21.3	121.8	4.7	-2.4	4.7	42.3	16.7	14.3	11.5	12.6	13.4	13.7	13.7
10:30	-	-	-	37.7	19.4	120.4	4.6	-2.5	4.7	45.3	17.3	15.0	11.7	12.5	13.6	14.2	14.6
11:00	-	-	-	36.3	17.9	125.4	4.7	-2.5	4.8	45.1	17.5	15.2	11.8	12.7	13.6	14.3	14.6
11:30	-	-	-	37.4	17.4	126.4	5.2	-2.6	5.3	45.9	17.8	15.3	11.8	12.5	13.7	14.4	14.7
12:00	-	-	-	36.4	16.4	127.8	5.8	-2.7	5.9	45.8	17.9	15.4	12.1	12.6	13.8	14.5	14.9
12:30	-	-	-	34.5	15.4	128.9	5.7	-2.8	5.7	50.5	17.8	16.4	13.1	13.7	14.2	14.9	15.8
13:00	-	-	-	30.4	14.2	125.4	6.1	-2.6	6.2	48.6	17.2	17.1	13.3	13.8	14.3	15.2	16.1
13:30	-	-	-	28.5	14.2	120.2	6.1	-2.4	6.2	46.8	17.4	17.2	13.8	14.2	15.2	15.3	16.4
14:00	-	-	-	26.5	14.2	115.2	6.1	-2.5	6.2	45.6	18.4	18.2	14.7	15.1	15.6	16.4	16.9
14:30	-	-	-	24.6	13.3	114.5	6.2	-2.7	6.3	42.8	18.2	18.0	14.6	15.2	15.8	16.1	16.9
15:00	-	-	-	23.4	11.2	116.4	6.3	-2.8	6.4	41.8	18.1	17.9	14.5	15.1	15.7	15.8	16.8
15:30	-	-	-	22.4	12.1	115.4	6.3	-2.6	6.4	39.6	18.4	18.2	15.3	15.8	16.4	16.1	16.7
16:00	-	-	-	21.2	12.3	112.5	6.5	-2.5	6.5	38.9	17.5	17.3	13.4	14.3	15.3	15.6	16.3
16:30	-	-	-	21.2	11.9	113.6	6.4	-2.8	6.5	38.6	17.2	17.0	13.8	14.5	15.7	16.1	16.4
17:00	-	-	-	21.4	11.8	113.8	6.4	-2.4	6.4	38.9	17.4	17.1	13.6	14.3	15.6	16.2	16.6

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	13.4	13.5	13.8	4.8	15.4	0.043	0.27	1800	2.41	54	NW 2.4
08:30	13.4	13.5	13.9	4.8	15.4	0.043	0.27	1800	2.97	55	
09:00	14.1	14.2	14.2	4.9	15.3	0.043	0.27	1800	2.85	56	NW 3.4
09:30	13.7	13.9	14.1	5	15.4	0.043	0.27	1800	2.94	57	
10:00	13.8	14.1	14.3	5	15.7	0.043	0.27	1800	2.77	54	NW 3.2
10:30	14.7	14.8	15.0	5.1	15.7	0.043	0.27	1800	2.58	58	
11:00	14.7	14.8	15.2	5.2	15.8	0.043	0.27	1800	2.75	59	NW 2.8
11:30	14.8	14.8	15.3	5.3	15.6	0.043	0.27	1800	2.71	61	
12:00	15.1	15.2	15.4	5.4	15.4	0.043	0.27	1800	2.84	62	NW 2.8
12:30	16.1	16.2	16.4	5.4	15.3	0.043	0.27	1800	2.55	62	
13:00	16.4	16.7	17.1	5.4	15.4	0.043	0.27	1800	2.90	63	NW 3.1
13:30	16.7	16.8	17.2	5.3	15.4	0.043	0.27	1800	2.92	64	
14:00	17.2	17.6	18.2	5.4	15.6	0.043	0.27	1800	3.04	65	NW 3.3
14:30	17.1	17.5	18.0	5.3	15.3	0.043	0.27	1800	2.90	62	
15:00	17.1	17.4	17.9	5.4	15.7	0.043	0.27	1800	2.93	62	NW 3.1
15:30	16.8	17.3	18.2	5.6	15.7	0.043	0.27	1800	2.74	63	
16:00	16.5	16.6	17.3	5.1	15.7	0.043	0.27	1800	2.82	64	NW 2.7
16:30	16.6	16.8	17.0	5.2	15.6	0.043	0.27	1800	2.77	64	
17:00	16.7	17.0	17.1	4.8	14.8	0.043	0.27	1800	2.79	68	NW 1.6

Tablo Ek-2.8 Isı Pompası +FDM 25.11.2005

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	17.2	15.2	13.3	9.4	8.9	89.4	5.3	-4.5	4.1	25.4	9.2	8.8	5.8	6.9	7.2	7.9	8.2
08:30	25.3	20.2	17.4	15.4	12.5	108.7	5.2	-4.2	5.2	33.3	9.3	8.7	5.4	6.8	7.9	8.2	8.3
09:00	32.2	27.3	23.3	21.1	15.4	115.6	5.2	-3.8	5.2	41.4	9.5	9.4	6.2	7.1	8.1	8.4	8.9
09:30	36.4	31.1	26.4	26.5	16.4	120.4	5.4	-3.9	5.4	46.4	9.7	9.5	6.3	7.5	8.2	8.4	8.6
10:00	38.3	33.3	28.5	32.5	17.4	121.4	5.3	-3.7	5.3	52.5	10.5	10.2	7.2	8.4	8.6	9.1	9.4
10:30	39.1	34.3	29.4	36.5	18.9	122.3	5.3	-3.8	5.4	56.5	10.1	10.0	6.9	7.5	8.2	9.1	9.3
11:00	40.3	36.4	31.4	40.5	21.5	122.3	5.1	-4.5	5.2	56.4	10.6	10.2	7.2	8.6	9.3	9.7	9.9
11:30	40.5	35.4	30.3	40.5	20.8	121.5	5.0	-4.6	5.1	56.4	10.3	10.1	7.5	8.5	9.3	9.5	9.8
12:00	40.2	35.5	30.4	40.5	20.5	119.4	5.0	-4.2	5.0	55.4	9.8	9.5	6.4	7.2	8.1	8.5	8.9
12:30	41.2	36.3	31.4	40.2	20.2	118.7	5.2	-4.1	5.3	56.4	9.9	9.7	6.8	7.4	8.2	8.6	8.9
13:00	42.1	37.3	32.4	39.6	18.5	120.4	5.2	-4.2	5.2	56.4	9.9	9.6	6.8	7.3	8.1	8.6	9.0
13:30	42.4	37.5	32.5	37.5	16.8	119.4	5.1	-4.3	5.1	56.3	9.7	9.5	6.4	7.2	8.4	9.1	9.3
14:00	42.7	37.7	32.6	33.2	15.4	121.4	5.1	-4.2	5.2	53.2	9.8	9.7	6.2	7.3	8.5	8.8	9.1
14:30	42.3	38.3	33.3	31.5	14.2	117.8	5.0	-4.7	5.1	51.3	10.1	9.8	6.5	7.4	8.8	9.2	9.3
15:00	41.3	36.5	32.3	29.6	13.2	119.4	5.2	-4.9	5.3	50.4	10.2	9.8	6.8	7.5	8.8	9.8	9.7
15:30	41.2	36.5	32.2	29.5	13.5	121.4	5.3	-4.7	5.4	50.4	9.8	9.7	6.4	7.4	8.0	8.6	9.1
16:00	40.4	35.5	30.4	27.5	12.1	125.4	5.2	-4.5	5.2	47.3	9.8	9.5	6.2	7.3	8.0	8.5	8.9
16:30	40.5	35.2	30.4	26.8	11.5	124.6	5.5	-4.2	5.6	46.2	9.9	9.4	6.3	8.2	9.3	9.5	9.0
17:00	40.2	35.1	30.1	25.5	10.5	122.4	5.4	-4.1	5.4	45.2	10.1	10.0	6.8	7.9	8.4	8.9	9.4

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	8.2	8.5	8.8	4.2	12.2	0.043	0.27	1850	2.34	56	NW 1.0
08:30	8.2	8.5	8.7	4.8	14.2	0.043	0.27	1835	2.62	57	
09:00	9.0	9.2	9.4	4.8	15.2	0.043	0.27	1850	2.97	57	NW 0.9
09:30	8.9	9.4	9.7	5.1	15.2	0.043	0.27	1850	2.91	58	
10:00	9.6	10.0	10.2	5.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.93	56	WSW 0.3
10:30	9.6	9.8	10.0	5.3	15.4	0.043	0.27	1835	2.93	59	
11:00	9.9	10.1	10.2	5.6	15.6	0.043	0.27	1800	2.85	55	SSE 1.5
11:30	9.8	10.1	10.2	5.6	15.8	0.043	0.27	1800	2.87	54	
12:00	9.1	9.3	9.5	5.6	15.7	0.043	0.27	1800	2.84	56	SSW 1.7
12:30	9.4	9.5	9.7	5.7	15.6	0.043	0.27	1850	2.72	55	
13:00	9.2	9.4	9.6	5.8	15.4	0.043	0.27	1850	2.57	58	SSW 1.7
13:30	9.5	9.7	9.8	5.9	16.1	0.043	0.27	1850	2.77	56	
14:00	9.3	9.5	9.8	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.93	52	SS 1.0
14:30	9.6	9.7	9.8	6.2	16.4	0.043	0.27	1850	2.90	54	
15:00	9.6	9.7	9.9	6.2	16.2	0.043	0.27	1850	3.05	55	SSW 1.2
15:30	9.3	9.5	9.7	6.2	16.4	0.043	0.27	1850	3.06	56	
16:00	9.1	9.3	9.5	6.3	16.2	0.043	0.27	1835	2.90	58	S 1.0
16:30	9.1	9.2	9.4	6.1	16.4	0.043	0.27	1835	2.84	58	
17:00	9.6	9.8	10.0	6.2	16.2	0.043	0.27	1850	2.21	58	SE 0.2

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	5.4	5.1	72.4	-2.1	-7.6	-2.1	26.5	9.5	9.1	5.8	6.4	6.7	7.5	7.9
8:30	-	-	-	7.5	6.1	99.4	1.5	-7.5	1.5	29.6	9.6	9.2	5.9	6.2	6.8	7.7	7.8
09:00	-	-	-	9.4	7.5	102.4	2.4	-6.4	2.4	30.5	9.8	9.3	6.4	7.6	7.8	8.2	8.3
09:30	-	-	-	11.4	7.5	109.2	2.8	-6.8	2.8	31.6	10.1	9.7	6.4	7.7	8.2	8.4	8.8
10:00	-	-	-	14.5	7.9	113.9	2.7	-6.4	2.7	32.2	10.5	10.2	7.4	7.8	8.3	8.5	9.2
10:30	-	-	-	15.9	8.5	109.2	3.1	-5.9	3.1	32.1	10.6	10.1	7.5	7.9	8.5	9.1	9.3
11:00	23.6	18.8	13.4	16.5	8.2	108.1	3.4	-5.4	3.4	32.2	10.7	10.4	7.6	8.5	8.7	9.5	9.7
11:30	25.4	19.9	14.3	17.8	8.3	107.5	3.5	-5.6	3.5	32.4	10.2	9.8	6.9	7.4	7.8	8.4	8.9
12:00	26.3	21.4	17.4	18.5	8.1	108.6	3.9	-4.8	3.9	33.1	10.3	9.8	6.6	7.3	7.8	8.2	8.6
12:30	27.5	22.6	17.4	18.9	7.2	114.6	4.5	-4.9	4.5	33.5	10.6	10.4	7.3	8.5	8.8	9.2	9.6
13:00	28.6	23.5	18.5	18.4	7.9	112.5	4.6	-4.7	4.6	33.5	10.4	10.2	7.6	8.5	9.1	9.4	9.5
13:30	28.9	23.7	18.4	19.4	7.4	111.5	5.1	-4.7	5.1	34.5	10.1	9.8	6.2	7.5	8.1	8.6	9.0
14:00	29.6	24.5	19.4	20.4	7.6	113.8	5.2	-4.2	5.2	34.4	10.2	9.7	6.3	7.4	8.1	8.7	9.1
14:30	29.7	24.5	19.3	20.6	7.5	114.5	5.1	-4.2	5.1	34.5	9.8	9.5	6.1	7.2	8.5	8.9	9.1
15:00	30.1	25.5	20.9	17.5	7.6	112.4	5.0	-5.4	5.1	32.7	9.6	9.2	6.2	7.9	8.2	8.4	8.5
15:30	32.2	27.4	22.4	16.5	7.3	111.2	4.7	-5.6	4.8	32.5	9.4	9.1	6.3	7.9	8.2	8.4	8.5
16:00	31.3	26.5	21.3	16.2	6.5	111.5	4.1	-6.1	4.2	32.5	9.3	8.8	5.6	6.5	7.6	7.9	8.1
16:30	30.9	25.6	20.9	16.3	6.1	110.5	3.7	-6.2	3.8	32.4	9.2	8.7	5.4	6.4	7.8	7.9	8.1
17:00	30.8	24.4	20.4	15.9	6.1	110.4	3.4	-6.3	3.5	31.8	9.0	8.6	5.0	6.1	7.4	7.6	7.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	8.1	8.6	9.1	3.4	13.5	0.043	0.27	1850	3.09	45	SE 1.2
08:30	7.9	8.7	9.2	3.8	14.2	0.043	0.27	1800	3.39	45	
09:00	8.5	8.7	9.3	3.6	14.5	0.043	0.27	1800	3.18	46	ESE 1.1
09:30	8.9	9.1	9.7	3.8	14.5	0.043	0.27	1750	3.13	47	
10:00	9.5	9.8	10.2	4.1	14.5	0.043	0.27	1650	2.91	48	S 0.6
10:30	9.4	9.7	10.1	4.2	14.6	0.043	0.27	1650	2.75	50	
11:00	9.8	10.1	10.4	4.3	14.2	0.043	0.27	1650	2.74	49	SE 1.5
11:30	9.2	9.4	9.8	4.5	15.2	0.043	0.27	1500	2.64	44	
12:00	9.0	9.6	9.8	4.6	15.1	0.043	0.27	1550	2.64	48	S 1.3
12:30	9.8	10.2	10.4	4.5	15.1	0.043	0.27	1500	2.64	49	
13:00	9.7	9.8	10.2	4.6	15.2	0.043	0.27	1500	2.63	45	S 1.8
13:30	9.5	9.7	9.8	4.5	15.2	0.043	0.27	1500	2.73	46	
14:00	9.5	9.6	9.7	4.7	14.8	0.043	0.27	1500	2.61	47	SSW 1.5
14:30	9.4	9.5	9.5	4.8	14.6	0.043	0.27	1550	2.74	48	
15:00	8.7	9.0	9.2	4.6	14.2	0.043	0.27	1500	2.80	49	SSW 1.2
15:30	8.7	8.9	9.1	4.7	14.6	0.043	0.27	1500	2.85	48	
16:00	8.3	8.5	8.8	4.7	14.2	0.043	0.27	1550	2.94	46	SSE 1.8
16:30	8.3	8.4	8.7	4.6	14.8	0.043	0.27	1550	2.81	47	
17:00	8.1	8.3	8.6	4.7	14.6	0.043	0.27	1500	2.85	47	SE 1.4

EK-2

Tablo Ek-2.10 Isı Pompası +FDM 13.12.2005

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	4.2	3.2	88.4	-3.2	-9.5	-3.2	20.1	8.5	7.6	3.8	6.6	6.5	7.2	7.1
08:30	-	-	-	5.6	4.2	89.7	-3.0	-8.9	-2-9	22.9	8.6	7.8	4.2	6.9	6.8	7.2	7.5
09:00	15.2	13.1	10.3	11.2	6.2	91.5	-2.2	-7.8	-2-1	31.6	9.3	8.9	4.6	7.2	7.8	8.8	9.2
09:30	22.3	20.2	18.6	12.6	6.9	119.4	-1.3	-7.5	-1.2	32.1	9.4	9.2	5.3	7.6	8.9	9.5	9.6
10:00	24.3	22.3	20.4	14.5	7.4	114.5	1.5	-7.6	1.5	34.1	9.5	9.1	6.1	7.4	8.8	9.1	9.2
10:30	28.3	26.3	24.4	16.6	7.6	116.7	2.5	-7.7	2.5	37.1	9.4	9.2	6.2	7.6	9.5	9.4	9.1
11:00	29.4	26.2	24.3	17.5	8.4	117.5	2.6	-7.4	2.6	38.8	9.6	9.3	6.3	8.5	9.4	9.2	9.3
11:30	32.2	29.3	27.3	19.5	9.8	118.4	2.4	-7.2	2.4	40.9	9.4	9.1	6.4	8.5	8.8	9.2	9.3
12:00	34.3	32.3	30.2	20.5	10.5	117.8	2.8	-7.6	2.8	41.5	9.3	9.2	6.3	7.9	8.9	9.1	9.3
12:30	33.3	31.3	28.4	21.5	10.8	115.4	2.8	-7.4	2.8	42.4	9.2	9.0	5.8	8.5	8.8	8.9	9.2
13:00	32.5	30.3	27.4	23.6	11.6	116.4	3.5	-7.5	3.5	42.1	9.1	8.8	5.6	7.8	8.5	8.6	8.9
13:30	32.9	30.2	28.2	25.6	11.5	117.8	3.6	-7.4	3.6	42.6	9.3	9.2	6.2	8.5	8.8	8.9	9.2
14:00	33.1	31.3	27.4	31.5	13.5	121.4	3.4	-7.4	3.4	52.5	9.4	9.1	6.2	8.6	9.2	9.3	8.9
14:30	32.1	30.2	27.4	28.5	14.5	120.2	3.2	-7.6	3.2	47.3	9.2	9.0	6.1	8.5	9.4	9.5	9.2
15:00	31.2	29.4	28.9	24.5	12.5	118.4	3.0	-7.5	3.1	43.3	8.6	8.5	5.9	7.4	8.9	9.1	8.8
15:30	30.9	28.4	26.4	23.6	10.5	115.4	4.0	-7.4	4.1	41.5	8.7	8.3	5.6	7.8	8.2	8.3	8.5
16:00	30.8	28.3	26.2	21.5	9.8	116.4	3.4	-7.2	3.5	39.7	8.5	8.2	5.6	7.5	8.5	8.3	8.4
16:30	30.2	28.1	26.1	20.5	8.5	112.4	3.5	-7.1	3.6	38.8	8.4	8.1	5.7	7.3	8.4	8.1	8.2
17:00	30.3	28.3	26.1	19.5	7.6	110.8	3.4	-7.0	3.5	38.3	7.9	7.5	4.5	6.8	7.7	7.4	7.6

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	7.3	7.4	7.6	4.4	15.1	0.043	0.27	1800	2.39	44	WNW 1.9
08:30	7.5	7.7	7.8	4.6	14.8	0.043	0.27	1850	2.53	42	
09:00	8.9	9.1	9.2	4.5	14.6	0.043	0.27	1800	3.07	36	WNW 1.9
09:30	9.1	9.3	9.2	4.8	14.7	0.043	0.27	1700	3.11	34	
10:00	8.9	9.1	9.2	5	14.7	0.043	0.27	1650	3.22	29	WNW 2.5
10:30	8.8	8.9	9.2	5.2	15.8	0.043	0.27	1700	3.27	29	
11:00	9.2	9.3	9.1	5.3	15.7	0.043	0.27	1750	3.30	28	WNW 2.8
11:30	9.1	8.9	9.3	5.3	15.7	0.043	0.27	1700	3.51	27	
12:00	9.1	9.2	9.2	5.3	15.6	0.043	0.27	1750	3.35	29	W 0.9
12:30	9.0	8.9	8.8	5.3	15.7	0.043	0.27	1650	3.65	29	
13:00	9.1	8.9	9.1	5.6	16	0.043	0.27	1650	3.41	25	SSW 1.2
13:30	8.9	9.1	9.2	5.6	16.1	0.043	0.27	1600	3.50	26	
14:00	9.2	9.1	9.2	5.6	15.8	0.043	0.27	1550	3.45	27	WSW 1.3
14:30	9.1	9.2	9.2	5.7	16.1	0.043	0.27	1700	3.37	28	
15:00	9.1	8.9	9.1	5.8	16	0.043	0.27	1500	3.40	26	WSW 1.3
15:30	8.2	8.4	8.4	6.1	16.1	0.043	0.27	1550	3.23	28	
16:00	8.1	8.2	8.3	5.1	16.2	0.043	0.27	1600	3.08	27	SW 1.0
16:30	8.1	8.2	8.3	5.2	16.2	0.043	0.27	1600	3.10	27	
17:00	7.7	7.5	7.6	5.3	15.8	0.043	0.27	1650	3.09	26	SSW 0.6

EK-2

Tablo Ek-2.11 Isı Pompası +FDM 16.01.2006

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	-5	-5	68.8	-7.0	-14	-6.9	12.1	7.0	6.5	4.1	4.6	5.1	5.5	5.8
08:30	-	-	-	-1	-3	74.5	-5.8	-13.5	-5.8	19.2	7.2	6.8	4.2	4.3	5.5	5.6	5.9
09:00	-	-	-	4.5	-1.4	85.8	-5.2	-11.5	-5.2	23.5	7.3	7.2	4.8	5.2	5.4	5.9	6.1
09:30	-	-	-	6.8	-1.5	89.5	-4.8	-10.5	-4.8	25.5	7.4	7.2	4.8	5.3	5.5	5.8	6.2
10:00	12.5	10.5	8.9	9	-1.6	92.6	-4.3	-9.5	-4.3	26.2	7.6	7.5	4.1	5.3	5.4	5.9	6.2
10:30	14.5	12.5	10.5	11.5	2.1	95.6	-4.2	-8.5	-4.2	32.6	8.1	7.8	5.0	5.8	6.1	6.2	6.6
11:00	15.5	13.2	11.5	13.5	3.3	94.6	-4.1	-8.4	-4.1	32.5	8.6	8.2	5.4	6.1	6.6	6.9	7.2
11:30	17.4	15.2	13.2	13.6	2.3	94.2	-3.9	-8.6	-3.8	31.9	8.8	8.5	5.6	6.5	6.9	7.1	7.4
12:00	18.5	16.2	13.5	14.5	1.1	95.6	-3.7	-8.2	3.6	32.4	8.8	8.5	5.7	6.6	7.0	7.2	7.5
12:30	19.5	17.4	14.5	12.5	0	95.6	-3.9	-8.1	-3.8	32.7	8.7	8.6	5.6	6.5	7.2	7.5	7.9
13:00	20.4	18.4	16.4	11.5	-2.5	95.1	-3.7	-8.3	-3.6	31.1	8.3	8.1	5.1	5.5	6.8	7.2	7.4
13:30	22.4	20.6	18.4	10.4	-1.6	96.4	-3.5	-8.6	-3.4	30.1	8.2	7.9	5.0	5.4	6.5	7.3	7.5
14:00	24.5	22.1	20.3	9.8	-1.4	98.7	-4.6	-8.4	-4.5	29.6	8.1	7.9	5.1	5.4	6.4	7.2	7.5
14:30	25.6	23.1	21.4	8.5	-1.6	96.5	-4.2	-8.7	-4.2	28.1	7.8	7.6	4.8	5.2	6.2	7.1	7.2
15:00	26.6	23.1	21.1	8	-1.8	95.8	-4.2	-8.9	-4.2	28.2	7.4	6.8	4.1	4.6	5.8	6.1	6.3
15:30	27.5	25.1	23.1	7.5	-2.6	95.7	-3.6	-9.1	-3.6	27.5	7.5	6.8	4.2	4.5	5.7	5.8	6.1
16:00	28.8	26.1	23.4	7.6	-4	95.7	-3.6	-9.5	-3.6	27.6	7.3	6.6	3.8	4.2	5.5	5.6	6.1
16:30	29.5	27.1	24.1	3.2	-6.2	95.4	-3.8	-9.6	-3.7	22.5	7.2	6.7	3.8	4.3	5.4	5.6	6.2
17:00	30.5	28.1	26.1	2.8	-8.2	97.8	-3.6	-9.7	-3.5	21.5	7.2	6.5	3.8	4.2	5.2	5.8	6.3

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.1	6.2	6.5	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.50	69	NNW 1.4
08:30	6.1	6.5	6.8	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.96	68	
09:00	6.4	6.7	7.2	3.9	14.1	0.043	0.27	1850	2.78	66	NNW 0.8
09:30	6.4	6.9	7.2	4	14.5	0.043	0.27	1800	2.81	58	
10:00	7.1	7.5	7.5	4	14.5	0.043	0.27	1800	2.59	52	W 2.3
10:30	6.9	7.2	7.8	4	14.5	0.043	0.27	1850	3.09	49	
11:00	7.6	8.1	8.6	4	14.3	0.043	0.27	1800	2.86	47	WNW 3.3
11:30	7.8	8.1	8.5	4.5	14.2	0.043	0.27	1850	2.68	47	
12:00	7.7	8.2	8.5	4.2	14.6	0.043	0.27	1700	2.89	48	WNW 2.9
12:30	7.8	8.1	8.6	4.1	14.6	0.043	0.27	1850	2.96	48	
13:00	7.5	7.8	8.1	4.1	14.5	0.043	0.27	1850	2.91	49	NW 3.3
13:30	7.2	7.5	7.9	4.1	14.2	0.043	0.27	1800	2.96	52	
14:00	7.2	7.5	7.9	4.1	14.2	0.043	0.27	1850	2.90	55	NW 3.2
14:30	7.3	7.5	7.6	4	14.3	0.043	0.27	1800	2.95	51	
15:00	6.5	6.6	6.8	3.6	13.8	0.043	0.27	1850	2.96	52	NW 3.8
15:30	6.3	6.5	6.8	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.93	51	
16:00	6.2	6.3	6.6	3.8	13.9	0.043	0.27	1850	2.93	48	NW 2.6
16:30	6.3	6.4	6.6	3.8	14	0.043	0.27	1750	2.99	47	
17:00	6.3	6.4	6.5	3.9	14	0.043	0.27	1700	2.98	44	WNW 1.5

EK-2

Tablo Ek-2.12 Isı Pompası+FDM 19.01.2006 Hafif kar yağışlı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	-7	-7.1	64.1	-6.1	16.1	-6.1	10.1	7.6	7.4	4.8	5.4	5.8	6.2	6.4
08:30	-	-	-	2.9	-6.1	71.2	-5.9	-13.5	-5.9	17.1	7.7	7.5	4.5	5.3	5.7	6.3	6.6
09:00	-	-	-	3.1	-5.3	73.6	-5.6	-14.1	-5.6	18.6	7.8	7.5	4.5	5.4	5.6	6.3	6.5
09:30	-	-	-	4.3	-4.1	81.2	-4.9	-13.6	-4.9	23.1	7.8	7.5	4.5	5.3	5.7	6.3	6.5
10:00	-	-	-	6.1	-2.1	83.4	-4.8	-10.5	-4.8	24.1	7.9	7.6	4.6	5.4	5.7	6.3	6.6
10:30	-	-	-	7.2	-1.6	84.5	-4.8	-11.6	-4.8	26.1	7.9	7.6	4.6	5.3	5.7	6.3	6.6
11:00	-	-	-	8.1	-1.1	84.6	-5.1	-12.1	-5.1	27.1	7.8	7.5	4.5	5.4	5.7	6.3	6.6
11:30	-	-	-	9.0	0.6	85.1	-5.3	-12.6	-5.3	29.1	7.8	7.5	4.5	5.4	5.8	6.3	6.6
12:00	-	-	-	9.2	0.9	87.1	-5.4	-12.6	-5.4	29.2	7.8	7.5	4.5	5.3	5.7	6.2	6.6
12:30	26.5	23.1	19.5	9.6	1.1	91.6	-6.1	-11.1	-6.1	29.3	7.8	7.5	4.4	5.3	5.7	6.3	6.6
13:00	27.6	23.2	18.5	10.1	1.2	92.1	-5.3	-11.6	-5.3	29.6	7.8	7.5	4.5	5.4	5.8	6.3	6.5
13:30	27.9	23.4	19.2	10.2	1.3	93.1	-4.1	-11.4	-4.1	29.8	7.6	7.4	4.4	5.4	5.8	6.4	6.6
14:00	28.5	24.4	19.4	10.3	1.5	92.1	-4.2	-10.1	-4.2	29.8	7.7	7.4	4.4	5.2	5.6	6.5	6.7
14:30	29.7	25.4	20.5	10.5	1.7	93.1	-4.3	-10.3	-4.3	29.3	7.7	7.4	4.3	5.3	5.7	6.4	6.6
15:00	29.5	25.4	20.5	10.8	1.8	96.1	-4.1	-10.2	-4.1	29.3	7.7	7.3	4.3	5.3	5.7	6.5	6.6
15:30	29.5	25.6	20.5	11.1	2	93.1	-4.2	-11.2	-4.1	30.1	7.7	7.4	4.2	5.1	5.5	6.4	6.6
16:00	29.6	25.7	20.6	11.0	1.6	94.1	-4.1	-11.3	-4.1	30.1	7.8	7.5	4.3	5.2	5.6	6.4	6.6
16:30	30.4	26.5	21.5	11.0	1.7	95.1	-4.3	-11.6	-4.3	30.1	7.8	7.5	4.3	5.2	5.7	6.5	6.7
17:00	29.5	25.4	21.9	10.6	1.5	95.1	-4.1	-11.2	-4.1	29.6	7.6	7.3	4.1	5.0	5.4	6.4	6.5
17:30	28.9	23.5	19.5	10.8	1.0	95.1	-4.3	-10.8	-4.3	29.6	7.6	7.3	4.2	5.1	5.6	6.3	6.5
18:00	29.3	24.5	20.5	8.9	-2	92.1	-4.3	-9.8	-4.3	27.6	7.5	7.2	4.1	4.9	5.6	6.4	6.5
18:30	29.5	24.5	20.4	8.1	-2.4	91.6	-4.6	-8.1	-4.6	27.8	7.6	7.2	4.1	4.9	5.4	6.5	6.5
19:00	29.5	24.7	20.5	8.0	-2.6	91.1	-4.2	8.9	-4.2	26.1	7.7	7.3	4.2	5.0	5.5	6.5	6.6
19:30	28.5	23.4	19.5	7.3	-3.1	92.1	-3.1	-8.9	-3.1	26.1	7.7	7.3	4.1	5.1	5.5	6.5	6.6
20:00	28.5	24.4	19.4	6.1	-4.6	90.1	-3.4	-8.8	-3.4	26.1	7.8	7.4	4.2	5.1	5.5	6.5	6.6
20:30	27.5	23.4	19.4	5.3	-5.1	90.1	-3.5	-9.5	-3.5	24.1	7.7	7.4	4.2	5.2	5.5	6.4	6.6
21:00	27.5	23.6	19.3	5.6	-5.3	90.2	-3.2	-9.6	-3.2	24.2	7.7	7.3	4.2	5.2	5.5	6.4	6.6
21:30	27.5	23.5	19.2	4.3	-4.8	90.3	-3.6	-9.6	-3.6	23.1	7.6	7.3	4.1	5.2	5.6	6.4	6.6
22:00	27.4	23.4	19.2	4.4	-4.1	90.4	-3.6	-9.8	-3.6	22.1	7.6	7.3	4.1	5.2	5.6	6.5	6.6

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.6	6.8	7.4	3.8	14.5	0.043	0.27	1850	2.18	69	SSE 1.8
08:30	6.6	6.8	7.5	3.8	14.9	0.043	0.27	1850	2.23	68	
09:00	6.7	6.9	7.5	3.9	14.3	0.043	0.27	1850	2.27	66	ESE 1.9
09:30	6.7	6.9	7.5	4.4	14.9	0.043	0.27	1850	2.31	58	
10:00	6.8	7.2	7.6	4.2	14.7	0.043	0.27	1850	2.34	52	ESE 2.5
10:30	6.8	7.3	7.6	4.1	14.5	0.043	0.27	1850	2.49	49	
11:00	6.7	7.1	7.6	4.7	14.3	0.043	0.27	1850	2.49	47	S 1.2
11:30	6.6	7.4	7.5	4.5	14.2	0.043	0.27	1850	2.36	47	
12:00	6.7	7.3	7.5	4.5	14.6	0.043	0.27	1850	2.49	48	SSE 1.6
12:30	6.9	7.2	7.5	4.3	14.6	0.043	0.27	1850	2.44	48	
13:00	6.5	7.0	7.5	4.5	14.5	0.043	0.27	1850	2.56	49	ESE 2.6
13:30	6.7	7.1	7.5	4.1	14.2	0.043	0.27	1850	2.58	52	
14:00	6.8	7.3	7.4	4.7	14.2	0.043	0.27	1850	2.57	55	ESE 3.5
14:30	6.7	7.1	7.4	4.4	14.3	0.043	0.27	1850	2.46	51	
15:00	6.5	7.2	7.4	3.6	13.8	0.043	0.27	1850	2.57	52	ESE 4.2
15:30	6.8	7.0	7.3	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.49	51	
16:00	6.6	7.3	7.4	3.6	13.9	0.043	0.27	1850	2.48	48	ESE 4.7
16:30	6.7	7.1	7.5	3.8	14.8	0.043	0.27	1850	2.63	47	
17:00	6.8	7.3	7.5	3.9	14.9	0.043	0.27	1850	2.44	44	ESE 3.1
17:30	6.6	7.2	7.3	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.44	69	
18:00	6.5	7.0	7.3	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.59	68	E 3.6
18:30	6.8	7.3	7.2	3.9	14.1	0.043	0.27	1850	2.51	66	
19:00	6.7	7.0	7.2	4.4	14.5	0.043	0.27	1850	2.61	58	ESE 4.7
19:30	6.5	7.2	7.3	4.6	14.5	0.043	0.27	1850	2.55	52	
20:00	6.7	7.1	7.3	4.2	14.5	0.043	0.27	1850	2.47	49	ESE 3.6
20:30	6.8	7.3	7.4	4.9	14.3	0.043	0.27	1850	2.53	47	
21:00	6.6	7.1	7.4	4.5	14.2	0.043	0.27	1850	2.41	47	E 5.6
21:30	6.5	7.6	7.3	4.2	14.6	0.043	0.27	1850	2.36	48	
22:00	6.8	7.4	7.3	4.2	14.6	0.043	0.27	1850	2.32	48	5 5.0

EK-2

Tablo Ek-2.13 Isı Pompası +FDM 20.01.2006 Kar yağışlı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	-6	-6.1	66.1	-6.1	-12.1	-6.1	11.1	7.9	7.6	4.6	5.1	5.7	6.1	6.6
08:30	-	-	-	-4.9	-5.2	70.2	-6.1	-11.4	-6.1	13.1	7.9	7.5	4.5	5.0	5.6	6.2	6.5
09:00	-	-	-	3.1	-5.1	73.6	-5.8	-12.3	-5.8	20.1	8.0	7.8	4.6	5.3	5.8	6.4	6.6
09:30	-	-	-	4.1	-4.2	81.2	-4.3	-11.5	-4.3	22.1	8.1	7.7	4.6	5.4	5.9	6.5	6.8
10:00	-	-	-	4.6	-3.2	83.1	-4.6	-11.6	-4.6	21.1	8.1	7.7	4.6	5.5	5.7	6.7	6.9
10:30	-	-	-	5.8	-3.1	84.1	-4.7	-12.1	-4.7	23.3	8.1	7.8	4.6	5.3	5.9	6.8	7.0
11:00	-	-	-	6.1	-2.1	85.1	-4.3	-12.4	-4.3	23.1	8.1	7.8	4.7	5.4	5.8	6.7	7.0
11:30	-	-	-	6.2	-1.6	88.1	-5.1	-11.7	-5.1	24.3	8.2	7.8	4.7	5.4	5.6	6.9	7.1
12:00	-	-	-	7.1	-1.1	89.1	-5.1	-11.8	-5.1	25.1	8.3	7.9	4.7	5.4	5.8	6.8	7.1
12:30	-	-	-	8.2	0.6	90.1	-5.3	-12.1	-5.3	26.1	8.3	7.8	4.5	5.4	5.9	6.9	7.2
13:00	-	-	-	9.5	1.2	92.1	-5.1	-12.1	-5.1	27.1	8.3	7.9	4.6	5.4	5.7	6.7	7.1
13:30	-	-	-	10.1	-0.6	96.1	-5.6	-11.1	-5.6	28.1	8.3	7.9	4.6	5.5	5.8	6.9	7.3
14:00	-	-	-	10.1	-1.2	96.1	-6.1	-12.4	-6.1	28.1	8.3	7.9	4.7	5.5	5.9	6.9	7.2
14:30	-	-	-	9.6	-2.3	94.1	-6.1	-13.1	-6.1	27.6	8.3	7.8	4.6	5.5	5.7	6.6	7.0
15:00	-	-	-	8.1	-3.2	92.1	-6.2	-13.4	-6.2	26.1	8.3	7.9	4.6	5.5	5.8	6.8	7.1
15:30	-	-	-	7.3	-5.2	91.1	-6.1	-13.4	-6.1	25.1	8.3	7.9	4.7	5.4	5.6	6.7	7.0
16:00	-	-	-	5.1	-6.1	90.1	-6.2	-13.1	-6.2	23.1	8.3	7.9	4.8	5.6	5.8	6.9	7.2
16:30	-	-	-	4.1	-5.1	86.1	-6.1	-13.4	-6.1	20.1	8.4	8.0	5	5.6	5.7	6.9	7.2
17:00	-	-	-	4.2	-5.2	86.1	-6.2	-13.6	-6.2	21.3	8.3	8.0	5.1	5.6	5.8	6.9	7.2

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	6.9	7.1	7.6	5.5	15.5	0.043	0.27	1850	2.5	55	ESE 6.0
08:30	6.7	7.0	7.5	5.5	15.6	0.043	0.27	1850	2.63	56	
09:00	6.9	7.2	7.8	5.9	15.9	0.043	0.27	1850	2.49	57	ESE 4.9
09:30	6.9	7.3	7.7	5.7	15.7	0.043	0.27	1850	2.63	58	
10:00	7.1	7.4	7.7	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.52	59	E 3.2
10:30	7.2	7.5	7.8	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.63	58	
11:00	7.2	7.5	7.8	6.2	15.8	0.043	0.27	1850	2.53	61	E 2.0
11:30	7.2	7.5	7.8	6.2	15.1	0.043	0.27	1850	2.65	62	
12:00	7.3	7.6	7.9	6.3	15.4	0.043	0.27	1850	2.63	62	E 4.2
12:30	7.3	7.6	7.8	6.4	15.6	0.043	0.27	1850	2.62	54	
13:00	7.2	7.5	7.9	6.5	15.4	0.043	0.27	1850	2.58	58	E 3.1
13:30	7.3	7.6	7.9	6.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.63	58	
14:00	7.1	7.4	7.9	6.2	15.7	0.043	0.27	1850	2.63	56	3 2.3
14:30	7.1	7.4	7.8	6.4	15.4	0.043	0.27	1850	2.63	54	
15:00	7.2	7.4	7.9	6.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.63	59	E 1.8
15:30	7.3	7.5	7.9	6.2	15.1	0.043	0.27	1850	2.61	56	
16:00	7.3	7.5	7.9	6.3	15.4	0.043	0.27	1850	2.63	54	E 1.5
16:30	7.4	7.6	8.0	6.1	15.2	0.043	0.27	1850	2.51	55	
17:00	7.4	7.6	8.0	6.1	15.4	0.043	0.27	1850	2.50	56	S 0.6

EK-2.

Tablo Ek-2.14 Isı Pompası+FDM 21.01.2006 Kar yağışlı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	-6	-7	64.1	-4.8	-11.5	-4.8	10.3	7.6	7.4	5.0	5.4	5.8	6.4	6.8
08:30	-	-	-	3	-3	68.1	-4.9	-11.7	-4.9	19.1	7.6	7.4	4.8	5.2	5.8	6.5	6.9
09:00	-	-	-	6	-0.9	71.6	-4.8	-11.4	-4.8	21.1	7.8	7.5	4.8	5.3	5.9	6.4	6.7
09:30	-	-	-	7.4	-2	76.1	-3.6	-9.8	-3.6	24.1	7.8	7.5	4.4	5.2	5.8	6.6	6.8
10:00		-	-	7.1	-3.1	81.3	-4.1	-9.3	-4.1	23.1	8.0	7.6	4.3	5.3	5.6	6.7	6.7
10:30	-	-	-	8.1	-2.1	86.4	-4.1	-9.4	-4.1	25.3	8.0	7.6	4.4	5.3	5.7	6.4	7.0
11:00	-	-	-	8.0	-2	88.1	-4.1	-9.4	-4.1	25.1	8.0	7.7	4.5	5.2	5.5	6.6	6.7
11:30	-	-	-	7.4	-1.6	86.1	-4.1	-8.4	-4.1	25.4	8.0	7.7	4.5	5.2	5.8	6.7	6.9
12:00	-	-	-	8.5	0	87.1	-4.1	-8.4	-4.1	26.0	8.0	7.7	4.5	5.2	5.9	6.9	7.1
12:30	-	-	-	9.0	1.5	89.1	-3.1	-8.1	-3.1	26.4	8.1	7.6	4.5	5.1	5.4	6.3	7.0
13:00	-	-	-	9.1	2	91.1	-3.1	-8.1	-3.1	25.6	8.1	7.7	4.6	5.3	5.2	6.7	6.9
13:30	-	-	-	9.2	1.8	91.1	-3.1	-8.3	-3.1	26.5	8.1	7.7	4.6	5.4	5.3	6.8	6.7
14:00	-	-	-	9.1	2	92.1	-2.9	-8.4	-2.9	27.1	8.1	7.8	4.7	5.2	5.8	6.6	6.9
14:30	-	-	-	9.0	1.8	91.6	-3.1	-8.5	-3.1	27.9	8.0	7.6	4.6	5.1	5.7	6.9	7.2
15:00	-	-	-	9.6	0	91.6	-3.1	-8.6	-3.1	27.1	8.0	7.7	4.7	5.3	5.6	6.8	7.0
15:30	-	-	-	8.5	-7	90.1	-3.1	-9.1	-3.1	25.5	8.0	7.7	4.7	5.2	5.8	6.4	6.8
16:00	-	-	-	8.0	-2	89.1	-4.1	-9.3	-4.1	25.8	8.1	7.7	4.5	5.2	5.7	6.6	6.9
16:30	-	-	-	7.1	-3	87.1	-4.1	-9.1	-4.1	22.1	8.0	7.7	4.6	5.2	5.9	6.8	7.0
17:00	-	-	-	6.1	-4	86.1	-4.8	-10.1	-4.8	23.8	8.0	7.7	4.7	5.2	5.7	6.6	6.9
17:30	-	-	-	6.2	-4.1	86.1	-4.8	-10.6	-4.8	23.8	8.1	7.7	4.6	5.3	5.8	6.7	6.8
18:00	-	-	-	5.8	-5.1	85.1	-4.6	-10.8	-4.6	22.8	8.1	7.6	4.4	5.3	5.6	6.8	6.7
18:30	-	-	-	4.1	-6.1	84.1	-5.1	-11.3	-5.1	21.6	8.0	7.6	4.5	5.3	5.6	6.9	7.3
19:00	-	-	-	4.1	-7.1	83.1	-5.1	-11.1	-5.1	21.6	8.0	7.6	4.5	5.3	5.7	6.8	7.0
19:30	-	-	-	3.0	-8.1	82.1	-4.1	-11.8	-4.1	20.5	8.0	7.6	4.5	5.2	5.8	6.7	6.9
20:00	-	-	-	2.9	-8.5	80.1	-4.3	-11.8	-4.3	20.4	8.0	7.7	4.6	5.2	5.6	6.6	6.8
20:30	-	-	-	2.8	-9.0	80.1	-4.4	-11.6	-4.4	19.2	8.0	7.5	4.5	5.1	5.8	6.7	6.9
21:00	-	-	-	2.1	-9.1	80.6	-4.8	-12.1	-4.8	19.1	7.9	7.4	4.4	5.1	5.9	6.9	7.0
21:30	-	-	-	2.1	-9.1	80.4	-5.1	-12.6	-5.1	18.0	7.9	7.4	4.4	5.3	5.9	6.9	7.5
22:00	-	-	-	2.0	-9.5	8.3	-5.1	-12.6	-5.1	18.1	7.9	7.3	4.3	5.3	5.8	6.8	7.5

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.9	7.1	7.4	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.39	69	NW 6.7
08:30	6.7	7.3	7.4	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.36	68	
09:00	6.6	7.0	7.5	3.9	14.1	0.043	0.27	1850	2.41	66	NW 8.3
09:30	6.5	7.0	7.5	4	14.5	0.043	0.27	1800	2.51	58	
10:00	6.8	7.4	7.6	4	14.5	0.043	0.27	1800	2.34	52	NW 7.6
10:30	6.7	7.2	7.6	4	14.5	0.043	0.27	1850	2.44	49	
11:00	6.9	7.3	7.7	4	14.3	0.043	0.27	1800	2.50	47	NW 8.6
11:30	6.6	7.3	7.7	4.5	14.2	0.043	0.27	1850	2.63	47	
12:00	6.8	7.3	7.7	4.2	14.6	0.043	0.27	1700	2.56	48	NW 8.0
12:30	6.9	7.4	7.6	4.1	14.6	0.043	0.27	1850	2.55	48	
13:00	6.6	7.0	7.7	4.1	14.5	0.043	0.27	1850	2.41	49	NW 8.3
13:30	6.8	7.1	7.7	4.1	14.2	0.043	0.27	1800	2.53	52	
14:00	6.7	7.3	7.8	4.1	14.2	0.043	0.27	1850	2.63	55	NW 8.0
14:30	6.9	7.4	7.6	4	14.3	0.043	0.27	1800	2.62	51	
15:00	6.6	7.0	7.7	3.6	13.8	0.043	0.27	1850	2.56	52	NW 5.9
15:30	6.5	7.0	7.7	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.48	51	
16:00	6.7	7.2	7.7	3.8	13.9	0.043	0.27	1850	2.61	48	NW 5.0
16:30	6.6	7.3	7.7	3.8	14	0.043	0.27	1750	2.59	47	
17:00	6.8	7.3	7.7	3.9	14	0.043	0.27	1700	2.59	44	NW 3.2
17:30	6.6	7.3	7.7	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.58	69	
18:00	6.5	7.3	7.6	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.49	68	NW 2.3
18:30	6.9	7.4	7.6	3.9	14.1	0.043	0.27	1850	2.56	66	
19:00	6.8	7.4	7.6	4	14.5	0.043	0.27	1800	2.53	58	NW 1.6
19:30	6.9	7.3	7.6	4	14.5	0.043	0.27	1800	2.58	52	
20:00	6.6	7.3	7.7	4	14.5	0.043	0.27	1850	2.43	49	NW 1.8
20:30	6.9	7.2	7.5	4	14.3	0.043	0.27	1800	2.50	47	
21:00	6.9	7.2	7.4	4.5	14.2	0.043	0.27	1850	2.45	47	NW 1.7
21:30	6.8	7.2	7.4	4.2	14.6	0.043	0.27	1700	2.52	48	
22:00	6.9	7.2	7.3	4.1	14.6	0.043	0.27	1850	2.37	48	NW 1.6

EK-2

Tablo Ek-2.15 Isı Pompası+FDM 31.01.2006 Kar yağışlı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	-5.1	-5	69.1	-6.8	-13.4	-6.8	11.1	7.8	7.4	4.5	4.8	5.5	5.8	6.3
08:30	-	-	-	4.1	-4	75	-6.5	-12.6	-6.5	17.1	7.9	7.5	4.5	4.9	5.6	5.9	6.4
09:00	-	-	-	5.1	-3	82.5	-6.4	-12.1	-6.4	18.1	8.0	7.5	4.4	5.0	5.8	5.7	6.6
09:30	-	-	-	5.2	-2	86.5	-6.3	-12.1	-6.3	20.1	8.1	7.6	4.5	5.1	5.7	5.6	6.7
10:00		-	-	7.2	-2	91.1	-5.1	-10.4	-5.1	24.1	8.4	7.7	4.5	5.1	5.6	5.9	6.9
10:30	-	-	-	8.1	-1	92.1	-4.6	-9.8	-4.6	25.1	8.5	8.1	5.0	5.1	5.8	6.0	6.9
11:00	-	-	-	8.2	-1	92.1	-4.6	-9.6	-4.6	26.3	8.6	8.2	5.1	5.1	5.9	5.9	6.8
11:30	-	-	-	9.0	6	93.1	-3.6	-8.1	-3.6	26.1	8.7	8.3	5.2	5.3	5.6	5.8	6.6
12:00	-	-	-	9.1	-1	92.1	-3.6	-6.1	-3.6	26.1	8.5	8.2	5.2	5.3	5.8	5.9	6.9
12:30	-	-	-	9.2	-1.1	92.1	-3.7	-8.2	-3.7	27.1	8.5	8.2	5.2	5.3	5.6	5.7	6.8
13:00	-	-	-	9.3	-1	92.1	-3.7	-8.3	-3.7	27.1	8.6	8.4	5.3	5.4	5.7	5.8	6.9
13:30	-	-	-	9.6	-1	95.6	-3.9	-8.4	-3.9	28.1	8.6	8.2	5.2	5.4	5.8	5.6	6.8
14:00	-	-	-	9.7	-1	95.6	-3.6	-8.3	-3.6	27.1	8.6	8.2	5.2	5.4	5.5	5.8	7.0
14:30	25.5	20.3	18.2	10.3	0	95.6	-4.1	-9.1	-4.1	27.6	8.5	8.2	5.2	5.0	5.7	5.9	7.1
15:00	26.8	21.2	18.3	11.2	1	98.1	-5.1	-10.1	-5.1	28.1	8.5	8.1	5.1	5.1	5.8	5.9	7.3
15:30	27.8	22.4	18.5	12.3	2	97.6	-4.6	-9.1	-4.6	29.1	8.4	8.1	5.1	5.2	5.9	5.7	7.0
16:00	28.7	23.4	19.5	13.1	1	97.6	-4.6	-8.1	-4.6	29.1	8.3	8.0	5.0	5.5	5.7	5.9	7.4
16:30	29.4	24.5	19.2	14.1	1	97.6	-3.1	-6.4	-3.1	30.1	8.3	8.0	4.9	5.5	5.8	5.9	7.4
17:00	30.2	26.4	21.2	12.1	-1	95.1	-3.1	-6.6	-3.1	30.1	8.4	8.0	4.9	5.5	5.6	5.6	7.0
17:30	30.3	25.7	21.3	10.1	-2	94.1	-3.2	-8.1	-3.2	28.1	8.5	8.1	4.9	5.4	5.7	5.8	7.0
18:00	31.2	26.7	21.4	9.3	-3	93.1	-3.1	-8.6	-3.1	27.9	8.5	8.1	4.9	5.3	5.8	5.9	7.0
18:30	31.3	27.4	23.4	8.1	-4	96.1	-3.1	-8.6	-3.1	27.1	8.5	8.1	4.9	5.3	5.8	5.7	7.1
19:00	29.4	25.5	22.1	8.1	-4	96.1	-3.1	-8.5	-3.1	27.1	8.4	8.1	4.9	5.4	5.7	5.8	7.3
19:30	29.5	24.4	20.1	7.5	-5	95.1	-3.2	-8.6	-3.2	26.1	8.1	7.7	4.6	5.3	5.8	5.9	7.3
20:00	29.5	24.5	20.4	6.1	-6	92.1	-4.1	-9.1	-4.1	25.1	8.3	8.0	5.0	5.3	5.7	5.8	7.4
20:30	27.3	23.3	19.5	5.1	-7	92.1	4.1	-10.1	4.1	24.1	8.3	8.0	4.9	5.3	5.9	5.9	7.4
21:00	27.4	22.4	19.5	5.1	-7.2	91.8	4.1	-11.0	4.1	24.1	8.4	8.1	4.8	5.5	5.9	5.8	7.5
21:30	27.4	23.4	19.5	5.0	-7.3	91.8	4.6	-11.6	4.6	24.1	8.5	8.1	4.9	5.5	5.9	5.8	7.5
22:00	27.1	23.3	18.3	5.3	-7.4	91.8	4.3	-11.6	4.3	24.3	8.4	8.1	4.9	5.5	5.8	5.9	7.5

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.7	7.1	7.4	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.37	69	NW 0.6
08:30	6.6	7.0	7.5	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.78	68	
09:00	6.7	7.0	7.5	3.9	14.1	0.043	0.27	1850	2.78	66	ESE 1.0
09:30	6.8	7.3	7.6	4.5	14.5	0.043	0.27	1850	2.93	58	
10:00	6.9	7.3	7.7	4.3	14.5	0.043	0.27	1850	2.77	52	ESE 1.2
10:30	6.7	7.3	8.1	4.9	14.5	0.043	0.27	1850	2.78	49	
11:00	6.8	7.2	8.2	4.1	14.3	0.043	0.27	1850	2.80	47	SE1.5
11:30	6.8	7.2	8.3	4.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.93	47	
12:00	6.8	7.2	8.2	4.7	14.6	0.043	0.27	1850	2.93	48	SSE1.6
12:30	6.9	7.3	8.2	4.4	14.6	0.043	0.27	1850	2.91	48	
13:00	6.7	7.0	8.4	4.3	14.5	0.043	0.27	1850	2.75	49	SSE 1.2
13:30	6.8	7.0	8.2	4.7	14.2	0.043	0.27	1850	2.75	52	
14:00	6.9	7.1	8.2	4.7	14.2	0.043	0.27	1850	2.85	55	SSE 1.8
14:30	6.8	7.1	8.2	4.5	14.3	0.043	0.27	1800	2.84	51	
15:00	6.7	7.4	8.1	3.6	13.8	0.043	0.27	1850	2.83	52	S 1.7
15:30	6.9	7.4	8.1	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.77	51	
16:00	6.6	7.0	8.0	3.8	13.9	0.043	0.27	1850	2.75	48	SSW 1.4
16:30	6.7	7.0	8.0	3.8	14	0.043	0.27	1850	2.78	47	
17:00	6.8	7.0	8.0	3.9	14	0.043	0.27	1850	2.63	44	SSE 0.8
17:30	6.6	7.1	8.1	3.8	14.1	0.043	0.27	1850	2.80	69	
18:00	6.9	7.3	8.1	3.8	14.2	0.043	0.27	1850	2.75	68	WSW 0.4
18:30	6.8	7.3	8.1	3.9	14.1	0.043	0.27	1850	2.92	66	
19:00	6.8	7.3	8.1	4.4	14.5	0.043	0.27	1850	2.92	58	WSW 0.4
19:30	6.9	7.2	7.7	4.2	14.5	0.043	0.27	1850	2.72	52	
20:00	6.7	7.2	8.0	4.1	14.5	0.043	0.27	1850	2.92	49	WNW 1.2
20:30	6.8	7.5	8.0	3.8	14.3	0.043	0.27	1850	2.92	47	
21:00	6.9	7.5	8.1	3.9	14.2	0.043	0.27	1850	2.93	47	NNW 1.7
21:30	6.8	7.5	8.1	4.0	14.6	0.043	0.27	1850	2.93	48	
22:00	6.9	7.5	8.1	3.9	14.6	0.043	0.27	1850	2.65	48	SSE 0.9

EK-2

Tablo Ek-2.16 Isı Pompası +FDM 06.02.2006 Hava Bulutlu

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	8.1	0	78.6	-2.1	-7.8	-2.1	22.8	9.0	8.5	5.2	5.4	5.8	5.9	6.4
08:30	-	-	-	8.2	-1	84.8	-1.2	-6.5	-1.2	25.6	9.1	8.7	5.1	5.3	6.1	6.3	6.5
09:00	-	-	-	8.6	2.1	95.9	2.3	-5.6	2.3	26.6	9.1	8.9	6.0	5.9	6.5	6.6	6.8
09:30	-	-	-	10.6	4.2	98.5	2.5	-5.8	2.5	28.5	9.2	8.8	5.8	5.7	6.5	6.6	6.8
10:00	22.2	19.9	16.3	11.6	4.5	102.3	3.5	-5.4	3.5	30.4	9.3	9.1	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9
10:30	26.3	23.3	20.3	13.5	6.1	104.5	4.5	-5.7	4.5	31.5	9.9	9.5	6.2	6.6	7.8	8.2	8.3
11:00	27.2	24.4	21.2	14.2	8.1	105.4	4.5	-5.4	4.6	34.4	10.3	10.0	6.3	6.9	8.4	8.5	8.6
11:30	29.3	26.3	23.3	15.2	9.1	106.4	4.6	-5.6	4.7	35.5	10.2	9.5	6.2	7.9	9.4	9.5	9.6
12:00	30.4	27.3	24.3	18.4	10.2	107.5	4.7	-5.4	4.8	38.6	10.3	9.8	6.5	8.4	9.5	9.5	9.6
12:30	31.2	28.4	25.3	19.5	11.2	108.7	4.8	-5.6	4.9	39.6	11.2	10.8	7.2	8.2	9.3	9.9	10.6
13:00	32.3	29.3	26.3	20.5	12.1	110.5	5.0	-5.2	5.1	40.2	11.5	11.2	8.5	9.5	10.8	11.1	11.3
13:30	32.1	29.3	26.3	19.5	10.8	110.2	4.7	-5.4	4.8	39.6	11.4	12.1	9.5	10.8	10.9	11.3	11.7
14:00	32.1	29.7	26.3	18.4	10.1	108.4	4.6	-5.6	4.7	38.9	11.1	11.8	8.7	9.2	10.5	11.1	11.3
14:30	31.2	28.4	25.3	17.4	9.5	107.5	4.6	-5.4	4.6	37.8	10.9	10.5	7.6	8.8	9.5	9.8	10.1
15:00	30.7	27.3	24.3	16.5	8.9	105.7	4.6	-5.7	4.6	36.9	10.5	10.2	7.8	8.5	9.1	9.4	9.8
15:30	30.5	27.3	24.3	15.8	7.5	104.6	4.5	-5.9	4.5	35.6	9.8	9.5	5.8	6.8	7.4	7.8	7.9
16:00	30.2	26.3	23.3	15.4	7.2	106.4	4.2	-5.7	4.2	34.4	9.3	9.1	5.5	6.4	7.5	7.5	7.6
16:30	28.9	25.4	22.3	14.2	6.8	105.4	4.3	-5.8	4.3	34.1	9.0	8.8	5.8	6.4	6.8	7.4	7.7
17:00	29.2	26.3	23.4	14.3	6.4	106.4	4.3	-5.7	4.3	32.5	9.2	8.8	5.6	6.3	6.8	7.1	7.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.4	7.5	8.5	3.8	12.5	0.043	0.27	1700	2.34	66	NNW 1.2
08:30	6.5	7.6	8.7	4.1	12.6	0.043	0.27	1700	2.77	65	
09:00	6.8	7.9	8.9	4.2	13.5	0.043	0.27	1750	2.79	65	E 3.3
09:30	6.8	7.9	8.8	4.3	14.2	0.043	0.27	1800	2.69	64	
10:00	7.0	8.2	9.1	4.5	14.5	0.043	0.27	1850	2.75	62	S 1.4
10:30	8.4	8.5	9.5	4.6	14.6	0.043	0.27	1700	2.87	63	
11:00	8.6	9.6	10.0	4.6	14.8	0.043	0.27	1850	2.96	65	SE 3.6
11:30	9.4	9.5	9.5	4.7	15.1	0.043	0.27	1800	3.05	66	
12:00	9.6	9.6	9.8	4.8	15.2	0.043	0.27	1850	2.96	62	SE 5.5
12:30	10.6	10.7	10.8	4.9	15.3	0.043	0.27	1800	3.02	68	
13:00	11.2	11.1	11.2	4.2	15.7	0.043	0.27	1800	2.88	65	ESE 4.9
13:30	12.0	12.1	12.1	4.5	15.7	0.043	0.27	1800	3.02	64	
14:00	11.5	11.6	11.8	5.1	15.8	0.043	0.27	1800	3.00	61	ESE 4.9
14:30	10.4	10.5	10.5	5.1	15.7	0.043	0.27	1850	2.99	63	
15:00	9.9	10.1	10.1	5.1	15.4	0.043	0.27	1850	2.99	62	ESE 4.4
15:30	8.1	8.9	9.8	5.2	16.2	0.043	0.27	1850	2.98	67	
16:00	8.2	8.6	9.3	5.3	14.8	0.043	0.27	1800	2.86	65	ESE 4.0
16:30	7.9	8.6	9.0	5.4	15.2	0.043	0.27	1850	2.91	62	
17:00	8.1	8.8	9.2	5.3	15.3	0.043	0.27	1700	2.90	65	ESE 4.3

EK-2

Tablo Ek-2.17 Isı Pompası +FDM 09.02.2006

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	1.1	1.0	72.8	-7.5	-11	-7.4	22.4	8.5	8.2	5.9	6.1	6.8	6.9	7.2
8:30	-	-	-	3.5	2.9	75.8	-6.5	-10.5	-6.4	25.4	8.9	8.4	5.7	6.2	6.5	6.9	7.4
09:00	-	-	-	10.5	4.5	7.85	-3.6	-8	-3.6	30.5	9.1	8.5	5.4	5.9	6.3	6.8	7.2
09:30	-	-	-	16.5	7.8	89.7	-1.7	-7	-1.6	36.4	9.2	8.5	5.6	6.1	6.2	6.6	7.2
10:00	28.3	25.4	21.3	24	12.5	105.8	2.3	-5.6	2.3	44.4	9.5	8.9	5.2	5.8	6.5	6.8	7.9
10:30	32.2	29.3	25.3	24.1	14.8	104.5	2.4	-5.2	2.4	44.5	9.8	9.5	6.2	7.4	8.1	8.8	9.2
11:00	33.3	30.3	26.3	24.2	14.6	108.6	2.6	-4.5	2.6	44.5	10.8	10.5	6.4	7.8	8.4	9.1	9.5
11:30	34.5	31.3	27.2	24.6	13.1	109.7	2.7	-4.2	2.7	44.5	10.9	10.6	6.5	7.9	8.6	9.4	9.8
12:00	35.4	32.4	28.3	24.3	13.8	110.5	2.8	-4.1	2.8	44.5	10.5	10.2	6.2	7.7	8.4	9.3	9.5
12:30	36.5	32.1	28.3	24.8	13.5	111.2	3.5	-4.2	3.5	44.7	10.4	10.2	6.2	7.6	8.5	9.3	9.5
13:00	36.5	32.6	28.3	24.5	13.6	112.5	4.5	-4.2	4.5	44.6	9.8	9.5	6.1	7.2	8.3	8.9	9.1
13:30	37.5	33.2	28.4	23.6	12.6	115.6	4.5	-4.6	4.5	43.9	9.7	9.6	6.1	7.2	7.9	9.1	9.2
14:00	36.5	33.4	28.8	23.8	12.5	117.8	4.6	-4.5	4.6	43.7	9.6	9.2	6.1	7.1	7.9	8.9	8.9
14:30	37.1	34.4	30.4	23.1	12.1	118.4	4.7	-4.2	4.7	43.1	9.6	9.2	6.2	7.1	7.5	8.3	8.6
15:00	37.3	34.4	30.4	23.4	12.6	120.4	4.8	-4.8	4.8	43.4	9.5	9.2	6.3	7.2	7.5	8.5	8.8
15:30	37.7	34.1	30.3	22.8	10.8	121.4	5.1	-4.7	5.1	42.3	9.4	9.2	6.1	6.9	7.4	8.3	8.9
16:00	37.4	34.5	30.1	16.8	6.8	120.4	5.1	-4.6	5.1	37.2	9.5	9.2	6.1	6.8	7.4	8.2	8.8
16:30	36.4	33.3	29.3	13.5	5.1	120.2	5.2	-4.5	5.1	34.4	9.4	9.0	5.9	6.8	7.5	8.1	8.6
17:00	34.3	31.2	29.3	11.9	3.8	121.2	5.2	-4.2	5.2	31.3	9.5	9.2	5.9	6.5	7.4	7.9	8.5

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_3$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	7.4	7.5	8.2	4.6	14.8	0.043	0.27	1850	3.21	89	NW 2.0
08:30	7.6	7.6	8.4	4.7	14.9	0.043	0.27	1850	3.30	86	
09:00	7.5	7.5	8.5	4.8	14.2	0.043	0.27	1850	3.39	83	NW 2.8
09:30	7.3	7.5	8.5	4.7	14.3	0.043	0.27	1800	3.37	79	
10:00	8.2	8.5	8.9	4.9	15.1	0.043	0.27	1850	3.35	77	NW 3.1
10:30	9.3	9.5	9.5	4.9	15.4	0.043	0.27	1780	3.35	75	
11:00	9.8	10.1	10.6	4.9	15.4	0.043	0.27	1800	3.38	70	NW 3.8
11:30	10.1	10.3	10.6	4.8	14.8	0.043	0.27	1750	3.48	68	
12:00	9.6	9.8	10.2	5.1	15.3	0.043	0.27	1550	3.32	66	WNW 2.5
12:30	9.7	10	10.2	5	15.3	0.043	0.27	1650	3.27	65	
13:00	9.2	9.4	9.5	5.1	15.6	0.043	0.27	1650	3.30	64	W 2.8
13:30	9.2	9.5	9.6	5.2	15.8	0.043	0.27	1700	3.44	62	
14:00	8.9	9.2	9.2	5.1	15.7	0.043	0.27	1650	3.48	59	W 3.3
14:30	8.8	9.0	9.1	5.1	15.9	0.043	0.27	1700	3.50	58	
15:00	8.9	9.1	9.2	5	15.3	0.043	0.27	1650	3.45	56	W 3.6
15:30	9.1	9.3	9.2	5	15.4	0.043	0.27	1700	3.30	55	
16:00	8.9	9.1	9.2	5	15.4	0.043	0.27	1650	3.25	53	NW 3.4
16:30	8.8	9.0	9.1	5.1	15.2	0.043	0.27	1550	3.33	52	
17:00	8.7	8.9	9.1	4.8	14.8	0.043	0.27	1650	3.26	50	NW 3.3

EK-2

Tablo Ek-2.18 Isı Pompası +FDM 13.02.2006 Hava Bulutlu

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	8.1	0	78.6	-2.1	-7.8	-2.1	22.8	9.0	8.5	5.2	5.4	5.8	5.9	6.4
08:30	-	-	-	8.2	-1	84.8	-1.2	-6.5	-1.2	25.6	9.1	8.7	5.1	5.3	6.1	6.3	6.5
09:00	-	-	-	8.6	2.1	95.9	2.3	-5.6	2.3	26.6	9.1	8.9	6.0	5.9	6.5	6.6	6.8
09:30	-	-	-	10.6	4.2	98.5	2.5	-5.8	2.5	28.5	9.2	8.8	5.8	5.7	6.5	6.6	6.8
10:00	22.2	19.9	16.3	11.6	4.5	102.3	3.5	-5.4	3.5	30.4	9.3	9.1	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9
10:30	26.3	23.3	20.3	13.5	6.1	104.5	4.5	-5.7	4.5	31.5	9.9	9.5	6.2	6.6	7.8	8.2	8.8
11:00	27.2	24.4	21.2	14.2	8.1	105.4	4.5	-5.4	4.6	34.4	10.3	10.0	6.3	6.9	8.4	8.5	8.6
11:30	29.3	26.3	23.3	15.2	9.1	106.4	4.6	-5.6	4.7	35.5	10.2	9.5	6.2	7.9	9.4	9.5	9.6
12:00	30.4	27.3	24.3	18.4	10.2	107.5	4.7	-5.4	4.8	38.6	10.3	9.8	6.5	8.4	9.5	9.5	9.6
12:30	31.2	28.4	25.3	19.5	11.2	108.7	4.8	-5.6	4.9	39.6	11.2	10.8	7.2	8.2	9.3	9.9	10.6
13:00	32.3	29.3	26.3	20.5	12.1	110.5	5.0	-5.2	5.1	40.2	11.5	11.2	8.5	9.5	10.8	11.1	11.3
13:30	32.1	29.3	26.3	19.5	10.8	110.2	4.7	-5.4	4.8	39.6	11.4	11.1	8.5	9.5	10.0	10.3	10.6
14:00	32.1	29.7	26.3	18.4	10.1	108.4	4.6	-5.6	4.7	38.9	11.1	11.0	8.7	9.2	10.5	11.1	11.3
14:30	31.2	28.4	25.3	17.4	9.5	107.5	4.6	-5.4	4.6	37.8	10.9	10.5	7.6	8.8	9.5	9.8	10.1
15:00	30.7	27.3	24.3	16.5	8.9	105.7	4.6	-5.7	4.6	36.9	10.5	10.2	7.8	8.5	9.1	9.4	9.8
15:30	30.5	27.3	24.3	15.8	7.5	104.6	4.5	-5.9	4.5	35.6	9.8	9.5	5.8	6.8	7.4	7.8	7.9
16:00	30.2	26.3	23.3	15.4	7.2	106.4	4.2	-5.7	4.2	34.4	9.3	9.1	5.5	6.4	7.5	7.5	7.6
16:30	28.9	25.4	22.3	14.2	6.8	105.4	4.3	-5.8	4.3	34.1	9.0	8.8	5.8	6.4	6.8	7.4	7.7
17:00	29.2	26.3	23.4	14.3	6.4	106.4	4.3	-5.7	4.3	32.5	9.2	8.8	5.6	6.3	6.8	7.1	7.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.9	7.5	8.5	3.8	12.5	0.043	0.27	1700	2.34	66	SE 10.0
08:30	6.9	7.6	8.7	4.1	12.6	0.043	0.27	1700	2.77	65	
09:00	7.3	7.9	8.9	4.2	13.5	0.043	0.27	1750	2.79	65	SE 10.0
09:30	7.2	7.9	8.8	4.3	14.2	0.043	0.27	1800	2.69	64	
10:00	8.0	8.6	9.1	4.5	14.5	0.043	0.27	1850	2.75	62	SE 9.0
10:30	9.1	9.3	9.5	4.6	14.6	0.043	0.27	1700	2.87	63	
11:00	8.6	9.6	10.0	4.6	14.8	0.043	0.27	1850	2.96	65	SE 8.8
11:30	9.0	9.3	9.5	4.7	15.1	0.043	0.27	1800	3.05	66	
12:00	9.1	9.4	9.8	4.8	15.2	0.043	0.27	1850	2.96	62	SE 8.7
12:30	10.6	10.7	10.8	4.9	15.3	0.043	0.27	1800	3.02	68	
13:00	11.2	11.1	11.2	4.2	15.7	0.043	0.27	1800	2.88	65	SE 6.4
13:30	10.8	11.1	11.1	4.5	15.7	0.043	0.27	1800	3.02	64	
14:00	11.5	11.6	11.8	5.1	15.8	0.043	0.27	1800	3.00	61	ESE 6.9
14:30	10.4	10.5	10.5	5.1	15.7	0.043	0.27	1850	2.99	63	
15:00	9.9	10.1	10.1	5.1	15.4	0.043	0.27	1850	2.99	62	ESE 5.6
15:30	8.1	8.9	9.5	5.2	16.2	0.043	0.27	1850	2.98	67	
16:00	8.2	8.6	9.3	5.3	14.8	0.043	0.27	1800	2.86	65	ESE 6.8
16:30	7.9	8.6	8.8	5.4	15.2	0.043	0.27	1850	2.91	62	
17:00	8.1	8.8	8.8	5.3	15.3	0.043	0.27	1700	2.90	65	ESE 6.5

EK-2

Tablo Ek-2.19 Isı Pompası +FDM 14.02.2006 Hava Açık

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	4.1	4.0	75.4	-3.5	-10.5	-3.5	25.1	9.2	7.1	4.6	5.3	5.8	6.3	6.6
08:30	-	-	-	7.5	6.8	78.5	1.5	-6.5	1.5	29.1	9.3	7.1	4.5	5.4	5.9	6.2	6.6
09:00	-	-	-	10	7.8	89.5	2.5	-6.4	2.5	31.1	9.9	8.2	5.4	5.9	6.3	6.8	7.2
09:30	-	-	-	16.5	10.1	92.5	2.8	-6.2	2.8	36.1	10.4	8.9	6.5	6.8	7.5	7.8	8.2
10:00	-	-	-	26.8	10.5	98.5	5.2	-4.5	5.2	47.1	11.1	10.9	7.6	8.9	9.2	9.5	9.6
10:30	-	-	-	26.5	10.5	102.5	5.5	-4.2	5.5	46.1	11.6	11.2	8.7	8.9	9.4	9.8	10.5
11:00	-	-	-	27.5	11.2	105.8	5.4	-4.3	5.4	46.4	12.1	11.8	8.9	9.3	9.8	10.5	11.3
11:30	-	-	-	26.5	11.6	104.5	5.6	-4.1	5.6	46.4	12.8	12.4	9.2	9.6	10.5	11.5	11.8
12:00	-	-	-	27.4	11.1	102.4	6.2	-3.8	6.2	47.1	12.9	12.6	9.1	9.7	10.6	11.6	12.1
12:30	-	-	-	26.5	10.8	102.5	6.4	-3.5	6.4	47.1	12.4	13.1	10.4	10.6	11.2	11.8	12.9
13:00	-	-	-	25.4	10.4	103.4	6.8	-3.8	6.8	45.1	12.8	13.4	10.2	10.5	11.5	11.9	12.5
13:30	-	-	-	20.4	9.8	102.5	6.7	-3.9	6.7	40.1	12.2	11.6	8.9	9.2	9.5	10.2	10.8
14:00	-	-	-	17.5	9.5	104.6	6.9	-3.6	6.9	38.1	11.2	10.8	8.1	8.3	8.6	9.4	10.2
14:30	-	-	-	17.1	9.8	107.5	6.4	-4.2	6.4	37.1	10.6	10.2	7.8	8.1	8.9	9.2	9.5
15:00	-	-	-	17.4	9.5	106.4	6.4	-4.2	6.4	37.1	9.8	9.5	6.8	7.4	8.4	8.8	9.1
15:30	-	-	-	15.1	6.2	105.4	5.5	-5.1	5.5	35.1	9.8	9.5	6.1	6.5	7.5	7.9	8.2
16:00	-	-	-	14.5	7.2	108.9	5.2	-5.2	5.2	35.1	9.7	9.2	5.9	6.3	7.5	7.8	8.1
16:30	-	-	-	14.8	5.2	105.4	5.0	-6.1	5.0	35.1	9.6	9.1	5.4	5.8	7.2	7.6	7.8
17:00	-	-	-	14.5	3.1	103.5	4.2	-6.2	4.2	35.1	9.6	9.1	5.4	5.9	6.4	7.5	7.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	6.9	7.0	7.1	4.5	14.8	0.043	0.27	1850	3.09	67	SE 6.1
08:30	6.8	7.0	7.2	4.8	14.6	0.043	0.27	1850	3.16	66	
09:00	7.4	8.0	8.3	4.7	14.6	0.043	0.27	1850	3.41	66	ESE 4.7
09:30	8.4	8.5	8.9	5.1	15.8	0.043	0.27	1850	2.98	64	
10:00	10.1	10.6	10.9	5.2	15.4	0.043	0.27	1850	2.97	64	SSE 3.6
10:30	10.6	10.8	11.2	5.5	15.3	0.043	0.27	1850	2.87	60	
11:00	11.5	11.6	11.8	5.4	15.2	0.043	0.27	1850	2.77	60	WSW 3.3
11:30	11.9	12.2	12.2	5.4	15.3	0.043	0.27	1850	2.91	56	
12:00	12.4	12.5	12.6	5.6	15.7	0.043	0.27	1800	2.96	56	SSW 4.6
12:30	13.1	13.2	13.2	5.7	15.8	0.043	0.27	1700	3.14	58	
13:00	12.8	13.4	13.4	5.2	15.6	0.043	0.27	1800	2.96	56	S 5.1
13:30	11.2	11.5	11.6	5.6	15.3	0.043	0.27	1850	3.02	54	
14:00	10.4	10.5	10.8	5.7	15.2	0.043	0.27	1750	3.10	52	S 5.6
14:30	9.6	9.8	9.8	5.4	15.4	0.043	0.27	1750	3.05	50	
15:00	9.2	9.4	9.5	5.4	15.2	0.043	0.27	1800	3.01	46	S 5.1
15:30	8.1	8.7	9.5	5.4	15.6	0.043	0.27	1750	3.10	44	
16:00	8.1	8.5	9.2	5.4	15.4	0.043	0.27	1850	3.02	42	SW 4.7
16:30	7.9	8.6	9.1	5.6	15.2	0.043	0.27	1800	3.05	40	
17:00	7.9	8.7	9.1	5.7	15.9	0.043	0.27	1850	3.02	40	SSW 3.3

EK-2

Tablo Ek-2.20 Isı Pompası +FDM 15.02.2006

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	2	1	67.8	-6.5	-14	-6.5	19.2	7.2	7.2	5.1	5.6	6.1	6.4	6.8
08:30	-	-	-	5.1	3.8	77.8	-5.8	-12	-5.8	23.8	7.3	7.2	5.2	5.6	6.2	6.3	6.7
09:00	-	-	-	10	5.8	89.6	-3.8	-8	-3.8	28.9	7.5	7.3	5.8	6.2	6.4	6.6	6.8
09:30	-	-	-	12.8	5.8	96.1	1.9	-6.4	1.9	30.1	7.5	7.4	5.7	6.3	6.5	6.8	7.0
10:00	-	-	-	15.4	6.4	106.4	2.4	-6.7	2.5	32.1	8.6	8.2	6.0	6.6	7.1	7.6	7.9
10:30	15.6	13.2	10.5	13.6	5.3	102.5	2.5	-6.8	2.6	33.5	8.5	8.3	6.1	6.8	7.2	7.8	8.1
11:00	16.5	13.5	11.5	12.5	2.8	104.5	2.8	-6.8	2.9	32.5	8.5	8.3	5.9	6.8	7.2	7.5	8.1
11:30	17.4	14.5	12.4	12.1	2.5	104.5	3.5	-6.4	3.5	33.2	8.4	8.3	5.9	6.8	7.3	7.6	7.9
12:00	18.5	15.2	12.9	11.6	1.8	102.5	3.4	-7.1	3.4	32.6	8.4	8.2	5.7	6.7	7.2	7.6	7.9
12:30	20.1	16.2	13.2	12.5	2.1	106.4	3.6	-6.8	3.6	33.8	8.2	8.0	5.7	6.6	7.1	7.4	7.8
13:00	22.5	19.8	16.5	14.5	3.2	104.7	3.6	-6.9	3.6	35.8	8.2	7.9	5.4	6.4	7.1	7.5	7.8
13:30	24.5	21.5	18.5	16.2	5.4	106.7	3.7	-6.7	3.7	35.6	9.5	9.2	6.1	6.7	7.2	7.6	7.8
14:00	25.6	22.1	19.2	18.6	7.8	108.7	4.0	-7.2	4.1	38.9	9.2	9.0	6.2	6.8	7.3	7.5	7.8
14:30	26.5	23.1	21.4	15.2	5.1	105.4	3.5	-7.1	3.5	37.5	8.7	8.5	5.9	6.4	7.3	7.7	7.9
15:00	27.8	24.1	22.1	13.2	5.2	103.4	3.1	-7.2	3.1	33.5	8.5	8.3	5.5	6.1	6.9	7.4	7.8
15:30	28.9	25.1	21.4	11.2	3.5	102.4	3.1	-7.3	3.2	31.1	7.9	7.6	5.1	6.1	6.9	7.2	7.4
16:00	30.1	26.1	22.6	9.6	1.2	96.8	3.1	-7.4	3.2	28.1	7.9	7.6	5.2	6.2	6.8	7.2	7.4
16:30	27.5	23.5	21.4	8.4	-2	95.1	3.0	-7.5	3.0	29.1	7.7	7.5	5.1	6.1	6.8	7.4	7.4
17:00	25.6	22.1	18.5	7.2	-3.5	92.6	3.0	-7.6	3.1	27.9	7.7	7.5	5.1	6.1	6.7	7.4	7.5

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	7.0	7.2	7.2	3.8	13.9	0.043	0.27	1850	2.52	86	-
08:30	7.0	7.2	7.2	4	14.2	0.043	0.27	1850	2.74	86	
09:00	7.2	7.3	7.4	4	14.2	0.043	0.27	1800	2.84	84	-
09:30	7.1	7.2	7.4	4	14.6	0.043	0.27	1800	2.85	65	
10:00	8.1	8.2	8.2	4	14.6	0.043	0.27	1750	2.91	59	-
10:30	8.2	8.3	8.4	4	14.7	0.043	0.27	1800	2.99	52	
11:00	8.2	8.2	8.2	4	14.2	0.043	0.27	1800	3.01	50	-
11:30	8.2	8.2	8.3	4.3	14.5	0.043	0.27	1800	3.18	48	
12:00	8.1	8.2	8.2	4.4	14.5	0.043	0.27	1750	3.25	47	-
12:30	7.8	8.0	8.0	4.4	14.6	0.043	0.27	1800	3.21	47	
13:00	7.9	7.9	7.9	4.4	14.2	0.043	0.27	1850	3.12	45	-
13:30	8.4	8.8	9.2	4.4	14.8	0.043	0.27	1750	3.00	44	
14:00	8.4	8.6	9.0	4.4	14.7	0.043	0.27	1800	3.05	43	-
14:30	8.2	8.5	8.5	4.4	14.6	0.043	0.27	1850	3.27	43	
15:00	8.1	8.3	8.3	4.5	14.7	0.043	0.27	1800	3.15	40	-
15:30	7.4	7.5	7.6	4.6	14.2	0.043	0.27	1750	3.18	41	
16:00	7.4	7.5	7.6	4.8	14.3	0.043	0.27	1700	3.05	40	-
16:30	7.5	7.5	7.5	4.6	14.7	0.043	0.27	1800	3.11	41	
17:00	7.5	7.5	7.6	4.5	14.2	0.043	0.27	1800	3.11	41	-

EK-2

Tablo Ek-2.21 Isı Pompası +FDM 16.02.2006 Hava Bulutlu

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	17.8	15.2	12.1	15.5	13.4	91.4	-1.5	-7.4	-1.5	36.8	9.0	8.5	5.0	5.4	5.8	6.2	6.7
08:30	20.4	18.5	13.2	16.2	14.2	98.5	2.3	-6.5	2.3	42.5	9.1	8.7	5.1	5.3	5.9	6.1	6.8
09:00	22.1	20.5	15.2	18.2	16.2	106.4	2.9	-5.2	2.9	42.5	9.1	8.9	5.2	5.4	5.8	6.2	6.8
09:30	24.5	20.4	16.5	22.4	17.1	108.7	3.5	-4.5	3.5	44.5	9.2	8.8	5.3	5.3	5.7	6.1	6.9
10:00	27.5	23.5	17.5	28.5	20.1	112.4	3.6	-4.6	3.6	50.4	9.3	8.7	5.1	5.4	5.9	6.3	7.1
10:30	31.5	27.4	22.5	34.4	21.5	115.6	3.8	-4.5	3.8	51.8	9.9	8.8	5.3	5.9	6.3	6.9	7.3
11:00	34.5	30.4	25.6	38.5	23.5	117.5	4.1	-4.1	4.1	56.1	9.8	9.5	5.4	6.1	6.8	7.4	8.2
11:30	36.5	32.5	27.5	38.5	21.5	121.4	4.1	-4.2	4.2	56.4	10.2	9.8	5.6	6.3	7.1	7.9	8.7
12:00	38.5	34.5	30.1	40.2	20.2	128.5	4.4	-4.1	4.5	56.6	10.3	9.8	5.9	6.5	7.3	8.1	8.6
12:30	40.5	35.2	30.5	39.3	19.2	129.4	4.7	-3.8	4.8	55.9	11.2	10.8	6.4	6.9	7.6	8.5	9.2
13:00	42.1	37.5	32.5	39.2	18.9	131.4	5.0	-3.5	5.1	55.4	11.5	11.2	7.6	8.1	8.8	9.5	10.2
13:30	42.3	37.1	32.4	38.5	17.2	132.5	5.1	-3.6	5.2	56.4	11.4	11.1	8.9	9.3	9.6	10.2	10.6
14:00	39.8	33.6	28.4	37.5	16.5	130.2	5.2	-3.4	5.3	54.3	11.1	10.8	7.2	7.9	8.1	8.5	9.6
14:30	39.7	34.5	29.5	36.5	15.4	130.4	5.4	-3.8	5.4	54.4	10.9	10.5	7.1	7.6	7.9	8.3	8.6
15:00	38.9	33.6	28.5	33.5	15.6	126.4	5.7	-3.6	5.8	50.4	10.5	10.2	6.9	7.4	7.7	8.1	8.5
15:30	37.5	34.5	30.1	28.4	13.4	126.4	5.7	-3.4	5.7	48.5	10.1	9.8	5.8	6.3	7.5	7.9	8.6
16:00	38.1	33.6	28.4	26.5	12.5	125.6	5.6	-3.5	5.6	46.8	9.8	9.5	5.4	5.9	6.6	7.9	8.5
16:30	37.4	33.1	28.4	24.1	11.4	125.4	5.4	-3.9	5.4	44.8	9.8	9.6	6.2	6.5	7.1	7.6	8.3
17:00	37.8	34.2	30.1	21.1	9.8	121.4	5.7	-4.0	5.8	41.8	9.8	9.6	6.8	7.1	7.6	8.3	8.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	7.1	7.5	8.5	4.2	13.2	0.043	0.27	1850	3.12	54	NW 5.1
08:30	7.1	7.6	8.7	4.5	13.5	0.043	0.27	1850	3.85	55	
09:00	7.3	7.8	8.9	4.6	14.2	0.043	0.27	1850	3.56	52	WNW 4.5
09:30	7.4	7.9	8.8	5.1	14.5	0.043	0.27	1800	3.31	54	
10:00	7.7	8.1	8.7	5.2	14.6	0.043	0.27	1600	3.49	56	W 4.1
10:30	7.8	8.3	8.8	5.3	14.8	0.043	0.27	1500	3.24	48	
11:00	8.7	9.1	9.5	5.3	15.2	0.043	0.27	1500	3.25	49	WNW 5.4
11:30	9.1	9.5	9.8	5.2	15.7	0.043	0.27	1500	3.25	55	
12:00	9.1	9.6	9.8	5.5	16.1	0.043	0.27	1500	3.25	52	WNW 5.2
12:30	9.3	10.3	10.8	5.4	15.7	0.043	0.27	1500	2.89	51	
13:00	10.5	10.8	11.2	5.8	15.7	0.043	0.27	1500	3.00	54	NW 4.0
13:30	10.8	11.0	11.2	5.2	15.6	0.043	0.27	1500	2.93	56	
14:00	10.2	10.5	10.8	4.8	15.7	0.043	0.27	1500	3.23	52	NW 4.2
14:30	9.8	10.3	10.5	5.3	15.9	0.043	0.27	1500	2.95	57	
15:00	8.9	9.4	10.2	5.2	16.2	0.043	0.27	1500	3.23	52	NW 5.8
15:30	9.3	9.5	9.8	5.3	16.2	0.043	0.27	1850	3.05	55	
16:00	9.1	9.3	9.5	5.1	16.2	0.043	0.27	1600	2.94	54	NW 6.4
16:30	8.5	9.1	9.6	5.2	15.4	0.043	0.27	1650	3.43	53	
17:00	9.1	9.3	9.6	5.2	15.7	0.043	0.27	1650	3.43	56	NW 6.0

EK-2

Tablo Ek-2.22 Isı Pompası +FDM 17.02.2006 Aralıklı Kar yağışlı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	-6	-7.4	81.4	-6.6	-14.1	-6.6	10.4	8.7	8.3	6.1	6.6	6.9	7.4	7.7
08:30	-	-	-	-3	-4.1	80.6	-5.8	-12.1	-5.8	14.1	8.8	8.5	6.2	6.5	6.8	7.3	7.7
09:00	-	-	-	10.1	0	86.1	-4.1	-8.1	-4.1	26.1	8.9	8.6	5.3	6.4	6.2	7.0	7.5
09:30	-	-	-	8.1	-3.4	87.1	-4.1	-8.4	-4.1	23.1	9.1	8.6	5.4	6.3	6.4	7.2	7.4
10:00	-	-	-	9.6	-3.2	89.1	-3.6	-8.6	-3.6	25.1	9.4	9.2	6.1	6.5	6.7	7.4	7.6
10:30	-	-	-	9.2	-2.6	91.1	-3.1	-8.1	-3.1	25.1	9.5	9.1	6.1	6.4	6.8	7.3	7.9
11:00	-	-	-	9.5	-2.1	92.1	-3.1	-8.6	-3.1	25.1	9.8	9.4	6.2	6.4	6.9	7.5	8.0
11:30	-	-	-	10.1	-1	96.1	-3.6	-7.9	-3.6	25.1	9.7	9.3	6.2	6.4	6.8	7.6	8.1
12:00	-	-	-	12.1	0	97.1	2.6	-5.1	2.6	27.1	9.9	9.6	6.2	6.5	6.9	7.7	8.3
12:30	-	-	-	13.1	1.6	96.1	2.1	-4.1	2.1	30.1	10.1	9.7	6.3	6.5	6.7	7.8	8.1
13:00	-	-	-	14.1	2.1	97.1	3.1	-3.8	3.1	30.1	10.1	9.7	6.3	6.5	6.8	7.9	8.4
13:30	-	-	-	13.8	2.2	96.1	4.1	-3.5	4.1	31.4	10.2	9.8	6.4	6.5	6.9	7.7	8.0
14:00	-	-	-	14.3	2.2	98.1	4.5	-3.9	4.5	30.1	10.3	9.9	6.5	6.4	6.9	7.8	8.5
14:30	-	-	-	12.1	1.3	96.1	4.6	-4.1	4.6	29.4	10.2	9.7	6.3	6.4	6.9	7.9	8.7
15:00	-	-	-	11.3	0	96.1	4.7	-4.3	4.7	27.1	10.3	9.7	6.3	6.4	6.8	7.8	8.8
15:30	-	-	-	10.3	-1.1	95.1	4.1	-4.6	4.1	26.6	10.3	9.8	6.3	6.4	6.8	7.9	8.9
16:00		-	-	10.1	-1.1	95.1	4.1	-4.1	4.1	27.1	10.2	9.8	6.3	6.4	6.9	7.9	9.0
16:30	-	-	-	11.1	-1	96.1	4.1	-4.1	4.1	27.1	10.2	9.8	6.3	6.5	6.8	7.7	9.1
17:00	-	-	-	12.3	1.1	96.1	4.1	-4.1	4.1	28.1	10.1	9.8	6.3	6.5	6.9	7.9	9.1

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	7.9	8.1	8.3	5.5	15.5	0.043	0.27	1850	2.19	55	NW 0.9
08:30	7.9	8.3	8.5	5.5	15.6	0.043	0.27	1850	2.21	56	
09:00	7.8	8.0	8.6	5.9	15.9	0.043	0.27	1850	2.25	57	WNW 3.0
09:30	7.6	8.4	8.6	5.7	15.7	0.043	0.27	1850	2.27	58	
10:00	7.9	8.8	9.2	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.47	59	WNW 1.9
10:30	7.7	8.7	9.1	6.1	16.2	0.043	0.27	1850	2.33	58	
11:00	7.6	8.5	9.4	6.2	15.8	0.043	0.27	1850	2.24	61	WNW 2.2
11:30	7.5	8.4	9.3	6.2	15.1	0.043	0.27	1850	2.29	62	
12:00	7.7	8.6	9.6	6.3	15.4	0.043	0.27	1850	2.49	62	ESE 3.8
12:30	7.7	8.7	9.7	6.4	15.6	0.043	0.27	1850	2.34	54	
13:00	7.6	8.5	9.7	6.5	15.4	0.043	0.27	1850	2.58	58	ESE 4.4
13:30	7.8	8.7	9.8	6.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.31	58	
14:00	7.9	8.9	9.9	6.2	15.7	0.043	0.27	1850	2.53	56	ESE 4.4
14:30	7.8	8.8	9.7	6.4	15.4	0.043	0.27	1850	2.46	54	
15:00	7.9	8.9	9.7	6.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.53	59	ESE 4.7
15:30	7.9	9.0	9.8	6.2	15.1	0.043	0.27	1850	2.46	56	
16:00	7.8	9.1	9.8	6.3	15.4	0.043	0.27	1850	2.57	54	ESE 3.9
16:30	7.9	9.1	9.8	6.1	15.2	0.043	0.27	1850	2.34	55	
17:00	7.8	9.1	9.8	6.1	15.4	0.043	0.27	1850	2.24	56	ESE 3.6

EK-2

Tablo Ek-2.23 Isı Pompası +FDM 18.02.2006 Hava Bulutlu

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	8.1	0	71.5	-3.2	-8	-3.1	22.1	9.0	8.5	5.2	5.4	5.8	5.9	6.4
08:30	-	-	-	8.2	-1	78.5	-2.2	-7.8	-2.1	25.9	9.1	8.7	5.1	5.3	6.1	6.3	6.5
09:00	-	-	-	8.6	2.1	89.5	1.9	-8.1	1.9	28.6	9.1	8.9	6.0	5.9	6.5	6.6	6.8
09:30	-	-	-	10.6	4.2	95.4	2.5	-8.4	2.5	30.6	9.2	8.8	5.8	5.7	6.5	6.6	6.8
10:00	22.2	19.9	16.3	11.6	4.5	98.2	2.8	-8.4	2.8	31.5	9.3	9.1	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9
10:30	26.3	23.3	20.3	13.5	6.1	102.5	3.2	-7.5	3.2	33.8	9.9	9.5	6.2	6.6	7.8	8.2	8.3
11:00	27.2	24.4	21.2	14.2	8.1	103.4	3.5	-7.5	3.5	34.6	10.3	10.0	6.3	6.9	8.4	8.5	8.6
11:30	29.3	26.3	23.3	15.2	9.1	102.5	3.6	-7.2	3.6	35.5	10.2	9.5	6.2	7.9	9.4	9.5	9.6
12:00	30.4	27.3	24.3	18.4	10.2	104.6	3.4	-6.4	3.4	38.7	10.3	9.8	6.5	8.4	9.5	9.5	9.6
12:30	31.2	28.4	25.3	19.5	11.2	105.7	3.1	-6.3	3.1	39.5	11.2	10.8	7.2	8.2	9.3	9.9	10.6
13:00	32.3	29.3	26.3	20.5	12.1	106.4	3.2	-6.2	3.2	40.7	11.5	11.2	8.5	9.5	10.8	11.1	11.3
13:30	32.1	29.3	26.3	19.5	10.8	105.7	3.1	-6.1	3.1	39.3	11.4	12.1	9.5	10.8	10.9	11.3	11.7
14:00	32.1	29.7	26.3	18.4	10.1	105.4	3.0	-6.2	3.0	38.5	11.1	11.8	8.7	9.2	10.5	11.1	11.3
14:30	31.2	28.4	25.3	17.4	9.5	106.4	3.5	-6.4	3.4	37.4	10.9	10.5	7.6	8.8	9.5	9.8	10.1
15:00	30.7	27.3	24.3	16.5	8.9	108.2	3.5	-6.2	3.5	36.9	10.5	10.2	7.8	8.5	9.1	9.4	9.8
15:30	30.5	27.3	24.3	15.8	7.5	103.4	3.5	-6.7	3.5	35.9	9.8	9.5	5.8	6.8	7.4	7.8	7.9
16:00	30.2	26.3	23.3	15.4	7.2	104.2	3.8	-6.4	3.8	35.1	9.3	9.1	5.5	6.4	7.5	7.5	7.6
16:30	28.9	25.4	22.3	14.2	6.8	106.4	3.5	-6.4	3.5	34.9	9.0	8.8	5.8	6.4	6.8	7.4	7.7
17:00	29.2	26.3	23.4	14.3	6.4	105.2	3.2	-6.5	3.2	34.6	9.2	8.8	5.6	6.3	6.8	7.1	7.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve Şiddeti
08:00	6.4	7.5	8.5	4.2	14.5	0.043	0.27	1500	2.53	67	SSE 1.4
08:30	6.5	7.6	8.7	4.2	14.8	0.043	0.27	1650	2.91	64	
09:00	6.8	7.9	8.9	4.2	15.1	0.043	0.27	1800	3.01	66	SSE 1.6
09:30	6.8	7.9	8.8	4.5	15.2	0.043	0.27	1850	2.93	63	
10:00	7.0	8.2	9.1	4.4	15.3	0.043	0.27	1850	2.91	62	SE 2.7
10:30	8.4	8.5	9.5	4.6	15.3	0.043	0.27	1850	2.97	59	
11:00	8.6	9.6	10.0	4.7	15.6	0.043	0.27	1800	3.07	58	S 3.2
11:30	9.4	9.5	9.5	4.6	15.7	0.043	0.27	1800	3.05	57	
12:00	9.6	9.6	9.8	4.5	15.7	0.043	0.27	1850	2.97	57	SE 3.2
12:30	10.6	10.7	10.8	4.7	15.8	0.043	0.27	1850	2.93	57	
13:00	11.2	11.1	11.2	4.6	16.1	0.043	0.27	1800	3.04	56	SE 3.1
13:30	12.0	12.1	12.1	4.6	16.2	0.043	0.27	1850	2.90	55	
14:00	11.5	11.6	11.8	4.7	16.4	0.043	0.27	1850	2.94	58	ESE 3.1
14:30	10.4	10.5	10.5	4.7	15.7	0.043	0.27	1800	3.01	59	
15:00	9.9	10.1	10.1	4.7	15.3	0.043	0.27	1850	2.99	57	ESE 3.9
15:30	8.1	8.9	9.8	4.6	15.4	0.043	0.27	1800	3.02	59	
16:00	8.2	8.6	9.3	4.8	15.2	0.043	0.27	1800	2.96	61	ESE 3.3
16:30	7.9	8.6	9.0	4.7	15.4	0.043	0.27	1800	3.03	65	
17:00	8.1	8.8	9.2	4.6	15.3	0.043	0.27	1850	2.97	62	ESE 3.6

EK-2

Tablo Ek-2.24 Isı Pompası +FDM 19.02.2006

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	2	1	67.8	-6.5	-14	-6.5	19.2	7.2	7.2	6.5	6.6	6.8	6.9	7.1
08:30	-	-	-	5.1	3.8	77.8	-5.8	-12	-5.8	23.8	7.3	7.2	6.4	6.6	6.7	6.8	7.1
09:00	-	-	-	10	5.8	89.6	-3.8	-8	-3.8	28.9	7.5	7.3	5.8	6.2	6.4	6.6	6.8
09:30	-	-	-	12.8	5.8	96.1	1.9	-6.4	1.9	30.1	7.5	7.4	5.7	6.3	6.5	6.8	7.0
10:00	-	-	-	15.4	6.4	106.4	2.4	-6.7	2.5	32.1	8.6	8.2	6.0	6.6	7.1	7.6	7.9
10:30	15.6	13.2	10.5	13.6	5.3	102.5	2.5	-6.8	2.6	33.5	8.5	8.3	6.1	6.8	7.2	7.8	8.1
11:00	16.5	13.5	11.5	12.5	2.8	104.5	2.8	-6.8	2.9	32.5	8.5	8.3	5.9	6.8	7.2	7.5	8.1
11:30	17.4	14.5	12.4	12.1	2.5	104.5	3.5	-6.4	3.5	33.2	8.4	8.3	5.9	6.8	7.3	7.6	7.9
12:00	18.5	15.2	12.9	11.6	1.8	102.5	3.4	-7.1	3.4	32.6	8.4	8.2	5.7	6.7	7.2	7.6	7.9
12:30	20.1	16.2	13.2	12.5	2.1	106.4	3.6	-6.8	3.6	33.8	8.2	8.0	5.7	6.6	7.1	7.4	7.8
13:00	22.5	19.8	16.5	14.5	3.2	104.7	3.6	-6.9	3.6	35.8	8.2	7.9	5.4	6.4	7.1	7.5	7.8
13:30	24.5	21.5	18.5	16.2	5.4	106.7	3.7	-6.7	3.7	35.6	9.5	9.2	6.1	6.7	7.2	7.6	7.8
14:00	25.6	22.1	19.2	18.6	7.8	108.7	4.0	-7.2	4.1	38.9	9.2	9.0	6.2	6.8	7.3	7.5	7.8
14:30	26.5	23.1	21.4	15.2	5.1	105.4	3.5	-7.1	3.5	37.5	8.7	8.5	5.9	6.4	7.3	7.7	7.9
15:00	27.8	24.1	22.1	13.2	5.2	103.4	3.1	-7.2	3.1	33.5	8.5	8.3	5.5	6.1	6.9	7.4	7.8
15:30	28.9	25.1	21.4	11.2	3.5	102.4	3.1	-7.3	3.2	31.1	7.9	7.6	5.1	6.1	6.9	7.2	7.4
16:00	30.1	26.1	22.6	9.6	1.2	96.8	3.1	-7.4	3.2	28.1	7.9	7.6	5.2	6.2	6.8	7.2	7.4
16:30	27.5	23.5	21.4	8.4	-2	95.1	3.0	-7.5	3.0	29.1	7.7	7.5	5.1	6.1	6.8	7.4	7.4
17:00	25.6	22.1	18.5	7.2	-3.5	92.6	3.0	-7.6	3.1	27.9	7.7	7.5	5.1	6.1	6.7	7.4	7.5

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
08:00	7.2	7.2	7.2	3.8	13.9	0.043	0.27	1850	2.52	86	ESE 2.6
08:30	7.2	7.2	7.2	4	14.2	0.043	0.27	1850	2.74	86	
09:00	7.2	7.3	7.4	4	14.2	0.043	0.27	1800	2.84	84	SE 1.3
09:30	7.1	7.2	7.4	4	14.6	0.043	0.27	1800	2.60	65	
10:00	8.1	8.2	8.2	4	14.6	0.043	0.27	1750	2.58	59	NW 0.6
10:30	8.2	8.3	8.4	4	14.7	0.043	0.27	1800	2.99	52	
11:00	8.2	8.2	8.2	4	14.2	0.043	0.27	1800	3.01	50	S 2.1
11:30	8.2	8.2	8.3	4.3	14.5	0.043	0.27	1800	3.18	48	
12:00	8.1	8.2	8.2	4.4	14.5	0.043	0.27	1750	3.25	47	S 2.4
12:30	7.8	8.0	8.0	4.4	14.6	0.043	0.27	1800	3.21	47	
13:00	7.9	7.9	7.9	4.4	14.2	0.043	0.27	1850	3.12	45	S 2.5
13:30	8.4	8.8	9.2	4.4	14.8	0.043	0.27	1750	3.00	44	
14:00	8.4	8.6	9.0	4.4	14.7	0.043	0.27	1800	3.05	43	S 3.6
14:30	8.2	8.5	8.5	4.4	14.6	0.043	0.27	1850	3.27	43	
15:00	8.1	8.3	8.3	4.5	14.7	0.043	0.27	1800	3.05	40	ESE 3.5
15:30	7.4	7.5	7.6	4.6	14.2	0.043	0.27	1750	3.08	41	
16:00	7.4	7.5	7.6	4.8	14.3	0.043	0.27	1700	2.95	40	SE 3.8
16:30	7.5	7.5	7.5	4.6	14.7	0.043	0.27	1800	3.11	41	
17:00	7.5	7.5	7.6	4.5	14.2	0.043	0.27	1800	3.11	41	ESE 3.4

EK-2

Tablo Ek-2.25 Isı Pompası +FDM 22.02.2006 Hava Açık

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	17.8	15.2	12.1	15.5	13.4	86.1	3.1	-7.5	3.1	36.8	8.6	8.2	5.0	5.4	5.8	6.2	6.3
08:30	20.4	18.5	13.2	16.2	14.2	84.5	3.6	-6.8	3.6	36.5	9.1	8.7	5.1	5.3	5.9	6.1	6.4
09:00	22.1	20.5	15.2	18.2	16.2	95.4	4.1	-6.4	4.1	38.5	9.1	8.9	5.2	5.4	5.8	6.2	6.4
09:30	24.5	20.4	16.5	22.4	17.1	106.4	5.2	-4.8	5.2	42.5	9.2	8.8	5.3	5.5	5.8	6.2	6.4
10:00	27.5	23.5	17.5	28.5	20.1	108.4	5.3	-4.2	5.3	48.4	9.3	8.7	5.1	5.4	5.9	6.3	6.5
10:30	31.5	27.4	22.5	34.4	21.5	118.5	5.8	-3.6	5.8	55.8	9.9	9.3	5.3	5.9	6.3	6.6	7.1
11:00	34.5	30.4	25.6	40.5	23.5	121.4	6.1	-3.5	6.1	56.1	9.7	9.4	5.4	6.1	6.8	7.4	7.6
11:30	36.5	32.5	27.5	40.5	21.5	126.4	6.2	-3.5	6.2	56.4	10.2	9.8	5.6	6.3	7.1	7.9	8.3
12:00	38.5	34.5	30.1	40.2	20.2	128.4	6.2	-3.6	6.2	56.6	10.3	9.8	5.9	6.5	7.3	8.1	8.6
12:30	40.5	35.2	30.5	39.3	19.2	126.7	6.4	-3.6	6.4	56.9	11.2	10.8	6.4	6.9	7.6	8.5	9.2
13:00	42.1	37.5	32.5	39.2	18.9	127.5	6.7	-3.9	6.7	56.4	11.5	11.2	7.6	8.1	8.8	9.5	10.2
13:30	42.3	37.1	32.4	38.5	17.2	125.7	7.5	-3.8	7.5	55.4	12.4	12.1	8.9	9.3	9.6	10.8	11.2
14:00	39.8	33.6	28.4	37.5	16.5	126.4	7.4	-3.8	7.4	55.3	11.1	10.8	7.2	7.9	8.1	8.5	8.9
14:30	39.7	34.5	29.5	36.5	15.4	126.7	7.8	-3.6	7.8	55.4	10.9	10.5	7.1	7.6	7.9	8.3	8.6
15:00	38.9	33.6	28.5	33.5	15.6	128.5	7.5	-3.8	7.5	53.4	10.5	10.2	6.9	7.4	7.7	8.1	8.5
15:30	37.5	34.5	30.1	28.4	13.4	129.4	7.7	-4.5	7.7	48.5	10.1	9.8	5.8	6.3	7.5	7.9	8.6
16:00	38.1	33.6	28.4	26.5	12.5	124.5	6.7	-4.5	6.7	46.8	9.8	9.5	5.4	5.9	6.6	7.9	8.5
16:30	37.4	33.1	28.4	24.1	11.4	122.5	7.5	-4.2	6.5	44.8	9.8	9.6	6.2	6.5	7.1	7.6	8.3
17:00	37.8	34.2	30.1	21.1	9.8	123.5	6.4	-4.3	6.4	41.8	9.8	9.6	6.8	7.1	7.6	8.3	8.8

-

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Yönü ve şiddeti
08:00	7.1	7.5	8.2	6.5	13.3	0.043	0.27	1850	2.7	46	NW 0.8
08:30	6.9	7.7	8.7	6.6	13.8	0.043	0.27	1800	2.75	55	
09:00	7.1	7.6	8.9	6.6	14	0.043	0.27	1800	2.85	52	S 1.3
09:30	7.0	7.5	8.8	6.6	14	0.043	0.27	1850	2.94	54	
10:00	6.9	7.4	8.7	6.8	14	0.043	0.27	1750	2.91	36	S 1.9
10:30	7.4	7.8	9.3	6.4	14	0.043	0.27	1850	2.95	38	
11:00	7.9	8.8	9.4	6.5	14	0.043	0.27	1550	2.85	42	S 2.2
11:30	8.8	9.4	9.8	6.6	14.2	0.043	0.27	1550	2.78	45	
12:00	9.1	9.5	9.8	6.5	14.5	0.043	0.27	1600	2.78	46	S 3.3.
12:30	9.5	10.2	10.8	6.8	14.3	0.043	0.27	1650	2.89	48	
13:00	10.8	11.0	11.2	6.4	14.6	0.043	0.27	1650	2.82	47	S 3.2
13:30	11.5	11.9	12.1	6.2	15.	0.043	0.27	1550	2.95	44	
14:00	9.1	9.5	10.8	6.4	15	0.043	0.27	1650	2.92	45	S 2.9
14:30	9.1	9.4	10.5	6.5	15.2	0.043	0.27	1750	2.93	46	
15:00	8.9	9.4	10.2	6.4	15.1	0.043	0.27	1800	2.99	48	S 3.3
15:30	9.3	9.5	9.8	6.2	15.3	0.043	0.27	1850	2.94	47	
16:00	9.1	9.3	9.5	6.8	15.4	0.043	0.27	1850	2.97	47	S 3.1
16:30	8.5	9.1	9.6	6.9	14.8	0.043	0.27	1850	3.03	47	
17:00	9.1	9.3	9.6	6.9	14.8	0.043	0.27	1850	3.03	47	ESE 2.1

Tablo Ek-2.26 16.03.2006 Isı Pompası+FDM

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
17:00	32.1	27.4	23.6	26.1	9.2	106.4	4.5	-5.7	4.5	38.5	13.9	13.5	10.5	10.8	11.2	12.4	12.9
17:30	32.2	27.5	23.5	23.1	9.1	107.5	4.2	-5.2	4.2	40.5	13.8	13.5	10.4	10.6	11.4	11.8	12.8
18:00	32.5	27.4	23.4	20.4	8.9	105.4	4.0	-5.9	4.1	39.5	12.8	12.5	9.3	9.4	9.6	10.8	11.5
18:30	32.4	27.4	23.1	20.2	8.5	104.5	3.8	-6.2	3.8	39.5	11.5	11.4	8.4	8.6	8.8	9.4	10.5
19:00	33.1	28.5	23.5	19.5	7.8	103.5	3.7	-6.3	3.7	38.5	11.5	11.2	8.5	8.6	8.9	9.5	10.6
19:30	31.4	27.4	23.6	19.2	7.2	104.5	3.6	-6.4	3.6	38.2	11.6	11.4	8.2	8.4	8.8	9.4	10.2
20:00	31.5	26.5	22.5	18.9	6.4	105.6	3.3	-6.5	3.4	36.5	11.5	11.3	8.1	8.4	8.6	9.5	10.5
20:30	30.5	25.6	22.6	16.1	5.4	102.5	3.4	-7.2	3.5	35.6	11.6	11.4	8.1	8.3	8.7	9.6	10.6
21:00	30.9	25.9	22.4	14.1	4.1	103.2	3.0	-8.1	3.1	33.5	11.5	11.4	8.0	8.1	8.8	9.5	10.5
21:30	30.2	25.4	22.1	13.8	3.8	102.5	3.0	-8.3	3.1	32.5	11.2	11.1	7.9	8.2	8.6	9.4	10.4
22:00	29.1	24.8	20.4	12.8	3.1	101.2	3.0	-8.9	3.0	31.6	10.9	10.8	7.8	8.0	8.7	9.5	10.0
22:30	28.4	24.5	20.4	12.6	2.6	103.2	3.2	-8.8	3.2	31.8	10.8	10.7	7.7	7.9	8.8	9.7	10.1
23:00	26.1	21.5	17.9	12.6	2.1	102.4	3.5	-8.6	3.5	31.4	10.8	10.6	7.8	7.9	8.9	9.8	10.1
23:30	24.1	19.5	14.5	12.4	2.1	102.4	3.4	-8.4	3.4	30.1	10.7	10.6	7.8	7.9	8.6	9.6	10.0
24:00	23.1	19.2	14.2	11.8	2.0	103.4	3.1	-8.6	3.1	30.2	10.9	10.8	7.8	8.0	8.6	9.5	10.0
00:30	22.9	18.5	13.8	11.2	1.6	105.8	3.2	-8.5	3.2	30.9	11.0	10.8	7.8	8.1	8.7	9.4	10.0
01:00	21.6	17.5	13.8	10.8	1.1	104.5	3.1	-8.6	3.1	30.9	11.1	10.9	7.8	7.8	8.5	9.5	10.0
01:30	20.8	15.4	12.6	10.6	1.2	103.6	3.2	-8.7	3.2	30.9	10.9	10.7	7.8	7.9	8.6	9.6	10.1
02:00	20.5	15.6	11.5	10.7	1.0	103.5	3.5	-8.6	3.6	29.1	11.0	11.1	7.7	7.8	8.7	9.5	10.0
02:30	20.1	15.8	11.4	10.6	1.2	103.8	3.2	-8.4	3.2	29.4	10.9	10.7	7.8	7.7	8.7	9.6	10.1
03:00	19.2	15.7	11.8	10.3	1.0	102.4	3.1	-8.6	3.1	29.5	10.9	10.8	7.8	7.8	8.7	9.4	9.9
03:30	19.2	15.7	11.6	10.2	0.9	102.4	3.1	-8.7	3.2	27.4	11.2	11.1	7.9	7.9	8.8	9.4	10.1
04:00	19.4	15.9	11.3	10.2	1.1	102.4	3.2	-8.4	3.2	27.6	11.1	11.0	8.0	8.1	8.6	9.5	10.2
04:30	18.9	15.6	11.3	10.1	1.2	102.6	3.2	-8.5	3.2	27.6	11.4	11.0	7.9	8.1	8.7	9.5	10.2

05:00	18.2	13.5	11.2	10.3	1.1	103.5	3.1	-8.2	3.1	37.8	11.1	10.9	7.8	8.1	8.6	9.4	10.6
05:30	15.4	12.4	11.3	11.2	1.8	105.6	3.5	-7.6	3.5	38.9	11.2	10.9	7.8	8.1	8.7	9.5	10.7
06:00	14.5	10.5	8.5	12.6	2.1	106.5	4.0	-7.5	4.1	39.5	11.3	11.1	7.9	8.5	9.1	9.8	10.8
06:30	13.5	9.5	8.9	12.6	2.2	107.5	4.1	-7.4	4.2	40.2	12.1	11.9	7.8	8.1	9.6	10.5	10.8
07:00	13.2	9.4	8.5	12.7	2.1	108.9	4.1	-6.8	4.3	40.3	12.5	11.8	7.8	8.4	9.7	10.8	10.9
07:30	13.1	8.9	6.8	13.1	3.2	110.2	4.4	-6.5	4.5	40.2	13.1	12.8	7.7	8.5	9.5	11.1	11.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Şiddeti
17:00	13.1	13.5	13.6	4.2	12.2	0.043	0.27	1500	2.24	40	S 2.1
17:30	13.1	13.4	13.6	4.6	14.1	0.043	0.27	1550	3.04	45	
18:00	11.8	12.4	12.5	4.5	15	0.043	0.27	1500	3.45	43	ESE 1.4
18:30	10.8	11.6	11.5	4.8	15.5	0.043	0.27	1650	3.17	45	
19:00	10.8	11.4	11.5	5.3	15.2	0.043	0.27	1700	3.03	46	NW 0.8
19:30	10.4	10.8	11.2	4.2	15.3	0.043	0.27	1550	3.32	48	
20:00	10.6	10.9	11.3	3.8	15.4	0.043	0.27	1650	2.89	44	NW 0.8
20:30	10.7	11.2	11.4	4.1	15.8	0.043	0.27	1700	3.11	49	
21:00	10.6	10.8	11.4	4.2	15.4	0.043	0.27	1750	3.00	43	W 0.3
21:30	10.5	10.9	11.1	4.3	15.1	0.043	0.27	1700	2.98	47	
22:00	10.2	10.5	10.8	4.5	15.3	0.043	0.27	1650	3.09	45	SSE 0.8
22:30	10.2	10.4	10.7	4.6	16.1	0.043	0.27	1700	2.97	47	
23:00	10.2	10.4	10.6	4	16.2	0.043	0.27	1750	2.91	47	NW 1.1
23:30	10.2	10.4	10.6	4.1	16.4	0.043	0.27	1600	3.00	46	
24:00	10.2	10.5	10.8	3.8	15.7	0.043	0.27	1700	2.93	44	
00:30	10.3	10.5	10.9	3.9	15.7	0.043	0.27	1700	3.14	48	
01:00	10.3	10.5	10.9	4.2	15.6	0.043	0.27	1550	3.51	49	
01:30	10.3	10.5	10.7	4.5	15.4	0.043	0.27	1600	3.44	42	
02:00	10.4	10.7	11.1	4.6	15.5	0.043	0.27	1600	3.11	43	
02:30	10.3	10.5	10.7	4.2	15.3	0.043	0.27	1650	3.09	45	
03:00	10.2	10.5	10.8	4.3	15.4	0.043	0.27	1700	3.06	46	
03:30	10.5	10.8	11.1	4.4	16.4	0.043	0.27	1650	3.21	47	
04:00	10.5	10.8	11.0	4.1	15.7	0.043	0.27	1550	3.16	48	

05:00	10.7	10.8	10.9	4.5	15.3	0.043	0.27	1850	3.25	45	
05:30	10.7	10.7	10.9	4.4	15.8	0.043	0.27	1850	3.31	47	
06:00	10.8	10.9	11.1	4.6	15.4	0.043	0.27	1850	3.26	47	
06:30	10.8	11.1	11.5	4.7	15.6	0.043	0.27	1850	3.27	48	
07:00	10.8	11.5	12.4	4.2	16.1	0.043	0.27	1850	3.35	44	
07:30	11.9	12.4	12.5	4.3	16.2	0.043	0.27	1850	3.15	48	

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	23.5	21.7	20.3	16.1	7.1	88.2	-2.4	-6.4	-2.4	38.8	9.4	9.1	6.5	7.6	7.8	8.2	8.2
08:30	23.8	21.9	20.4	16.5	7.2	91.2	1.8	-4.5	1.8	37.9	9.8	9.3	6.2	7.4	7.6	8.1	8.4
09:00	24.3	22.4	20.5	17.2	7.3	108.9	2.5	-4.5	2.5	39.9	10.2	9.8	6.5	7.4	7.6	7.9	8.6
09:30	24.5	22.5	20.9	17.1	7.4	111.2	3.1	-4.6	3.2	43.2	10.8	10.5	7.6	7.8	8.2	9.4	9.8
10:00	24.8	23.1	21.1	17.3	7.5	113.5	3.4	-4.6	3.5	44.3	11.5	11.1	8.3	8.5	8.7	9.7	10.6
10:30	24.4	24.2	22.3	17.5	8.1	115.2	3.5	-4.1	3.6	44.2	11.6	11.2	8.2	8.5	8.8	9.7	10.8
11:00	25.8	25.3	22.5	18.6	8.5	118.8	4.1	-4.2	4.2	44.1	11.8	11.5	8.3	8.5	8.9	9.8	11.1
11:30	25.9	25.7	23.8	18.5	8.4	118.6	4.4	-4.2	4.5	43.8	11.5	11.1	7.9	8.2	8.5	9.5	10.5
12:00	26.8	26.8	24.3	18.8	8.3	117.8	4.7	-4.1	4.8	44.6	11.5	11.1	7.9	8.2	8.5	9.4	10.5
12:30	26.9	26.7	24.2	17.6	8.4	115.6	4.6	-4.5	4.7	44.7	11.4	11.1	7.8	8.0	8.3	9.5	10.6
13:00	28.9	26.9	24.3	17.4	8.4	116.8	5.0	-4.2	5.1	44.3	11.2	10.8	7.8	8.1	8.3	9.4	10.4
13:30	29.1	26.7	24.8	17.3	8.1	117.8	5.1	-4.1	5.2	44.2	11.3	11.0	8.0	8.2	8.5	9.4	10.5
14:00	29.9	27.3	25.3	17.2	9.4	118.9	5.1	-4.2	5.2	44.1	11.5	11.1	8.1	8.3	8.6	9.5	10.6
14:30	29.6	27.4	24.7	17.6	9.1	118.7	5.0	-4.3	5.1	44.2	11.4	11.0	7.8	8.1	8.7	9.4	10.3
15:00	28.9	26.5	24.1	18.5	9.3	120.1	4.8	-4.6	4.9	44.7	11.4	11.0	8.3	8.5	8.7	9.5	10.4
15:30	28.6	26.8	24.4	18.5	9.2	120.4	5.1	-4.5	5.2	44.2	11.2	10.8	7.5	7.8	8.4	9.4	10.3
16:00	28.7	26.3	24.2	18.3	9.4	120.3	5.0	-4.8	5.1	44.8	10.8	10.5	7.4	7.7	8.3	9.2	9.8
16:30	28.9	26.7	24.6	18.4	9.8	119.7	5.1	-4.1	5.2	44.3	10.5	10.4	7.4	7.7	8.3	9.1	9.7
17:00	29.1	27.3	25.4	18.6	10.5	118.9	5.0	-4.2	5.1	44.2	10.2	10.0	7.1	7.4	7.9	8.9	9.5

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve Hızı
08:00	8.3	8.5	9.1	4.3	13.3	0.043	0.27	1850	3.32	67	E-4.2
08:30	8.6	8.8	9.3	4.5	13.5	0.043	0.27	1850	3.13	66	-
09:00	9.4	9.7	9.8	4.6	14.5	0.043	0.27	1850	3.32	66	SE-2.8
09:30	10.2	10.5	10.5	4.8	15.6	0.043	0.27	1850	3.82	64	-
10:00	10.6	10.8	11.1	4.8	15.4	0.043	0.27	1850	3.95	64	S-4.5
10:30	10.9	11.1	11.2	5.3	16.1	0.043	0.27	1850	3.91	60	-
11:00	11.2	11.4	11.5	5.2	16.5	0.043	0.27	1850	3.73	60	ESE-4.9
11:30	10.7	11.0	11.2	5.2	16.5	0.043	0.27	1850	3.71	56	-
12:00	10.6	10.8	11.1	5.4	16.4	0.043	0.27	1850	3.78	56	E-7.3
12:30	10.7	10.9	11.1	5.7	16.3	0.043	0.27	1850	3.97	58	-
13:00	10.5	10.6	11.0	5.8	16.3	0.043	0.27	1850	3.94	56	ESE-4.7
13:30	10.6	10.7	11.0	5.5	16.2	0.043	0.27	1850	3.94	54	-
14:00	10.7	10.8	11.1	5.6	15.7	0.043	0.27	1850	3.94	52	SE-6.1
14:30	10.5	10.8	11.0	5.2	15.3	0.043	0.27	1850	3.90	50	-
15:00	10.4	10.7	11.0	5	15.8	0.043	0.27	1850	3.84	46	SSE-4.1
15:30	10.3	10.7	10.8	4.8	15.8	0.043	0.27	1850	3.76	44	-
16:00	10.1	10.3	10.5	4.6	15.4	0.043	0.27	1850	3.88	42	S-4.0
16:30	9.8	10.2	10.4	4.7	15.9	0.043	0.27	1850	3.79	40	-
17:00	9.5	9.8	10.0	4.6	16.1	0.043	0.27	1850	3.75	40	S-2.7

Tablo Ek-2.28 25.03.2006 Isı Pompası+FDMM Hava kapalı yağmurlu

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
17:00	29.1	27.3	25.4	18.6	10.5	89.7	2.5	-5.4	2.5	40.2	10.2	10.0	7.1	7.4	7.9	8.9	9.5
17:30	29.1	27.2	23.5	18.4	10.2	92.4	3.6	-5.1	3.6	40.5	10.2	10.0	7.2	7.5	7.8	8.9	9.5
18:00	28.7	26.5	22.5	17.8	10.1	105.4	3.8	-5.2	3.8	40.5	10.4	10.2	7.1	7.4	7.7	8.5	9.3
18:30	28.9	26.4	23.5	17.5	9.8	106.4	4.0	-4.5	4.1	40.8	10.6	10.3	7.1	7.5	7.8	8.6	9.5
19:00	27.8	25.4	22.4	16.8	9.7	107.8	4.1	-4.4	4.2	38.6	10.4	10.2	6.9	7.6	7.7	8.5	9.4
19:30	26.8	24.5	21.2	17.4	8.8	110.5	4.2	-4.2	4.3	40.8	10.5	10.2	6.9	7.5	7.8	8.5	9.4
20:00	25.4	23.5	19.8	14.8	8.5	112.4	4.5	-4.1	4.5	35.5	10.3	10.1	6.8	7.4	7.7	8.3	9.2
20:30	24.5	22.4	20.1	14.5	7.9	115.4	4.5	-4.2	4.6	35.1	10.2	10.0	6.8	7.3	7.5	8.1	9.1
21:00	22.1	18.9	16.5	15.2	7.5	114.5	4.6	-4.3	4.7	40.1	10.7	10.5	7.1	7.5	7.8	8.3	9.2
21:30	20.5	18.8	15.6	14.2	6.5	115.6	4.8	-4.5	4.8	40.5	9.8	9.7	6.7	7.1	7.7	8.2	9.3
22:00	19.5	16.3	14.5	14.6	6.4	117.2	5.0	-4.6	5.1	40.6	9.9	9.7	6.7	7.2	7.8	8.2	9.4
22:30	19.4	15.6	12.5	14.7	6.4	118.5	5.0	-4.5	5.1	38.1	10.2	10.1	6.7	7.2	8.2	8.5	9.2
23:00	18.7	13.4	10.2	14.9	6.2	118.2	5.0	-4.5	5.0	38.5	10.1	10.0	7.1	7.5	8.1	8.6	9.1
23:30	17.5	13.4	10.3	14.2	6.3	120.1	5.0	-4.2	5.1	38.5	10.2	9.8	6.5	7.1	7.8	8.5	8.9
24:00	17.2	13.2	10.4	13.8	6.1	118.4	5.0	-4.2	5.1	37.6	9.8	9.7	6.3	6.8	7.5	8.6	8.8
00:30	16.8	12.5	9.8	13.7	6.2	117.4	5.1	-4.1	5.2	36.5	9.8	9.8	6.5	6.9	7.6	8.5	8.9
01:00	14.5	10.4	8.9	13.5	6.5	116.4	5.1	-3.8	5.1	36.8	9.7	9.7	6.2	6.8	7.4	8.6	8.9
01:30	14.6	10.5	8.7	14.2	6.3	114.5	5.1	-3.9	5.1	35.5	9.8	9.6	6.2	6.8	7.5	8.7	8.9
02:00	14.3	10.6	8.5	15.2	6.2	114.5	5.2	-3.8	5.2	35.5	9.9	9.7	6.2	6.8	7.5	8.5	8.8
02:30	14.2	10.3	8.2	14.1	5.2	113.5	5.4	-4.1	5.4	34.5	9.8	9.6	6.2	6.7	7.5	8.6	8.7
03:00	13.8	9.8	7.8	12.5	4.8	112.5	5.2	-4.2	5.2	33.8	9.8	9.6	6.3	6.7	7.6	8.6	8.9
03:30	12.5	9.5	6.8	12.8	5.2	116.5	5.3	-4.2	5.3	32.1	9.7	9.6	6.3	6.8	7.6	8.4	8.9
04:00	12.1	9.5	6.8	12.4	5.4	114.5	5.0	-4.3	5.0	33.5	9.8	9.6	6.3	6.8	7.6	8.5	8.9
04:30	12.4	9.6	6.9	13.5	5.4	113.4	5.0	-4.4	5.0	33.2	9.7	9.7	6.3	6.8	7.5	8.5	8.8

05:00	12.3	9.4	6.9	13.8	5.6	114.2	5.2	-4.2	5.2	33.8	10.2	9.7	6.4	6.9	7.4	8.4	8.7
05:30	12.1	9.4	6.5	13.7	5.8	112.5	5.3	-4.3	5.3	32.2	10.3	9.8	6.4	7.0	7.5	8.5	8.9
06:00	11.8	8.9	5.9	14.5	6.1	116.4	5.4	-4.6	5.4	32.4	10.5	10.2	6.5	7.2	7.6	8.9	9.3
06:30	11.5	8.8	5.8	15.2	6.2	118.7	5.1	-4.7	5.1	32.1	10.8	10.5	6.5	7.1	7.7	9.1	9.6
07:00	11.6	8.4	6.1	15.2	5.8	116.4	5.2	-4.6	5.2	31.1	11.1	10.8	7.1	7.6	8.1	9.3	9.8
07:30	11.4	8.3	5.8	15.4	6.1	115.2	5.3	-4.1	5.3	31.2	11.2	10.8	7.2	7.6	8.2	9.3	9.7

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve Şiddeti
17:00	9.5	9.8	10.0	4.2	15.6	0.043	0.27	1850	3.16	40	E-2.5
17:30	9.6	10.1	10.0	4.5	15.4	0.043	0.27	1850	3.24	45	-
18:00	9.5	9.8	10.2	4.6	15.3	0.043	0.27	1850	3.32	43	SSW-1.7
18:30	9.7	9.7	10.3	4.8	15.2	0.043	0.27	1850	3.41	45	-
19:00	9.6	9.8	10.2	4.7	15.4	0.043	0.27	1850	3.19	48	SSW-1.4
19:30	9.6	9.7	10.2	4.7	15.7	0.043	0.27	1850	3.43	54	-
20:00	9.4	9.7	10.1	4.8	15.7	0.043	0.27	1800	3.11	54	WSW-1.2
20:30	9.4	9.6	10.0	4.9	15.7	0.043	0.27	1850	3.02	52	-
21:00	9.6	10.2	10.5	5.1	15.8	0.043	0.27	1850	3.65	48	SSE-1.1
21:30	9.4	9.5	9.7	5.1	15.7	0.043	0.27	1850	3.85	51	-
22:00	9.3	9.5	9.7	5.2	15.2	0.043	0.27	1850	3.81	56	NW-2.1
22:30	9.5	9.7	10.2	5.1	15.3	0.043	0.27	1850	3.43	57	-
23:00	9.2	9.5	10.1	5.4	15.4	0.043	0.27	1800	3.55	55	NW-1.8
23:30	9.2	9.5	9.8	5.3	14.8	0.043	0.27	1850	3.56	48	-
24:00	8.9	9.2	9.7	5.2	14.9	0.043	0.27	1850	3.49	59	NW-4.1
00:30	8.9	9.2	9.6	5.3	14.5	0.043	0.27	1800	3.43	54	-
01:00	9.1	9.4	9.6	5.3	14.5	0.043	0.27	1850	3.41	57	-
01:30	8.9	9.3	9.7	5.4	14.6	0.043	0.27	1850	3.12	57	-
02:00	8.8	9.4	9.7	5.6	14.8	0.043	0.27	1800	3.05	55	-
02:30	9.1	9.4	9.6	5.5	14.9	0.043	0.27	1750	3.16	54	-
03:00	9.0	9.3	9.6	5.5	14.8	0.043	0.27	1850	3.12	56	-
03:30	8.9	9.4	9.6	5.5	14.7	0.043	0.27	1750	2.99	52	-
04:00	8.9	9.4	9.6	5.4	14.7	0.043	0.27	1850	3.07	56	-
04:30	9.0	9.2	9.7	5.4	14.6	0.043	0.27	1800	2.96	55	-

05:00	9.2	9.5	9.7	5.5	14.7	0.043	0.27	1850	2.93	56	-
05:30	9.3	9.5	9.8	5.2	14.5	0.043	0.27	1650	3.04	55	-
06:00	9.5	9.8	10.2	5.6	14.6	0.043	0.27	1550	3.13	58	-
06:30	9.8	10.2	10.5	5.3	14.5	0.043	0.27	1550	2.95	54	-
07:00	10.1	10.5	10.8	5.8	14.5	0.043	0.27	1550	2.78	56	-
07:30	10.1	10.5	10.8	48	14.2	0.043	0.27	1550	2.76	57	-

EK-2

Tablo Ek-2.29 Isı Pompası +FDM 27.03.2006

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	16.1	7.1	78.5	3.5	-8.1	3.5	32.1	9.5	8.6	7.5	7.6	7.9	8.1	8.2
08:30	-	-	-	16.5	7.2	95.4	3.7	-7.5	3.8	36.3	9.2	9.0	7.2	7.4	7.8	8.2	8.5
09:00	-	-	-	17.2	7.3	105.8	4.5	-6.4	4.5	37.4	10.2	9.8	7.1	7.4	8.4	8.8	9.2
09:30	-	-	-	17.1	7.4	111.4	5.0	-6.2	5.1	37.5	10.8	10.5	7.6	7.8	8.9	9.1	9.4
10:00	-	-	-	17.3	7.5	110.5	5.1	-5.9	5.2	38.4	11.5	11.1	8.3	8.5	9.2	9.6	10.1
10:30	-	-	-	17.5	8.1	111.2	5.5	-5.8	5.6	37.9	11.6	11.2	8.2	8.5	9.2	9.5	10.2
11:00	-	-	-	18.6	8.5	112.5	5.9	-5.7	5.9	38.3	11.8	11.5	8.3	8.5	9.5	10.2	10.5
11:30	-	-	-	18.5	8.4	112.3	6.5	-5.6	6.5	38.5	11.5	11.1	7.9	8.2	9.2	9.8	10.1
12:00	-	-	-	18.8	8.3	114.2	6.4	-5.4	6.5	38.5	11.5	11.1	7.9	8.2	9.2	9.7	10.2
12:30	-	-	-	17.6	8.4	110.2	6.5	-5.1	6.6	37.5	11.4	11.1	7.8	8.0	9.2	9.7	10.3
13:00	-	-	-	17.4	8.4	109.5	6.6	-4.9	6.7	37.9	11.2	10.8	7.8	8.1	8.9	9.6	9.8
13:30	-	-	-	17.3	8.1	108.5	7.0	-4.8	7.1	37.5	11.3	11.0	8.0	8.2	9.2	9.7	10.2
14:00	-	-	-	17.2	9.4	109.5	7.0	-4.8	7.5	37.8	11.5	11.1	8.1	8.3	9.4	9.6	10.3
14:30	-	-	-	17.6	9.1	109.4	7.4	-4.2	7.6	38.4	11.4	11.0	7.8	8.1	9.3	9.5	10.2
15:00	-	-	-	18.5	9.3	108.4	7.7	-4.1	7.8	38.9	11.4	11.0	8.3	8.5	9.3	9.4	9.9
15:30	-	-	-	18.5	9.2	109.5	7.4	-4.3	7.5	38.4	11.2	10.8	7.5	7.8	9.2	9.5	10.1
16:00	-	-	-	18.3	9.4	111.4	7.4	-4.1	7.4	39.1	10.8	10.5	7.4	7.7	8.9	9.3	9.8
16:30	-	-	-	18.4	9.8	112.4	7.1	-4.0	7.2	39.4	10.5	10.4	7.4	7.7	8.8	9.2	9.6
17:00	-	-	-	18.6	9.6	112.6	7.4	-3.8	7.4	38.9	10.2	10.0	7.1	7.4	8.5	8.8	9.2

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar Şiddeti
08:00	8.3	8.4	8.6	4.2	12.6	0.043	0.27	1850	2.89	67	NW-0.8
08:30	8.6	8.8	9.0	4.4	13.5	0.043	0.27	1550	3.46	66	-
09:00	9.4	9.6	9.8	4.6	14.6	0.043	0.27	1600	3.42	66	W-0.6
09:30	9.6	9.8	10.5	4.7	15.1	0.043	0.27	1650	3.35	64	-
10:00	10.5	10.8	11.1	4.5	16.2	0.043	0.27	1650	3.46	64	S-1.6
10:30	10.5	10.9	11.2	5.1	16.4	0.043	0.27	1700	3.25	60	-
11:00	10.6	10.8	11.5	5.2	16.4	0.043	0.27	1750	3.14	60	W-1.0
11:30	10.4	10.8	11.1	5.3	16.4	0.043	0.27	1750	3.19	56	-
12:00	10.3	10.8	11.1	5.1	16.2	0.043	0.27	1700	3.14	56	WNW-2.2
12:30	10.5	10.8	11.2	5.2	16.4	0.043	0.27	1700	3.27	58	-
13:00	10.2	10.5	10.8	5.3	16.2	0.043	0.27	1700	3.27	56	NNW-1.9
13:30	10.6	10.8	11.0	5.6	16.4	0.043	0.27	1750	3.04	54	-
14:00	10.5	10.8	11.1	5.3	15.3	0.043	0.27	1750	3.28	52	NW-2.3
14:30	10.6	10.7	11.0	5.1	15.3	0.043	0.27	1800	3.13	50	-
15:00	10.4	10.6	11.1	4.8	15.2	0.043	0.27	1750	3.16	46	NW-2.4
15:30	10.3	10.5	10.8	4.9	15.4	0.043	0.27	1700	3.17	44	-
16:00	10.1	10.3	10.5	5.1	15.5	0.043	0.27	1800	3.13	42	S-1.4
16:30	9.8	10.1	10.4	5.2	15.2	0.043	0.27	1600	3.56	40	-
17:00	9.5	9.7	10.0	5.1	1.54	0.043	0.27	1650	3.33	40	S

EK-2

Tablo Ek-2.30 Isı Pompası+FDM 28.03.2006 Hava Kapalı

SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
17:00	32.1	27.4	23.6	26.1	9.2	106.4	4.5	-5.7	4.5	38.5	13.9	13.5	10.5	10.8	11.2	12.4	12.9
17:30	32.2	27.5	23.5	23.1	9.1	107.5	4.2	-5.2	4.2	40.5	13.8	13.5	10.4	10.6	11.4	11.8	12.8
18:00	32.5	27.4	23.4	20.4	8.9	105.4	4.0	-5.9	4.1	39.5	12.8	12.5	9.3	9.4	9.6	10.8	11.5
18:30	32.4	27.4	23.1	20.2	8.5	104.5	3.8	-6.2	3.8	39.5	11.5	11.4	8.4	8.6	8.8	9.4	10.5
19:00	33.1	28.5	23.5	19.5	7.8	103.5	3.7	-6.3	3.7	38.5	11.5	11.2	8.5	8.6	8.9	9.5	10.6
19:30	31.4	27.4	23.6	19.2	7.2	104.5	3.6	-6.4	3.6	38.2	11.6	11.4	8.2	8.4	8.8	9.4	10.2
20:00	31.5	26.5	22.5	18.9	6.4	105.6	3.3	-6.5	3.4	36.5	11.5	11.3	8.1	8.4	8.6	9.5	10.5
20:30	30.5	25.6	22.6	16.1	5.4	102.5	3.4	-7.2	3.5	35.6	11.6	11.4	8.1	8.3	8.7	9.6	10.6
21:00	30.9	25.9	22.4	14.1	4.1	103.2	3.0	-8.1	3.1	33.5	11.5	11.4	8.0	8.1	8.8	9.5	10.5
21:30	30.2	25.4	22.1	13.8	3.8	102.5	3.0	-8.3	3.1	32.5	11.2	11.1	7.9	8.2	8.6	9.4	10.4
22:00	29.1	24.8	20.4	12.8	3.1	101.2	3.0	-8.9	3.0	31.6	10.9	10.8	7.8	8.0	8.7	9.5	10.0
22:30	28.4	24.5	20.4	12.6	2.6	103.2	3.2	-8.8	3.2	31.8	10.8	10.7	7.7	7.9	8.8	9.7	10.1
23:00	26.1	21.5	17.9	12.6	2.1	102.4	3.5	-8.6	3.5	31.4	10.8	10.6	7.8	7.9	8.9	9.8	10.1
23:30	24.1	19.5	14.5	12.4	2.1	102.4	3.4	-8.4	3.4	30.1	10.7	10.6	7.8	7.9	8.6	9.6	10.0
24:00	23.1	19.2	14.2	11.8	2.0	103.4	3.1	-8.6	3.1	30.2	10.9	10.8	7.8	8.0	8.6	9.5	10.0
00:30	22.9	18.5	13.8	11.2	1.6	105.8	3.2	-8.5	3.2	30.9	11.0	10.8	7.8	8.1	8.7	9.4	10.0
01:00	21.6	17.5	13.8	10.8	1.1	104.5	3.1	-8.6	3.1	30.9	11.1	10.9	7.8	7.8	8.5	9.5	10.0
01:30	20.8	15.4	12.6	10.6	1.2	103.6	3.2	-8.7	3.2	30.9	10.9	10.7	7.8	7.9	8.6	9.6	10.1
02:00	20.5	15.6	11.5	10.7	1.0	103.5	3.5	-8.6	3.6	29.1	11.0	11.1	7.7	7.8	8.7	9.5	10.0
02:30	20.1	15.8	11.4	10.6	1.2	103.8	3.2	-8.4	3.2	29.4	10.9	10.7	7.8	7.7	8.7	9.6	10.1
03:00	19.2	15.7	11.8	10.3	1.0	102.4	3.1	-8.6	3.1	29.5	10.9	10.8	7.8	7.8	8.7	9.4	9.9
03:30	19.2	15.7	11.6	10.2	0.9	102.4	3.1	-8.7	3.2	27.4	11.2	11.1	7.9	7.9	8.8	9.4	10.1
04:00	19.4	15.9	11.3	10.2	1.1	102.4	3.2	-8.4	3.2	27.6	11.1	11.0	8.0	8.1	8.6	9.5	10.2
04:30	18.9	15.6	11.3	10.1	1.2	102.6	3.2	-8.5	3.2	27.6	11.4	11.0	7.9	8.1	8.7	9.5	10.2

05:00	18.2	13.5	11.2	10.3	1.1	103.5	3.1	-8.2	3.1	37.8	11.1	10.9	7.8	8.1	8.6	9.4	10.6
05:30	15.4	12.4	11.3	11.2	1.8	105.6	3.5	-7.6	3.5	38.9	11.2	10.9	7.8	8.1	8.7	9.5	10.7
06:00	14.5	10.5	8.5	12.6	2.1	106.5	4.0	-7.5	4.1	39.5	11.3	11.1	7.9	8.5	9.1	9.8	10.8
06:30	13.5	9.5	8.9	12.6	2.2	107.5	4.1	-7.4	4.2	40.2	12.1	11.9	7.8	8.1	9.6	10.5	10.8
07:00	13.2	9.4	8.5	12.7	2.1	108.9	4.1	-6.8	4.3	40.3	12.5	11.8	7.8	8.4	9.7	10.8	10.9
07:30	13.1	8.9	6.8	13.1	3.2	110.2	4.4	-6.5	4.5	40.2	13.1	12.8	7.7	8.5	9.5	11.1	11.8

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve şiddeti
17:00	13.1	13.5	13.6	4.2	14.2	0.043	0.27	1800	2.89	40	E 2.4
17:30	13.1	13.4	13.6	4.5	15.2	0.043	0.27	1800	2.85	45	
18:00	11.8	12.4	12.5	5.2	15.3	0.043	0.27	1800	2.92	43	E 1.1
18:30	10.8	11.6	11.5	5.4	15.6	0.043	0.27	1750	3.00	45	
19:00	10.8	11.4	11.5	5.6	15.6	0.043	0.27	1850	3.12	45	NW 1.3
19:30	10.4	10.8	11.2	5.4	15.6	0.043	0.27	1850	3.07	46	
20:00	10.6	10.9	11.3	5.6	16.4	0.043	0.27	1750	3.07	47	NW 1.0
20:30	10.7	11.2	11.4	5.8	16.4	0.043	0.27	1850	3.03	48	
21:00	10.6	10.8	11.4	5.5	16.5	0.043	0.27	1750	3.15	49	WNW 0.8
21:30	10.5	10.9	11.1	5.2	16.2	0.043	0.27	1650	3.10	44	
22:00	10.2	10.5	10.8	5.3	16.2	0.043	0.27	1800	3.17	48	NNW 1.4
22:30	10.2	10.4	10.7	5.2	16.5	0.043	0.27	1750	3.13	47	
23:00	10.2	10.4	10.6	5.1	16.3	0.043	0.27	1800	3.02	46	NW 1.3
23:30	10.2	10.4	10.6	5.1	16.7	0.043	0.27	1650	3.01	45	
24:00	10.2	10.5	10.8	5.2	16.8	0.043	0.27	1550	3.23	46	
00:30	10.3	10.5	10.9	5.2	16.4	0.043	0.27	1550	3.29	42	
01:00	10.3	10.5	10.9	5.3	16.4	0.043	0.27	1650	3.10	47	
01:30	10.3	10.5	10.7	5.4	16.2	0.043	0.27	1550	3.20	46	
02:00	10.4	10.7	11.1	5.4	16.2	0.043	0.27	1650	3.32	45	
02:30	10.3	10.5	10.7	5.4	15.8	0.043	0.27	1750	3.07	47	
03:00	10.2	10.5	10.8	5.5	15.9	0.043	0.27	1750	3.08	48	
03:30	10.5	10.8	11.1	5.6	15.8	0.043	0.27	1650	3.18	46	
04:00	10.5	10.8	11.0	5.5	15.7	0.043	0.27	1650	3.15	47	
04:30	10.6	10.8	11.0	5.5	16.1	0.043	0.27	1700	3.03	46	

05:00	10.7	10.8	10.9	5.2	16.2	0.043	0.27	1750	2.96	45	
05:30	10.7	10.7	10.9	5.8	15.8	0.043	0.27	1800	2.89	48	
06:00	10.8	10.9	11.1	5.6	15.9	0.043	0.27	1700	3.00	45	
06:30	10.8	11.1	11.5	5.3	16.2	0.043	0.27	1850	2.54	46	
07:00	10.8	11.5	11.8	5.4	16.3	0.043	0.27	1850	2.88	47	
07:30	11.9	12.4	12.8	5.5	16.4	0.043	0.27	1850	2.99	47	

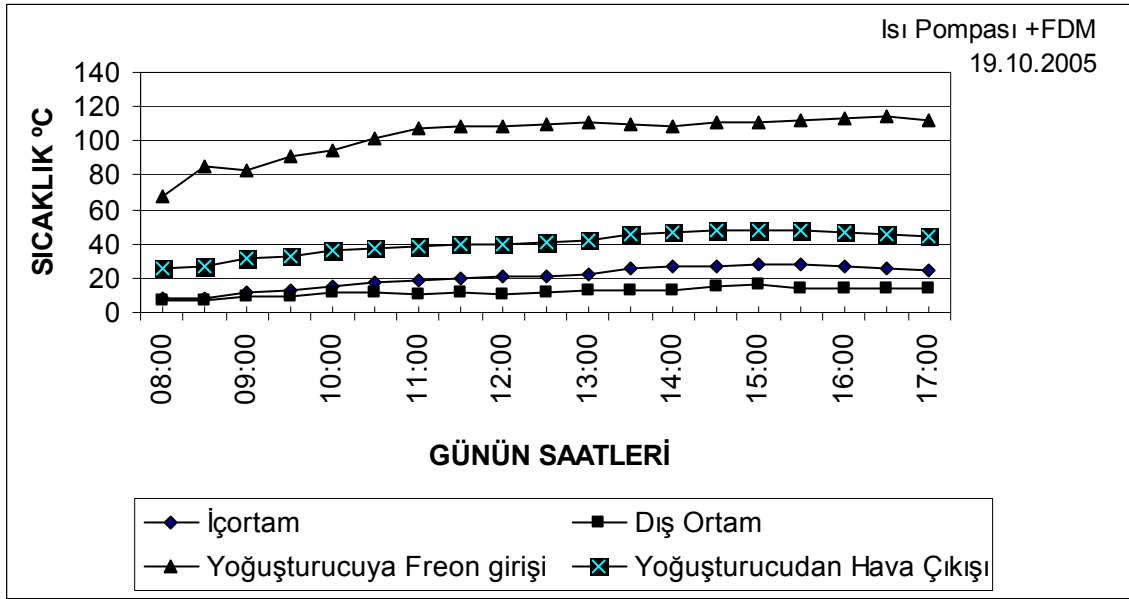
EK-2

Tablo Ek-2.31 Isı Pompası +FDM 09.04.2006

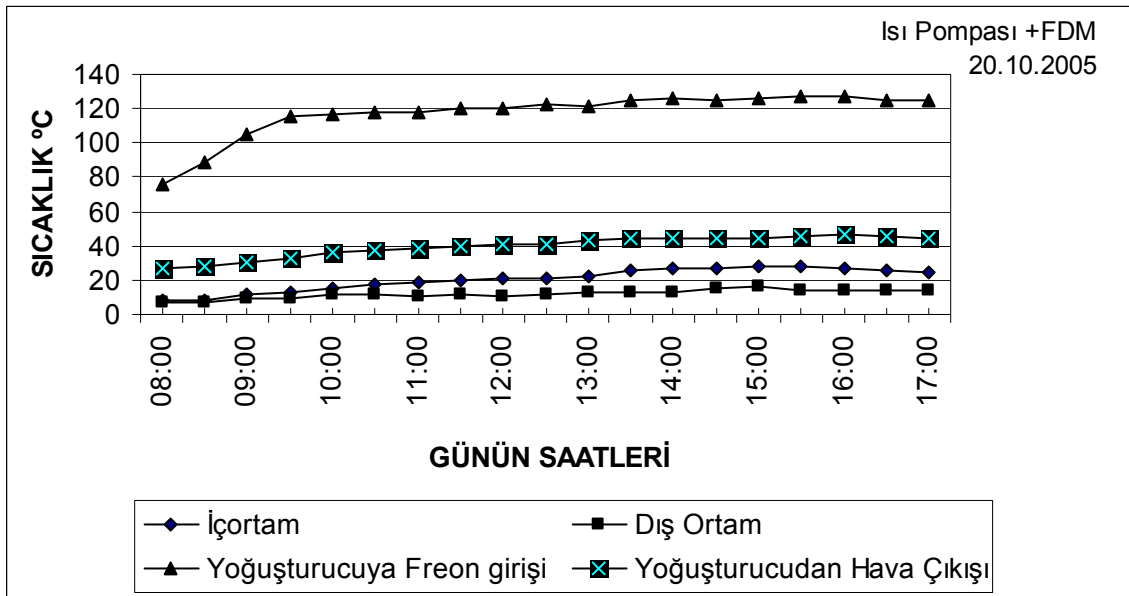
SAATLER	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄	T ₂₅	T ₂₆	T ₂₇	T ₂₈	T ₂₉
08:00	-	-	-	10.6	3.1	78.4	-2	-7	-2	25.5	9.3	8.5	6.5	6.8	7.2	7.4	7.6
08:30	-	-	-	10.8	4.3	84.5	-2.1	-7.4	-2.1	27.8	9.5	8.6	5.9	6.4	7.3	7.5	7.6
09:00	-	-	-	11.7	5.8	88.9	1.6	-7.1	1.6	31.5	9.8	9.4	5.5	6.5	7.1	7.5	8.1
09:30	-	-	-	11.9	6.1	92.5	1.7	-6.6	1.7	31.5	10.2	9.7	6.5	6.8	7.5	8.3	8.7
10:00	18.5	15.6	12.5	12.9	6.5	95.6	1.8	-5.8	1.8	32.1	10.8	10.5	7.4	7.6	8.5	9.4	9.6
10:30	20.4	18.5	15.2	13.5	6.8	95.7	2.4	-5.7	2.5	33.5	11.1	10.8	7.6	7.8	8.6	9.5	10.0
11:00	22.5	20.1	16.4	14.1	7.8	97.8	2.4	-6.4	2.5	34.5	11.2	10.8	7.9	8.2	8.9	9.7	10.0
11:30	23.6	21.4	17.4	14.6	7.6	98.5	2.8	-6.5	2.8	35.6	11.1	10.7	7.8	8.3	8.6	9.7	10.1
12:00	24.5	22.4	18.5	15.1	7.5	99.7	2.6	-6.4	2.6	35.9	11.2	10.7	7.7	8.2	8.6	9.6	10.0
12:30	26.5	23.5	19.6	16.8	7.6	100.2	2.7	-6.5	2.7	35.8	11.5	11.2	8.5	8.8	9.6	10.0	10.4
13:00	27.5	23.2	24.5	17.1	7.6	100.4	2.7	-6.9	2.7	35.8	12.4	12.1	9.2	9.6	10.6	10.9	11.5
13:30	28.4	24.5	20.1	17.2	8.2	100.3	3.7	-6.8	3.8	35.9	11.6	11.4	8.2	9.0	9.6	10.0	10.6
14:00	29.6	25.4	20.1	17.3	8.5	100.4	2.4	-6.7	3.5	35.6	11.8	11.3	8.3	8.4	9.6	10.1	10.4
14:30	30.1	26.5	21.2	17.6	8.7	104.5	3.5	-6.5	3.5	35.7	11.6	11.2	8.4	8.6	9.2	10.3	10.5
15:00	32.1	27.5	22.5	17.6	8.9	103.5	3.6	-6.5	3.6	36.5	11.5	11.1	8.2	8.5	9.1	10.2	10.5
15:30	33.1	28.5	23.5	16.8	7.1	102.5	3.5	-6.4	3.5	36.4	11.2	11.0	8.0	8.2	8.8	9.8	10.4
16:00	32.1	27.4	24.5	16.6	6.5	104.5	3.6	-6.2	3.6	36.2	10.8	10.6	7.3	7.8	8.6	9.6	9.7
16:30	31.5	27.8	23.5	15.7	6.5	103.2	3.4	-6.4	3.4	36.8	10.6	10.2	7.4	7.6	8.4	9.4	9.6
17:00	30.2	26.8	23.5	15.8	6.4	102.5	3.7	-6.4	3.8	36.5	10.5	10.2	7.5	7.8	8.5	9.4	9.6

	T ₃₀	T ₃₁	T ₃₂	P ₁	P ₂	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	P _{sis}	COP _{sis}	Bağ. Nem	Rüzgar yönü ve Şiddeti
08:00	7.8	8.0	8.5	4.5	13.8	0.043	0.27	1750	2.69	69	E-5.6
08:30	7.8	8.1	8.6	4.5	14.2	0.043	0.27	1750	2.94	68	-
09:00	8.3	8.5	9.4	4.6	14.5	0.043	0.27	1750	3.10	66	ESE-5.0
09:30	9.2	9.4	9.7	4.7	14.8	0.043	0.27	1750	3.37	58	-
10:00	9.9	10.2	10.5	4.7	14.6	0.043	0.27	1750	3.28	52	E-3.3
10:30	10.4	10.6	10.8	4.7	15.1	0.043	0.27	1650	3.22	49	-
11:00	10.5	10.6	10.8	4.8	14.7	0.043	0.27	1750	3.10	47	E-5.4
11:30	10.4	10.5	10.7	4.8	14.8	0.043	0.27	1750	3.16	47	-
12:00	10.4	10.5	10.7	4.9	15.1	0.043	0.27	1750	3.25	48	E-5.3
12:30	10.6	11.0	11.2	4.6	15	0.043	0.27	1750	3.22	48	-
13:00	11.8	12.1	12.1	4.5	15	0.043	0.27	1650	3.07	49	E-5.1
13:30	10.8	11.0	11.4	4.5	15	0.043	0.27	1650	3.07	52	-
14:00	10.6	10.8	11.2	4.5	14.8	0.043	0.27	1650	2.99	55	E-4.4
14:30	10.7	11.0	11.2	4.5	14.7	0.043	0.27	1650	2.97	51	-
15:00	10.8	10.9	11.1	4.6	14.6	0.043	0.27	1750	2.93	52	E-4.7
15:30	10.6	10.8	11.0	4.7	14.5	0.043	0.27	1750	3.03	51	-
16:00	10.0	10.2	10.6	4.7	14.2	0.043	0.27	1750	3.03	48	E-5.8
16:30	9.8	10.1	10.2	4.7	14.6	0.043	0.27	1750	3.27	47	-
17:00	9.8	10.0	10.2	4.6	14.2	0.043	0.27	1700	3.30	44	E-5.4

EK-2.1

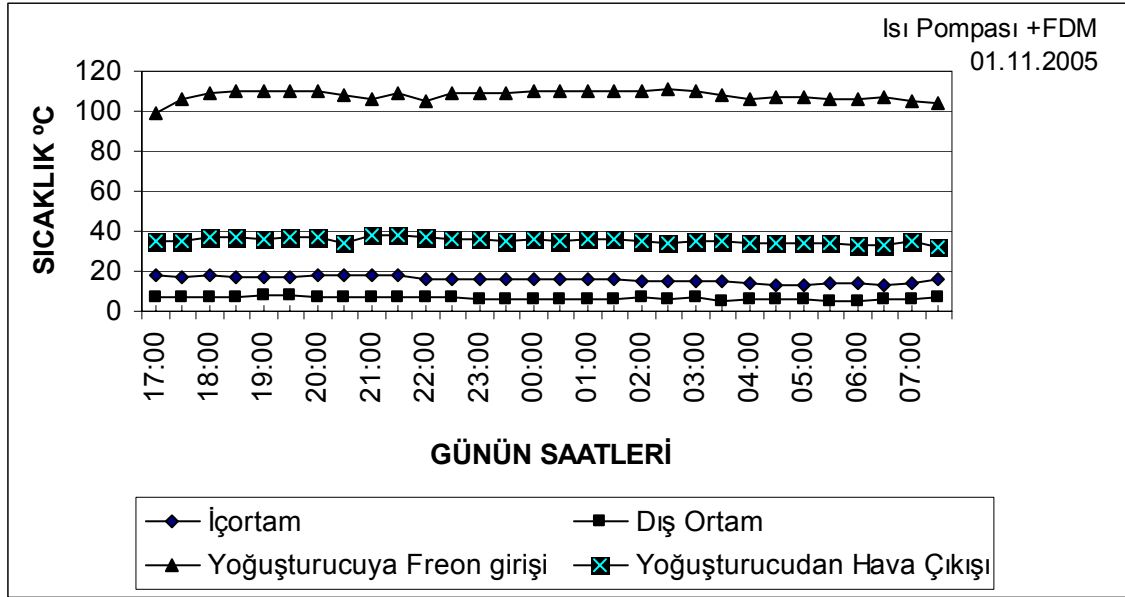


Şekil Ek-2.1 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

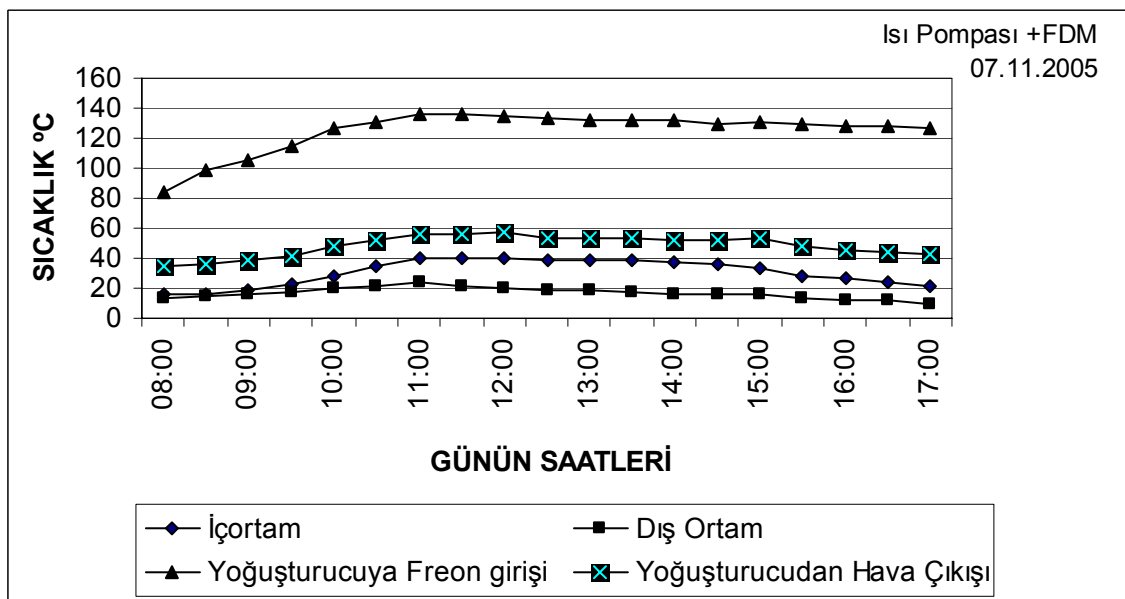


Şekil Ek-2.2 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

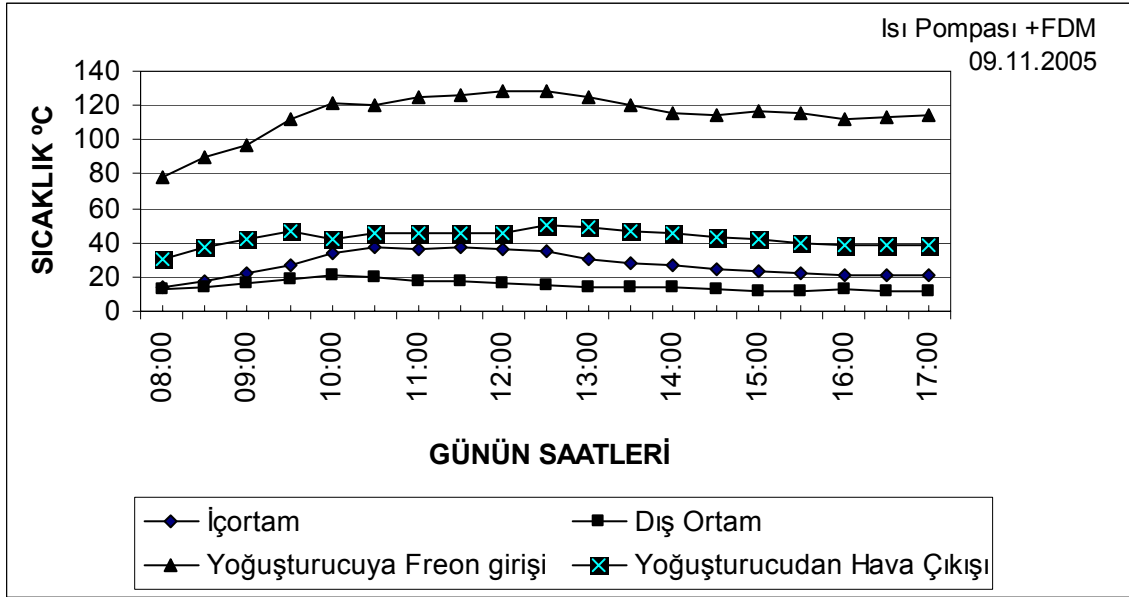


Şekil Ek-2.3 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

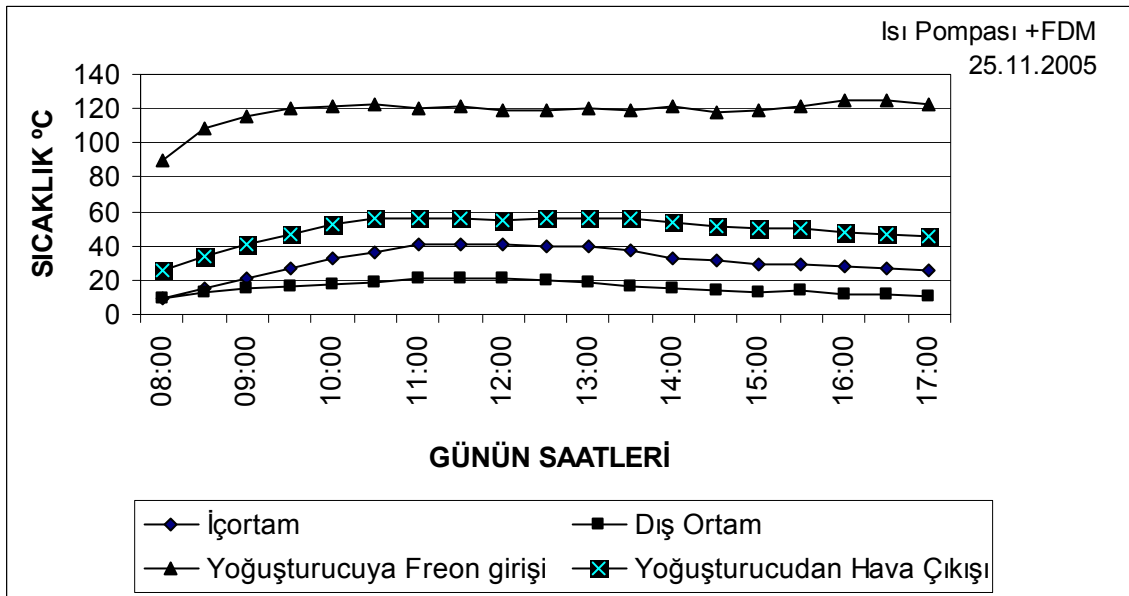


Şekil Ek-2.4 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

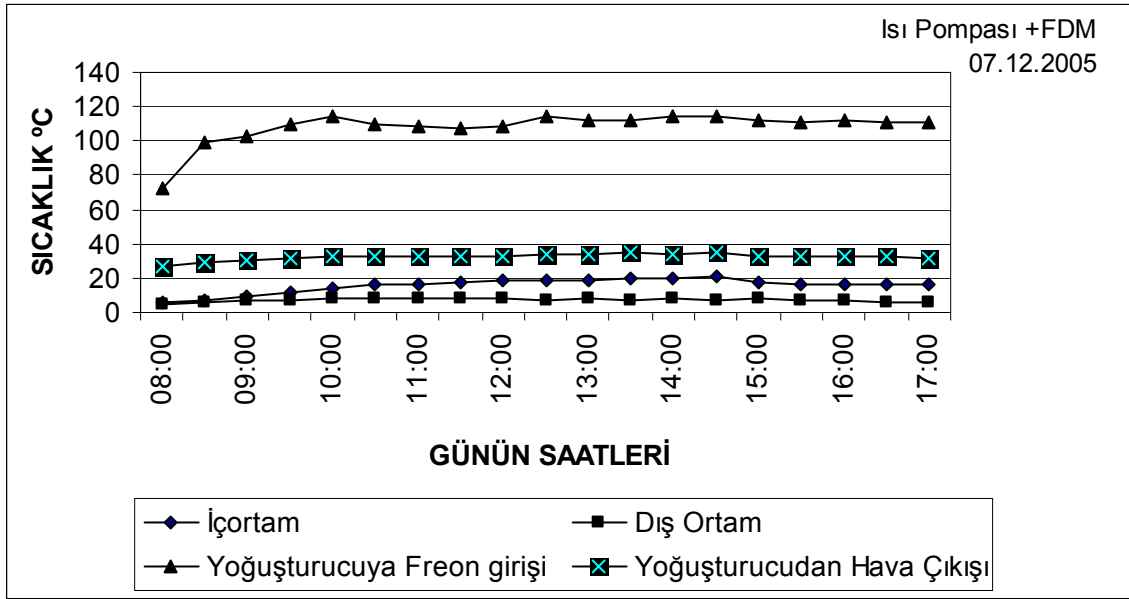


Şekil Ek-2.5 Günü Saati GÖre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

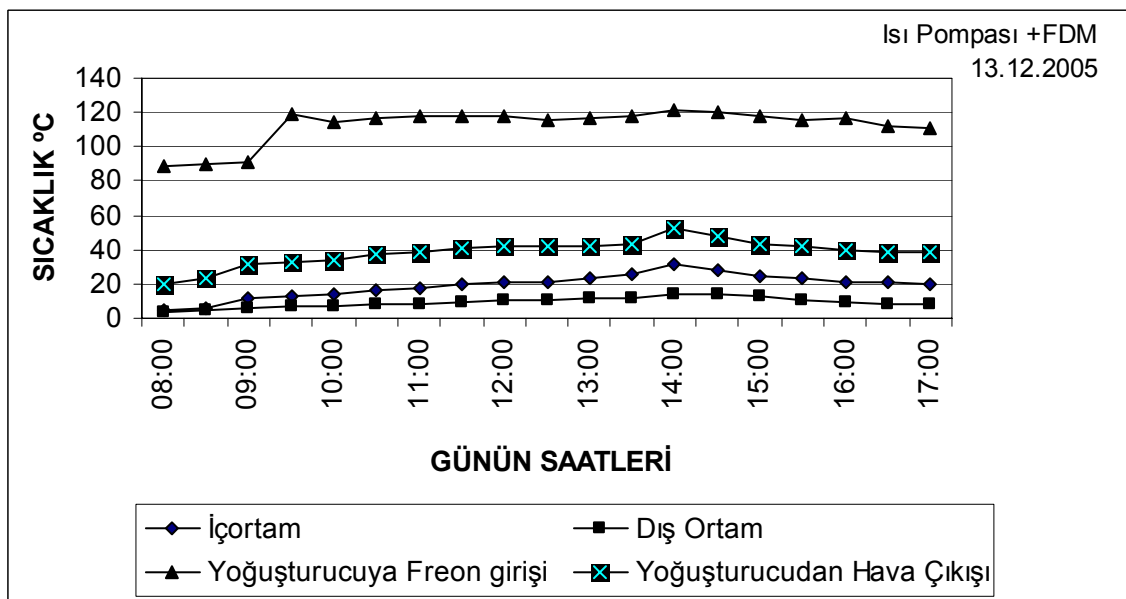


Şekil Ek-2.6 Günü Saati GÖre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

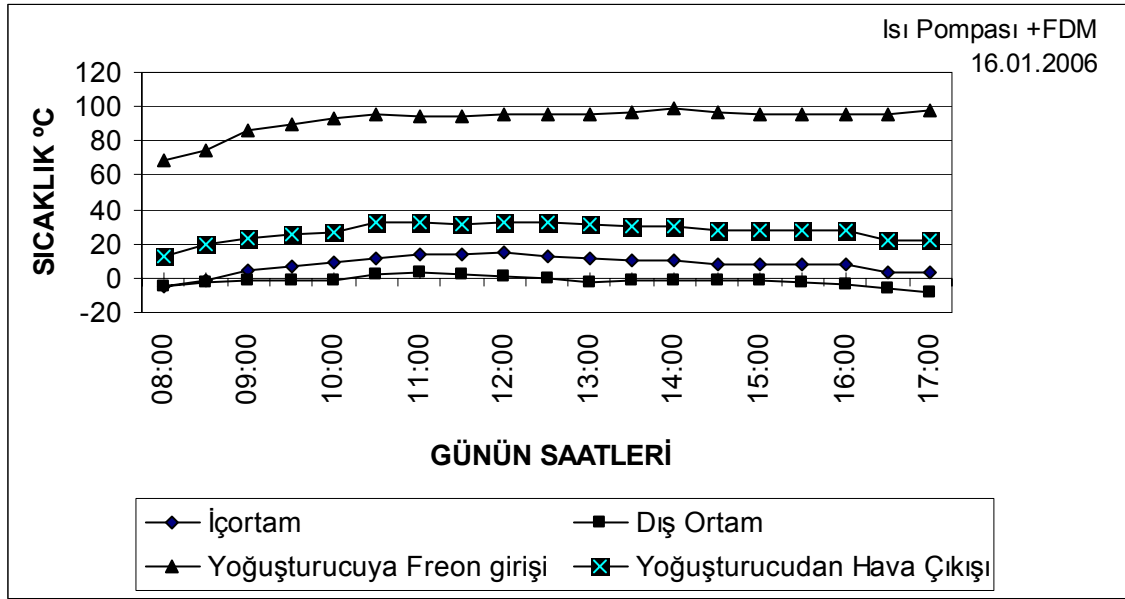


Şekil Ek-2.7 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

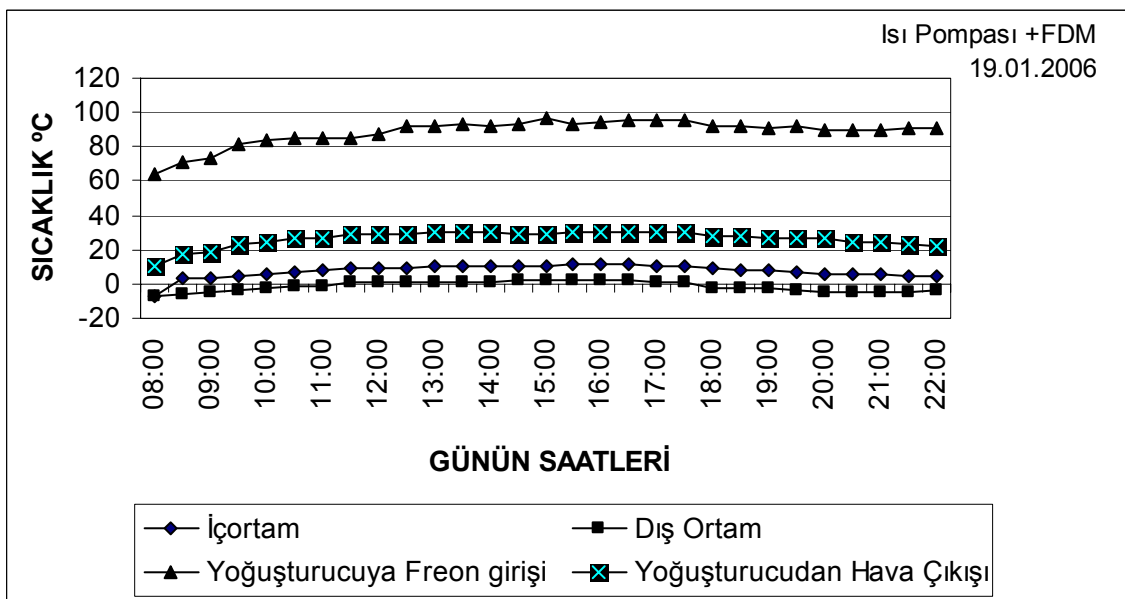


Şekil Ek-2.8 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

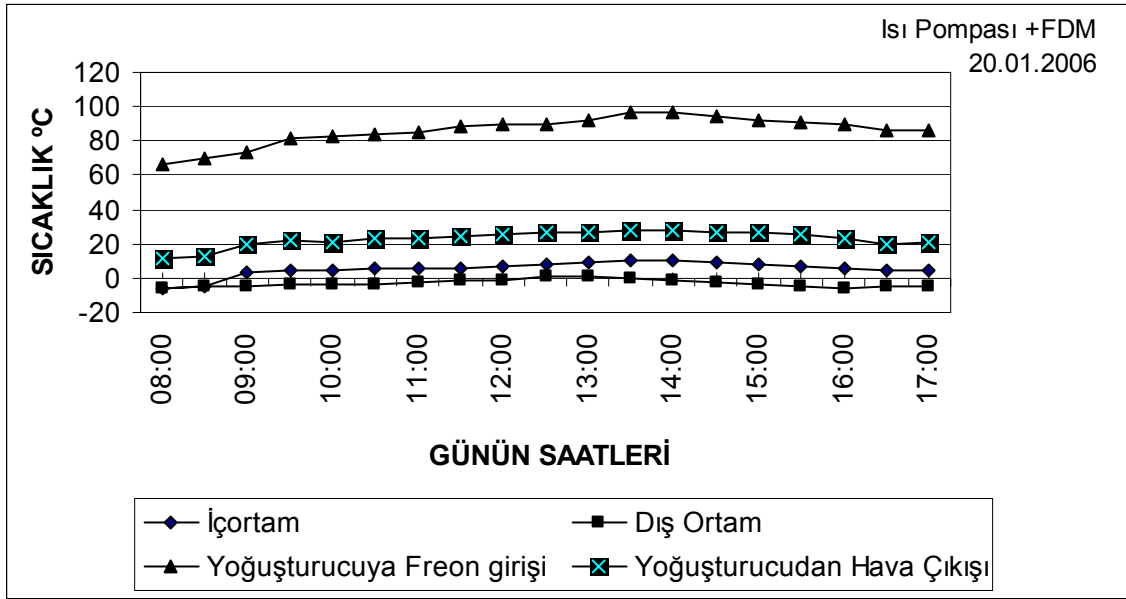


Şekil Ek-2.9 Günü Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

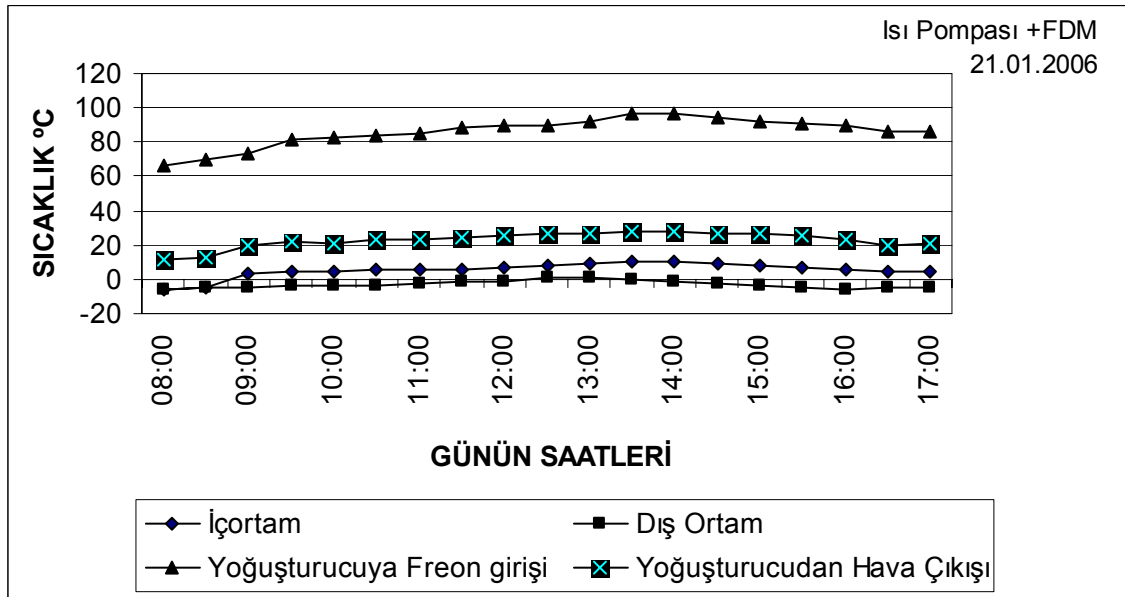


Şekil Ek-2.10 Günü Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

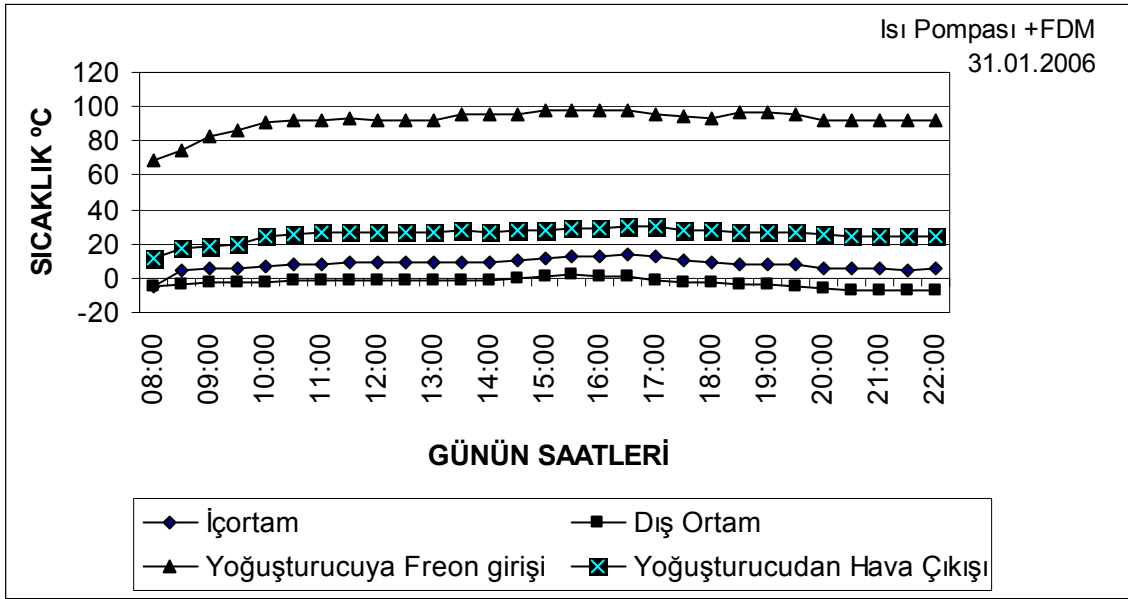


Şekil Ek-2.11 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

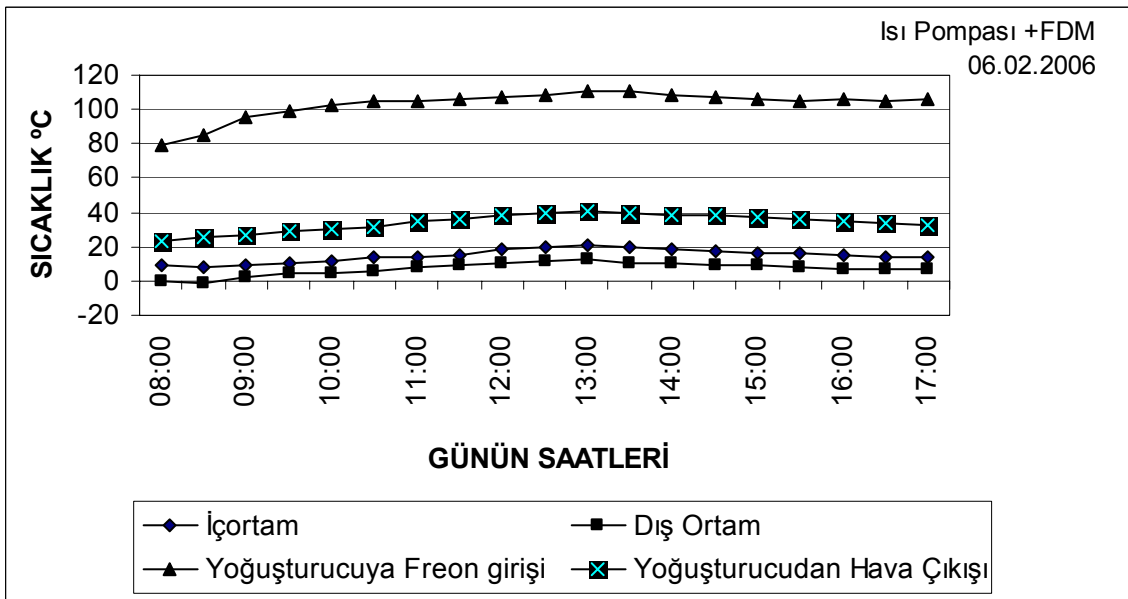


Şekil Ek-2.12 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

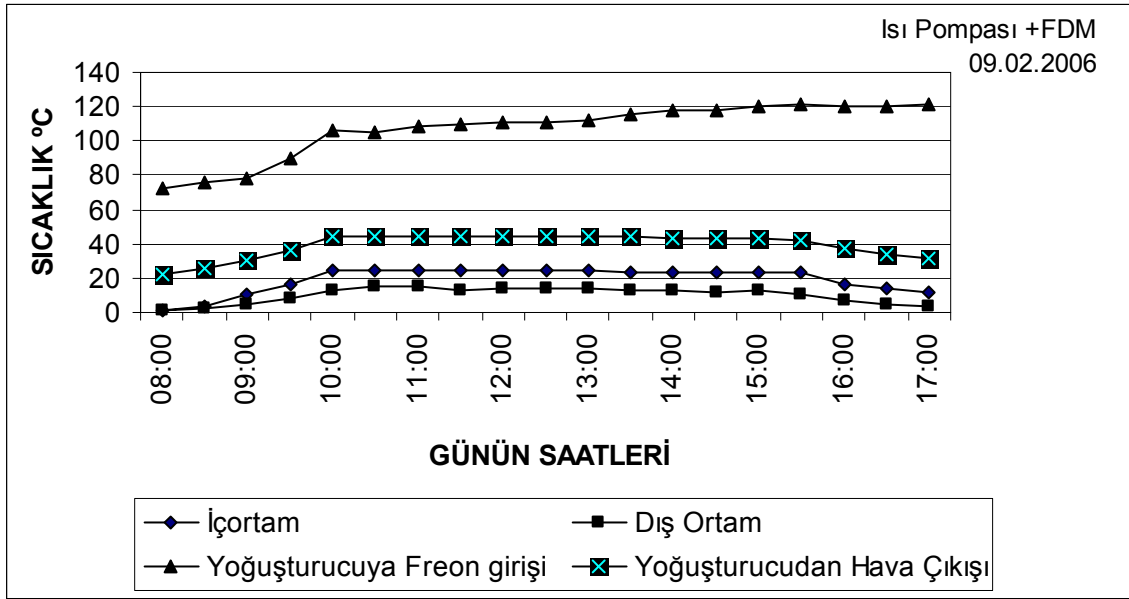


Şekil Ek-2.13 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

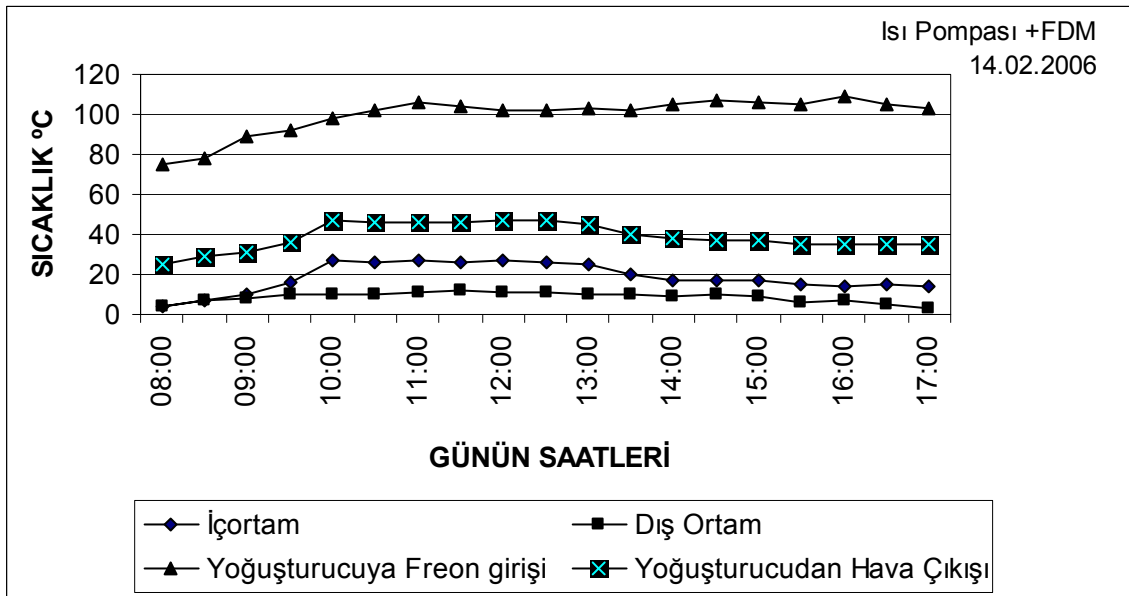


Şekil Ek-2.14 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

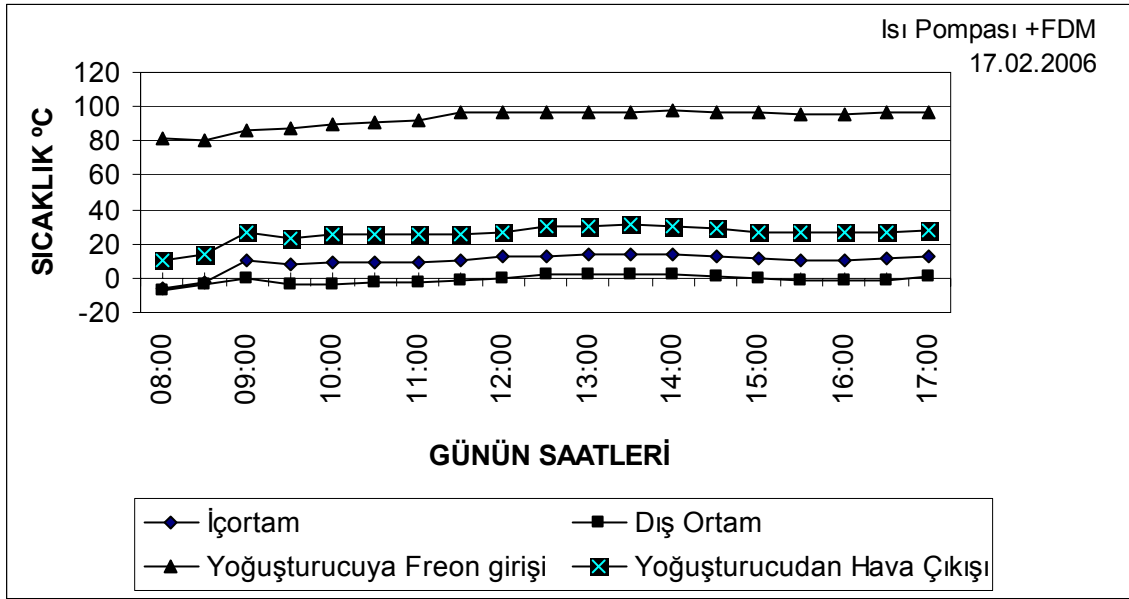


Şekil Ek-2.15 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

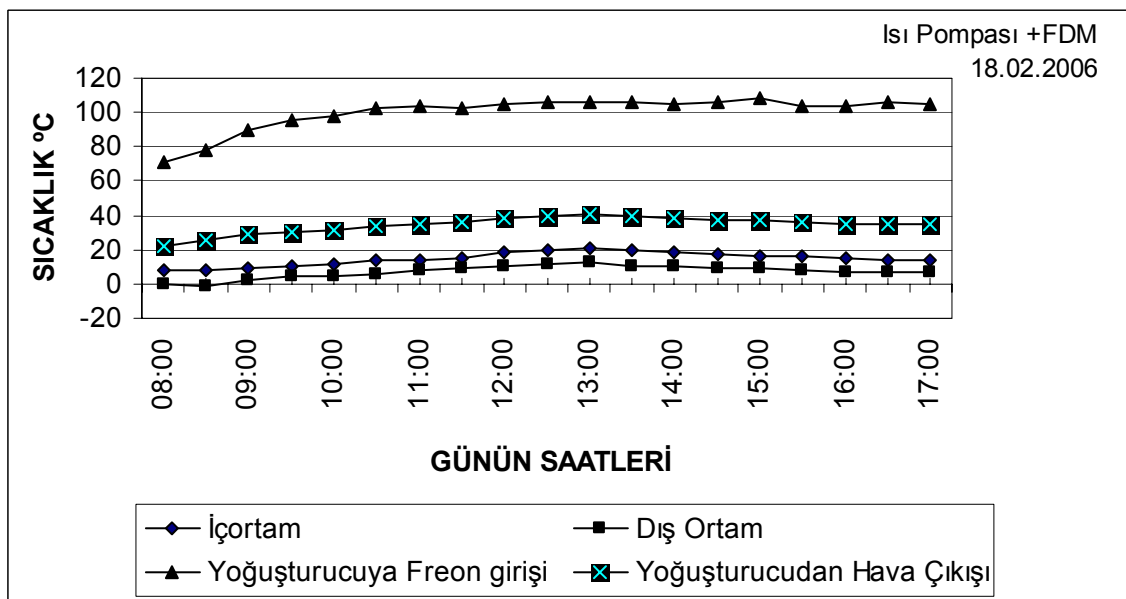


Şekil Ek-2.16 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

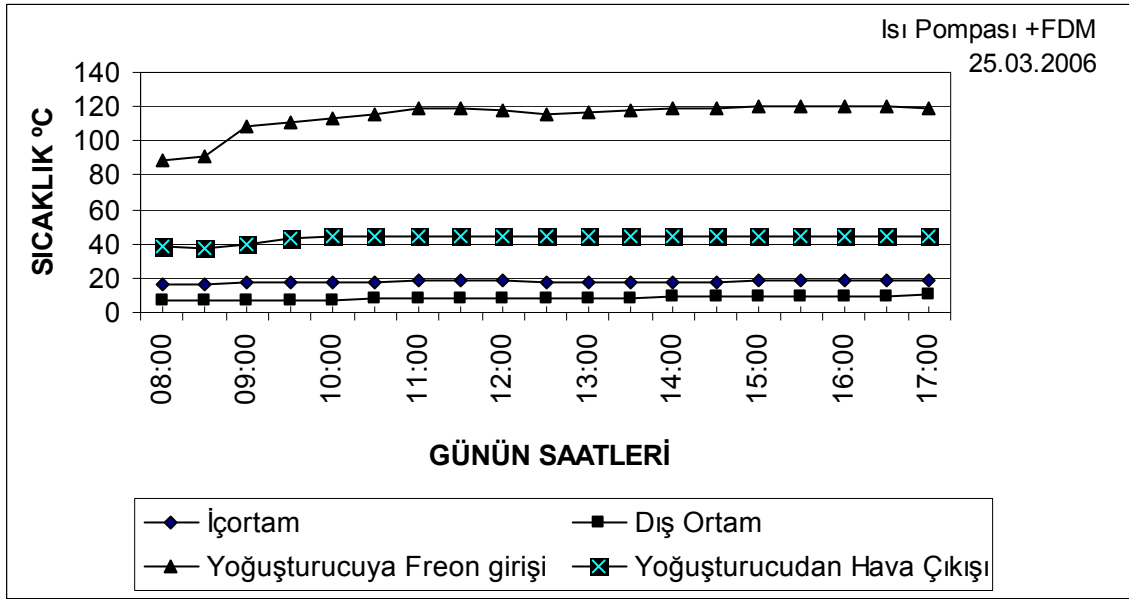


Şekil Ek-2.17 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

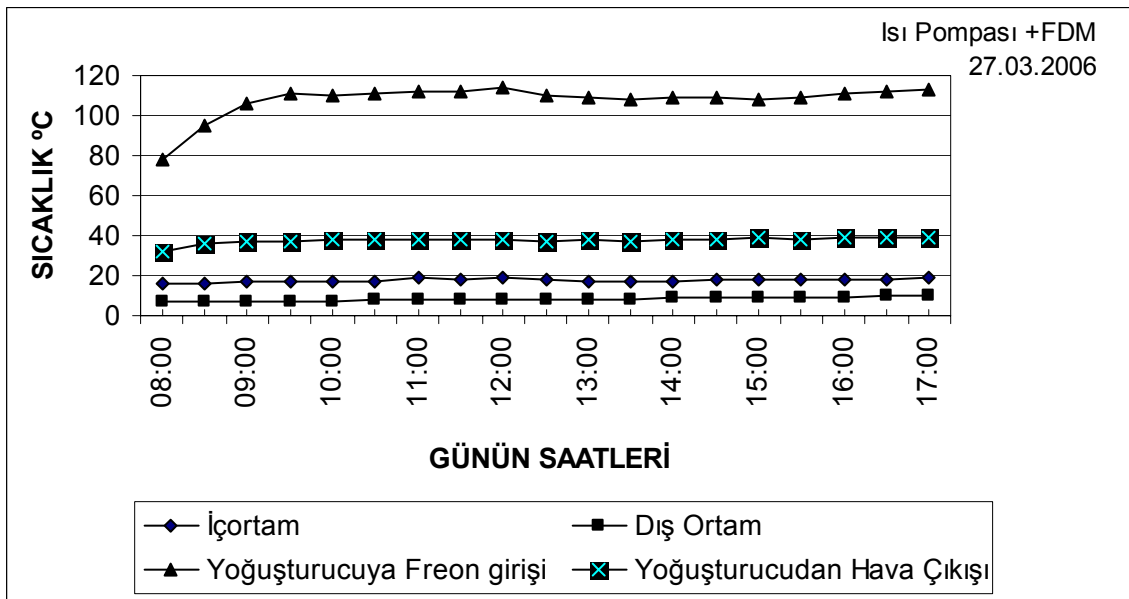


Şekil Ek-2.18 Günü Saatlere Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.1

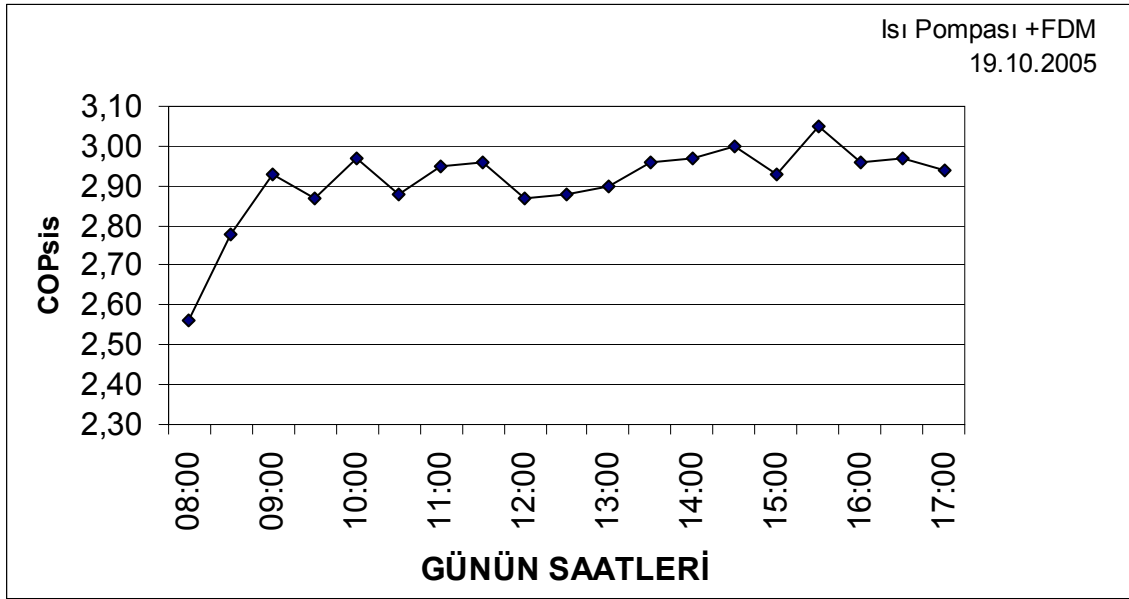


Şekil Ek-2.19 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

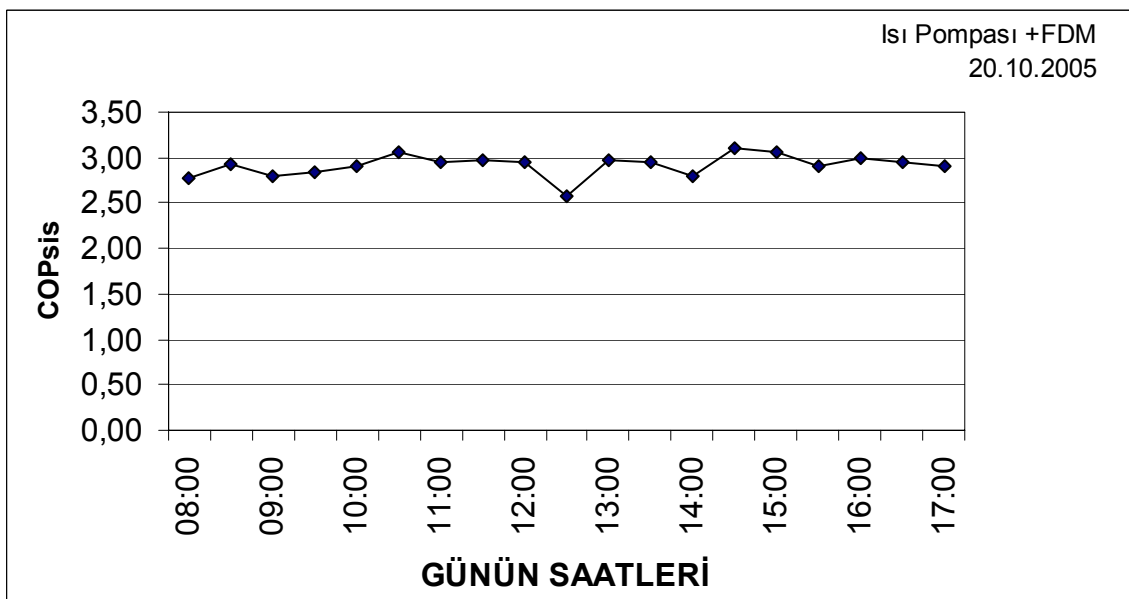


Şekil Ek-2.20 Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

EK-2.2

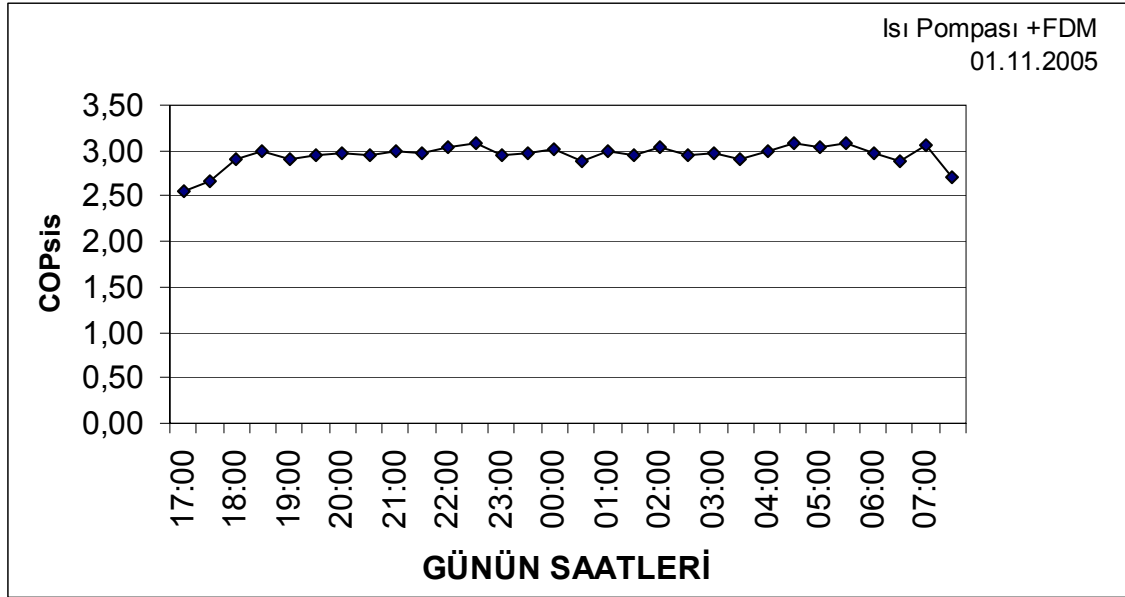


Şekil Ek-2.21 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

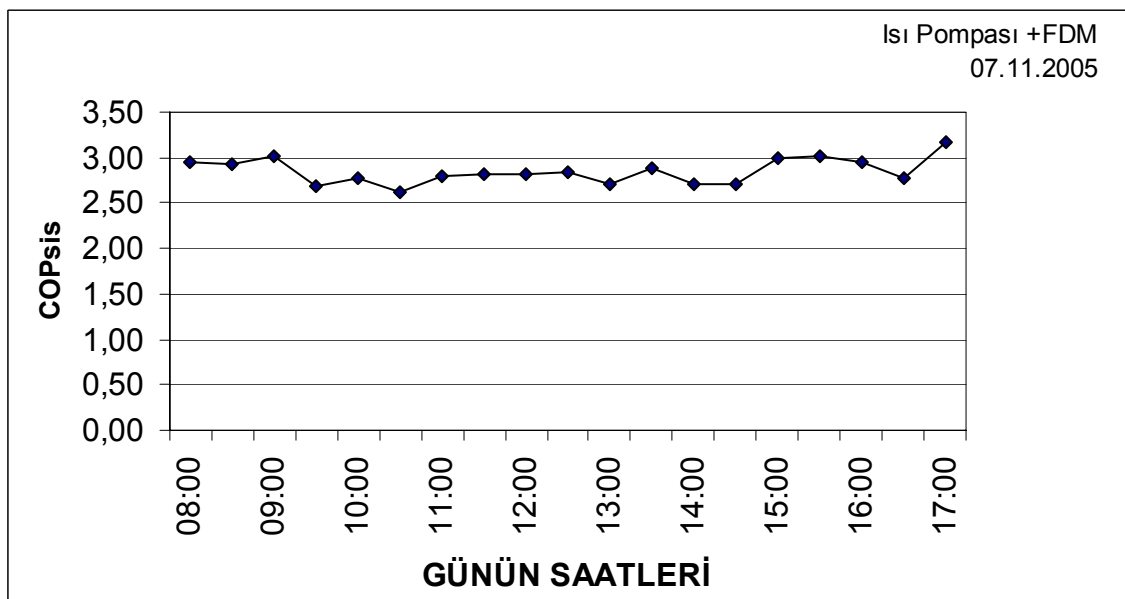


Şekil Ek-2.22 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

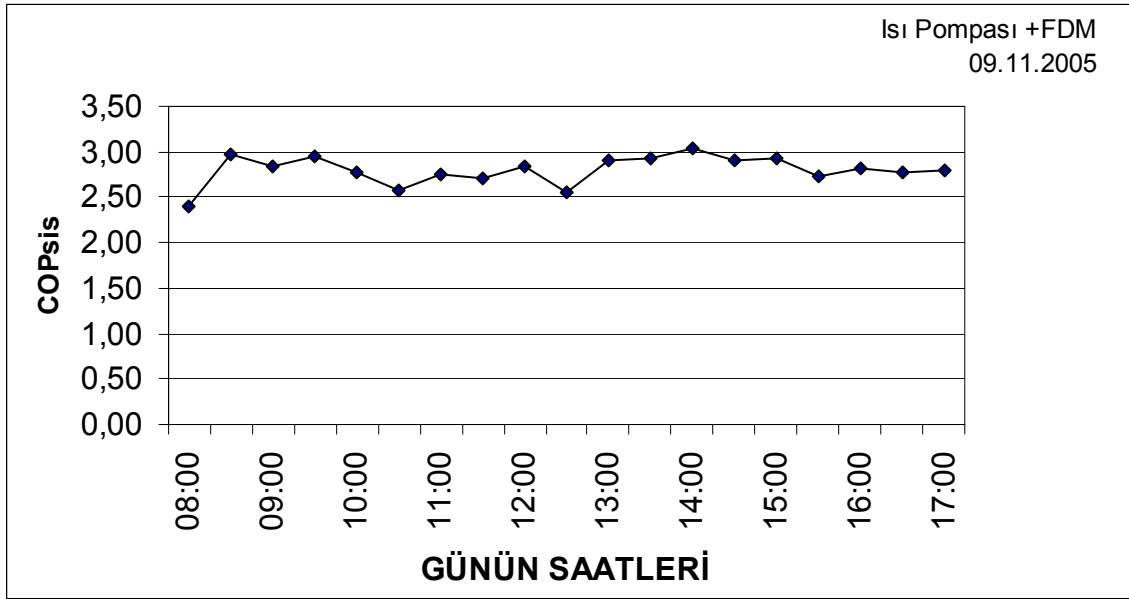


Şekil Ek-2.23 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

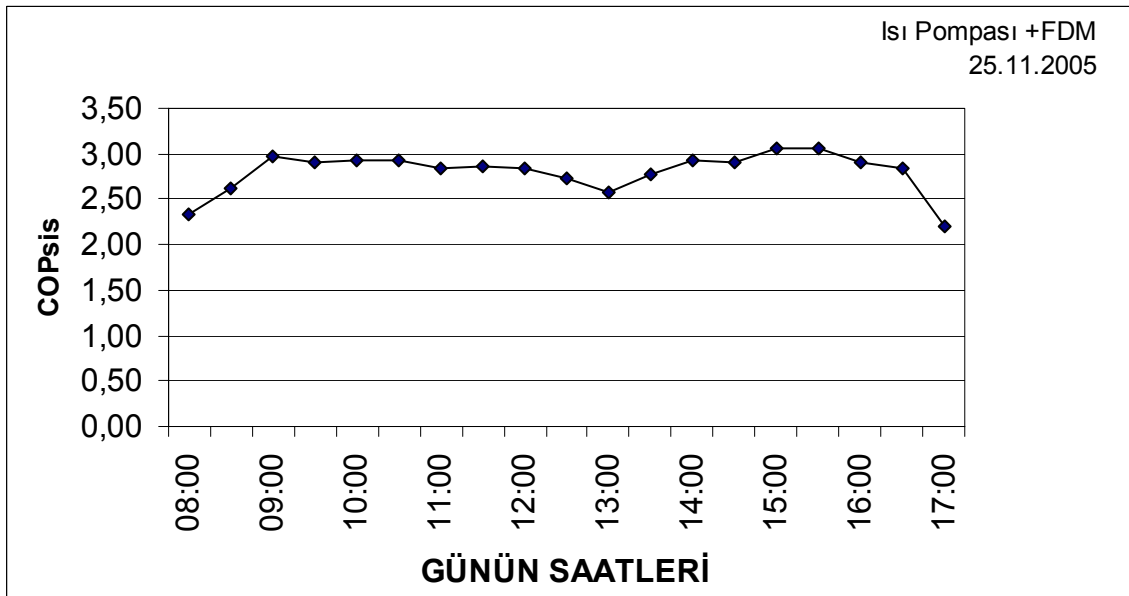


Şekil Ek-2.24 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

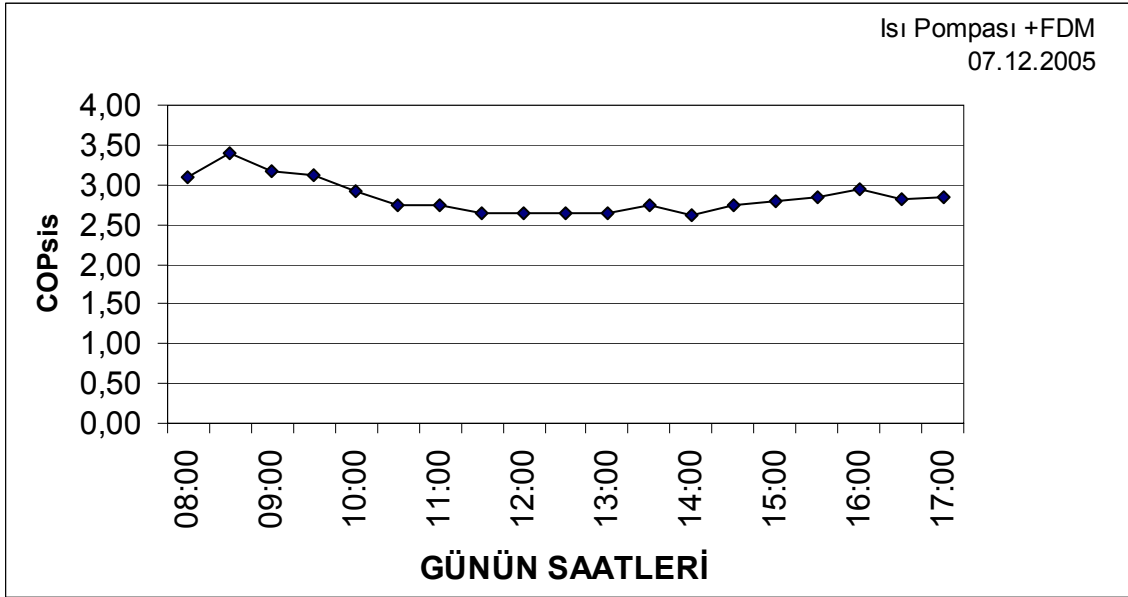


Şekil Ek-2.25 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

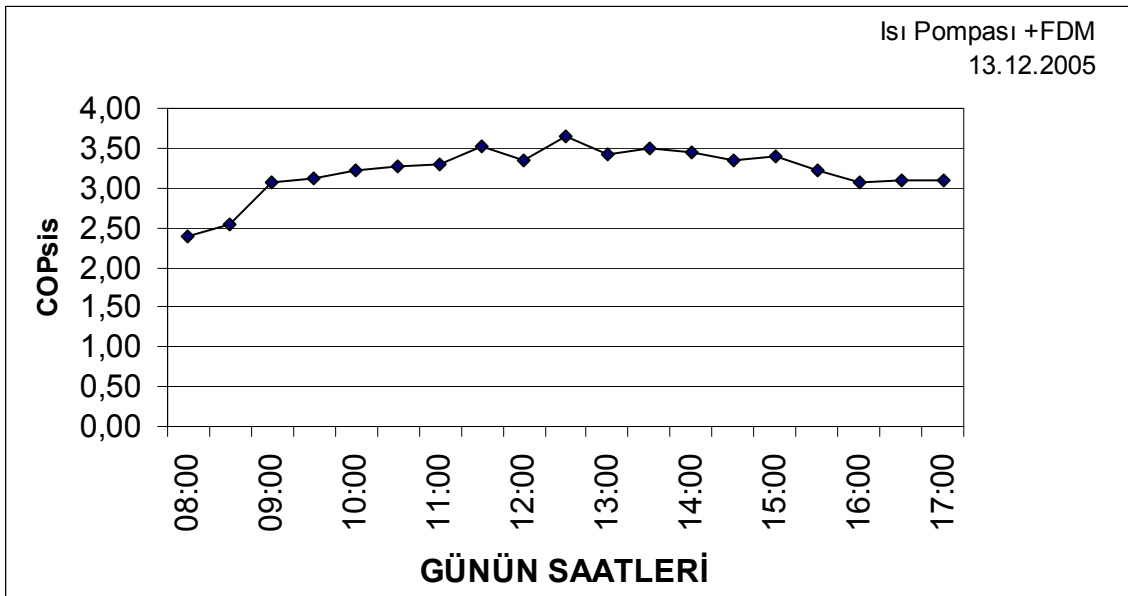


Şekil Ek-2.26 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

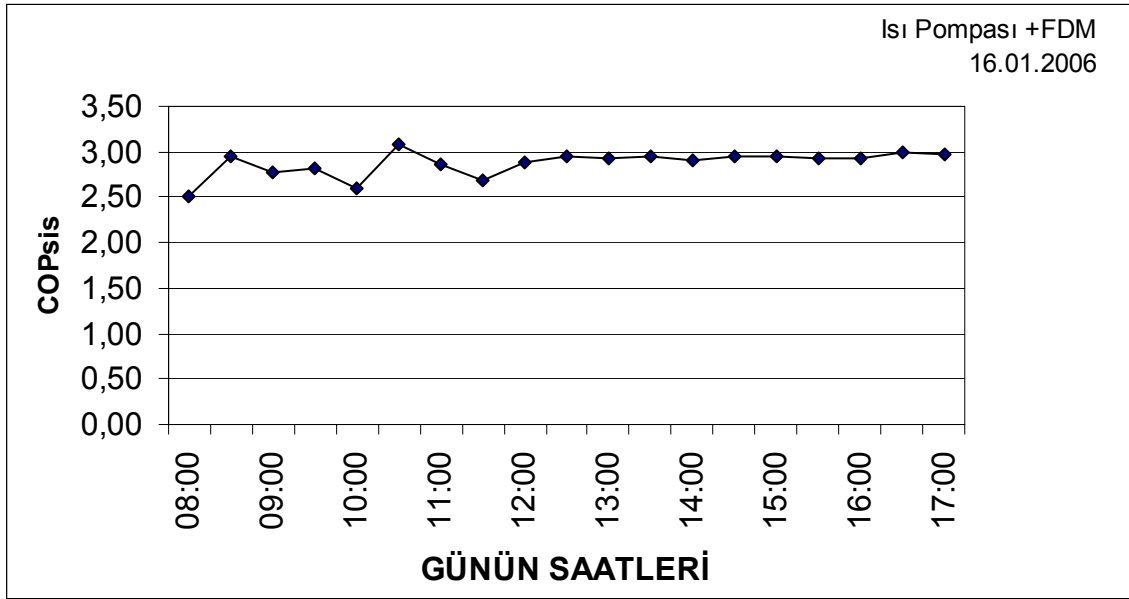


Şekil Ek-2.27 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

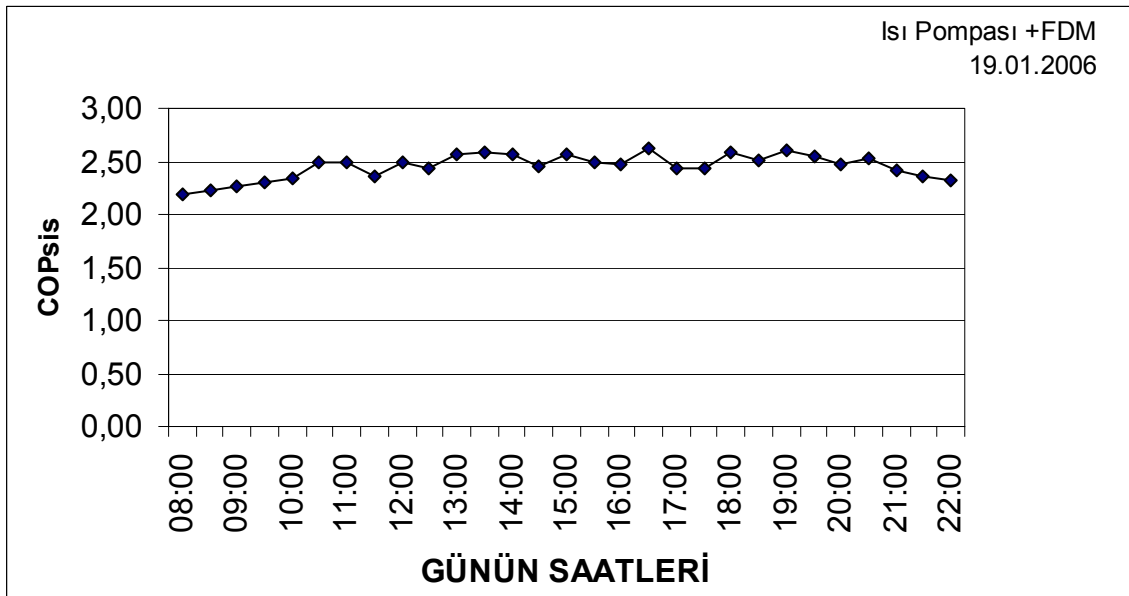


Şekil Ek-2.28 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

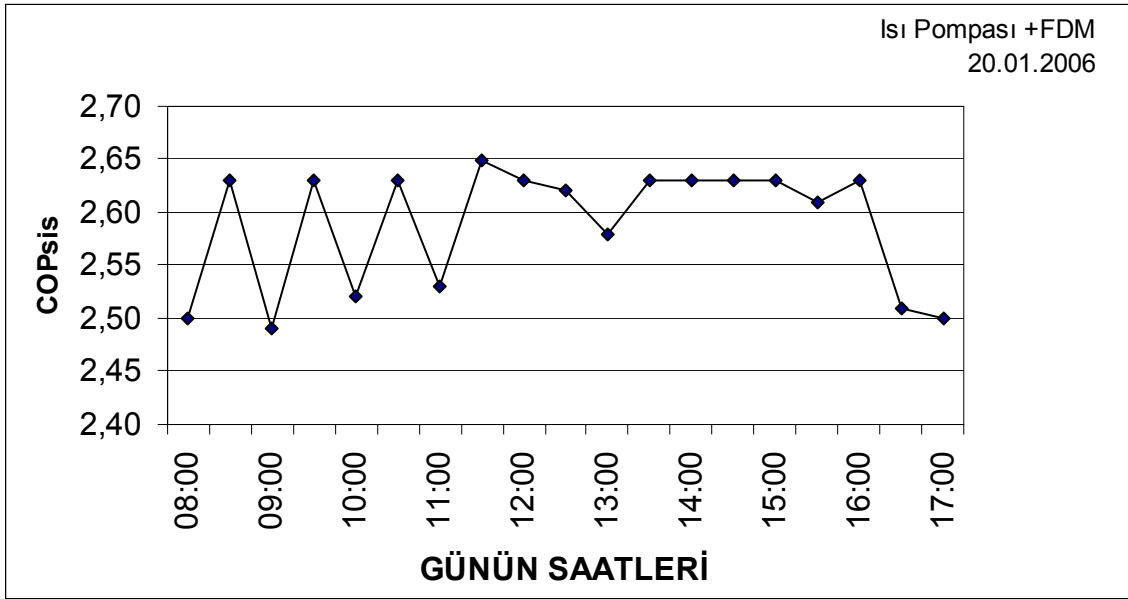


Şekil Ek-2.29 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi



Şekil Ek-2.30 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

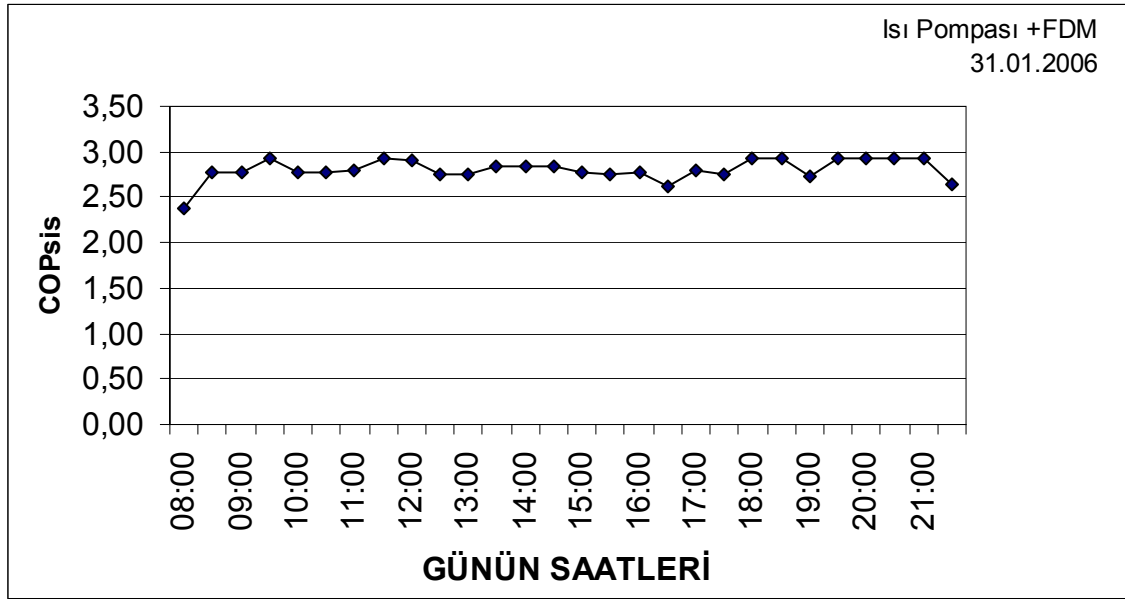


Şekil Ek-2.31 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

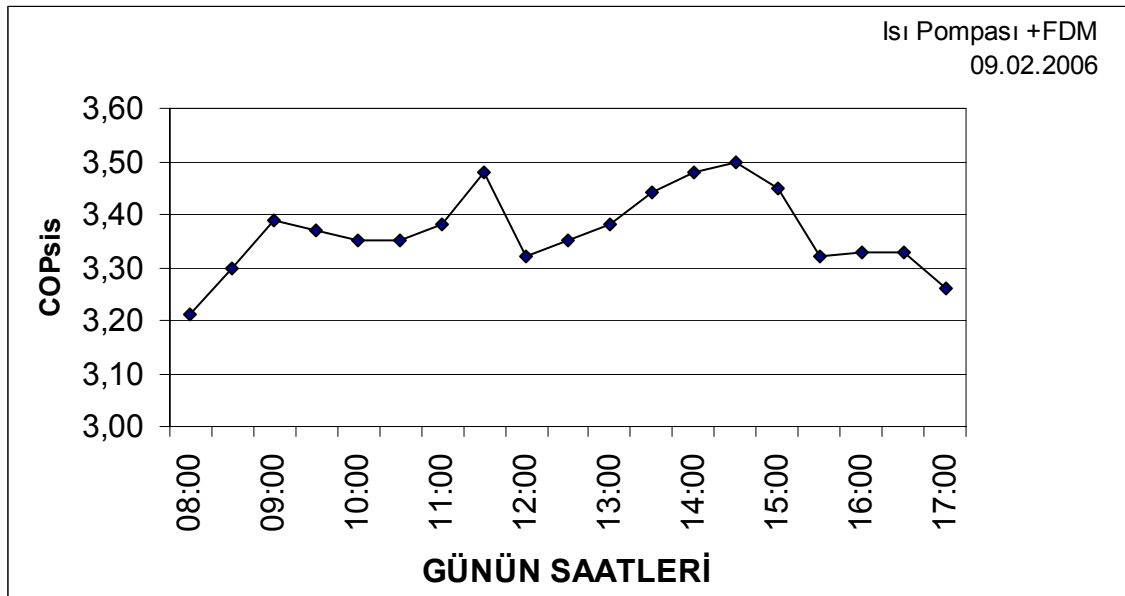


Şekil Ek-2.32 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

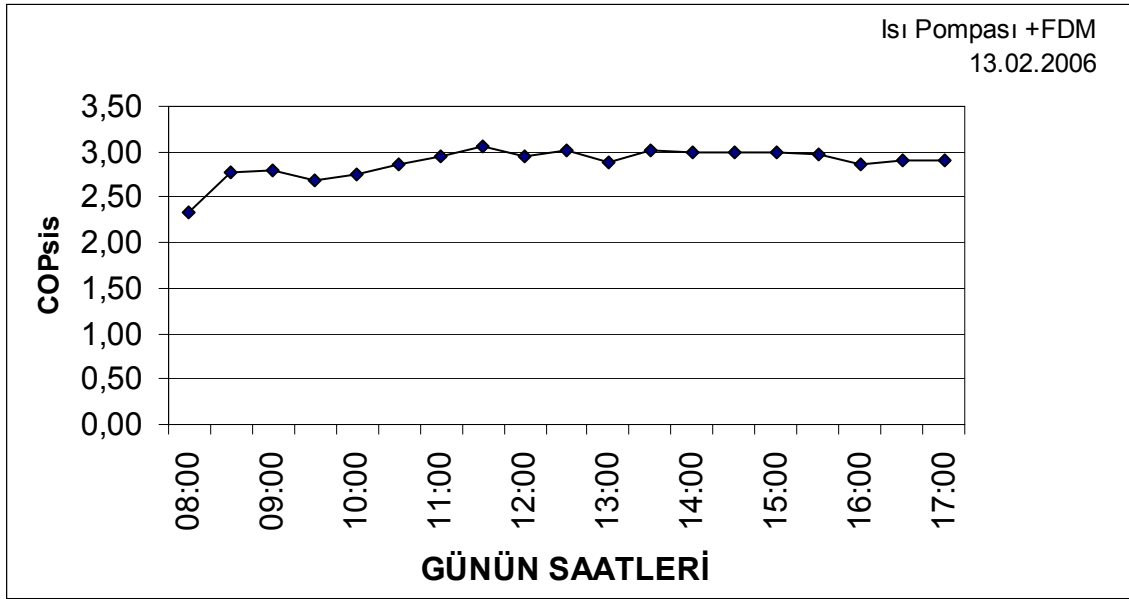


Şekil Ek-2.33 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

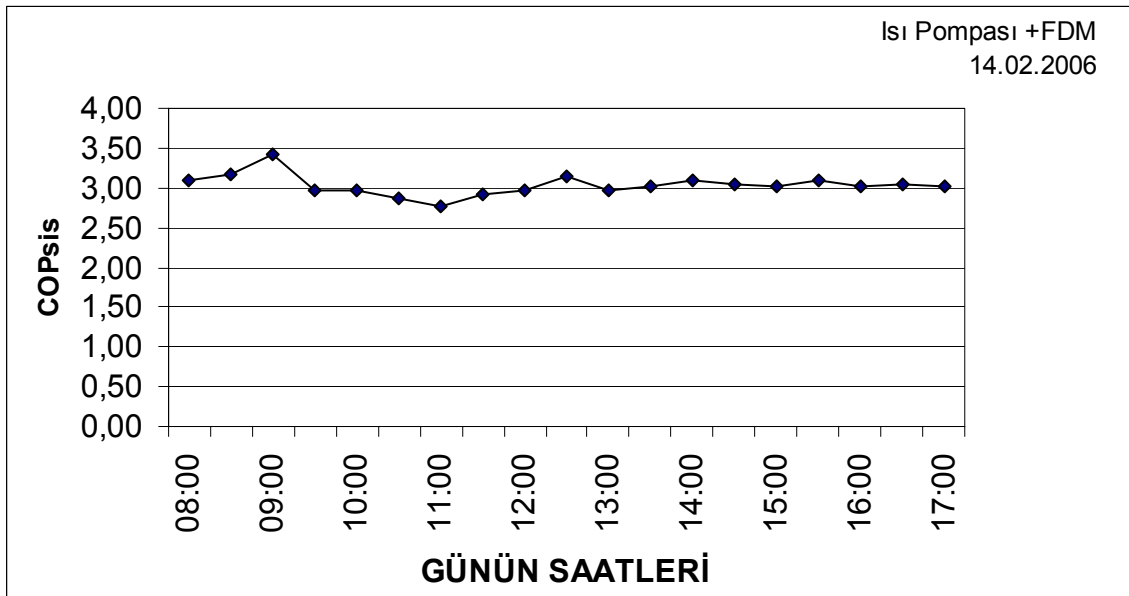


Şekil Ek-2.34 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

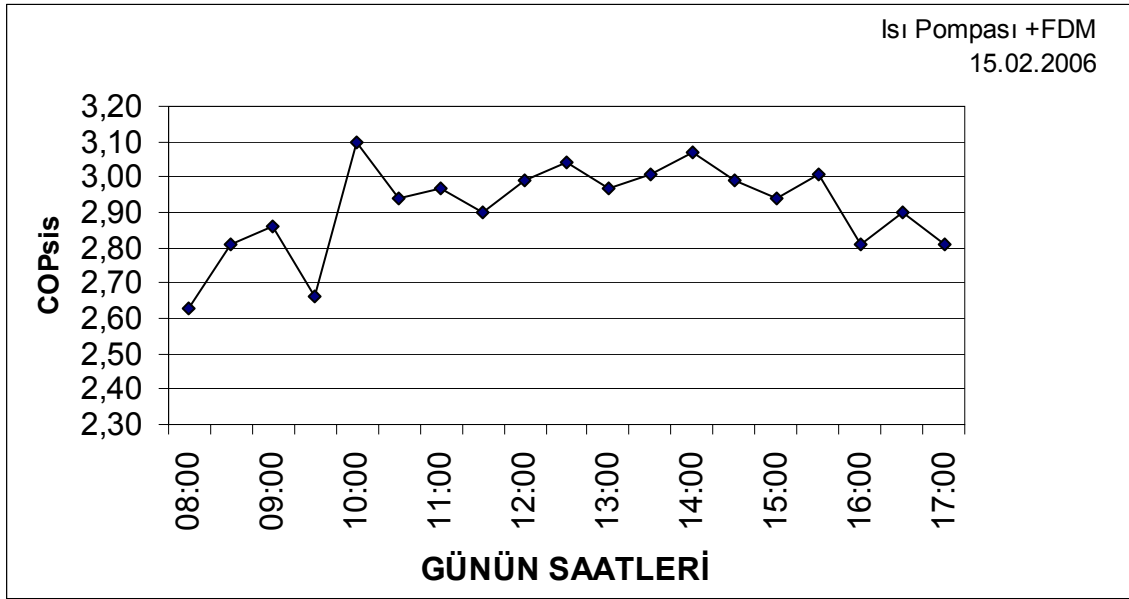


Şekil Ek-2.35 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

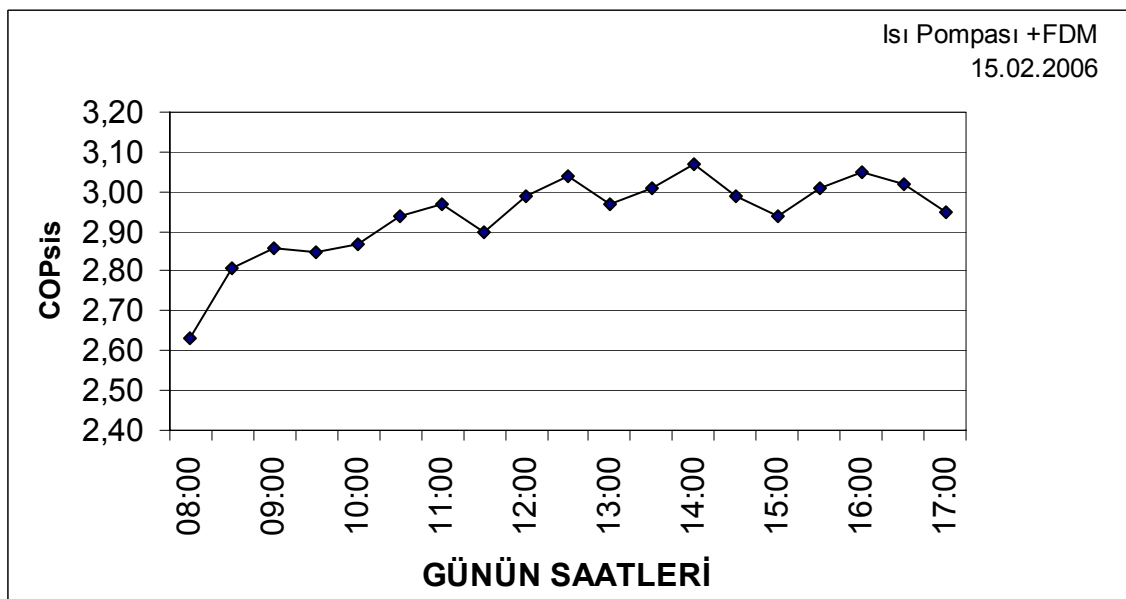


Şekil Ek-2.36 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

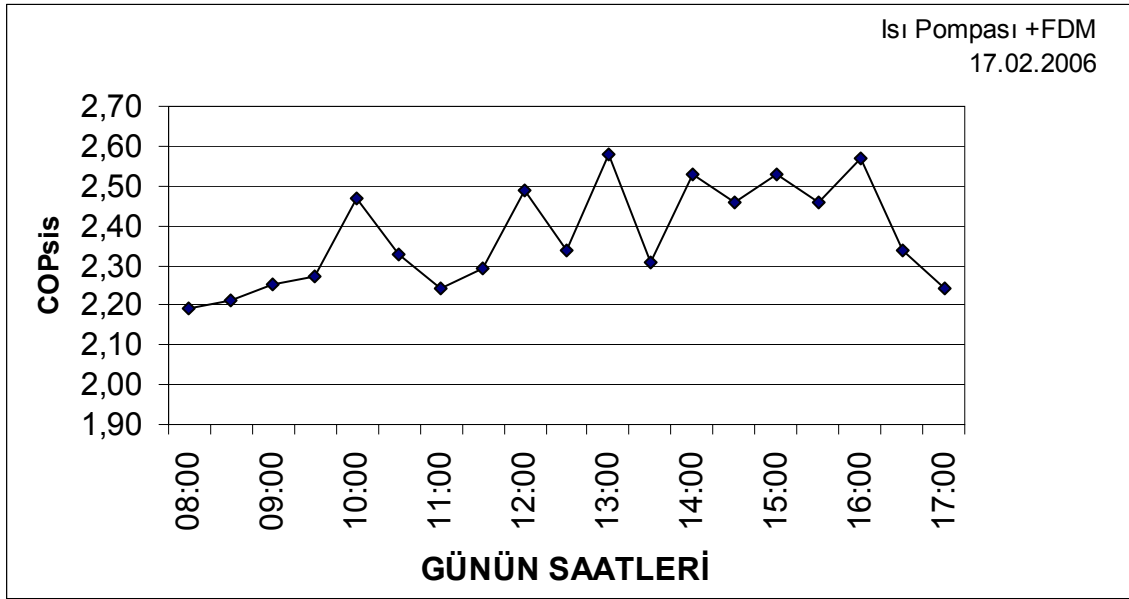


Şekil Ek-2.37 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

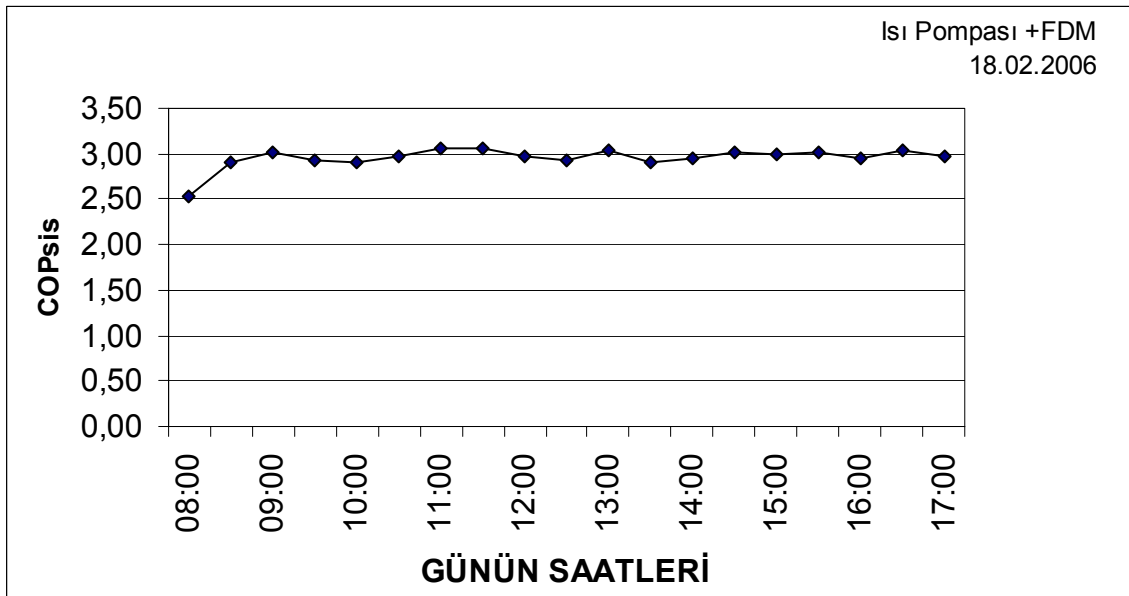


Şekil Ek-2.38 Günü Saatlere Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

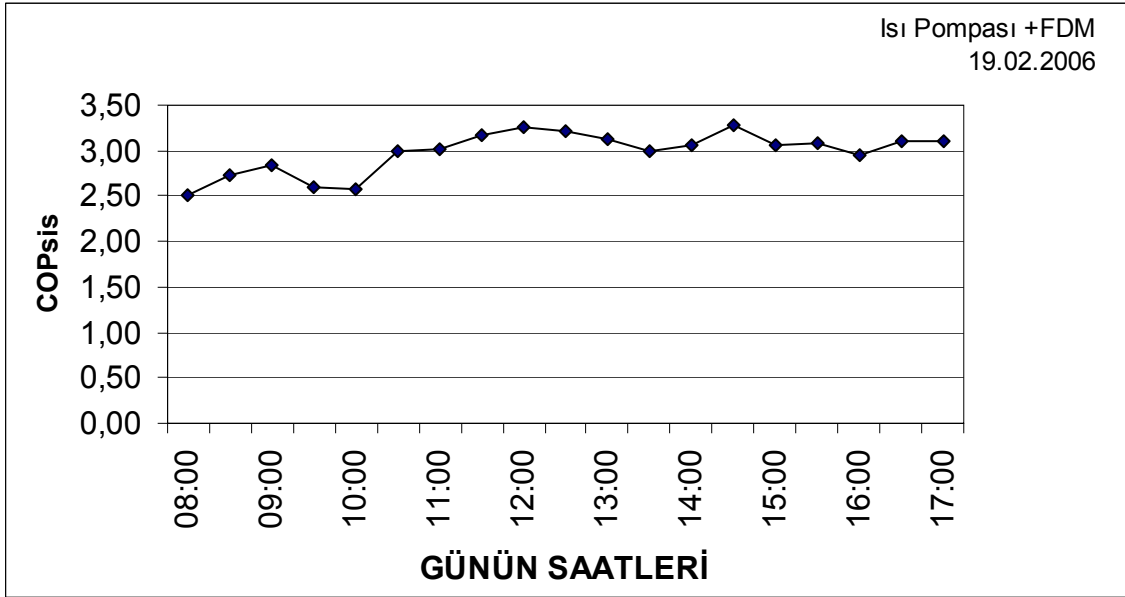


Şekil Ek-2.39 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

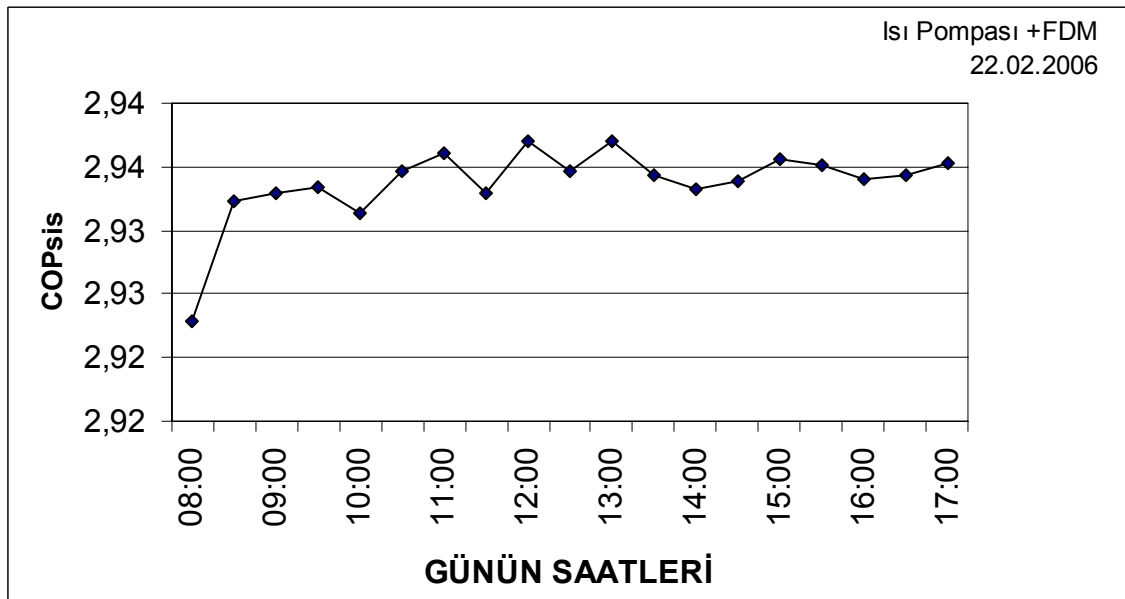


Şekil Ek-2.40 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

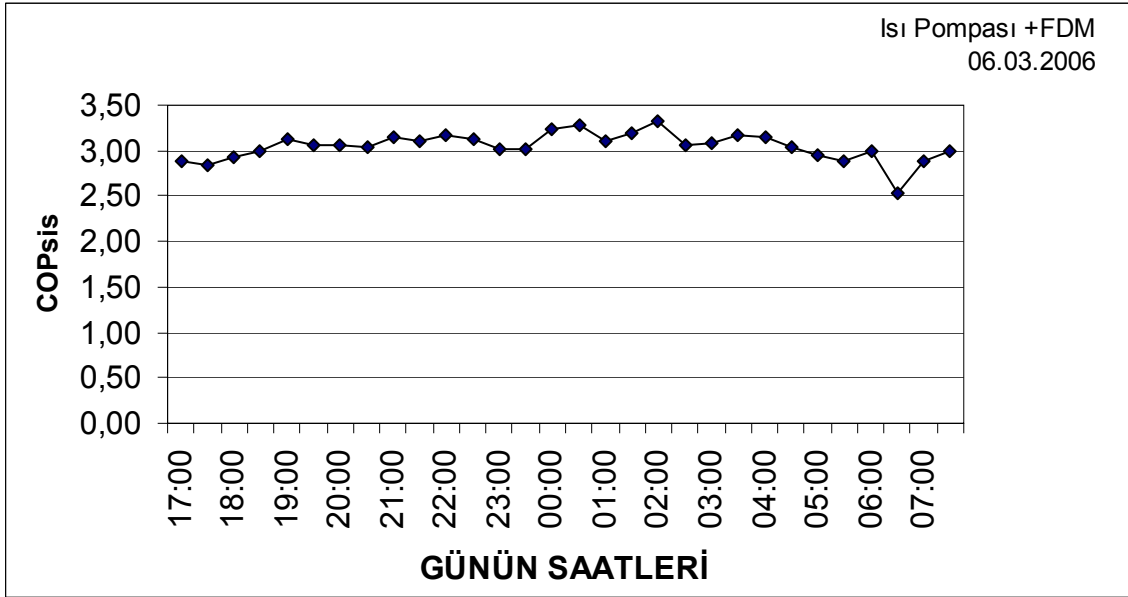


Şekil Ek-2.41 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

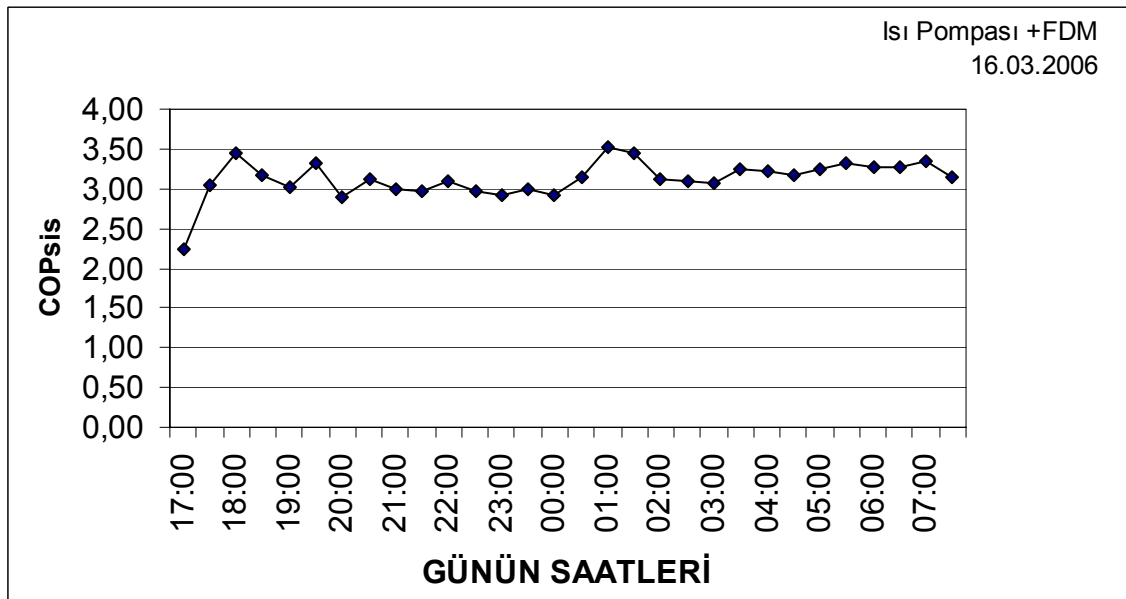


Şekil Ek-2.42 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

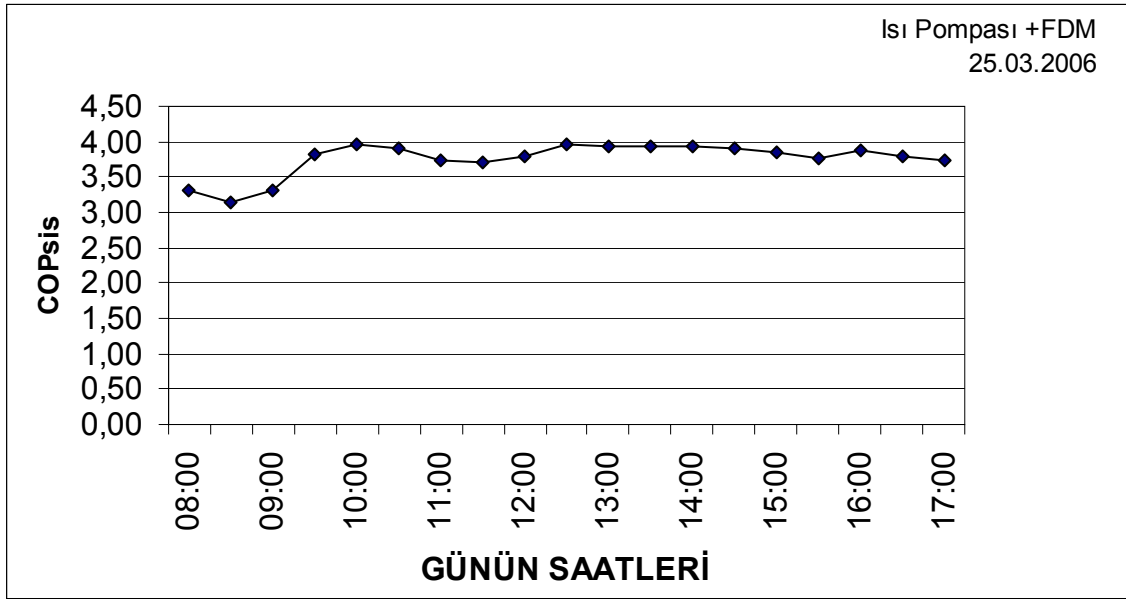


Şekil Ek-2.43 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

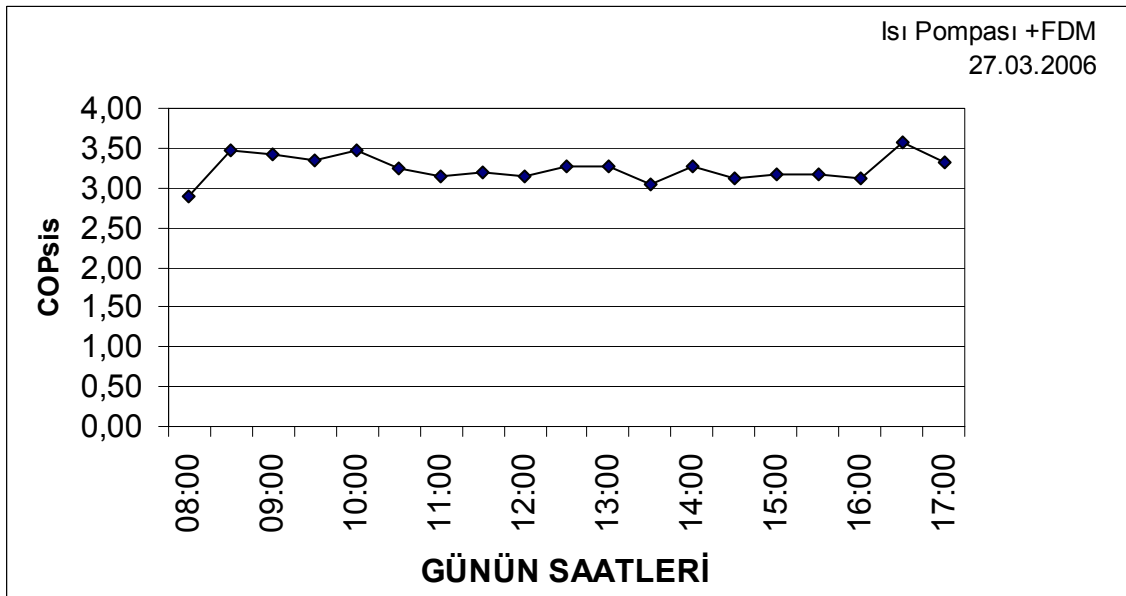


Şekil Ek-2.44 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.2

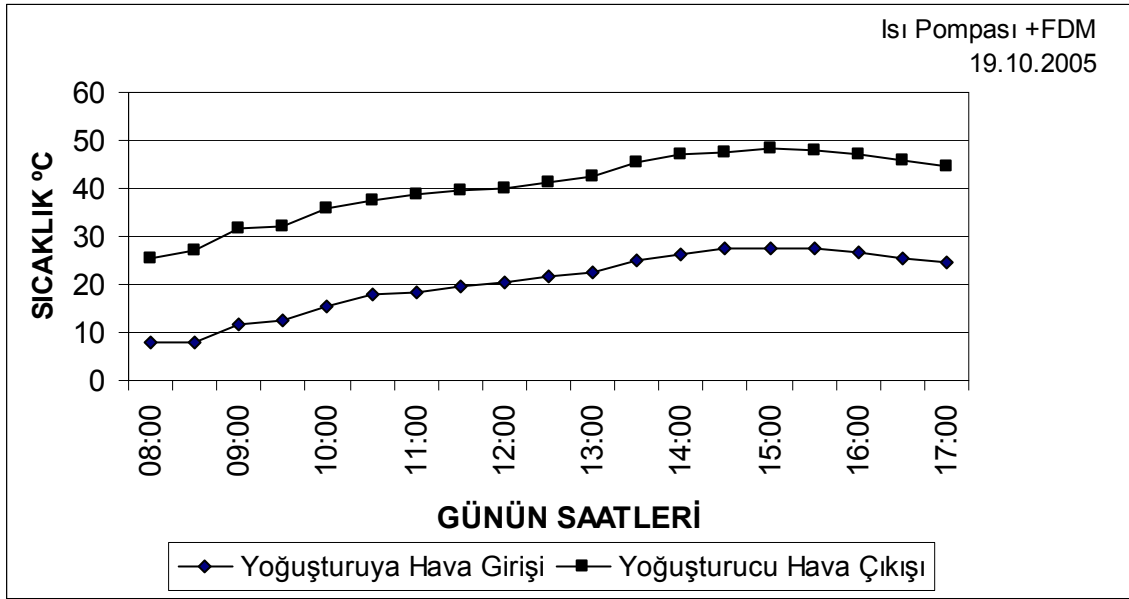


Şekil Ek-2.45 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

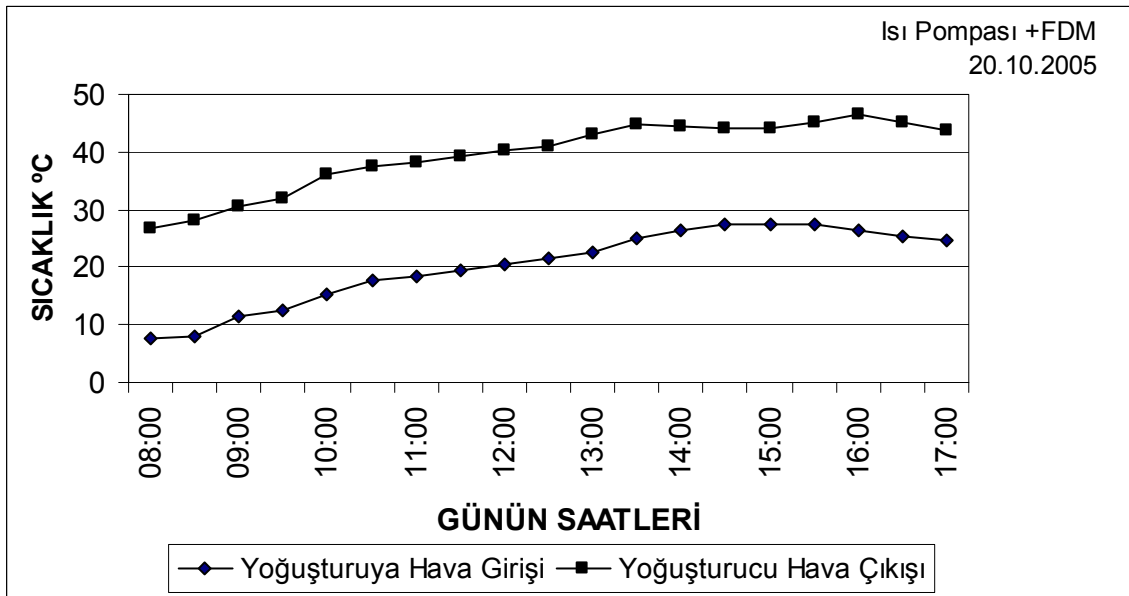


Şekil Ek-2.46 Günün Saatlerine Göre COP_{sis} Değişimi

EK-2.3

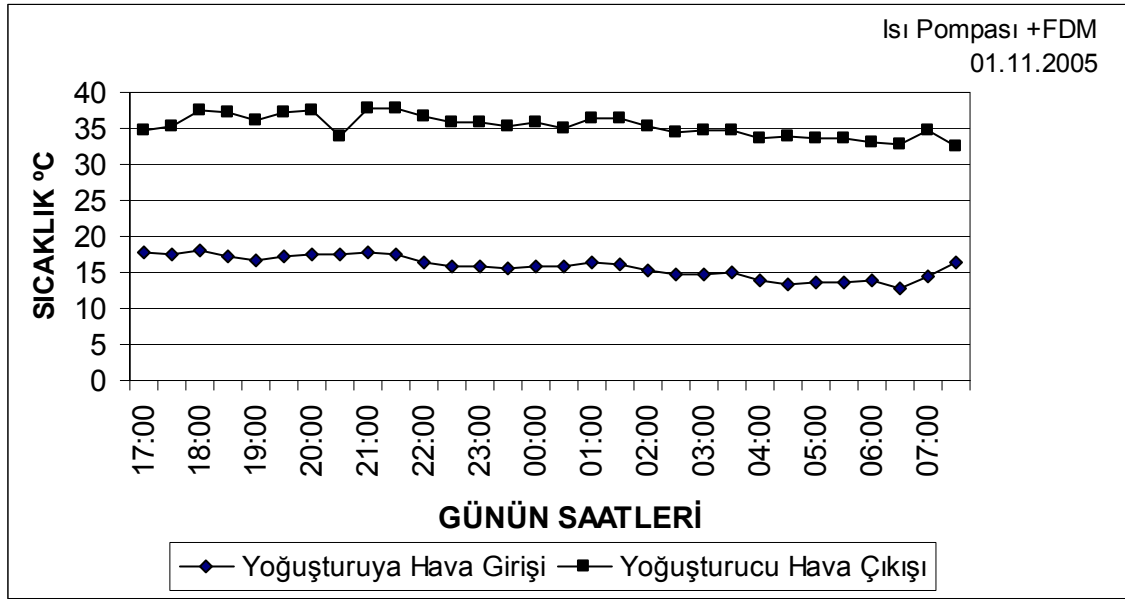


Şekil Ek-2.47 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

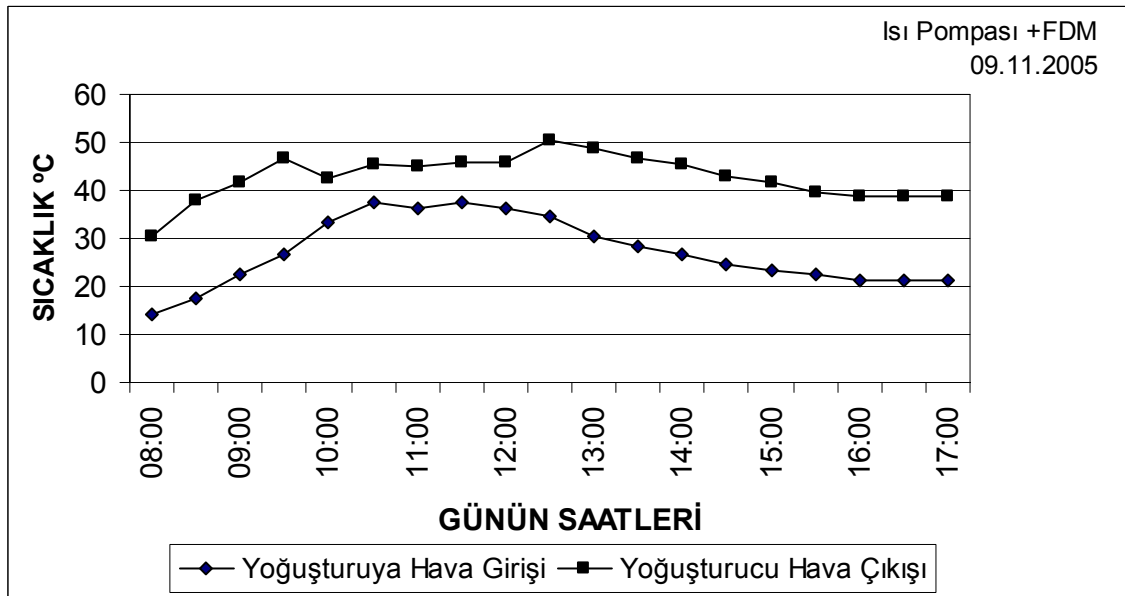


Şekil Ek-2.48 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

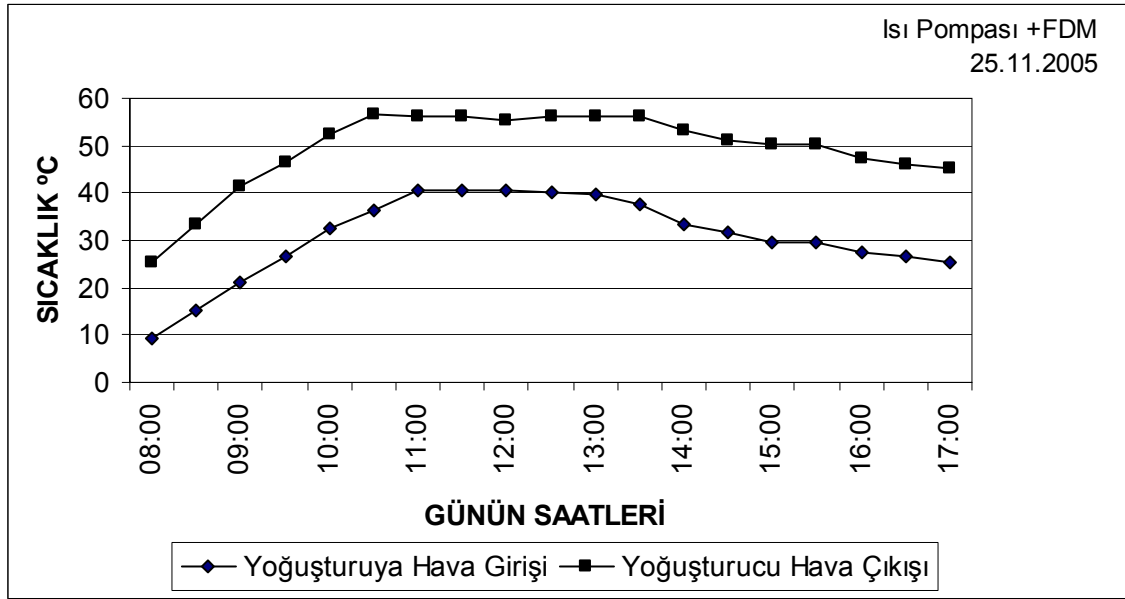


Şekil Ek-2.49 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

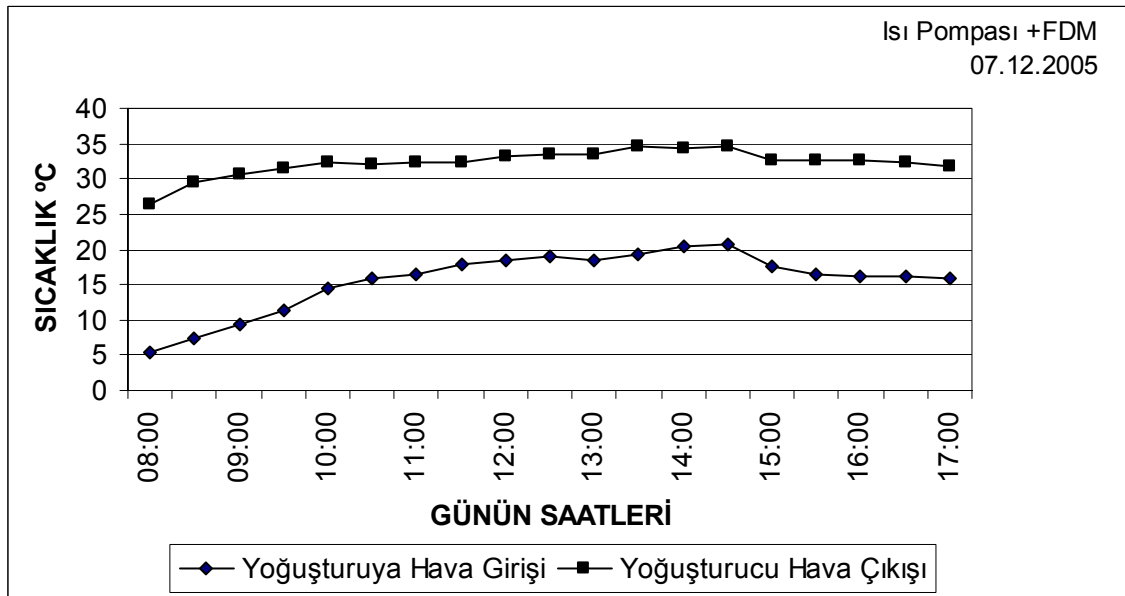


Şekil Ek-2.50 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

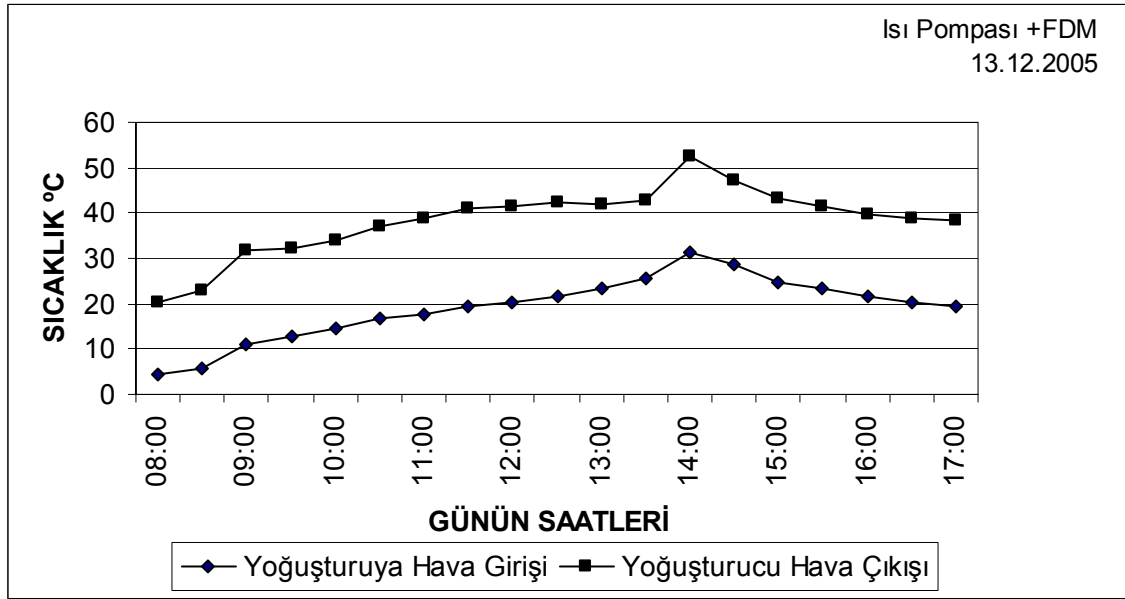


Şekil Ek-2.51 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

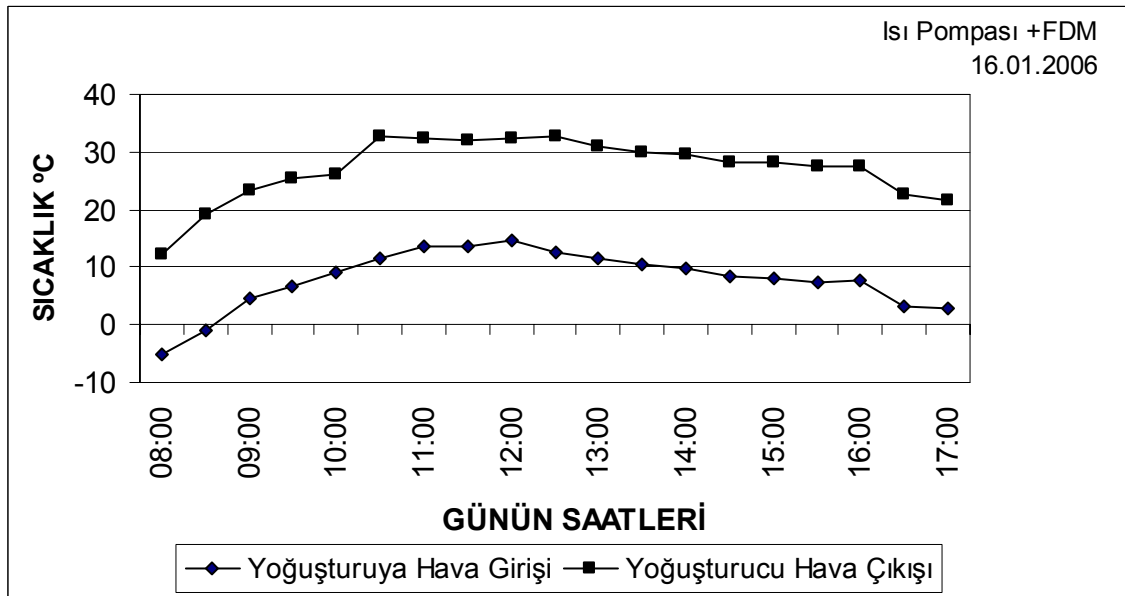


Şekil Ek-2.52 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

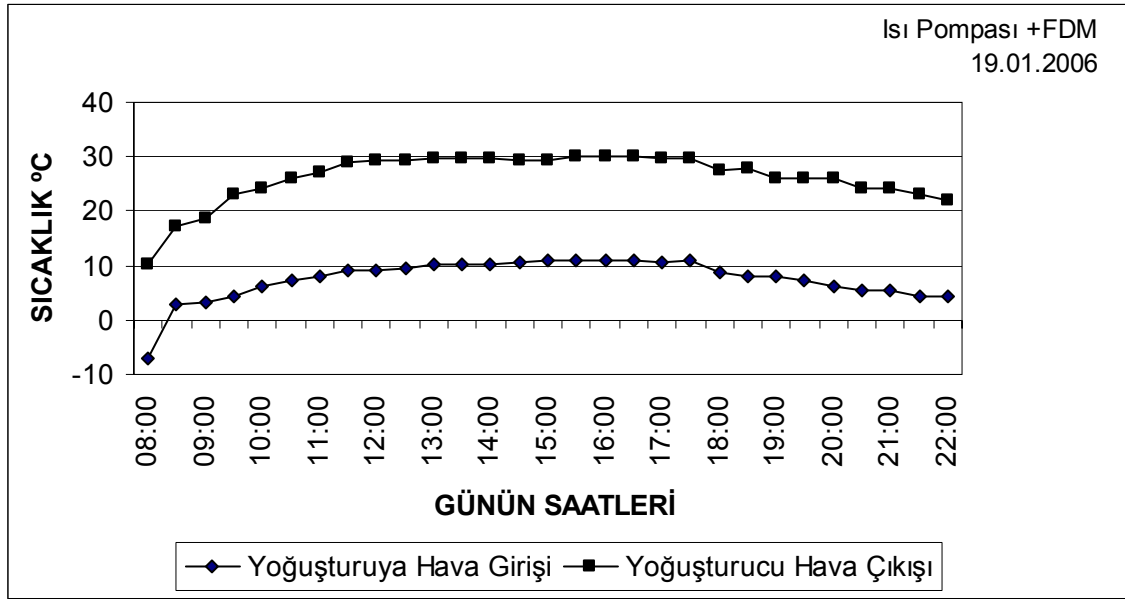


Şekil Ek-2.53 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

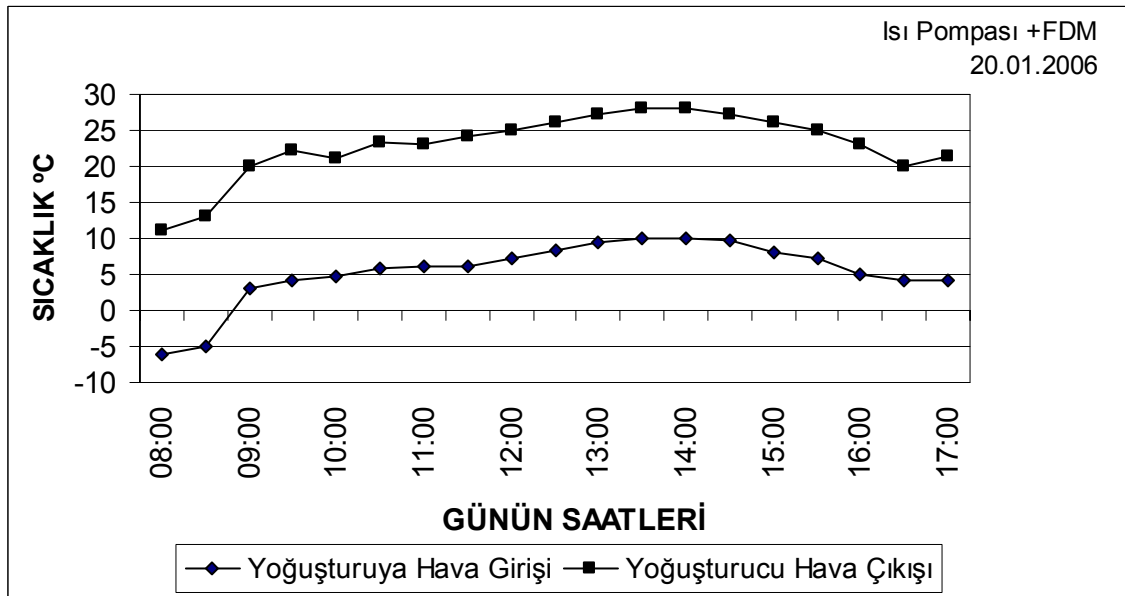


Şekil Ek-2.54 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

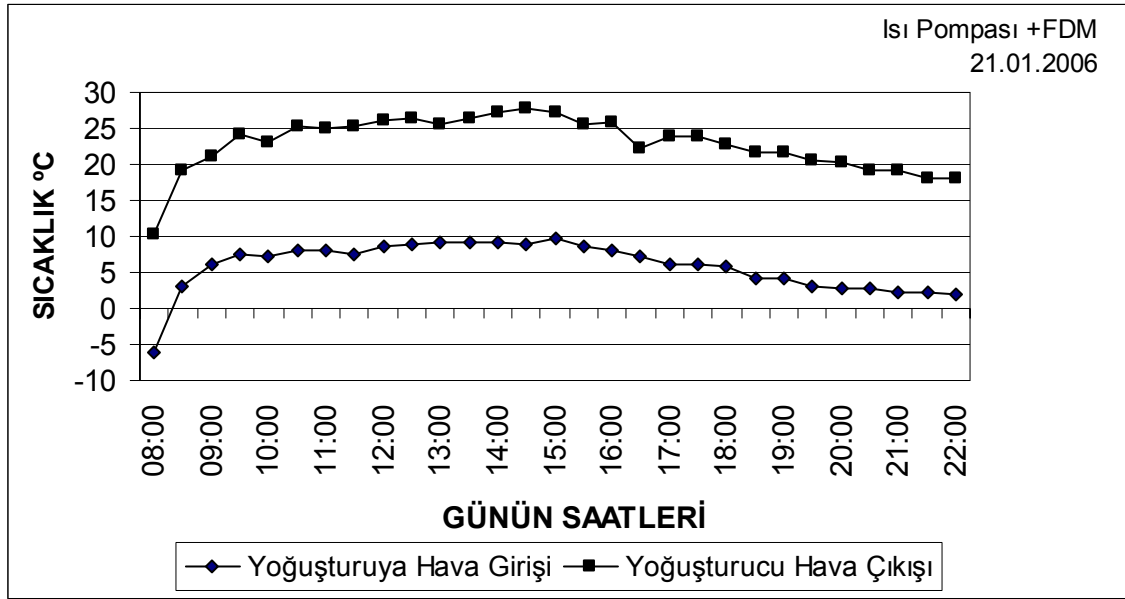


Şekil Ek-2.55 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

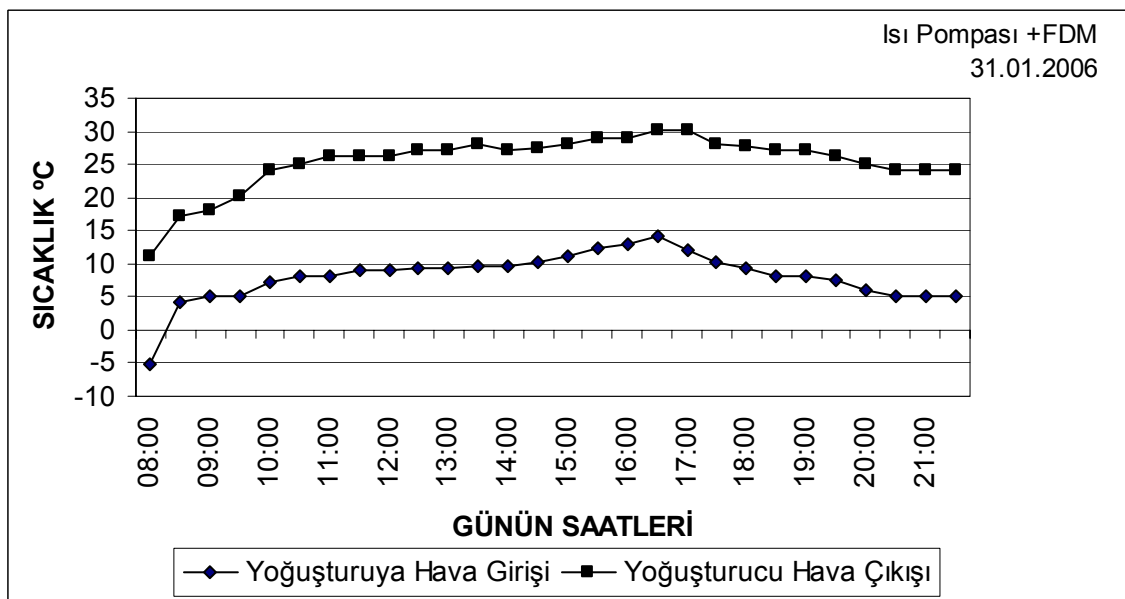


Şekil Ek-2.56 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

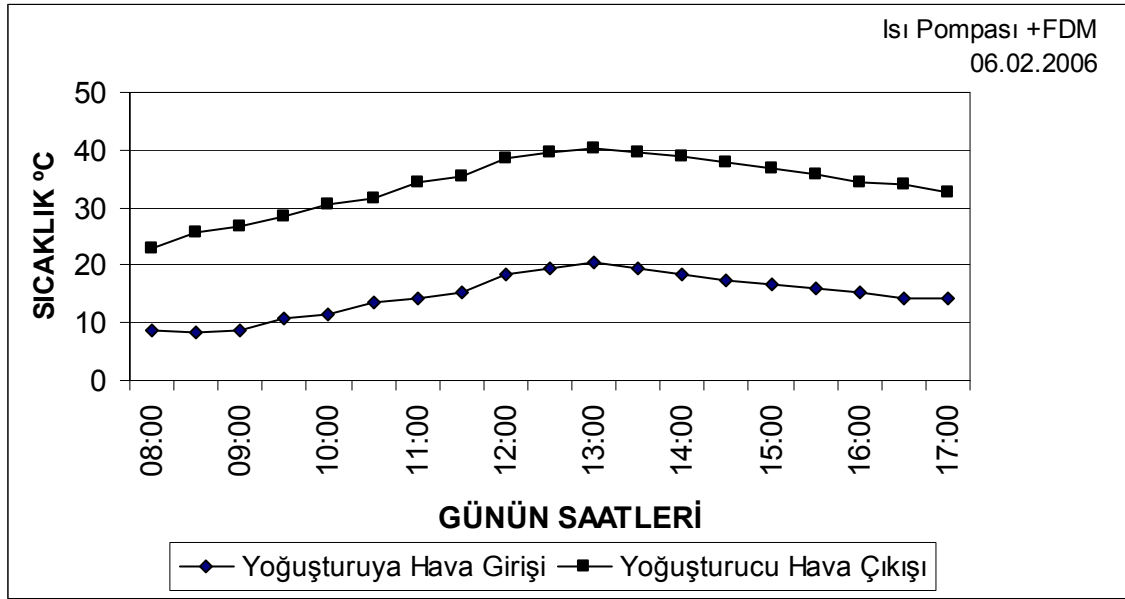


Şekil Ek-2.57 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

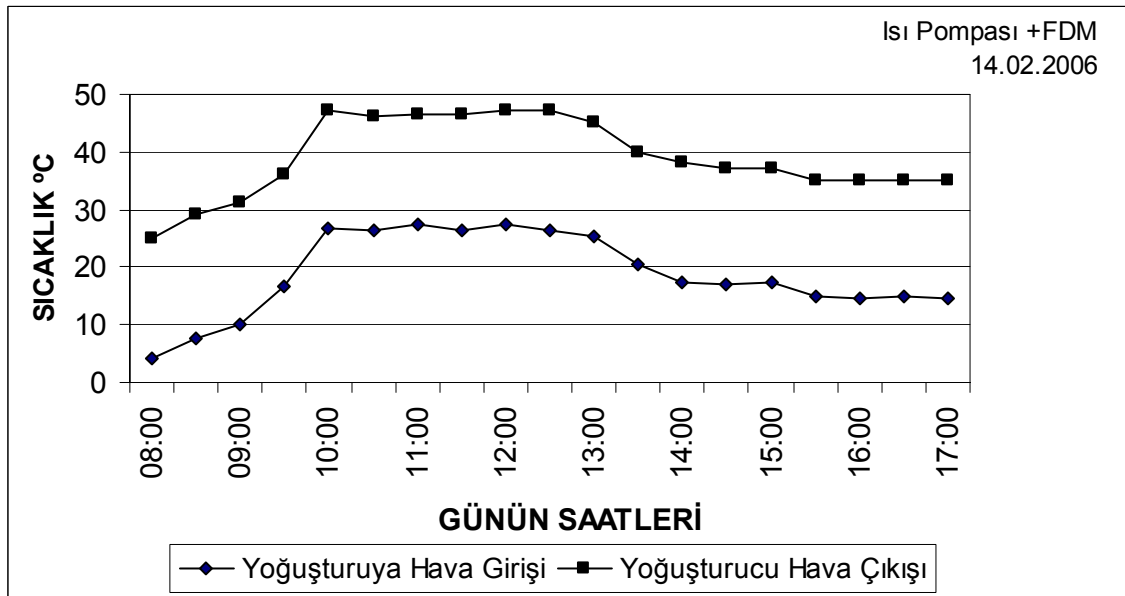


Şekil Ek-2.58 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

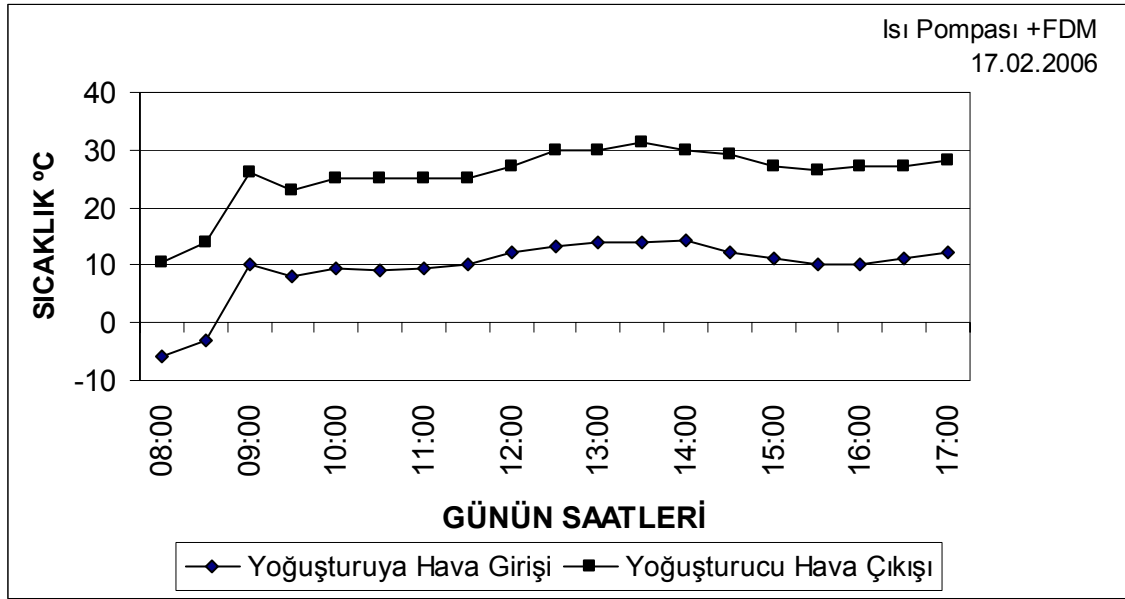


Şekil Ek-2.59 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

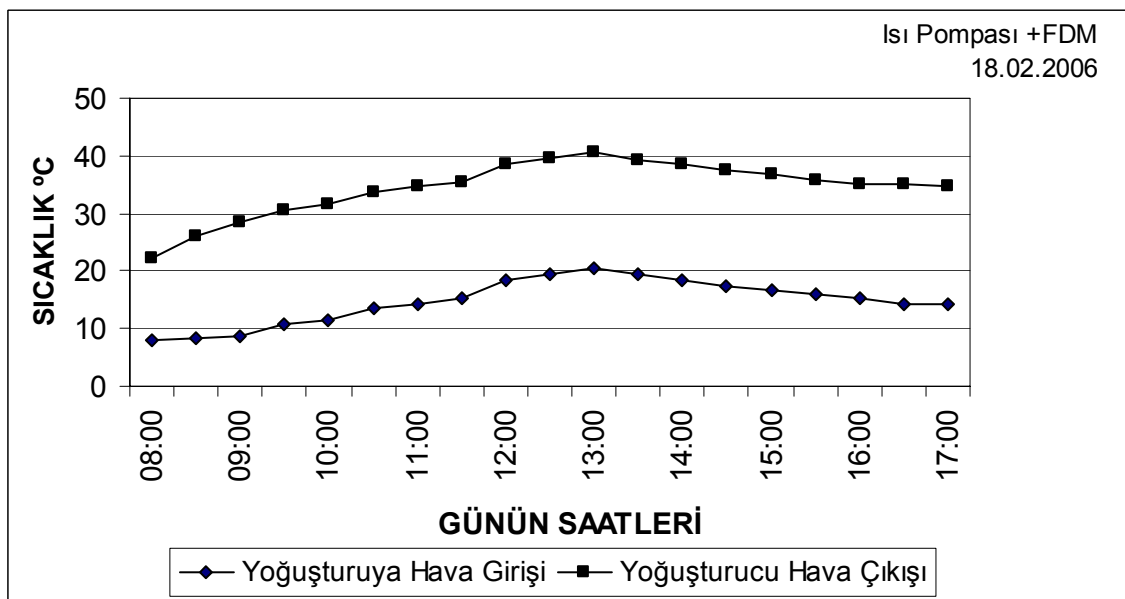


Şekil Ek-2.60 Günün Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

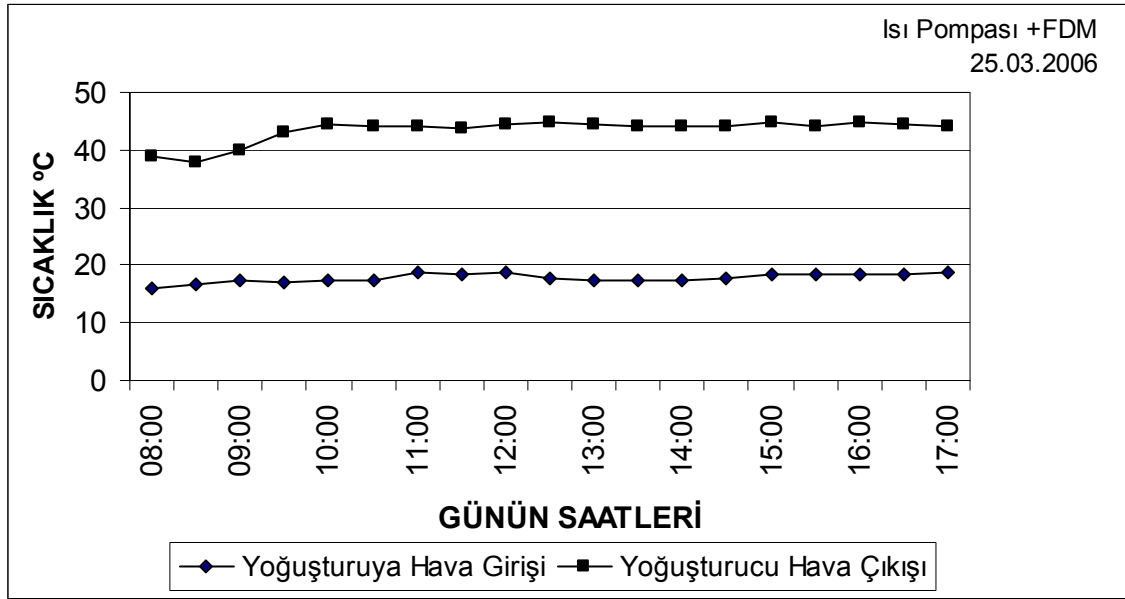


Şekil Ek-2.61 Günü Saatlere Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

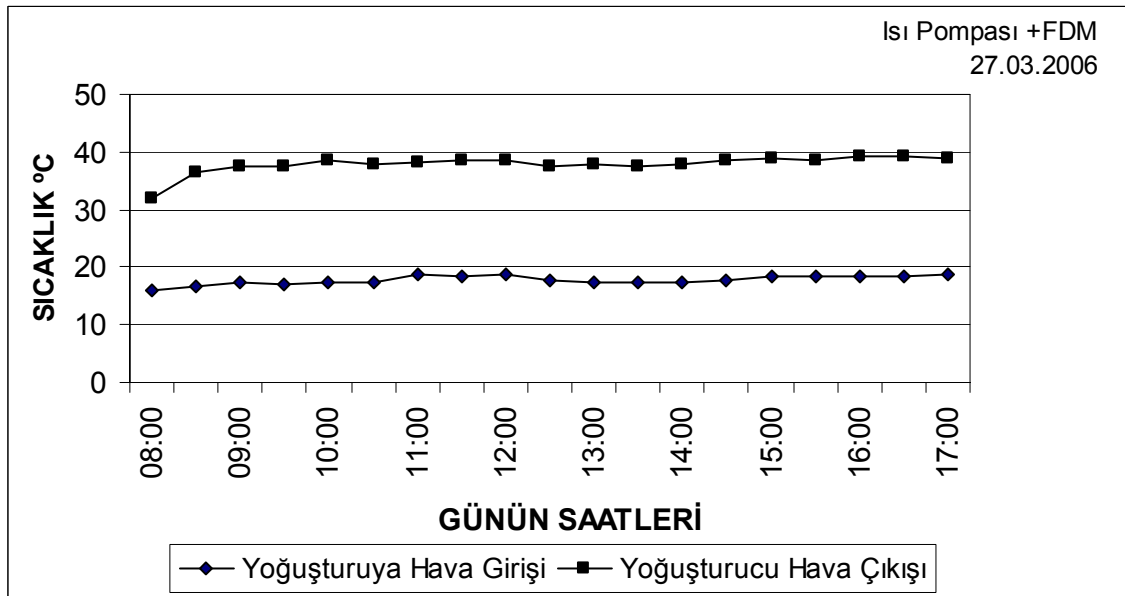


Şekil Ek-2.62 Günü Saatlere Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.3

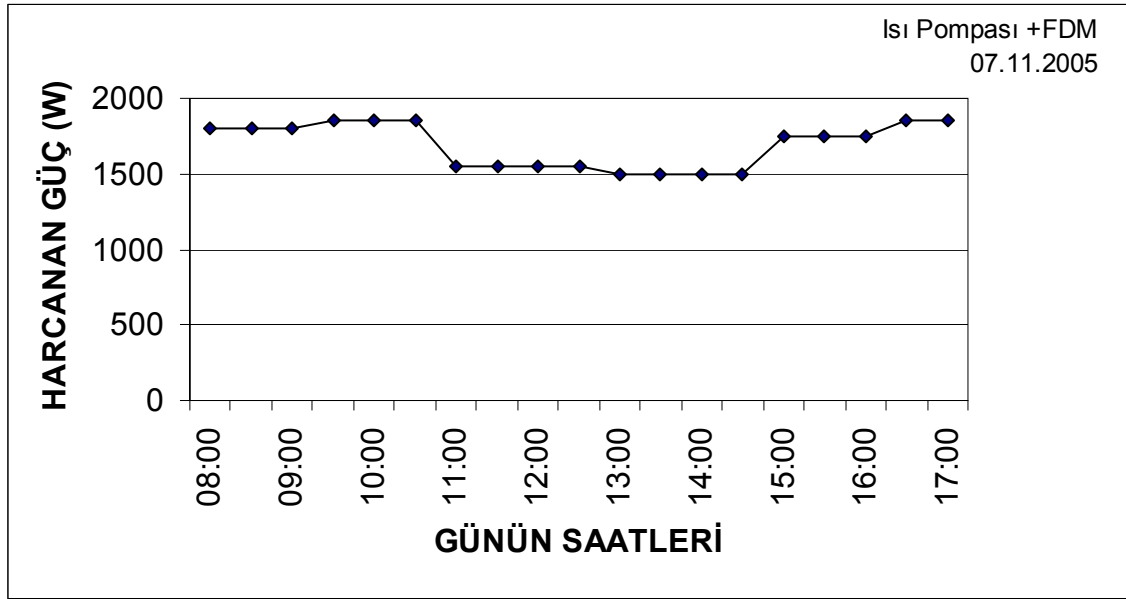


Şekil Ek-2.63 Günü Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

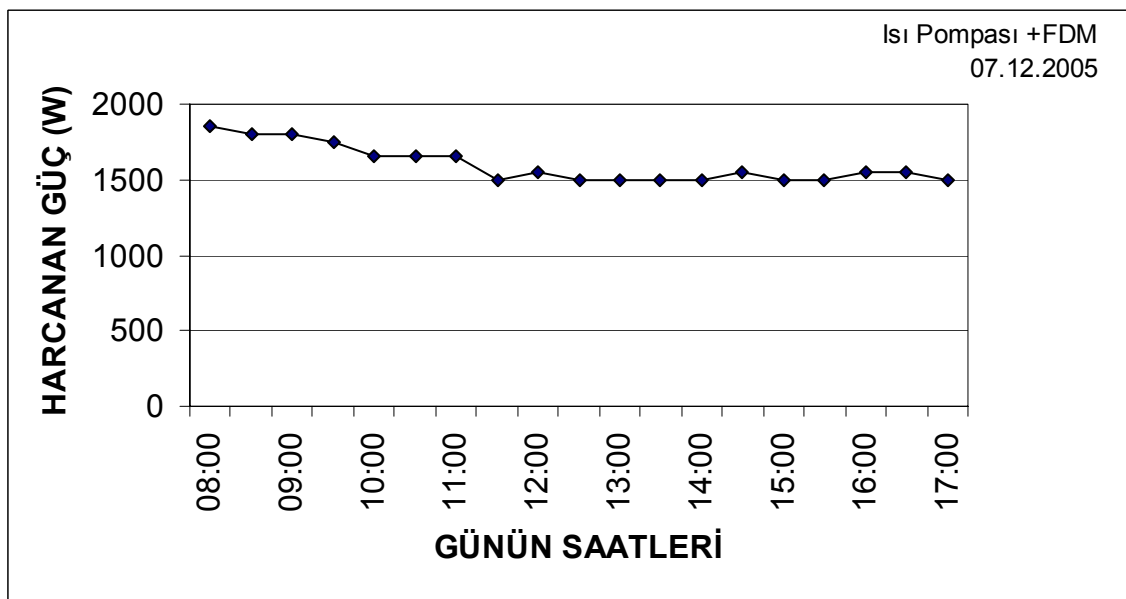


Şekil Ek-2.64 Günü Saatlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.4

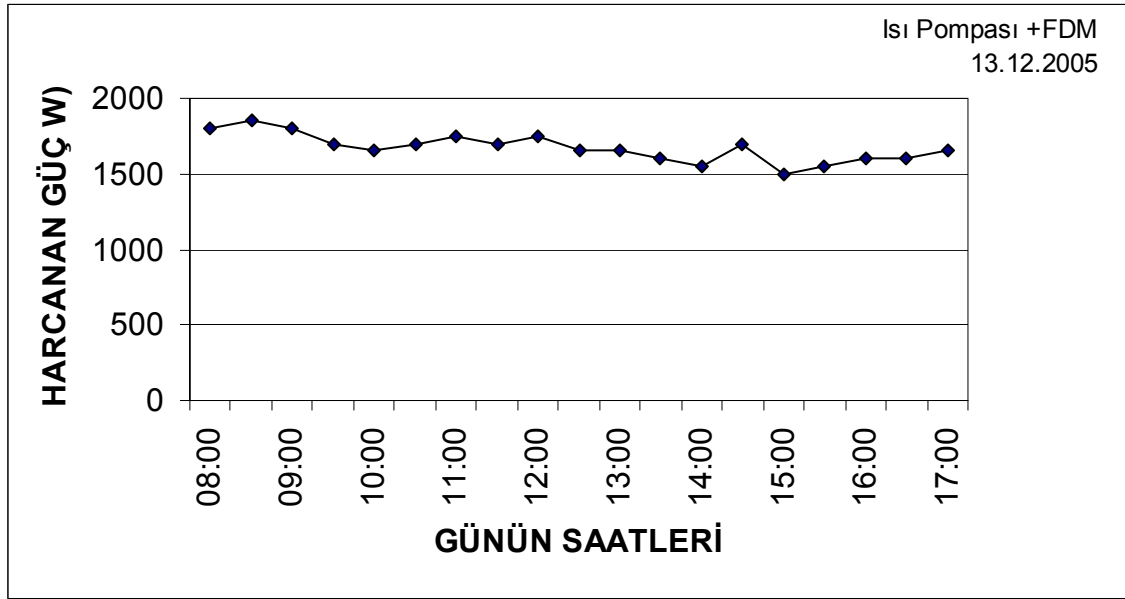


Şekil Ek-2.65 Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç Değişimi

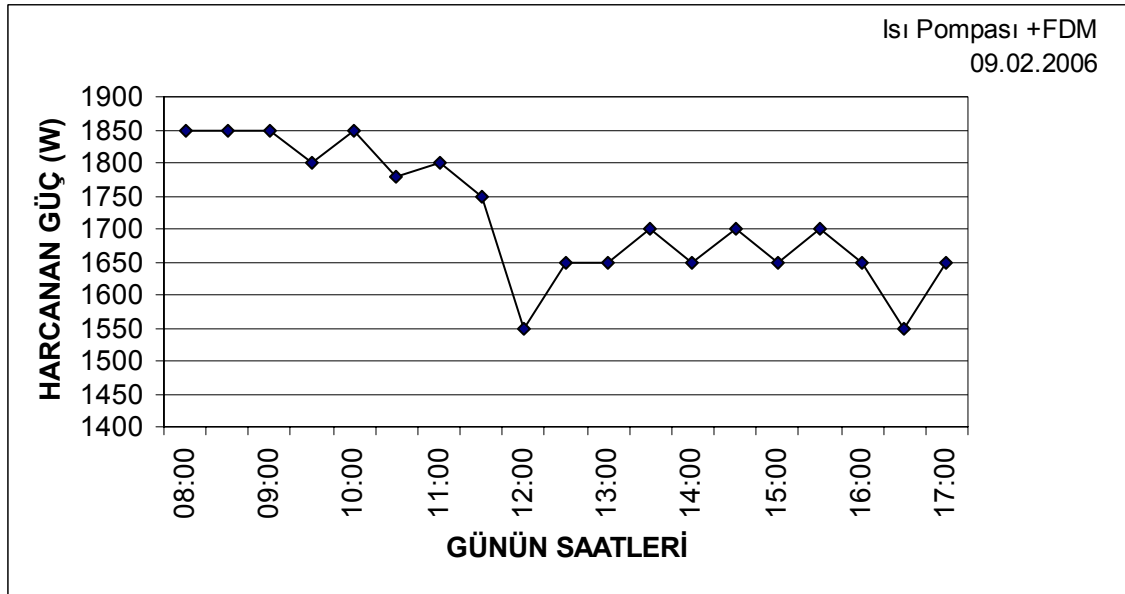


Şekil Ek-2.66 Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç Değişimi

EK-2.4

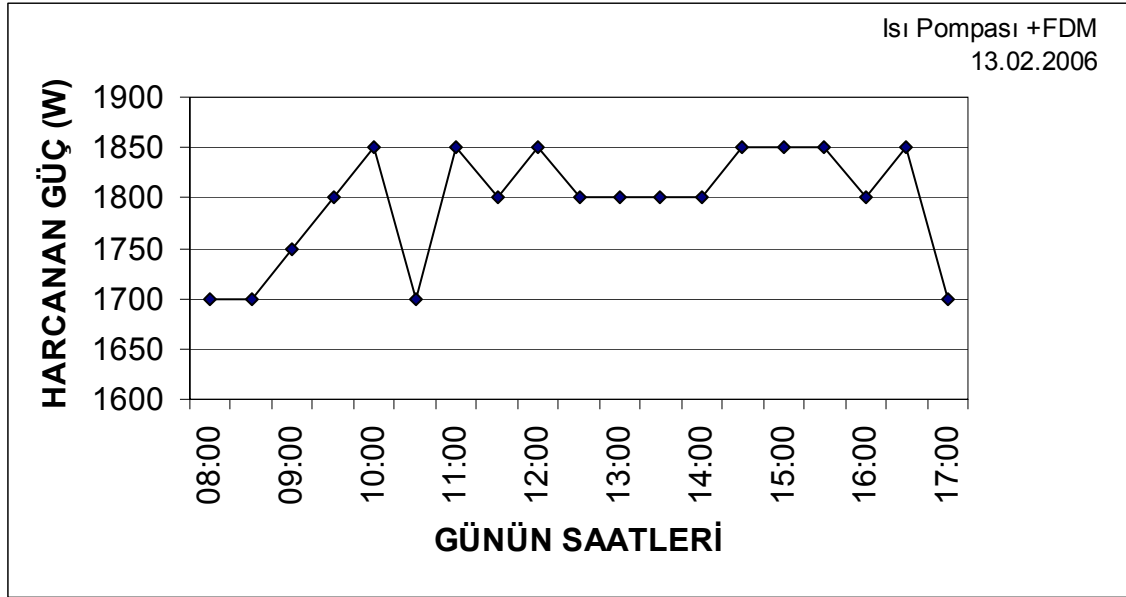


Şekil Ek-2.67 Günü Saatlere Göre Harcanan Güç Değişimi

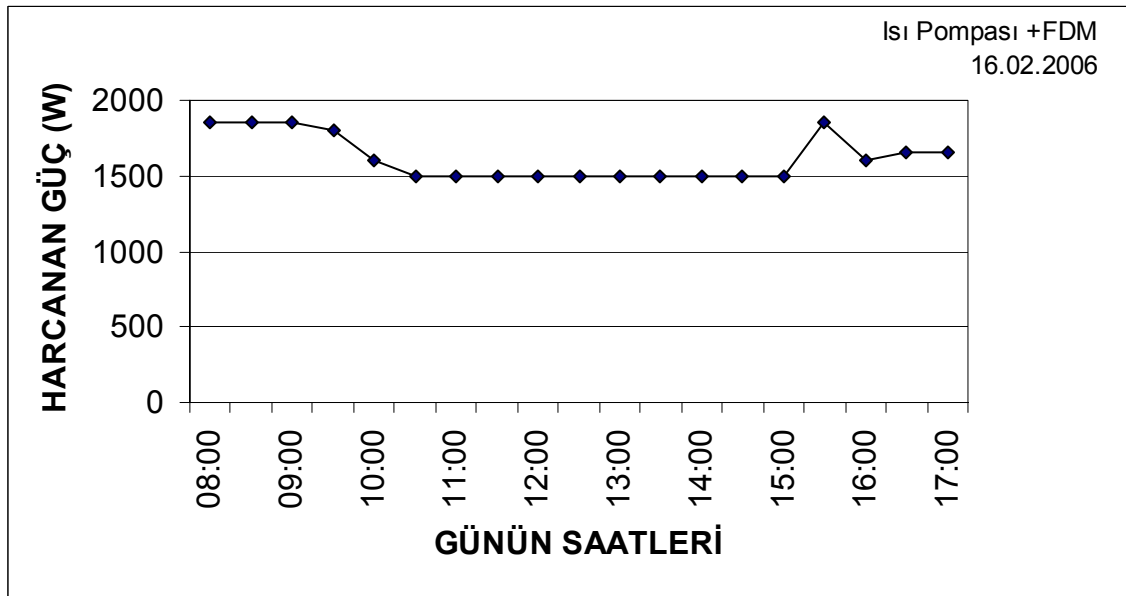


Şekil Ek-2.68 Günü Saatlere Göre Harcanan Güç Değişimi

EK-2.4

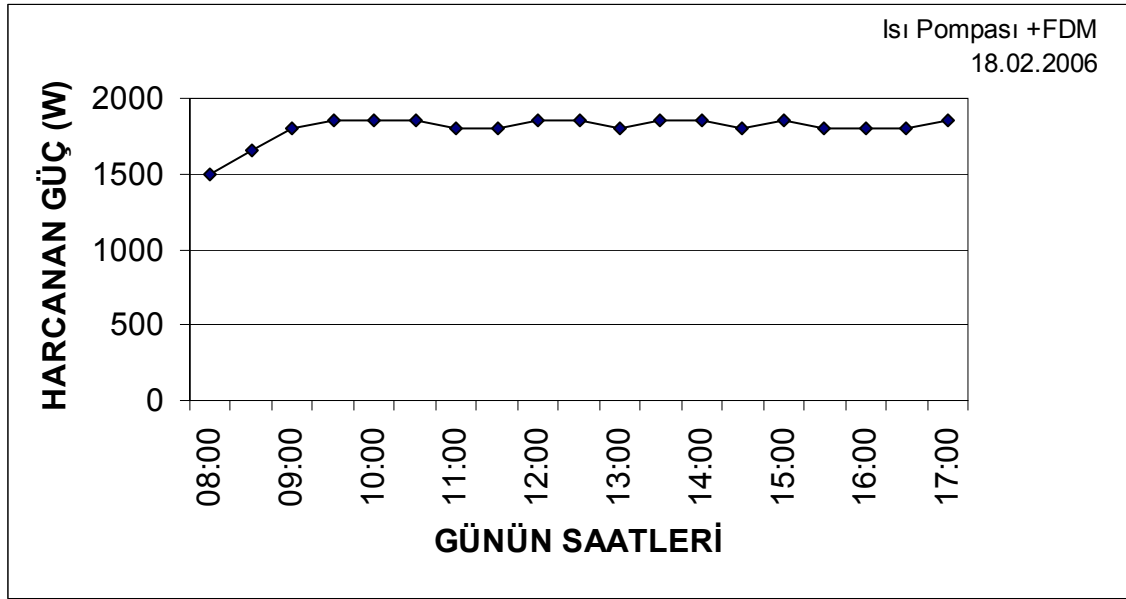


Şekil Ek-2.69 Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç Değişimi

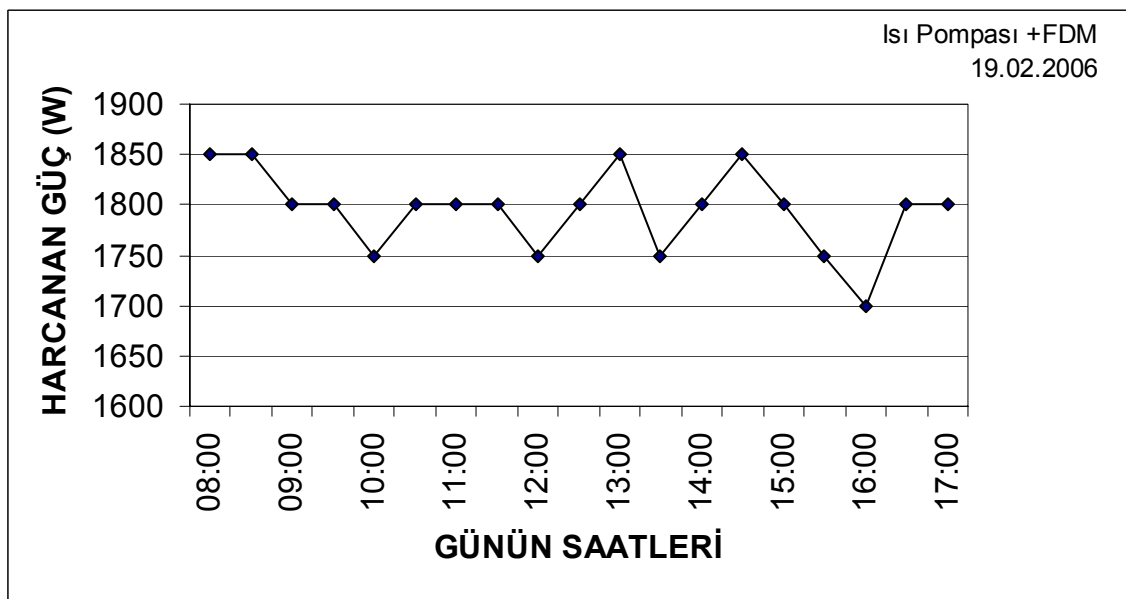


Şekil Ek-2.70 Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç Değişimi

EK-2.4

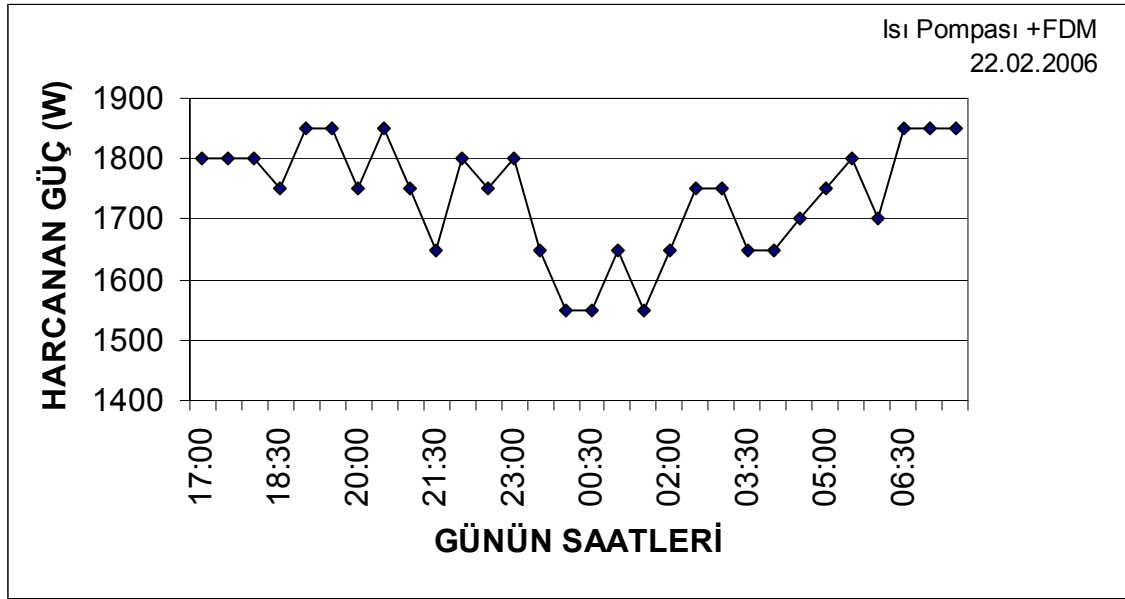


Şekil Ek-2.71 Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç Değişimi

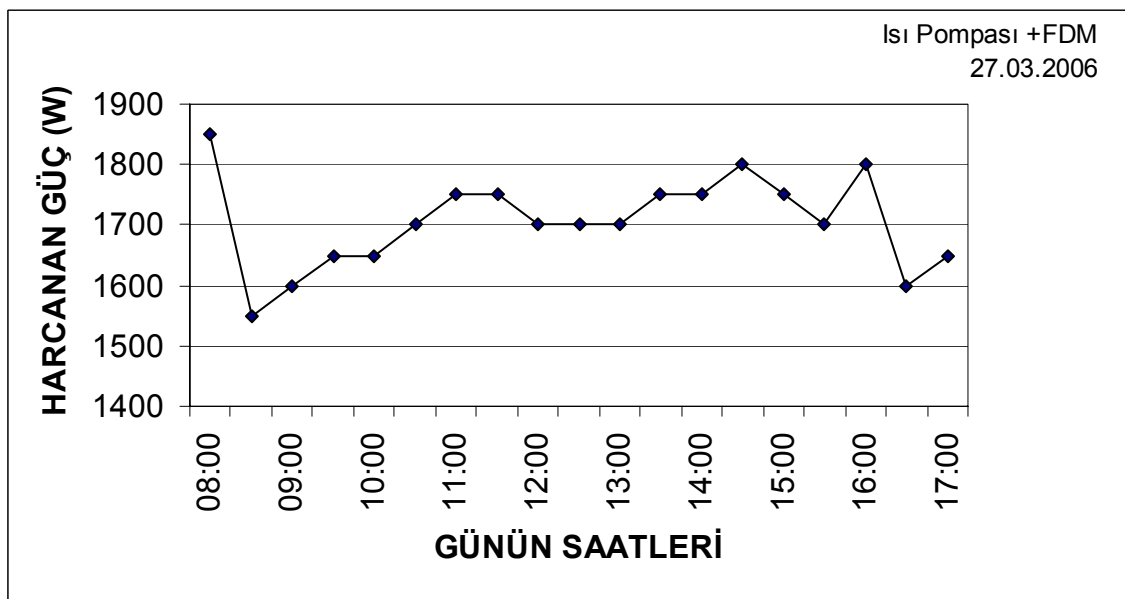


Şekil Ek-2.72 Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç Değişimi

EK-2.4

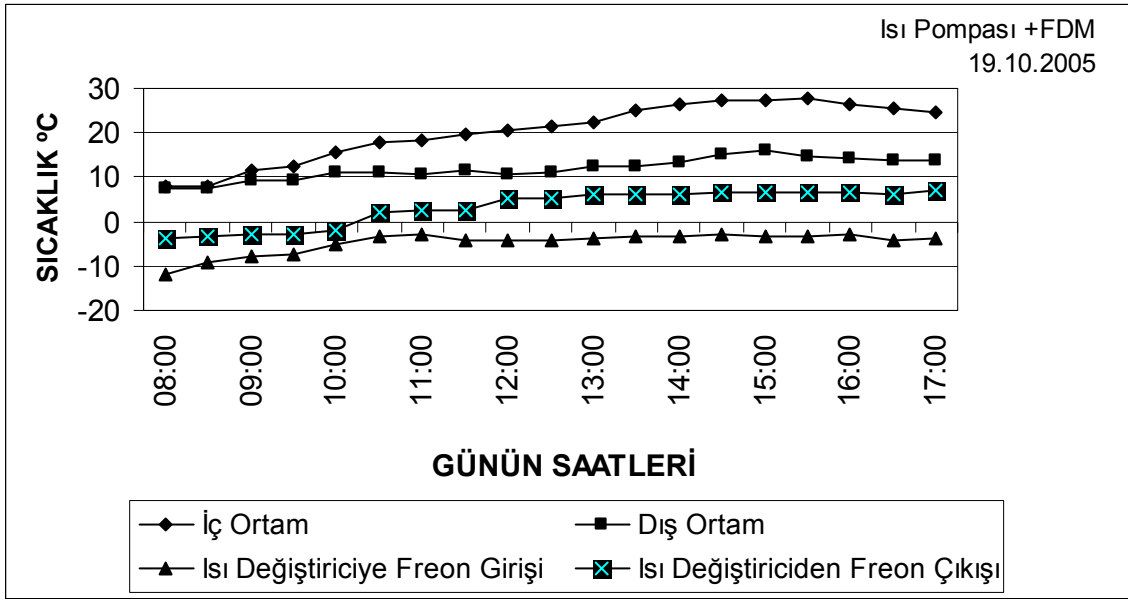


Şekil Ek-2.73 Günü Saatlere Göre Harcanan Güç Değişimi

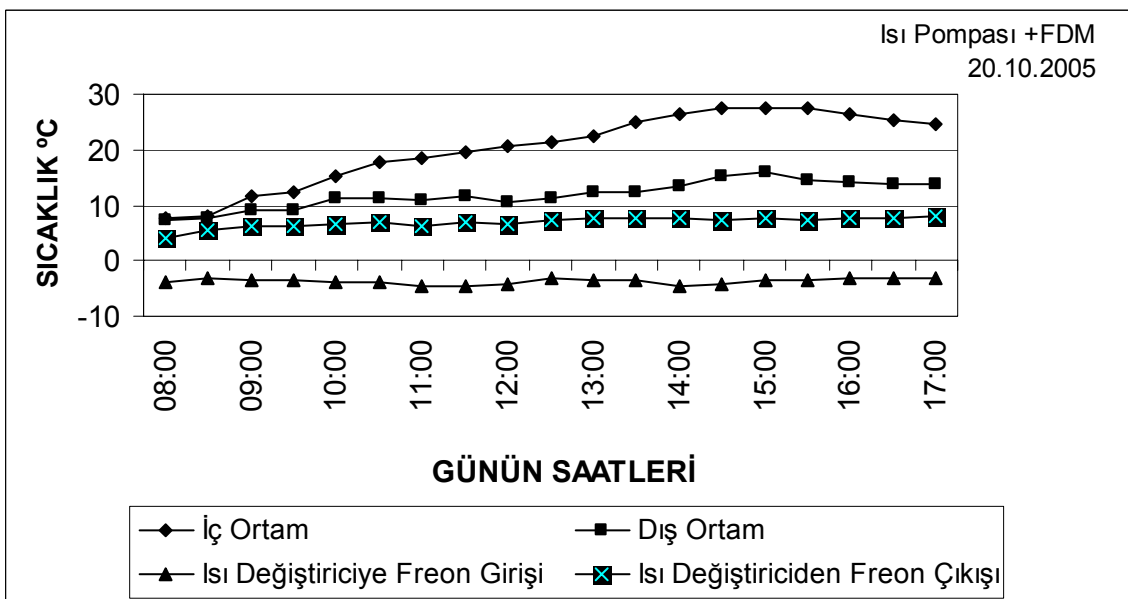


Şekil Ek-2.74 Günü Saatlere Göre Harcanan Güç Değişimi

EK-2.5

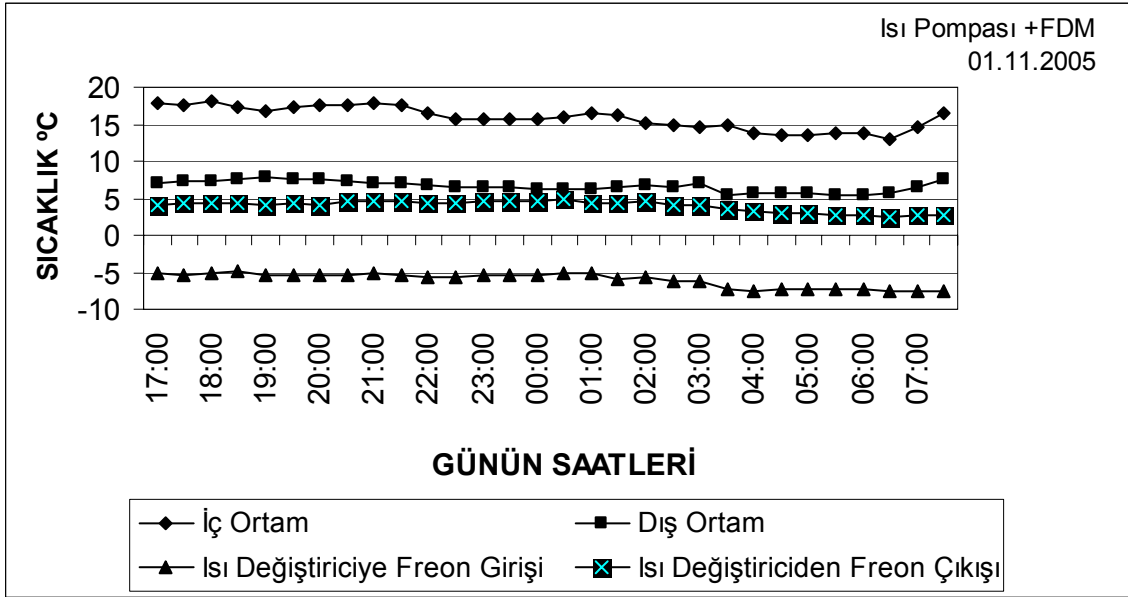


Şekil Ek-2.75 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

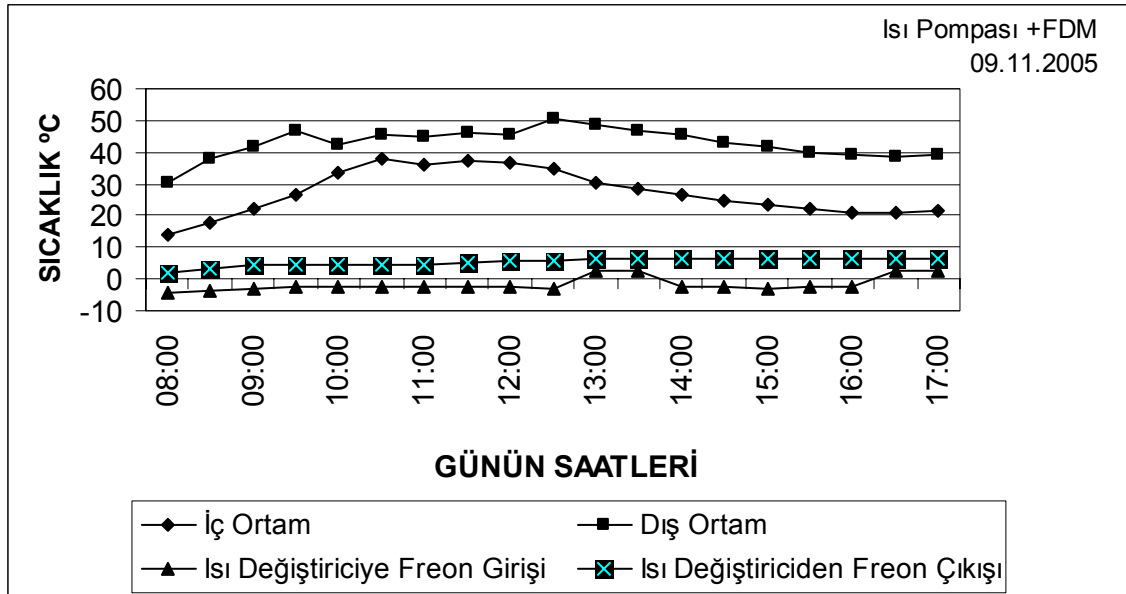


Şekil Ek-2.76 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

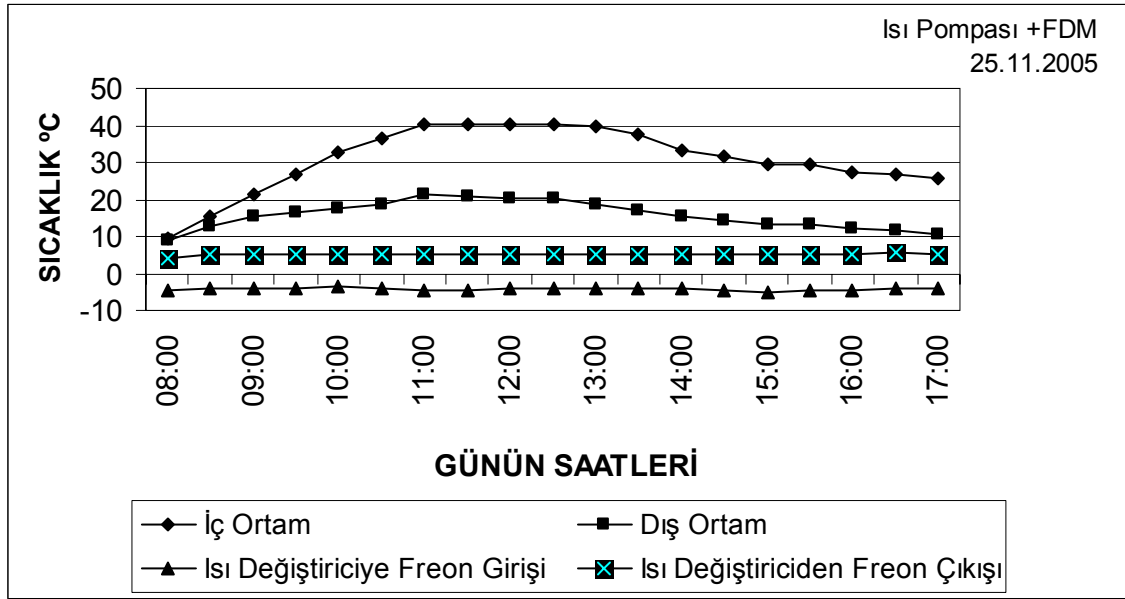


Şekil Ek-2.77 Günün Saatleri Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

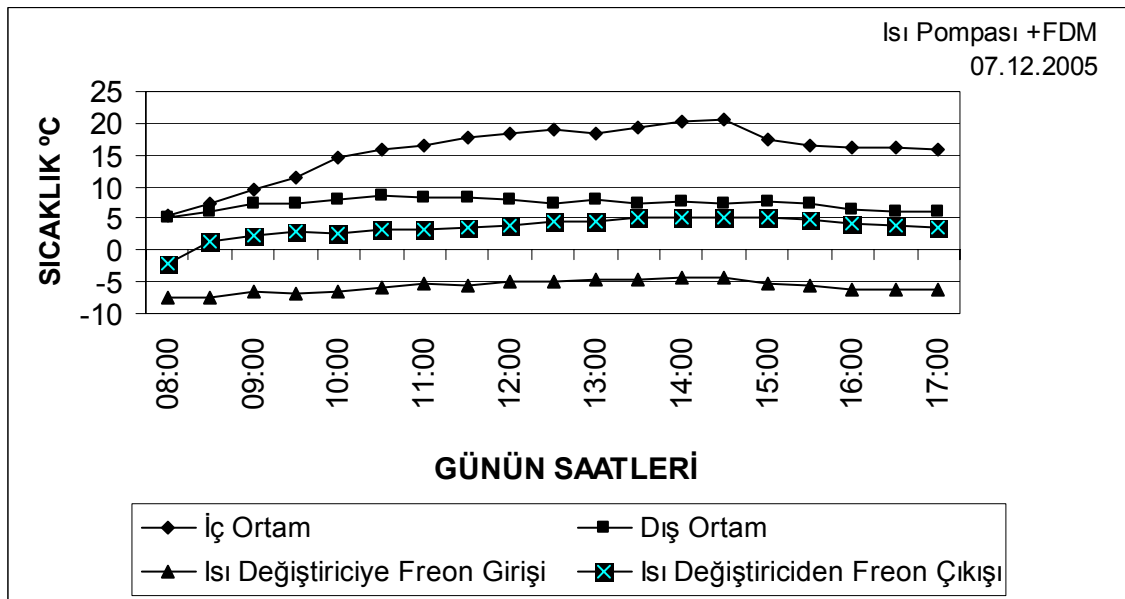


Şekil Ek-2.78 Günün Saatleri Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

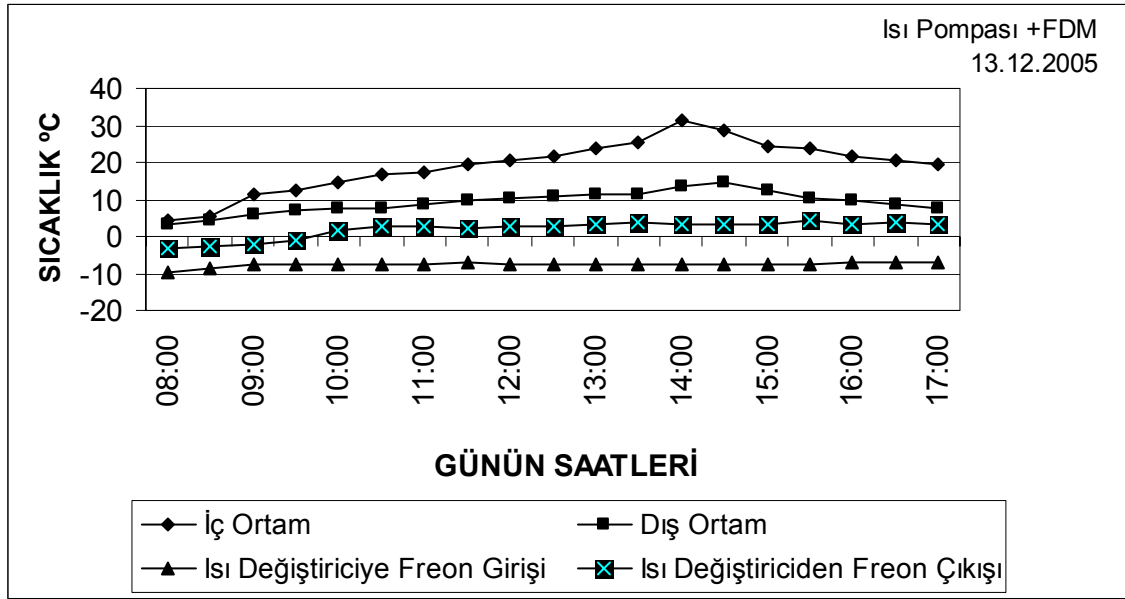


Şekil Ek-2.79 Günün Saatleri Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

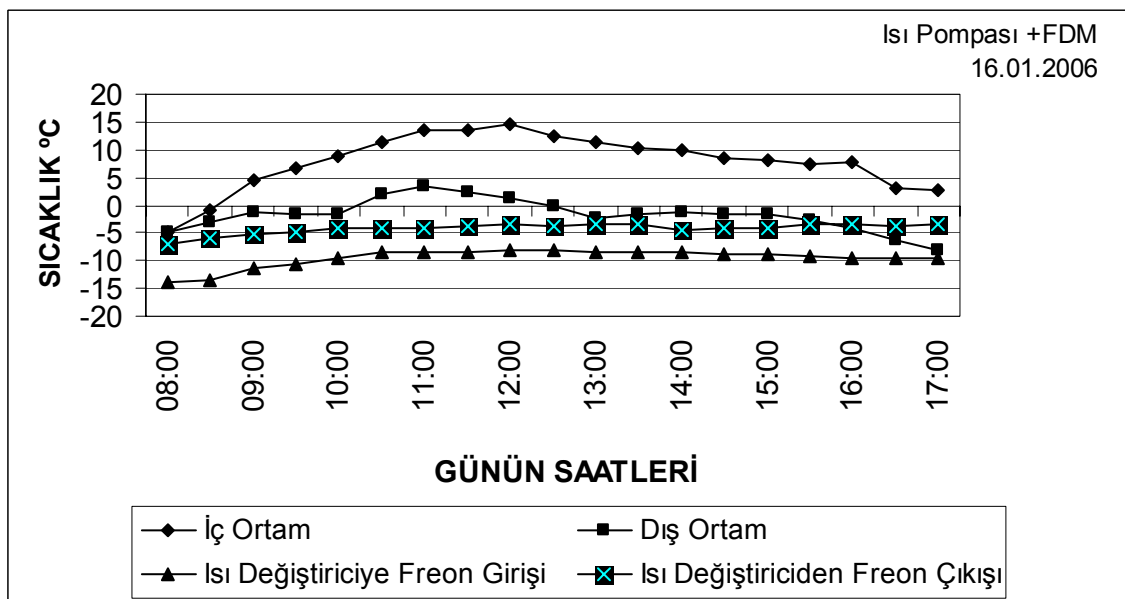


Şekil Ek-2.80 Günün Saatleri Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

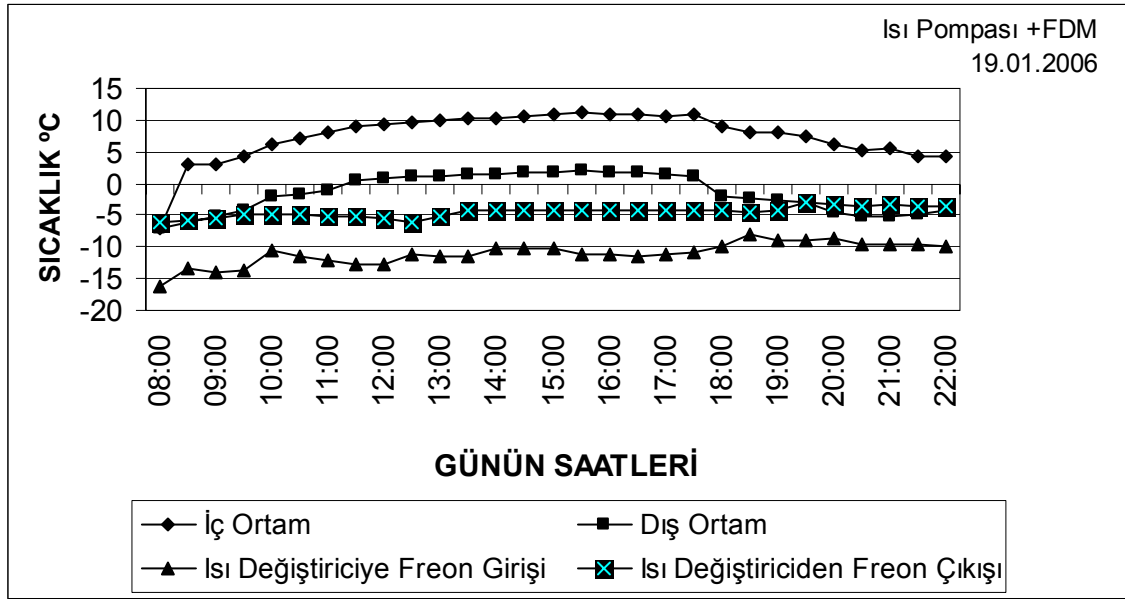


Şekil Ek-2.81 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

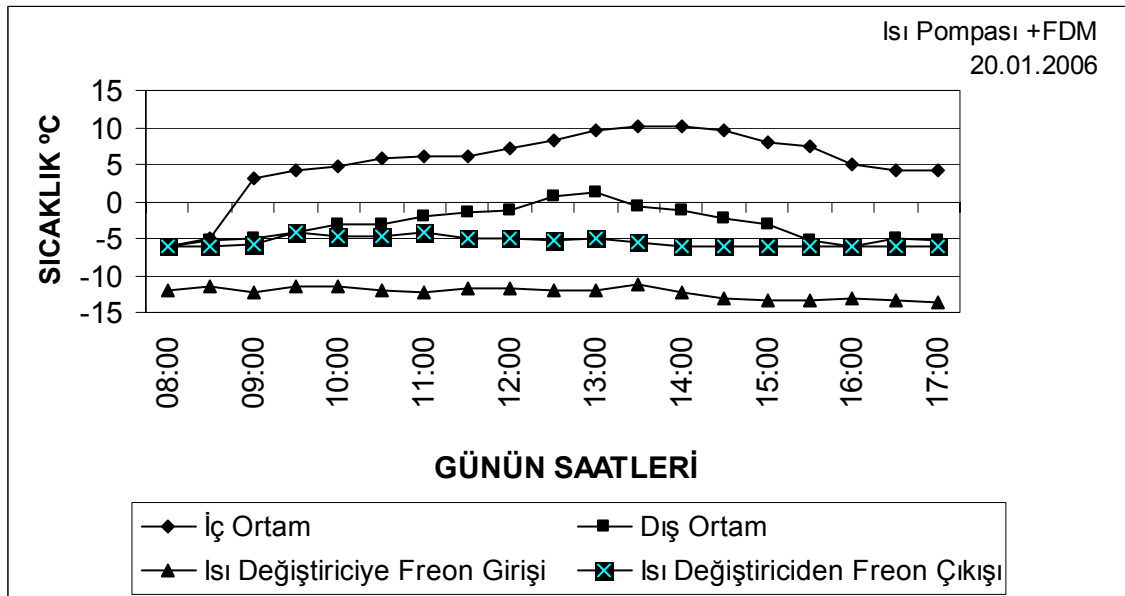


Şekil Ek-2.82 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

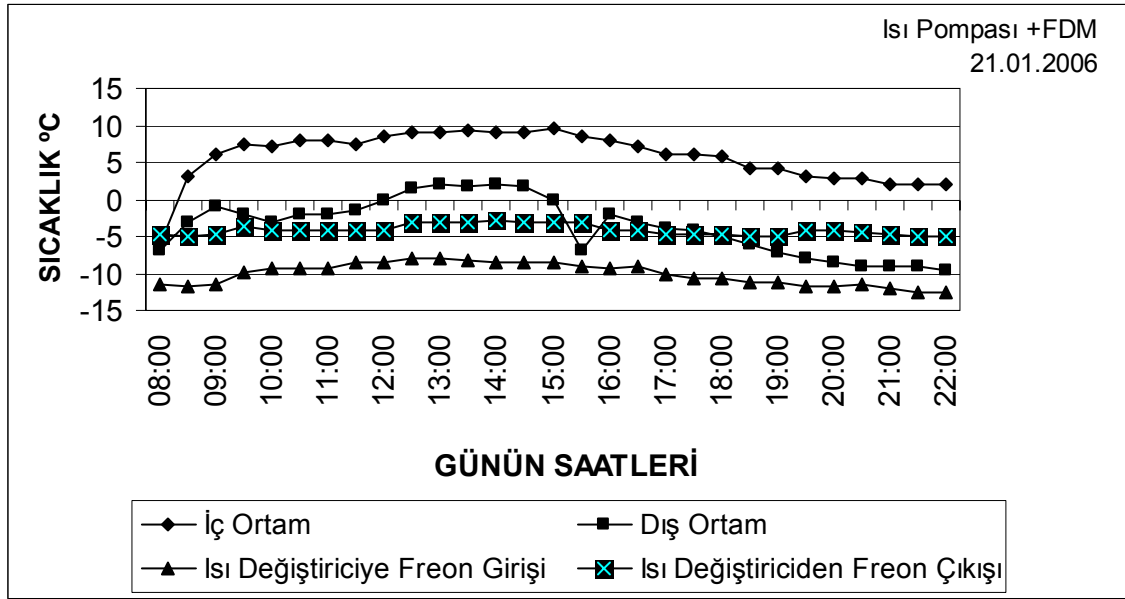


Şekil Ek-2.83 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

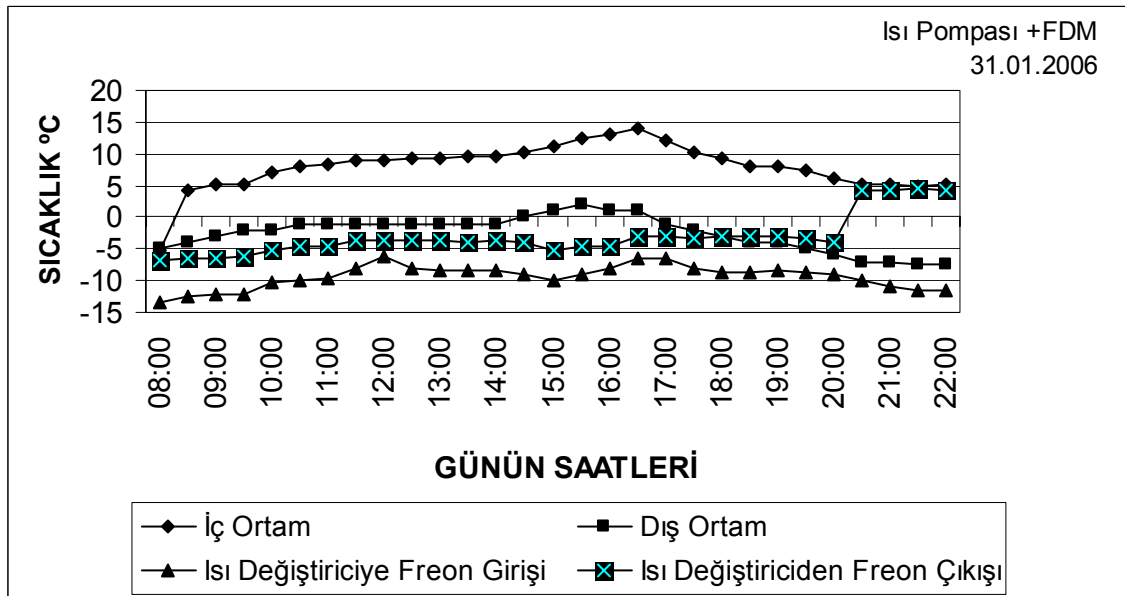


Şekil Ek-2.84 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

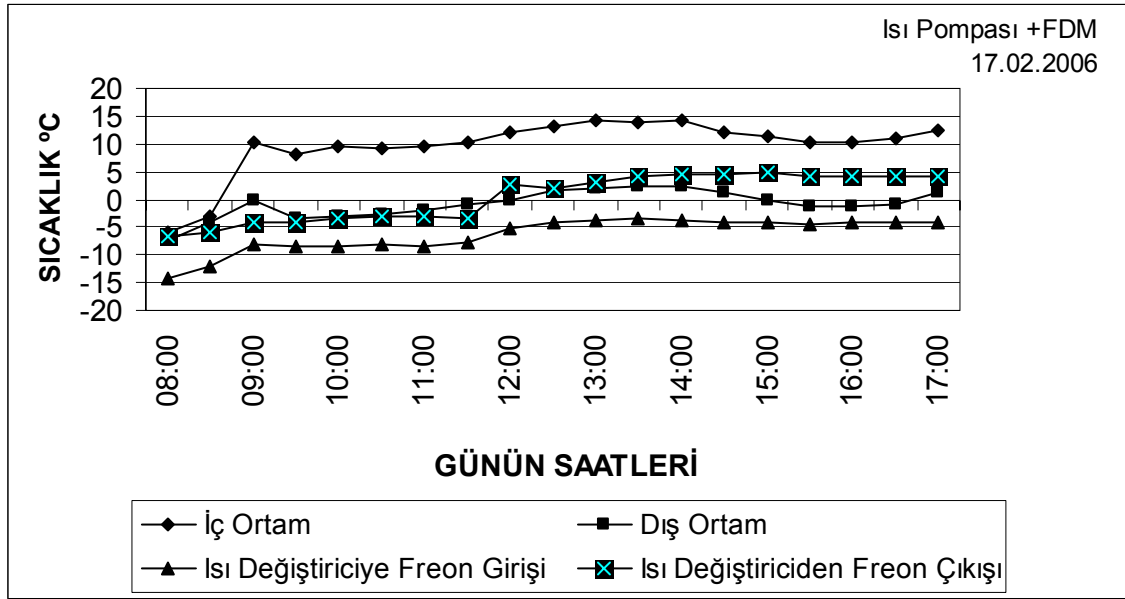


Şekil Ek-2.85 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

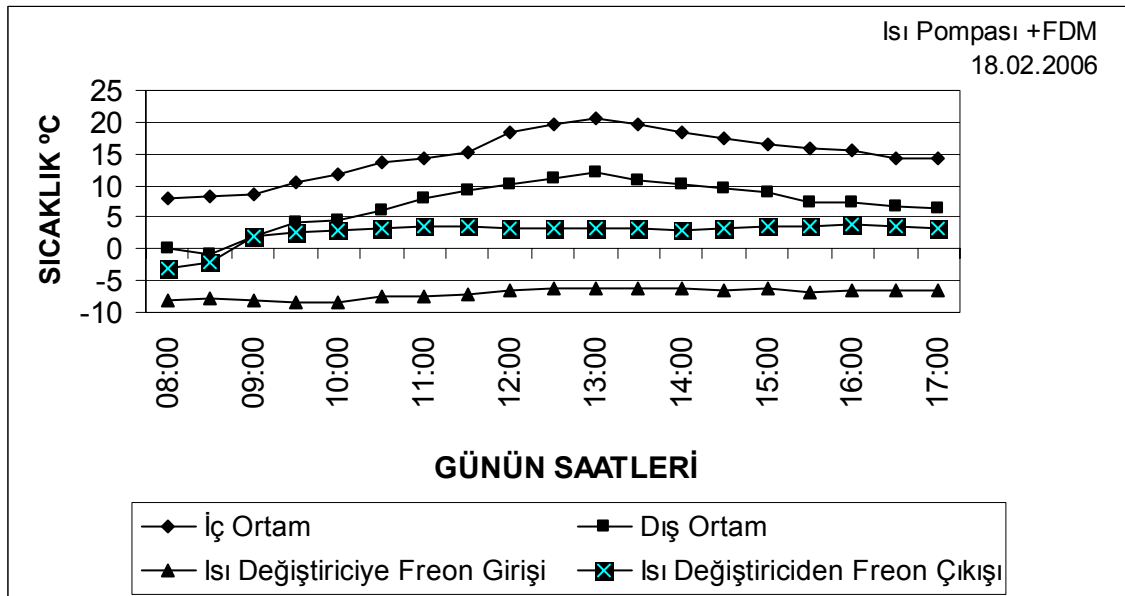


Şekil Ek-2.86 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

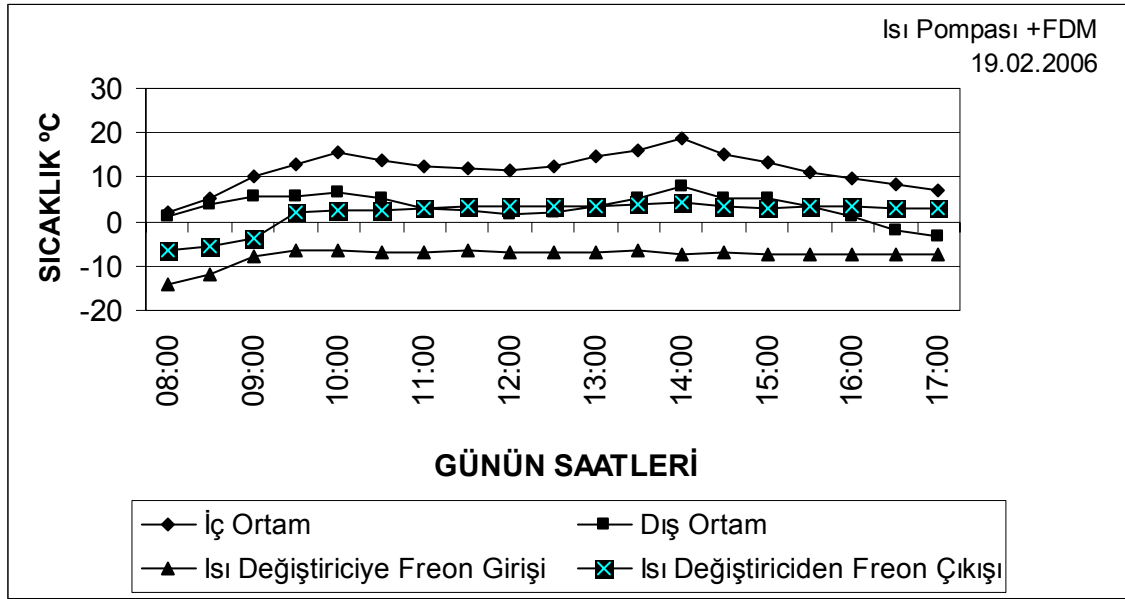


Şekil Ek-2.87 Günü Saati GÖre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

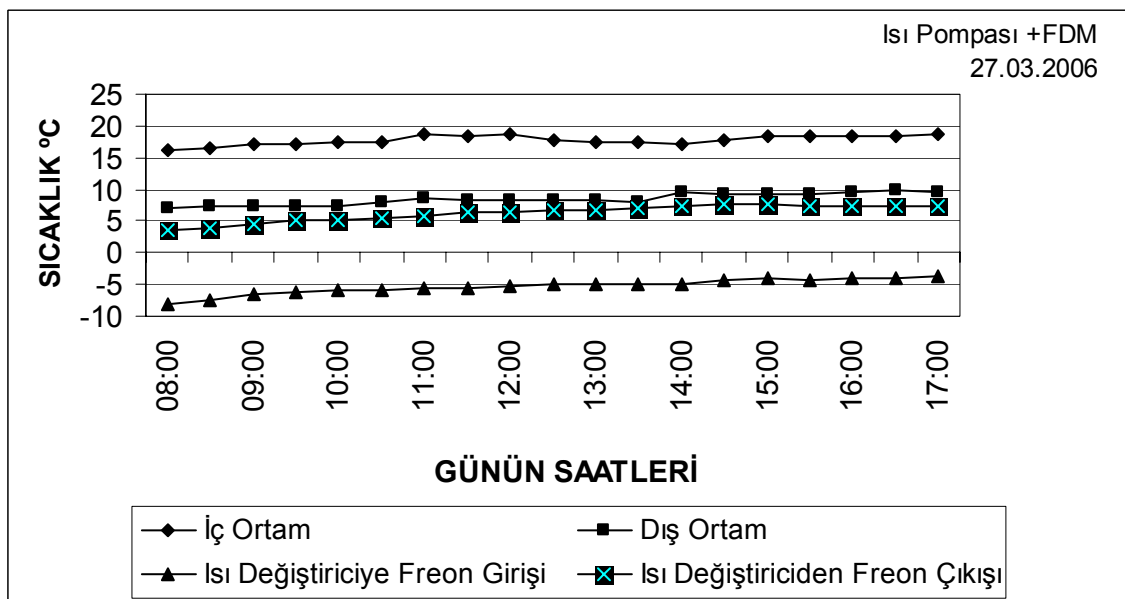


Şekil Ek-2.88 Günü Saati GÖre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.5

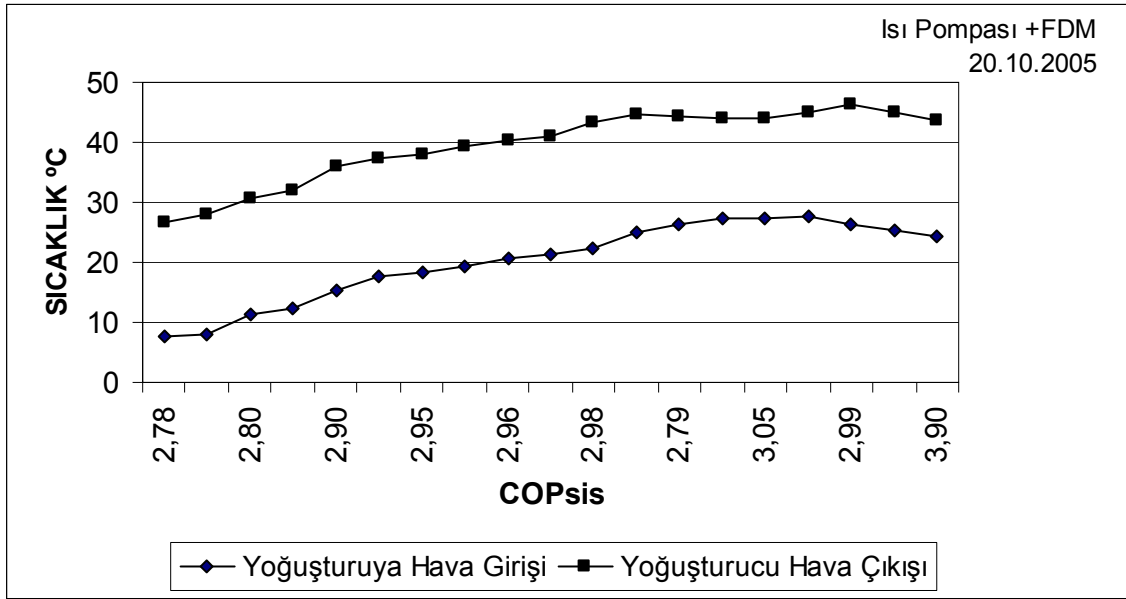


Şekil Ek-2.89 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

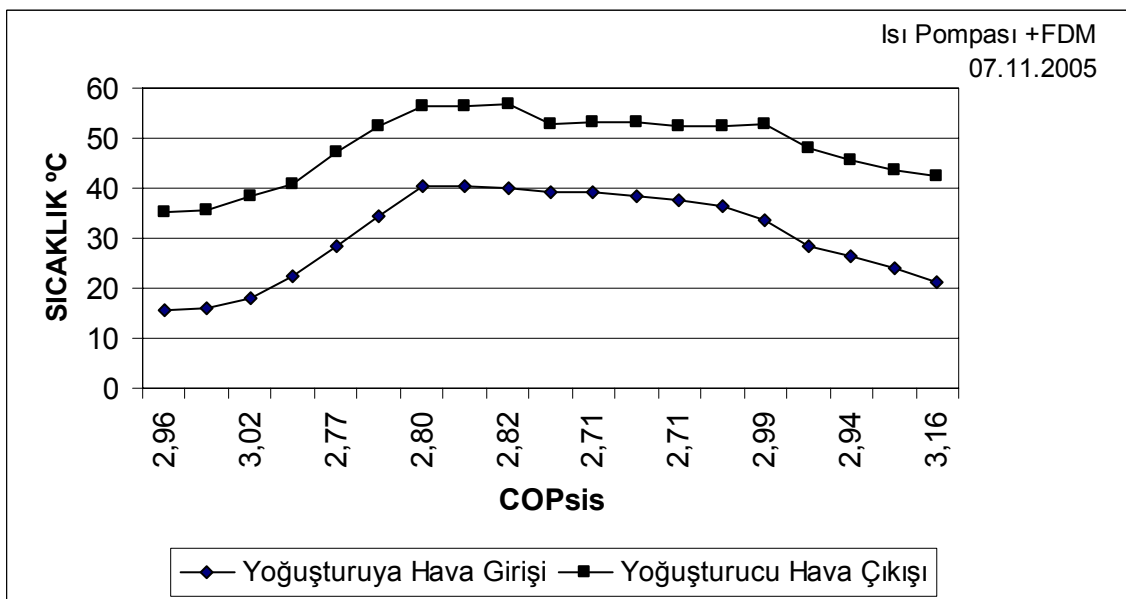


Şekil Ek-2.90 Günü Saati Göre Isı Değiştirici Gaz Giriş ve Çıkış

EK-2.6

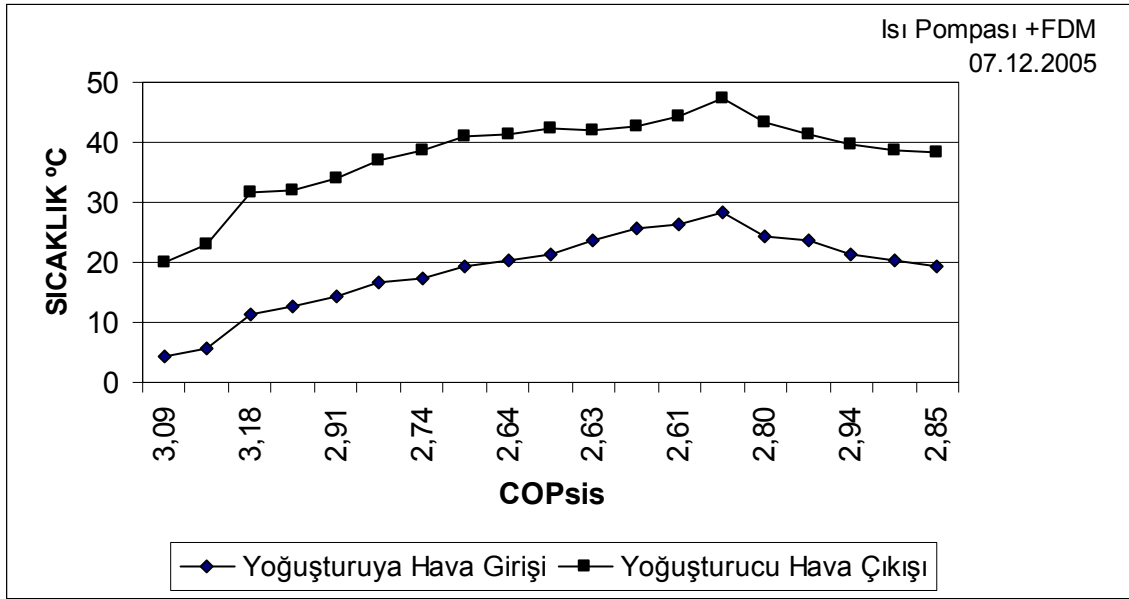


Şekil Ek-2.91 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

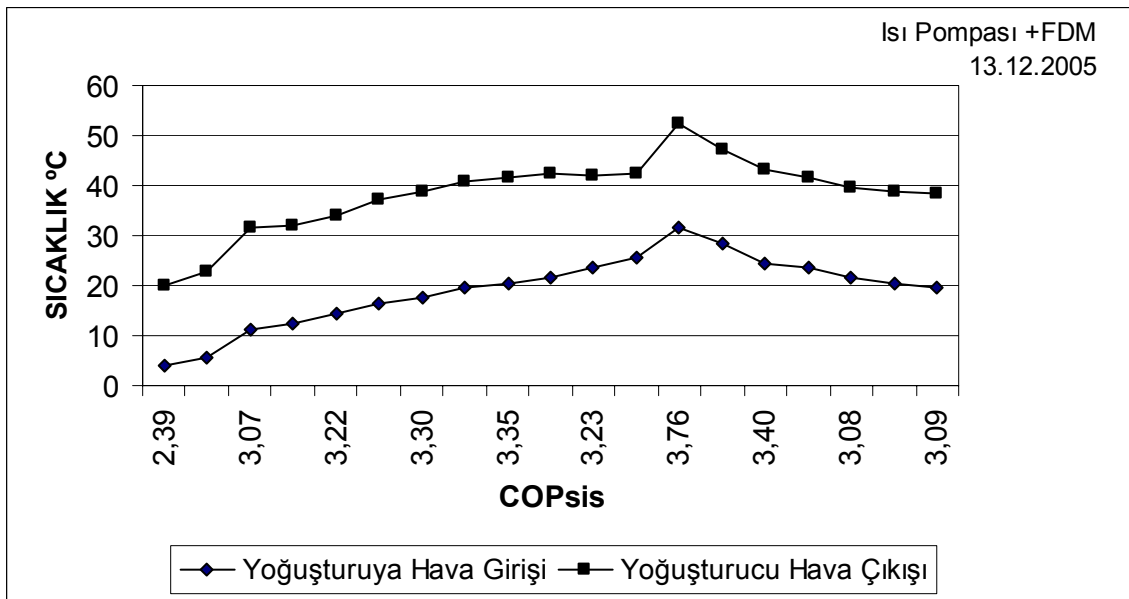


Şekil Ek-2.92 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.6

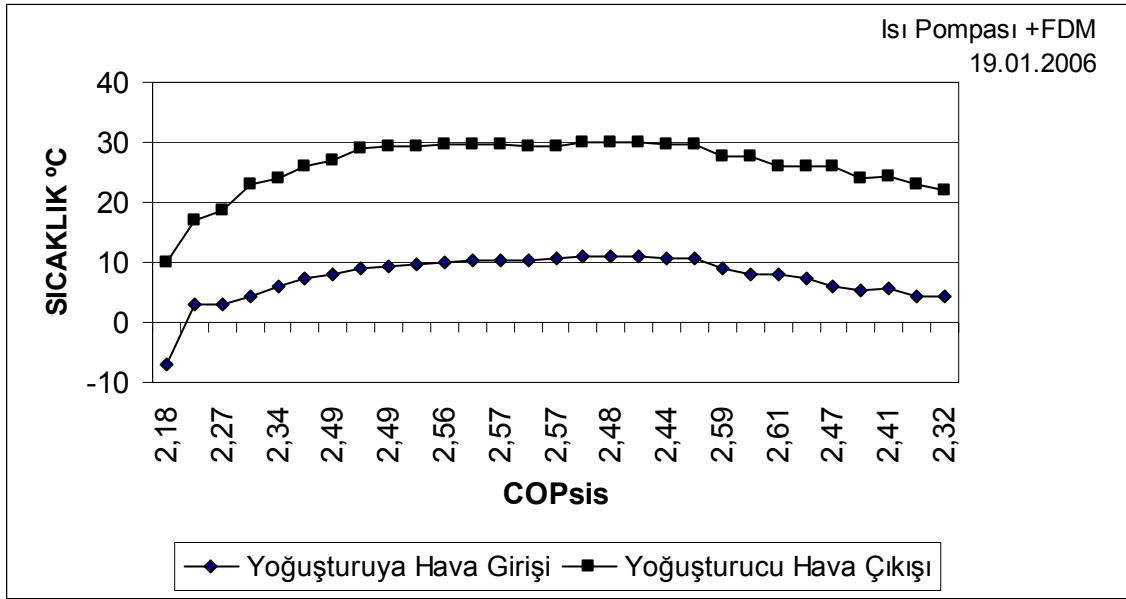


Şekil Ek-2.93 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

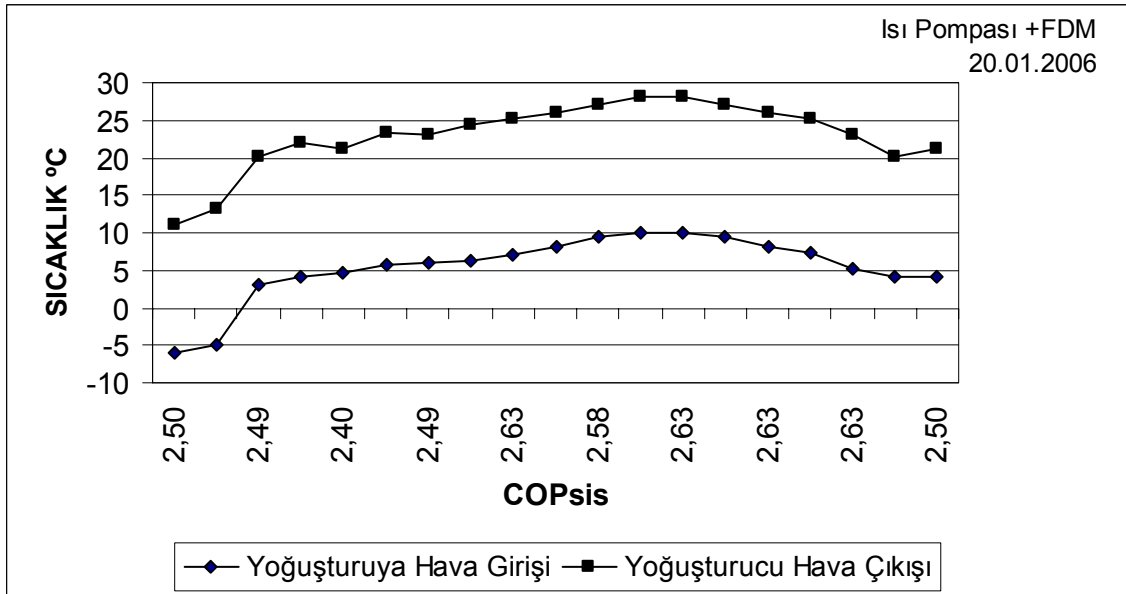


Şekil Ek-2.94 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.6

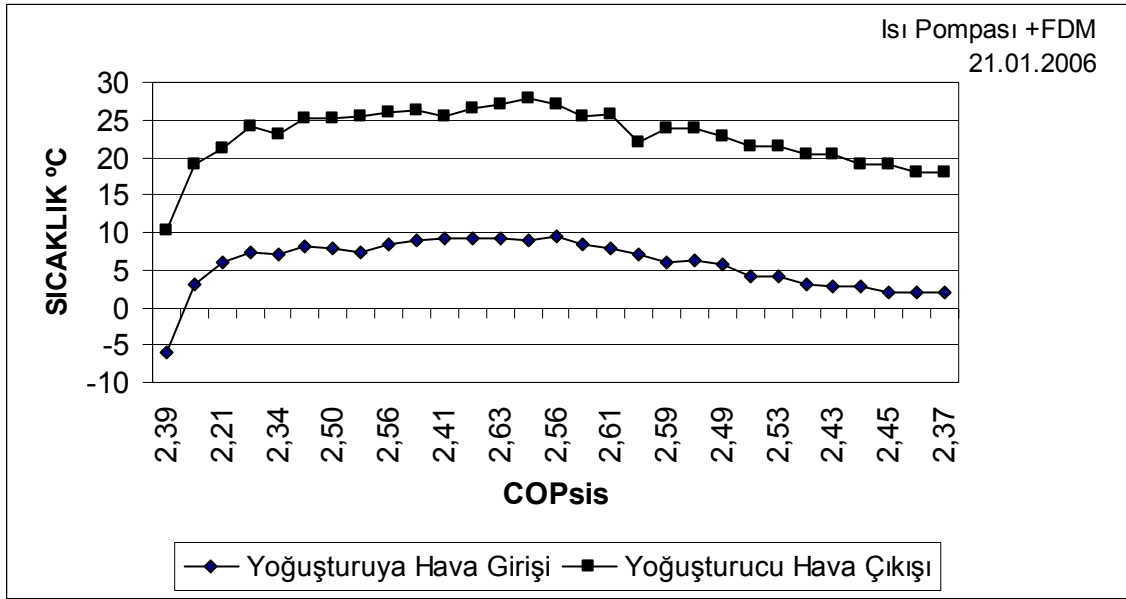


Şekil Ek-2.95 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

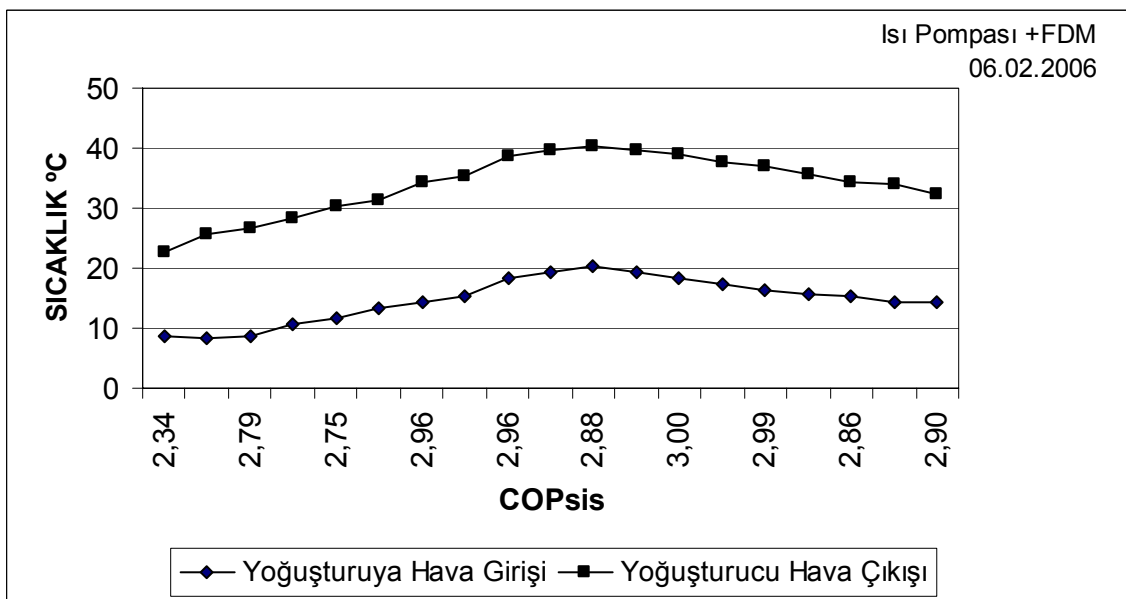


Şekil Ek-2.96 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.6

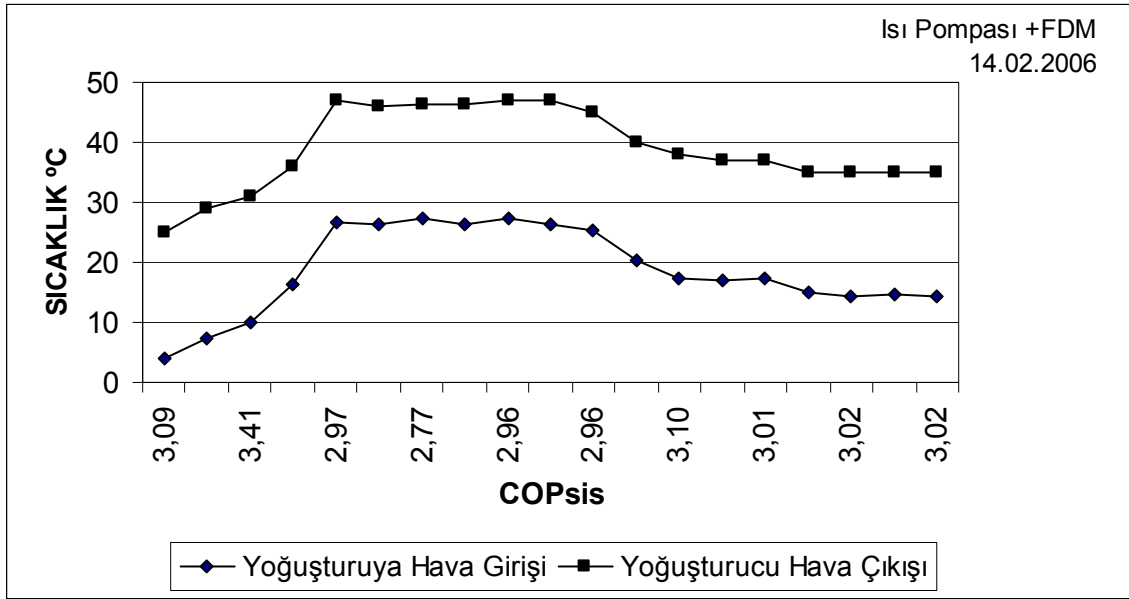


Şekil Ek-2.97 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

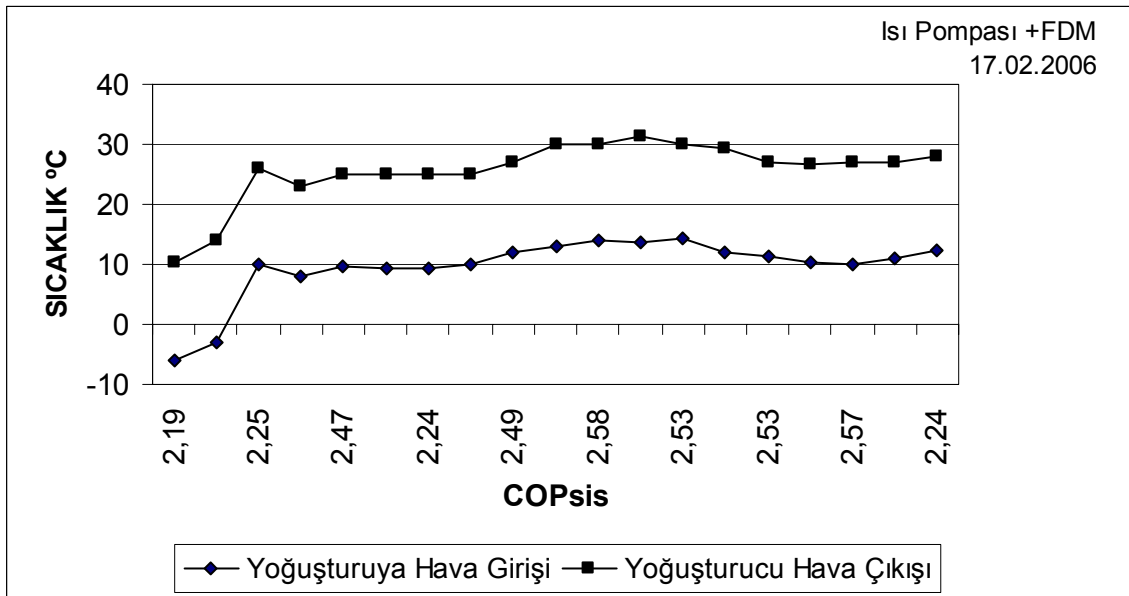


Şekil Ek-2.98 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.6

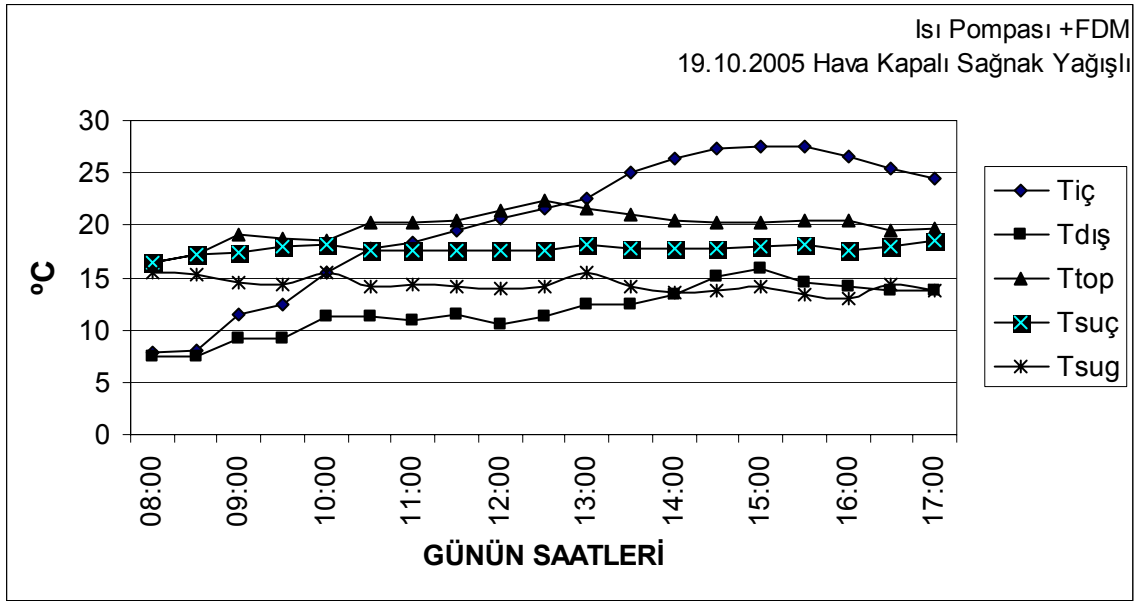


Şekil Ek-2.99 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

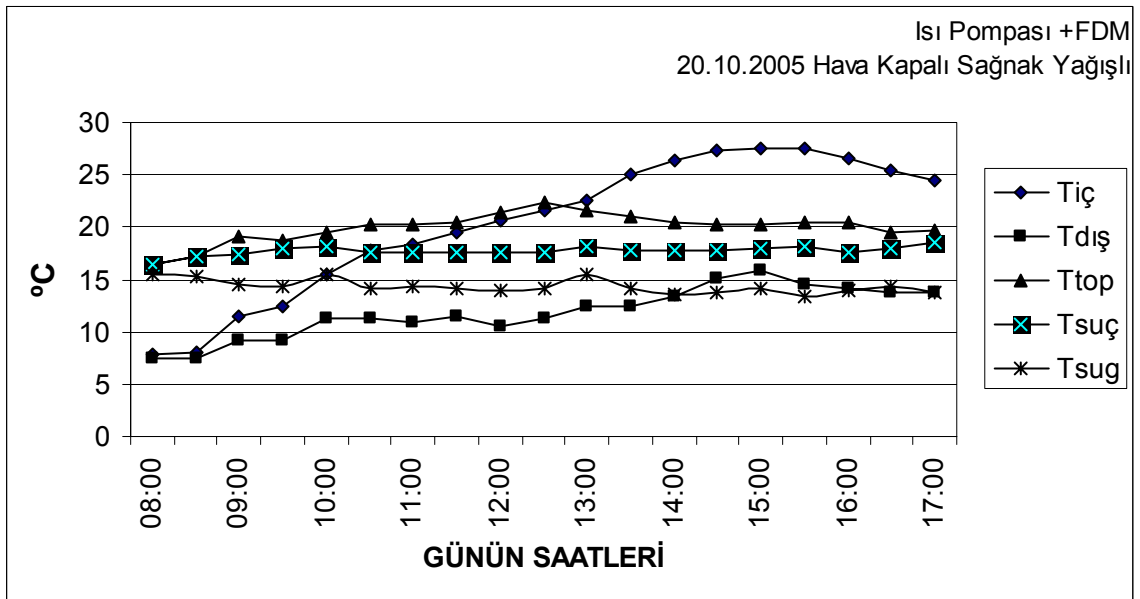


Şekil Ek-2.100 COP_{sis} Değerlerine Göre Yoğuşturucu Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

EK-2.7

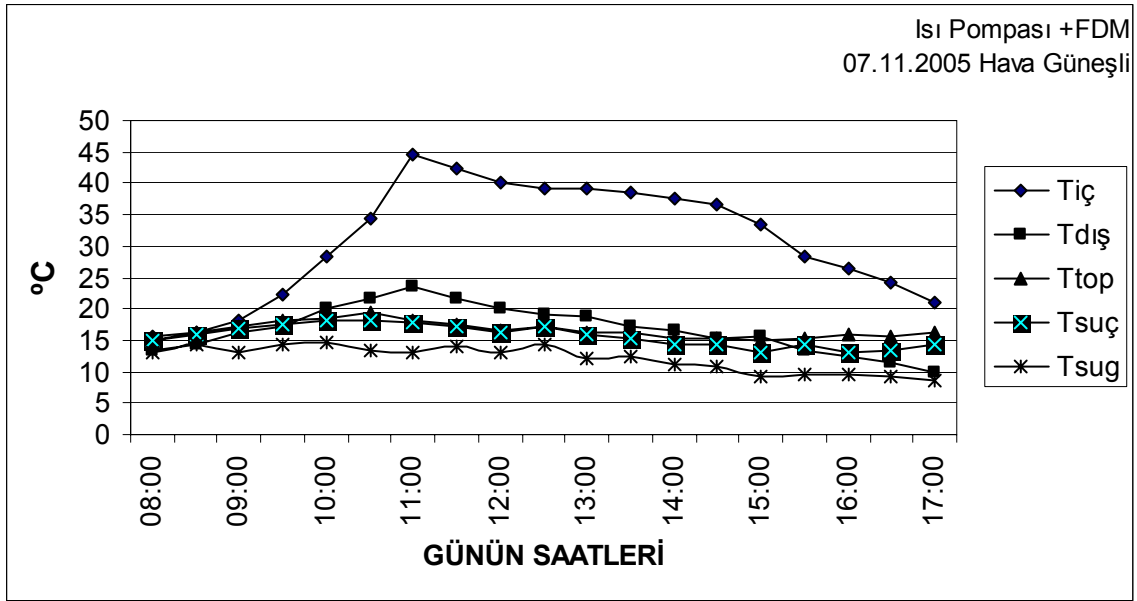


Şekil Ek-2.101 Günü Saati Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

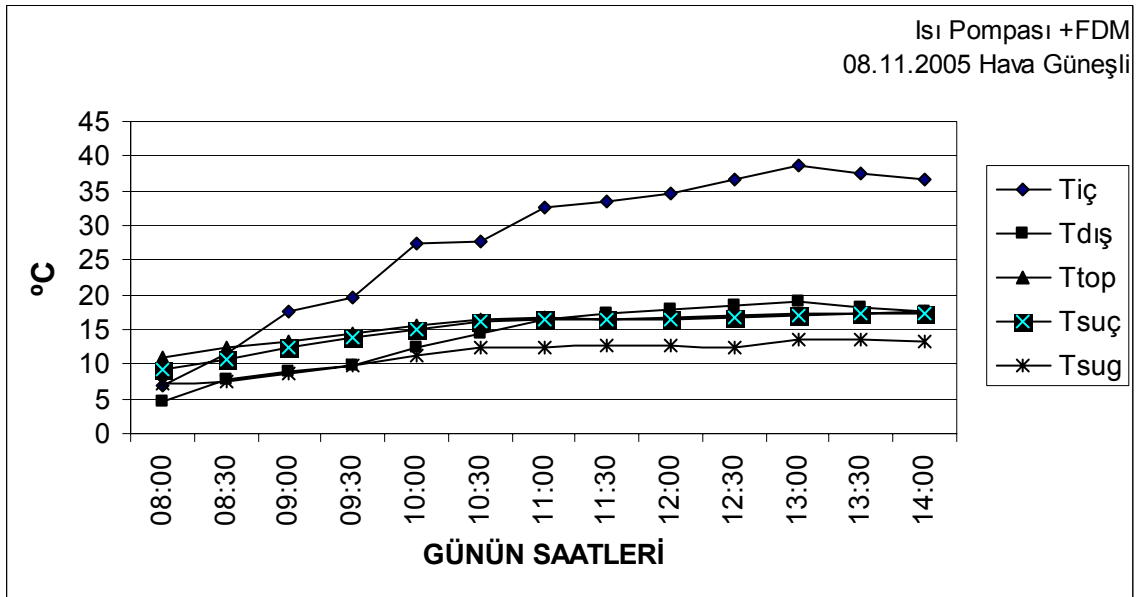


Şekil Ek-2.102 Günü Saati Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişim

EK-2.7

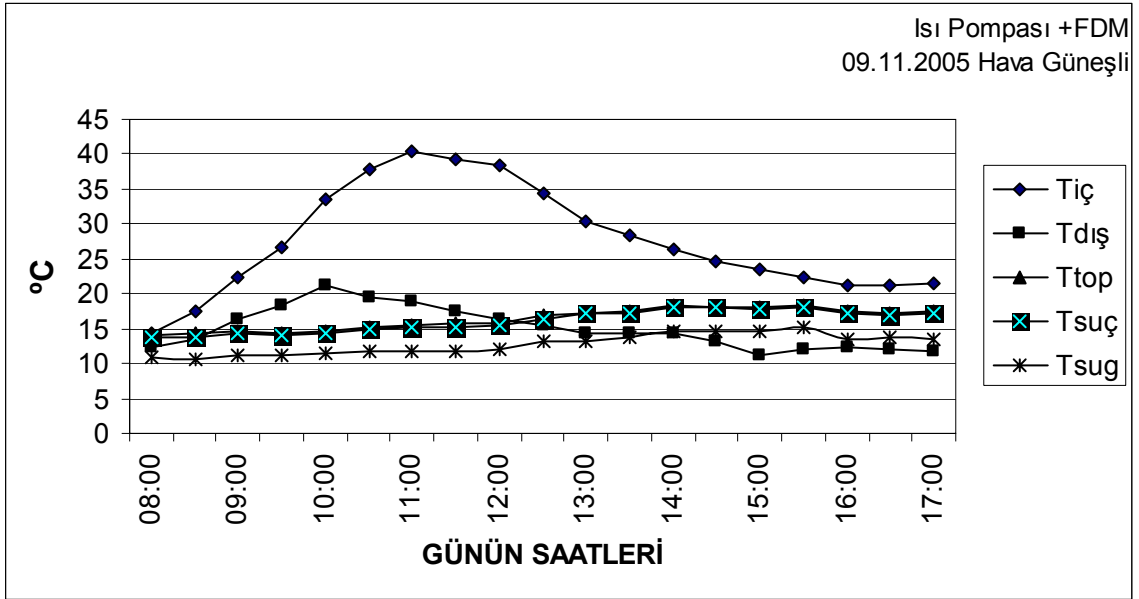


Şekil Ek-2.103 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

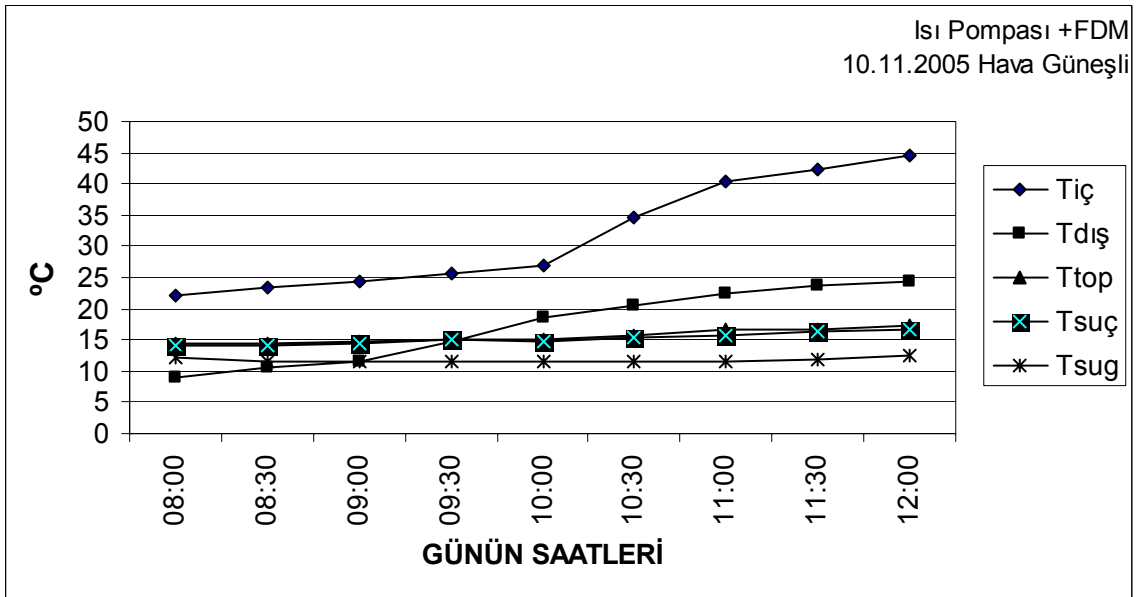


Şekil Ek-2.104 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

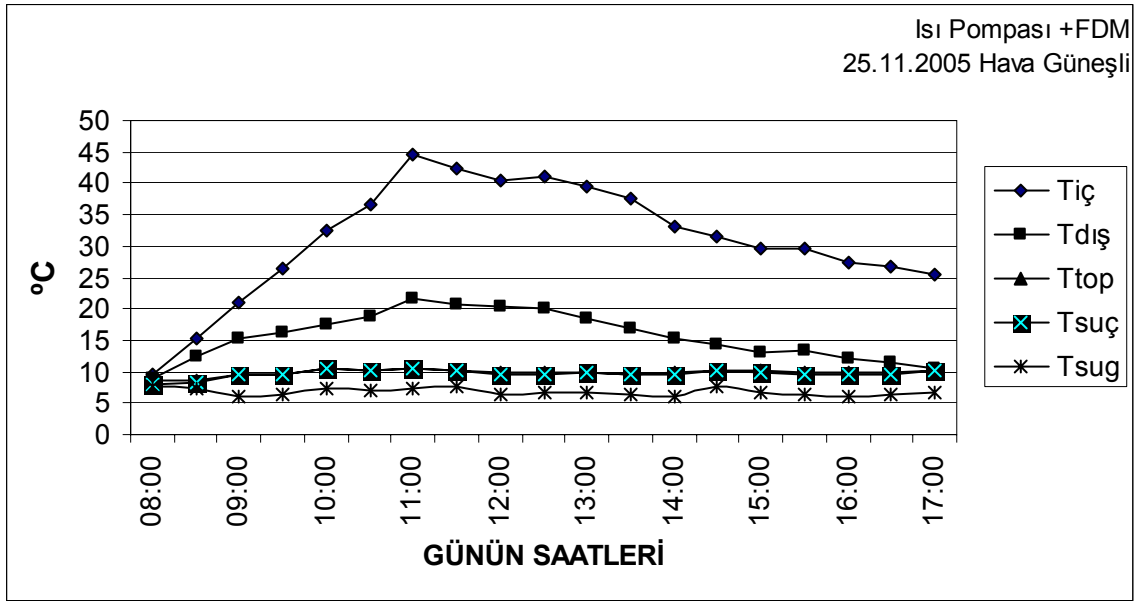


Şekil Ek-2.105 Günün Saatlerine Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

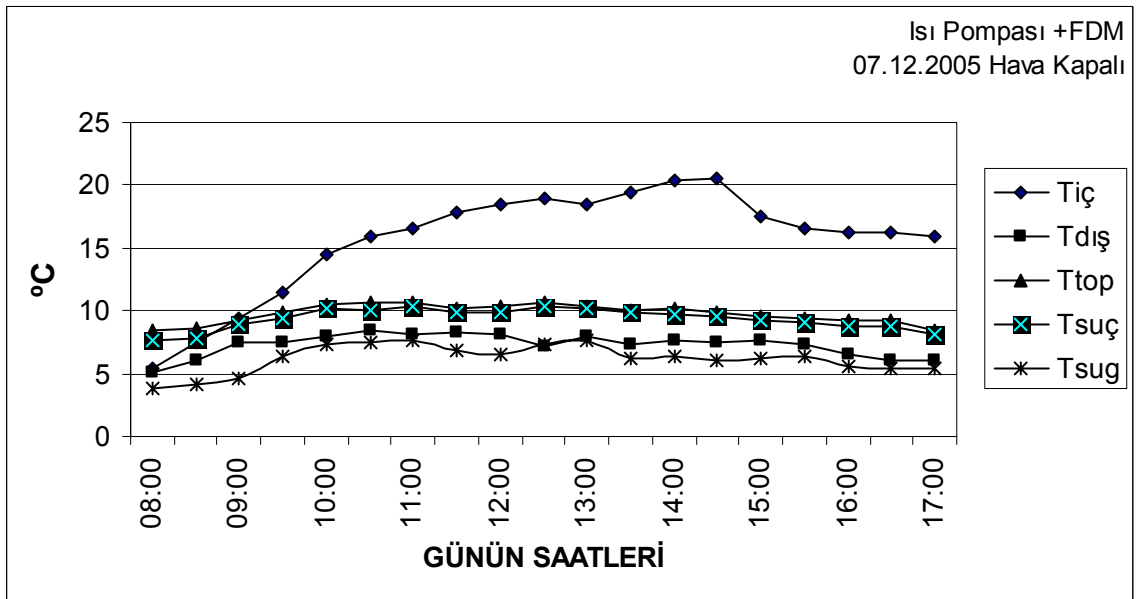


Şekil Ek-2.106 Günün Saatlerine Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

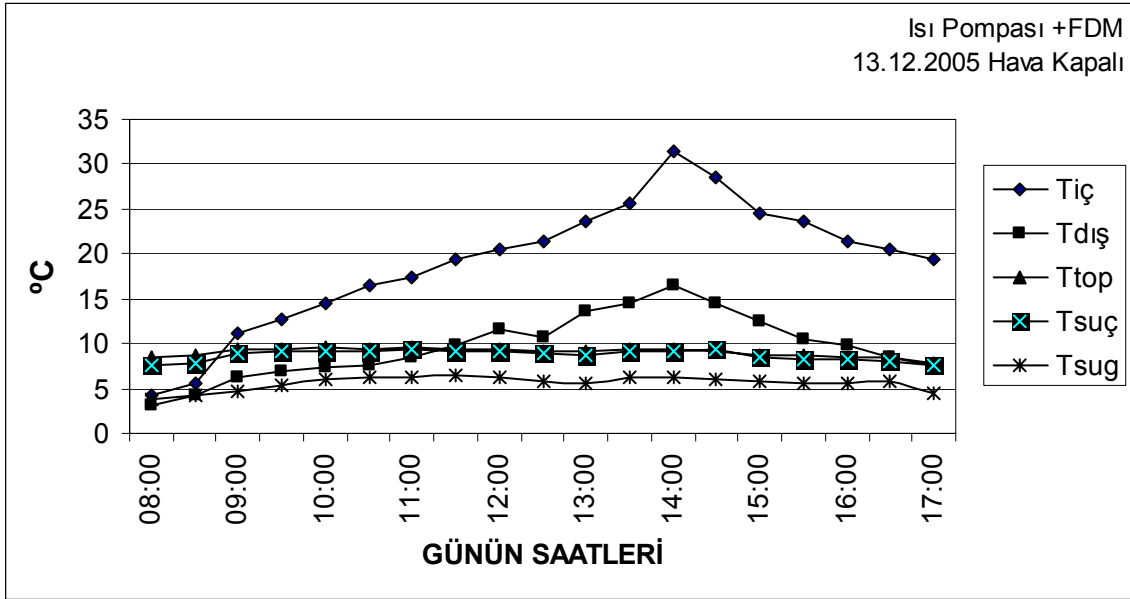


Şekil Ek-2.107 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

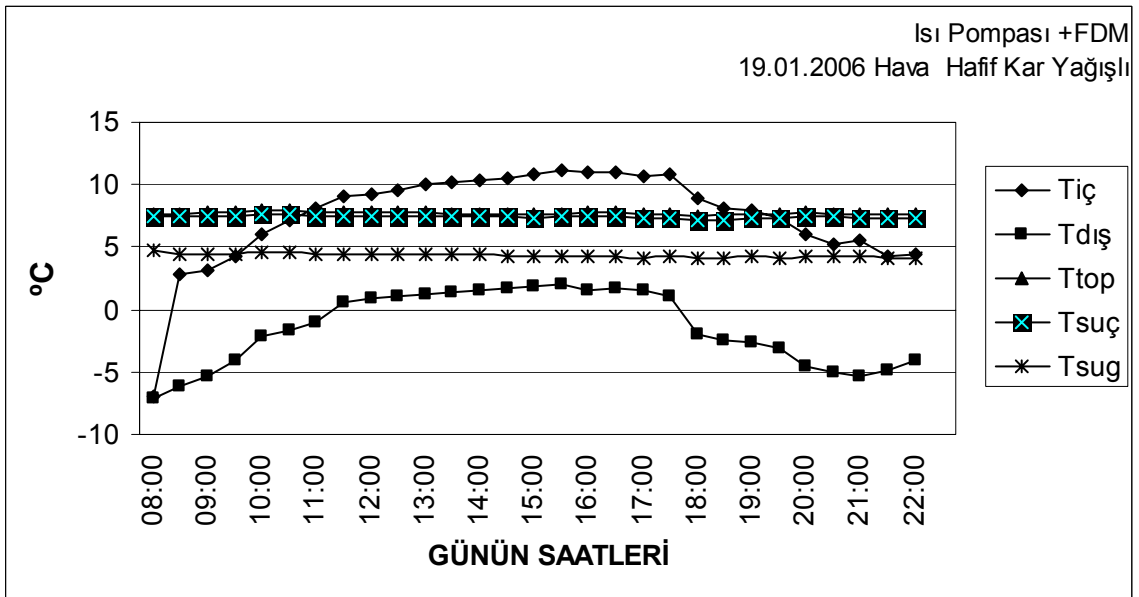


Şekil Ek-2.108 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

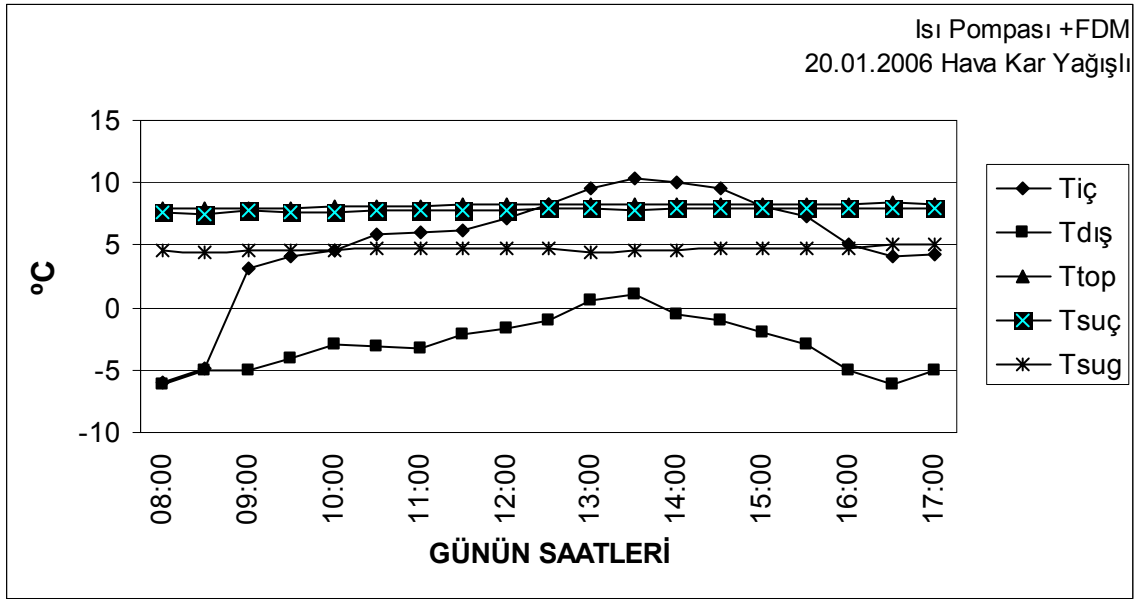


Şekil Ek-2.109 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

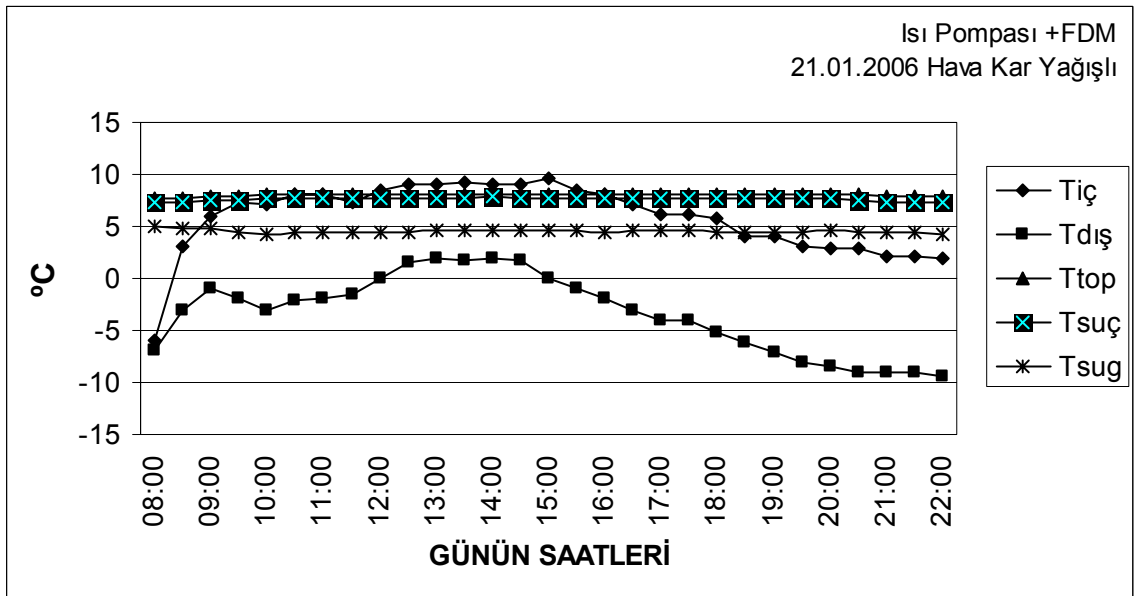


Şekil Ek-2.110 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

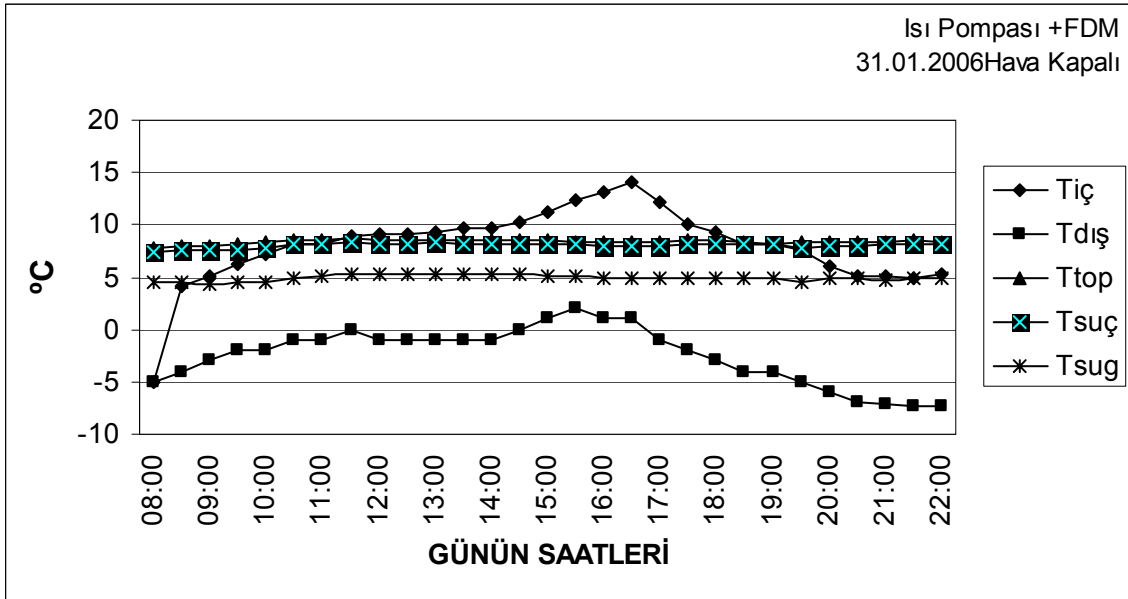


Şekil Ek-2.111 Günü Saati Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

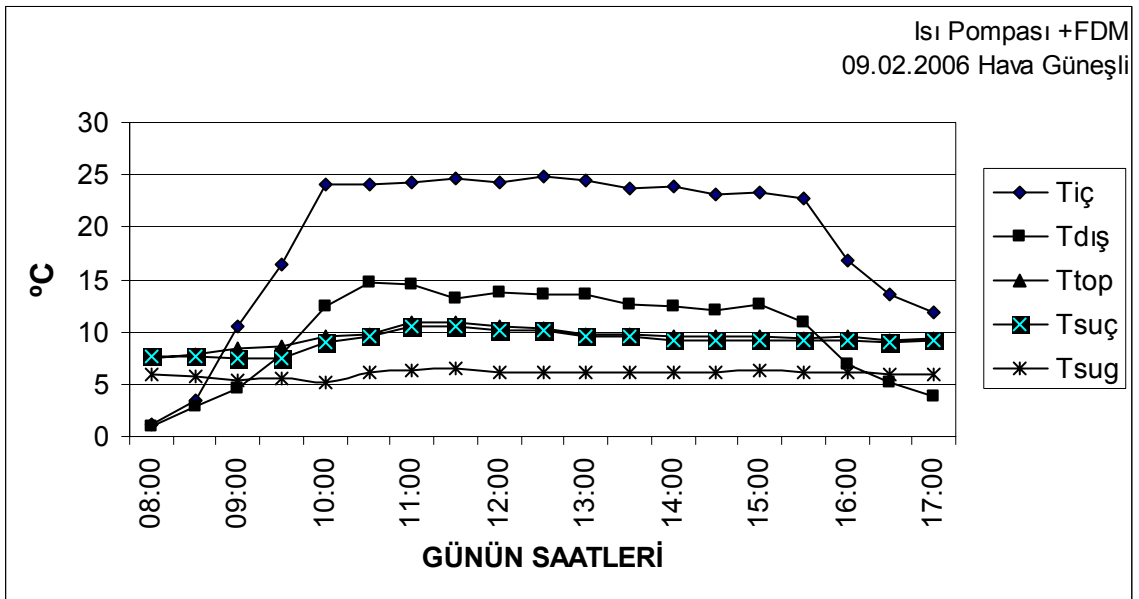


Şekil Ek-2.112 Günü Saati Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

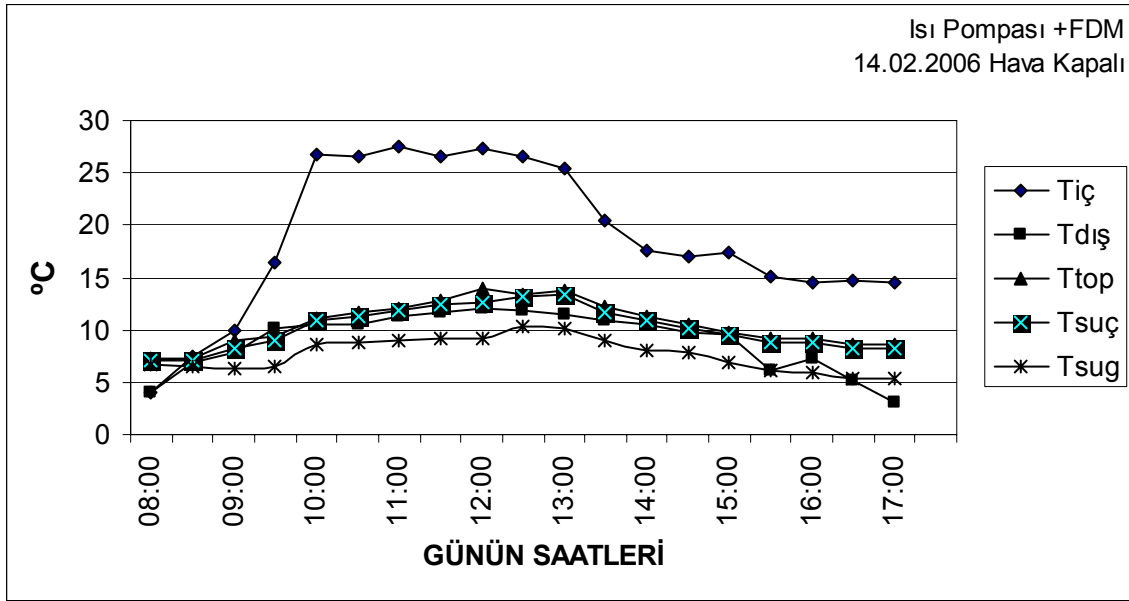


Şekil Ek-2.113 Günün Saatlerine Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

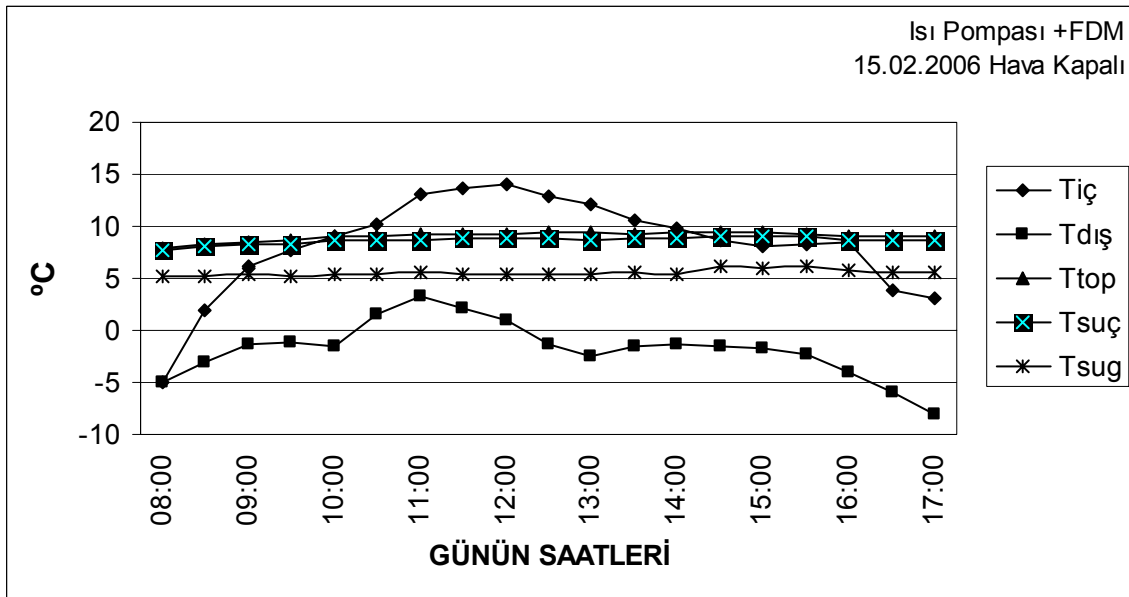


Şekil Ek-2.114 Günün Saatlerine Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

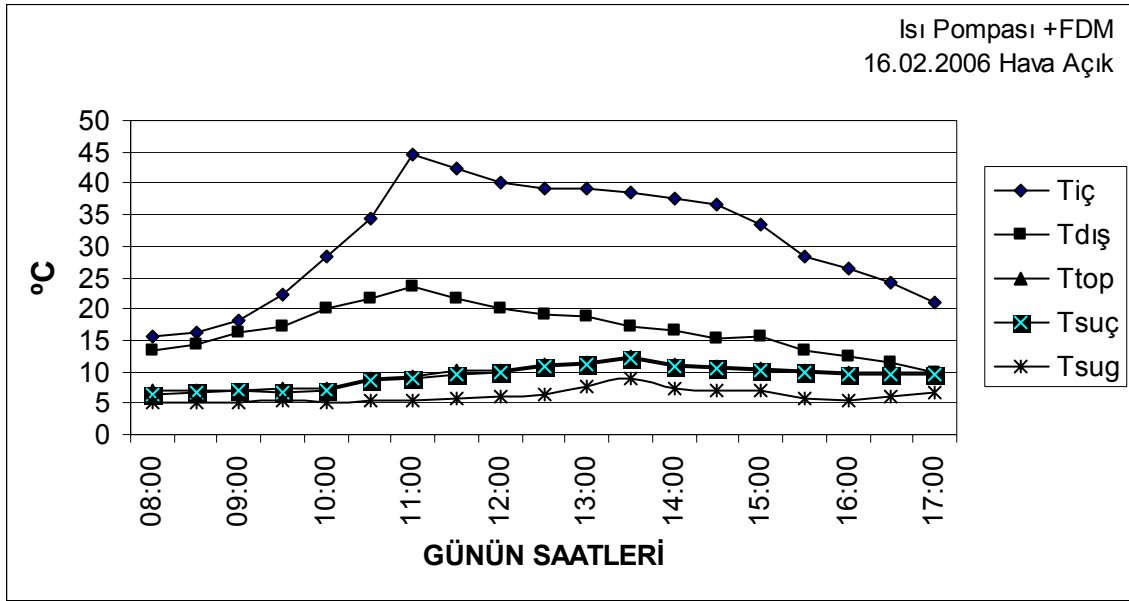


Şekil Ek-2.115 Günün Saatlerine Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

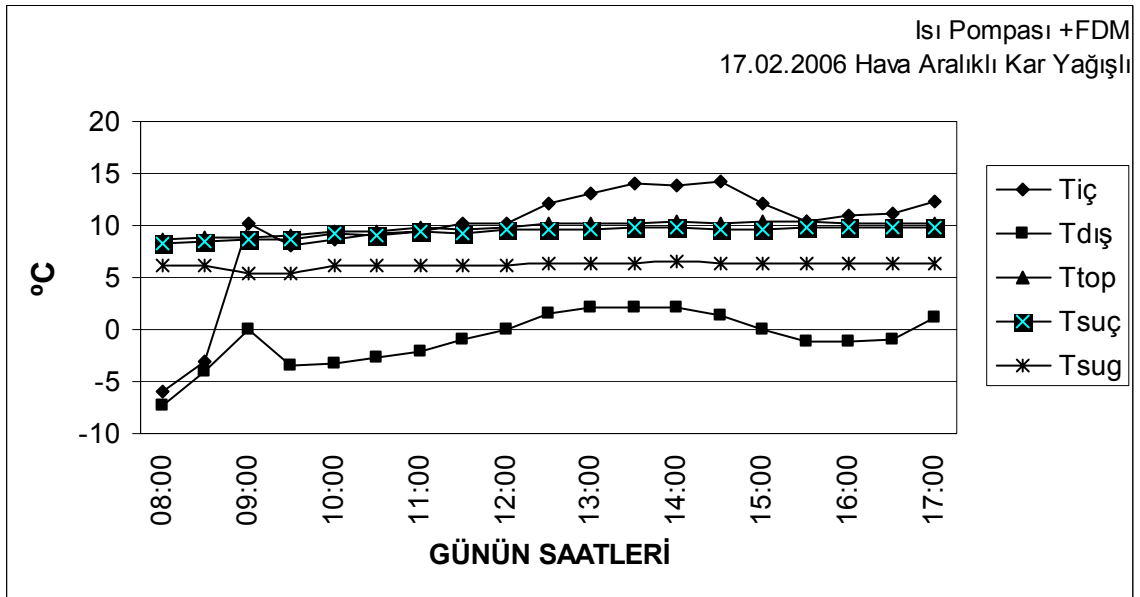


Şekil Ek-2.116 Günün Saatlerine Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

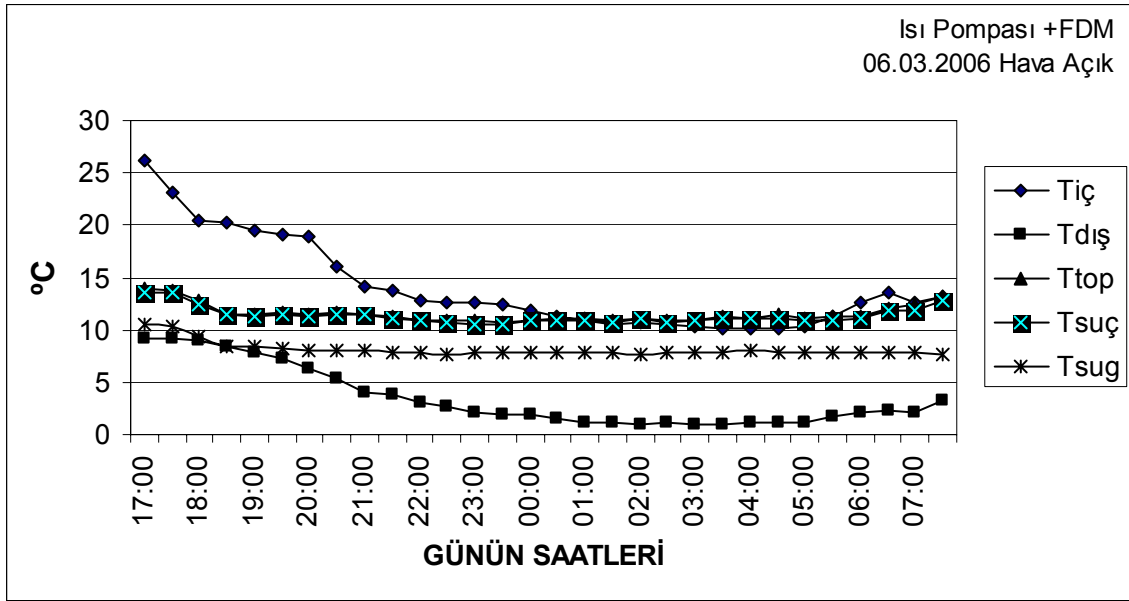


Şekil Ek-2.117 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

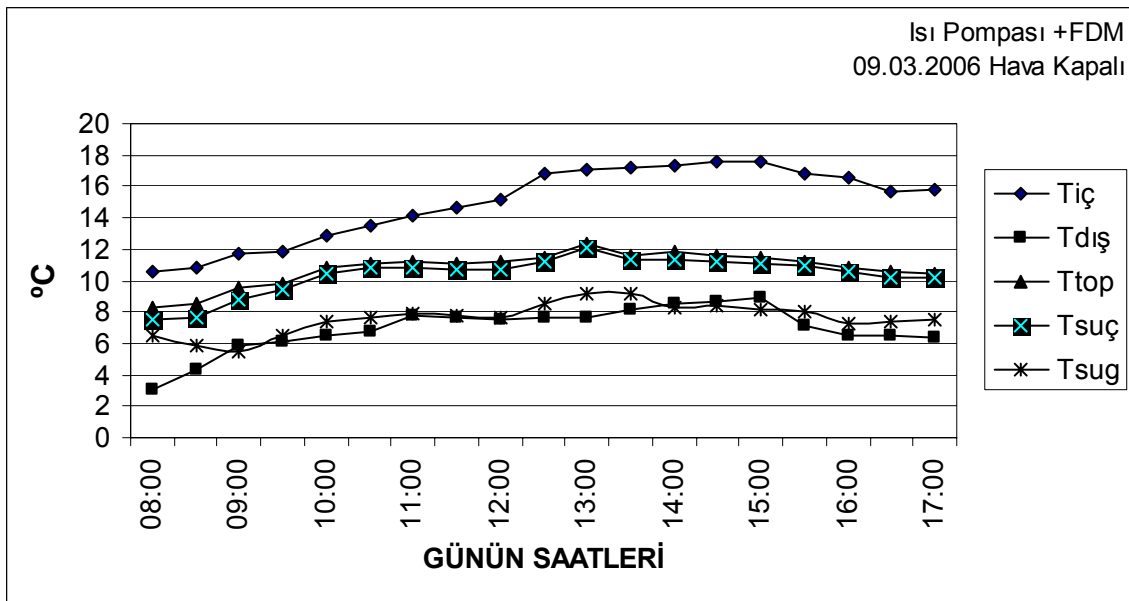


Şekil Ek-2.118 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

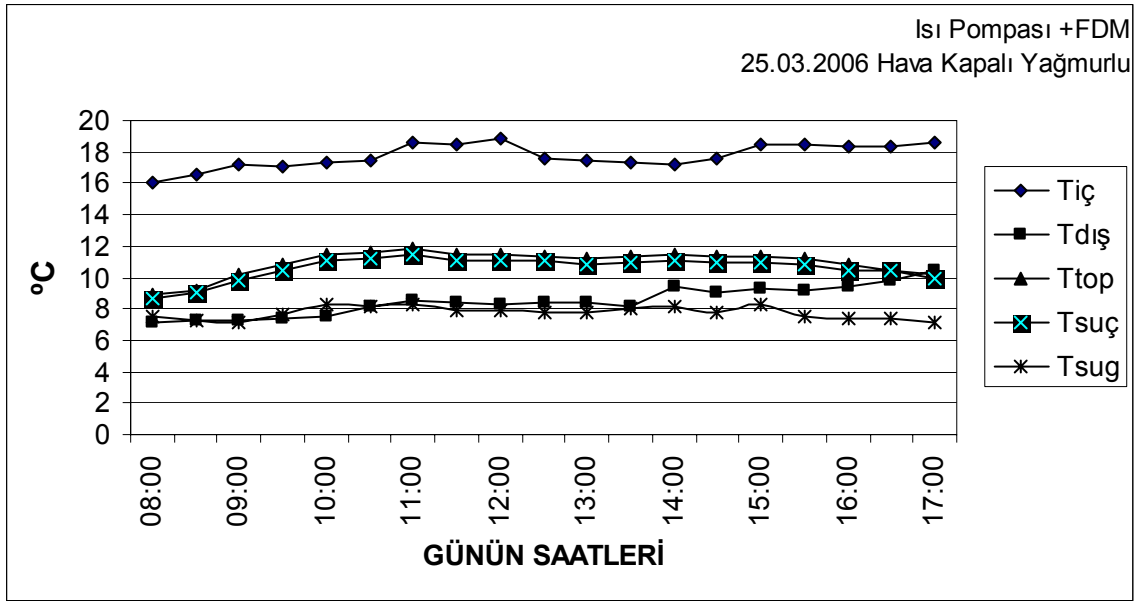


Şekil Ek-2.119 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

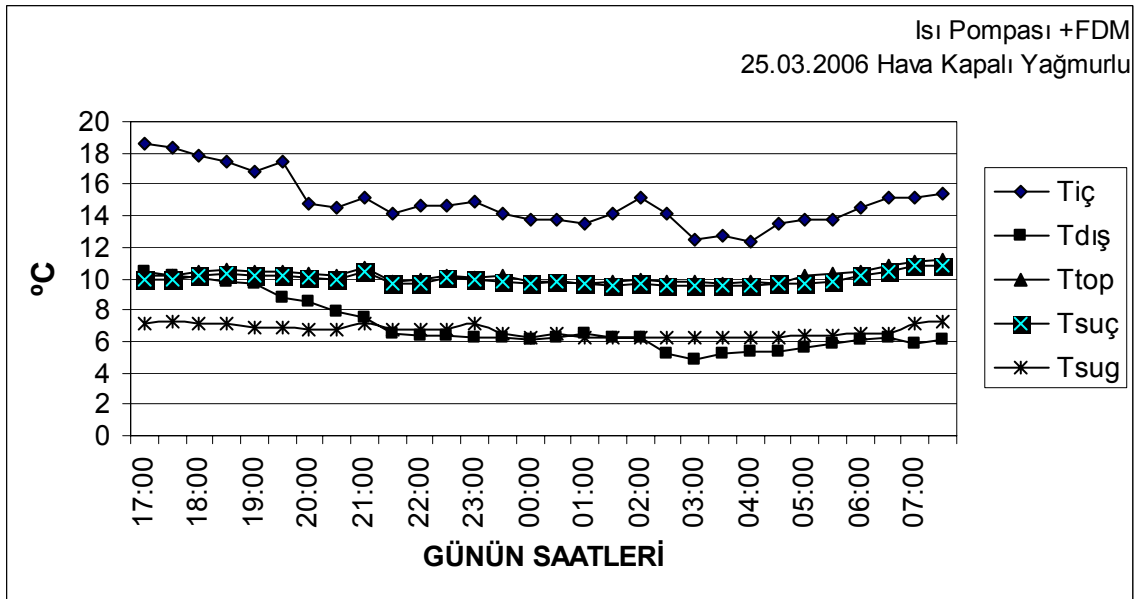


Şekil Ek-2.120 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

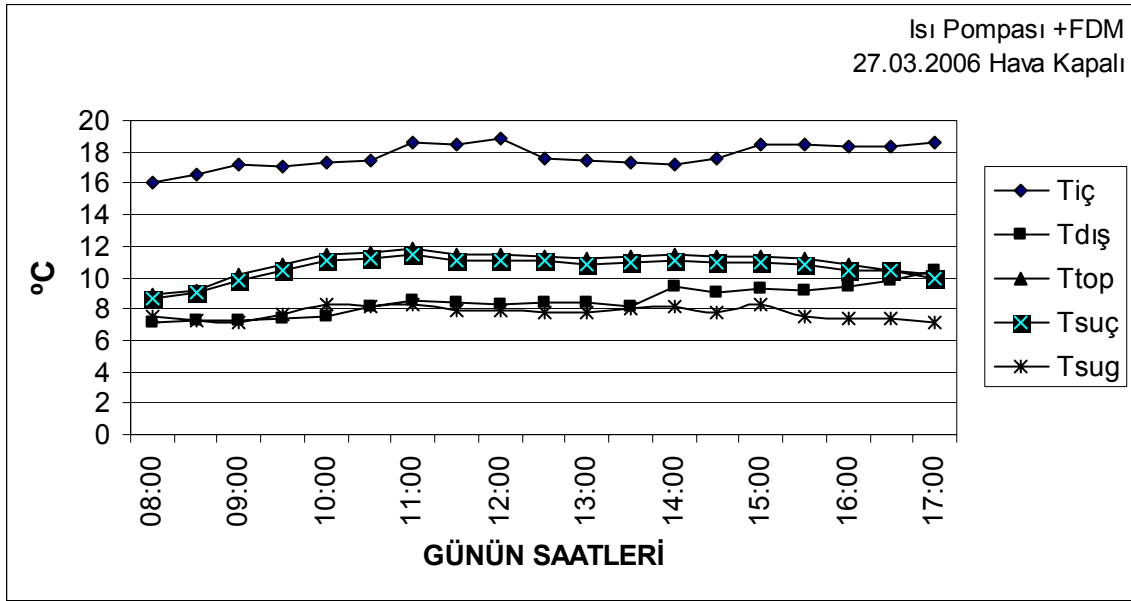


Şekil Ek-2.121 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

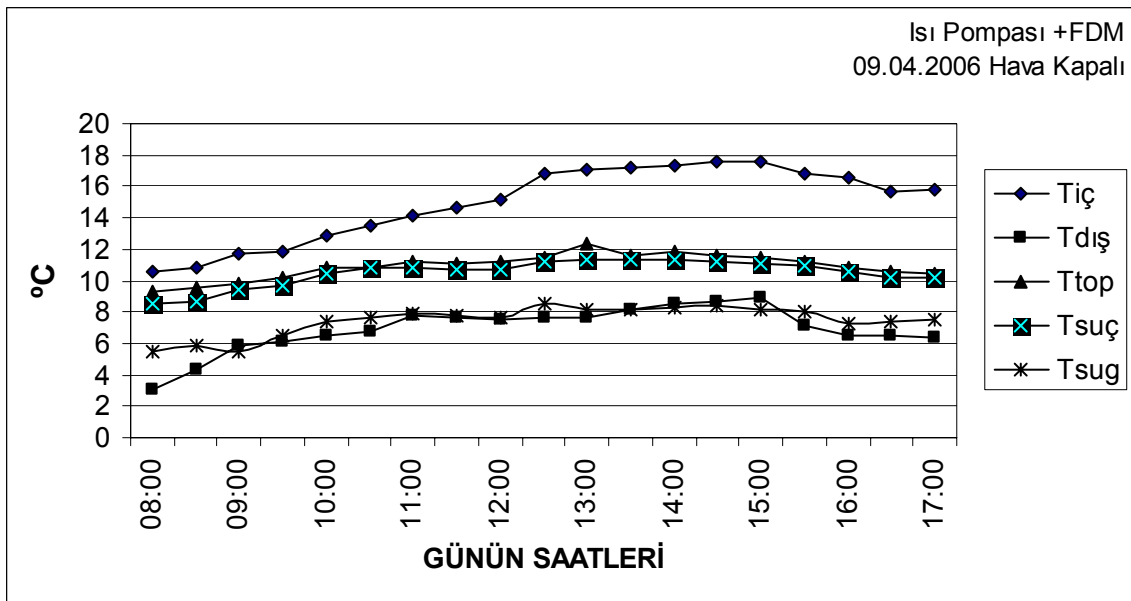


Şekil Ek-2.122 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-2.7

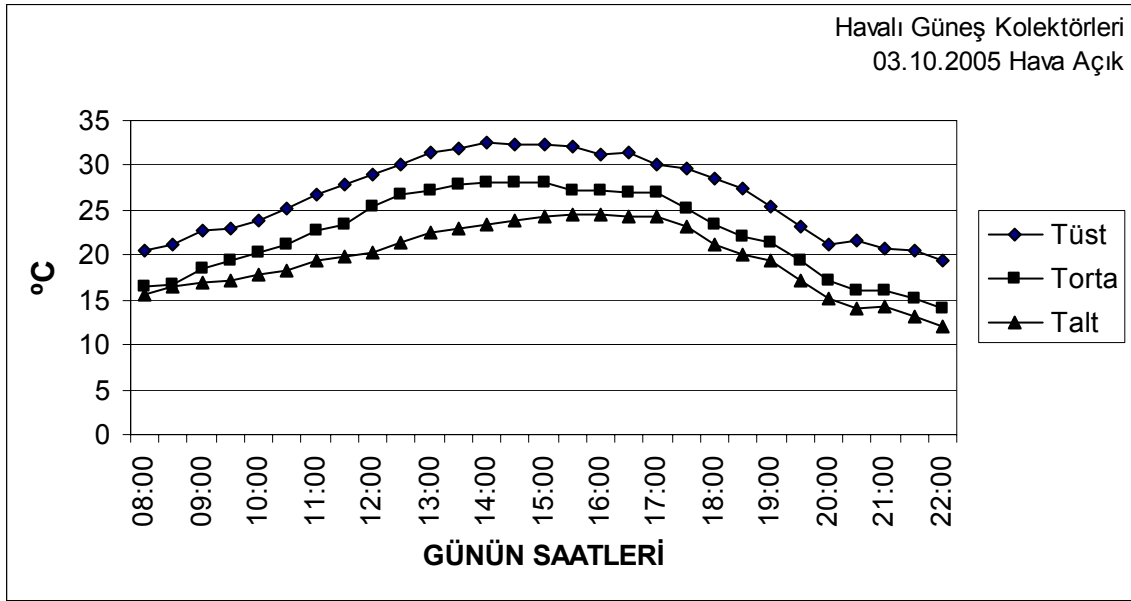


Şekil Ek-2.123 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

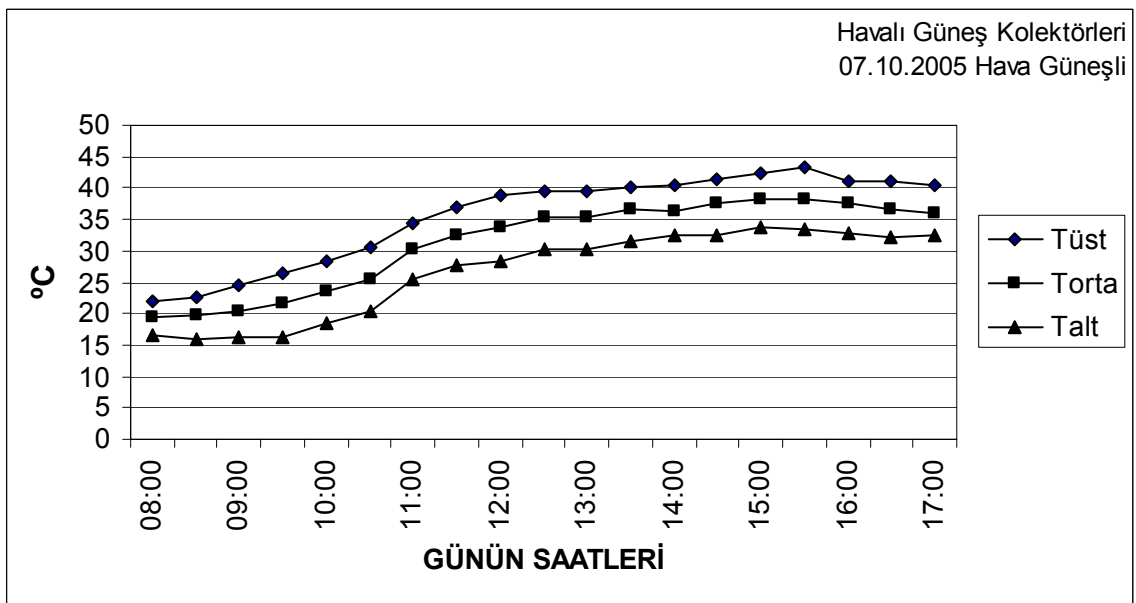


Şekil Ek-2.124 Günü Saatlere Toprak, Su Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarının Değişimi

EK-3

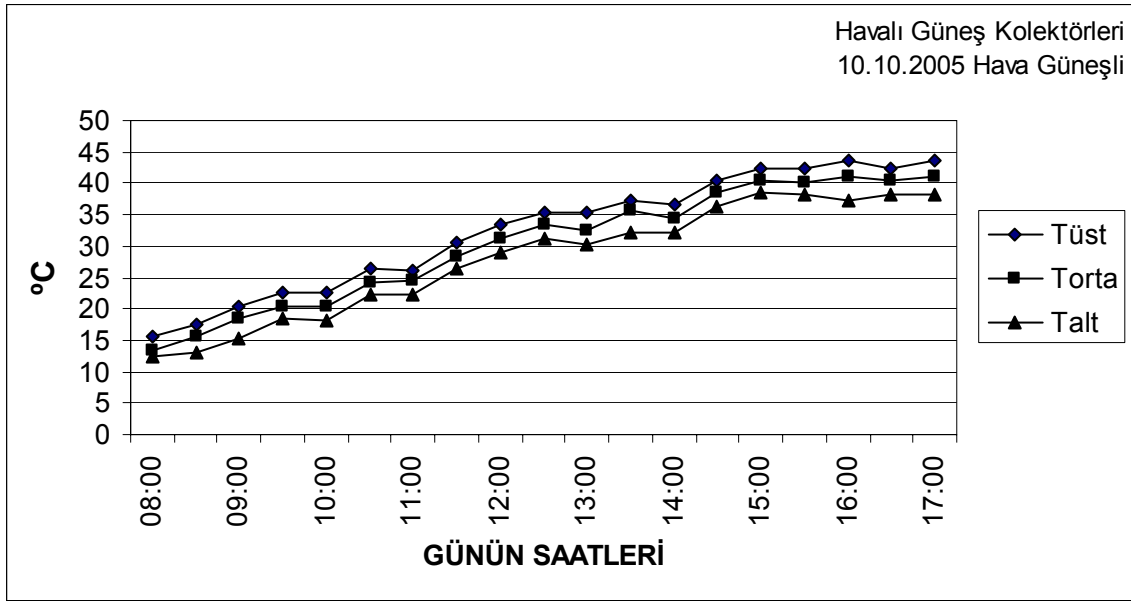


Şekil Ek-3.1 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj+Deşarj)

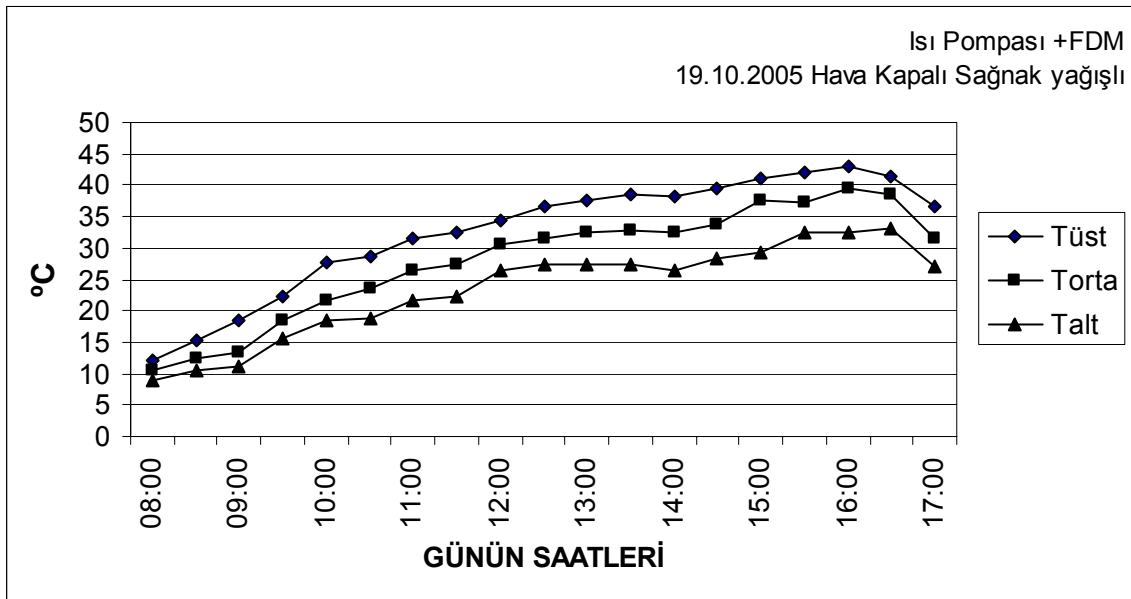


Şekil Ek-3.2 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

EK-3

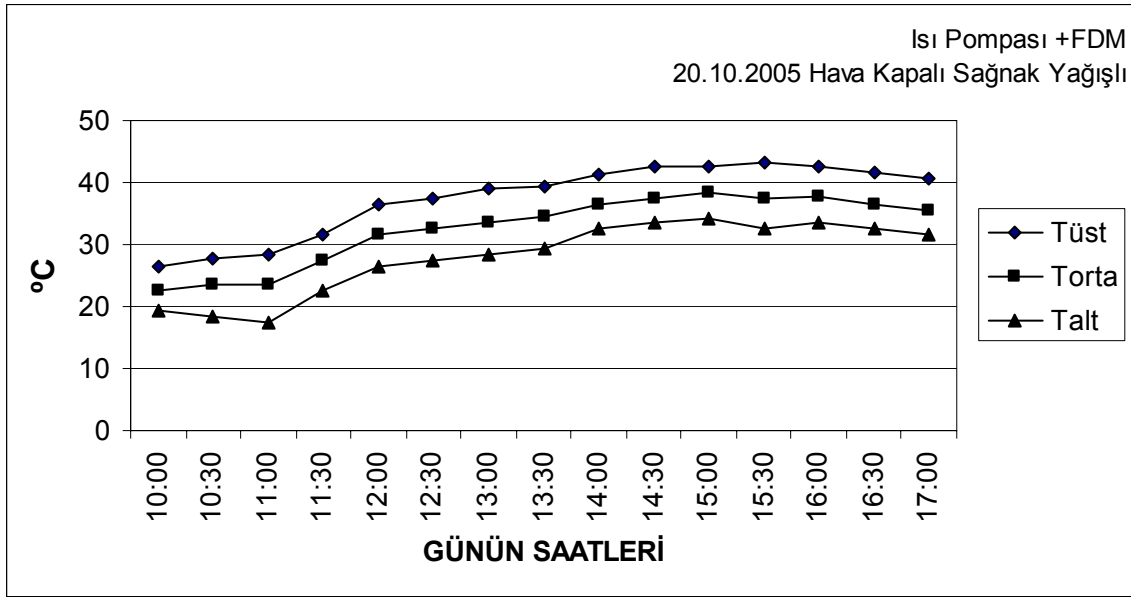


Şekil Ek-3.3 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

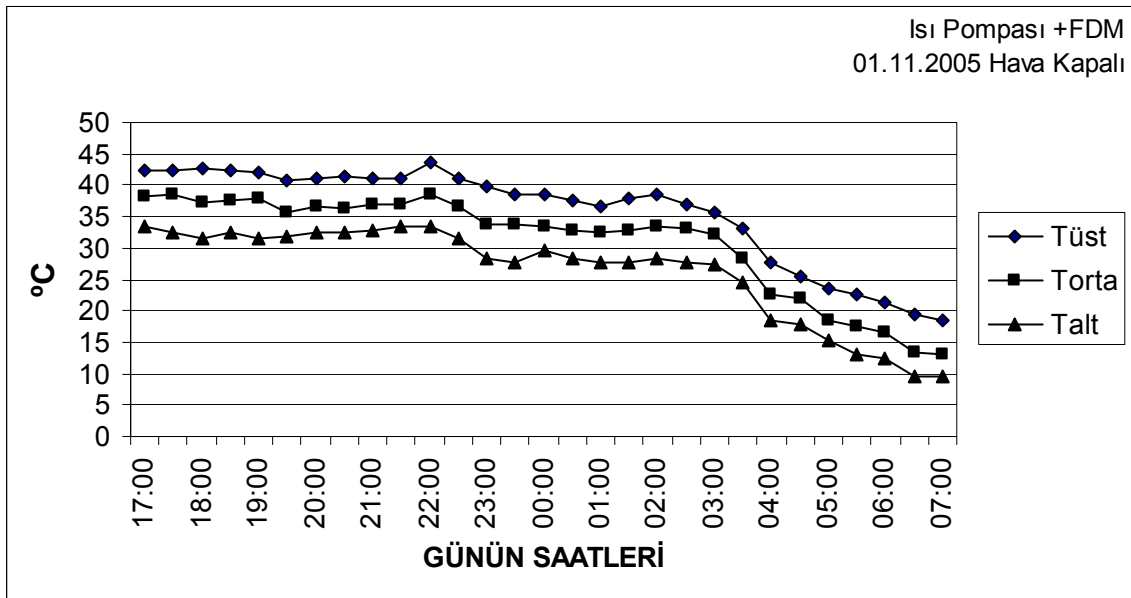


Şekil Ek-3.4 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

EK-3

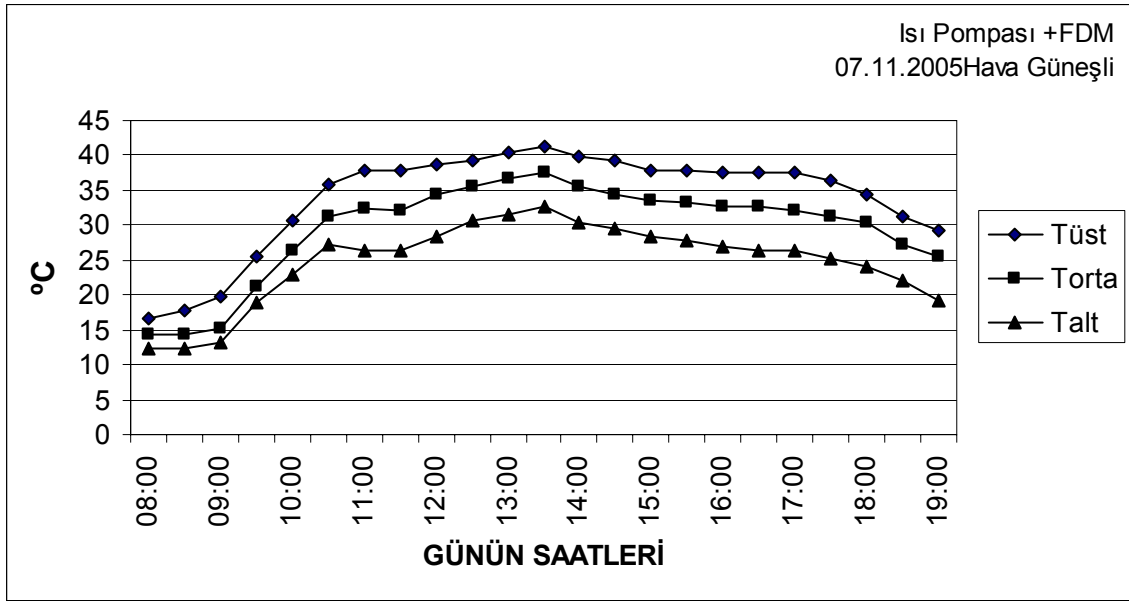


Şekil Ek-3.5 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

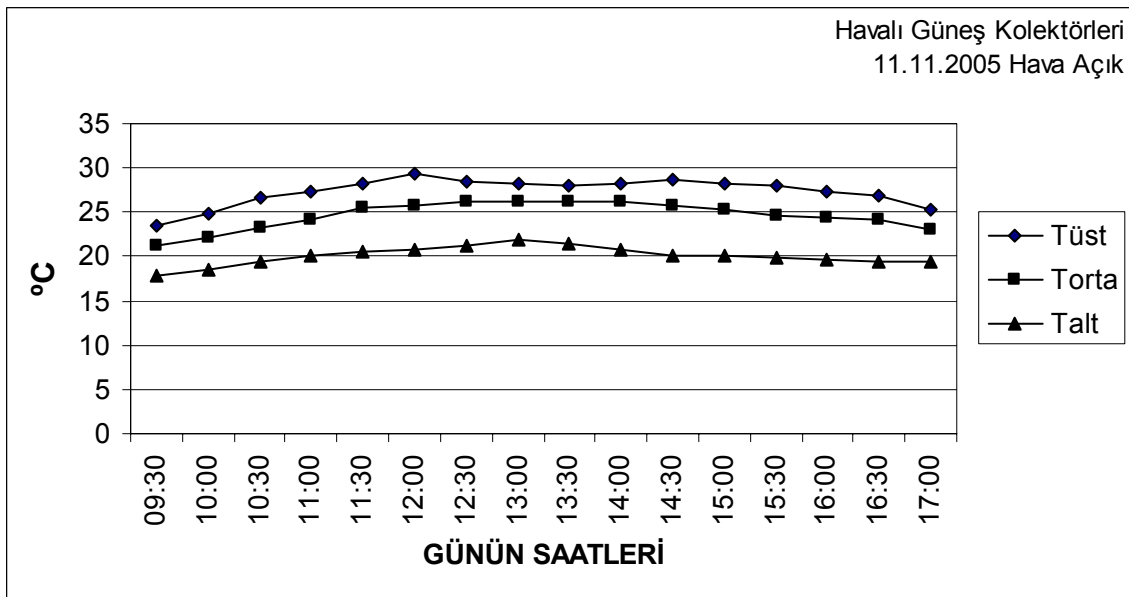


Şekil Ek-3.6 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Deşarj)

EK-3

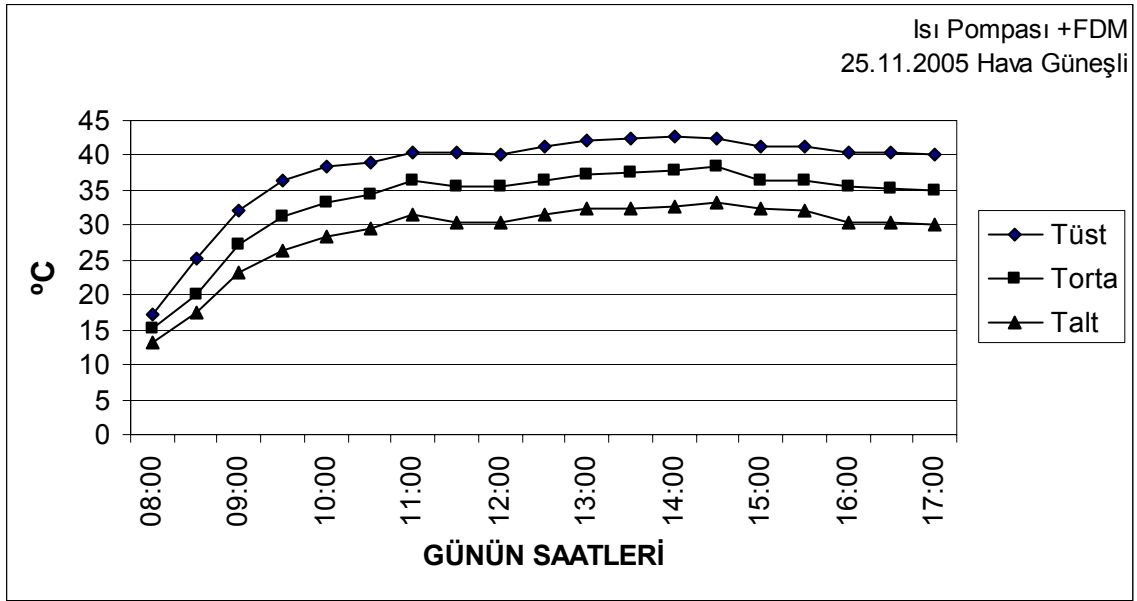


Şekil Ek-3.7 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj+Deşarj başlangıcı)

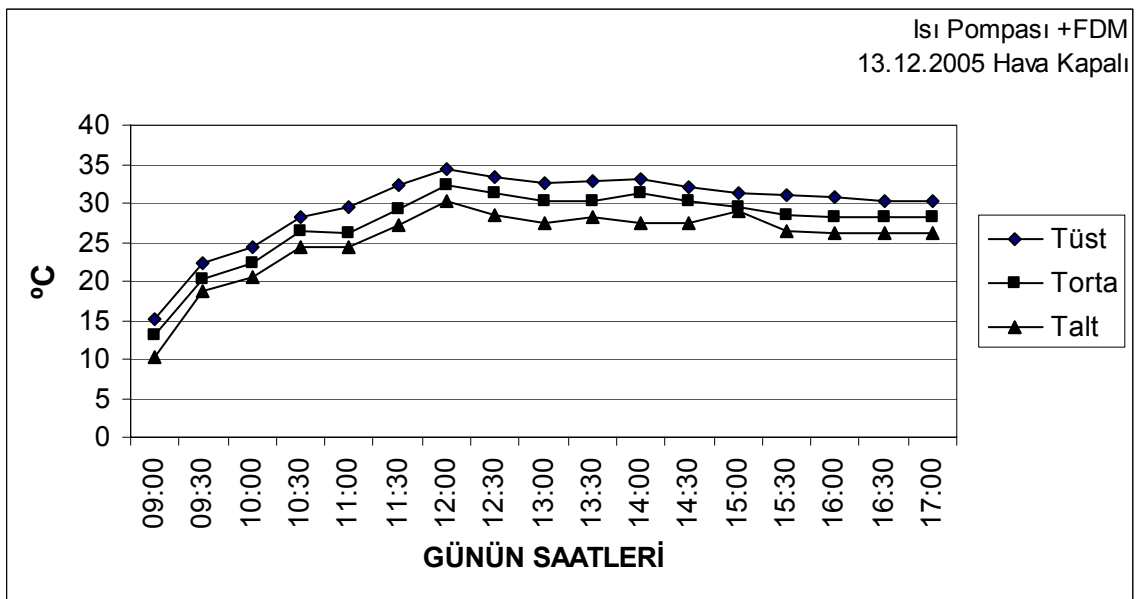


Şekil Ek-3.8 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

EK-3

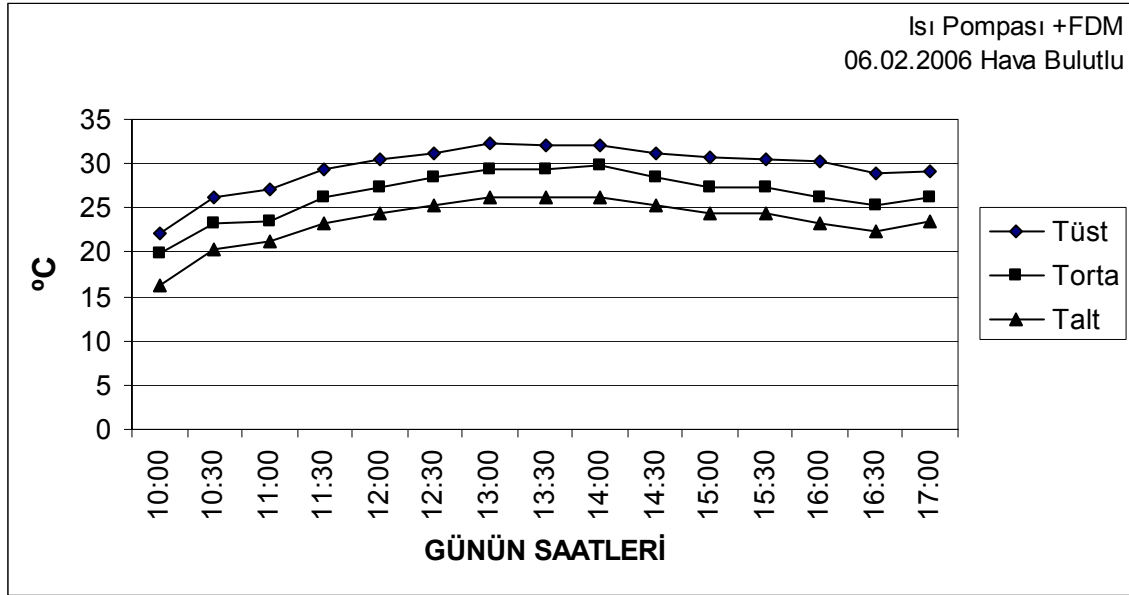


Şekil Ek-3.9 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

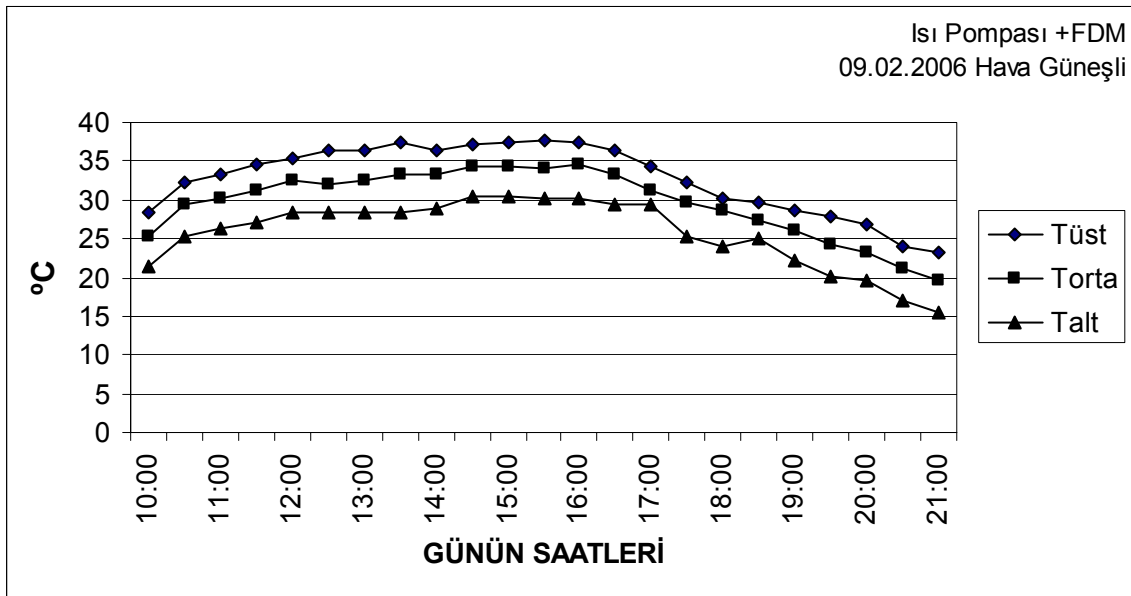


Şekil Ek-3.10 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

EK-3

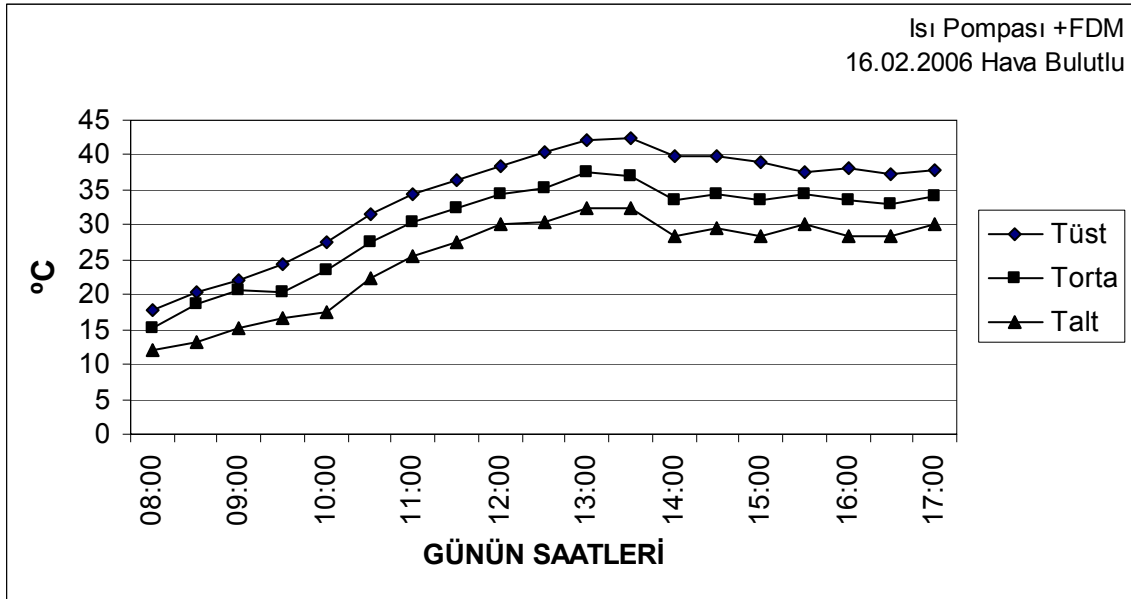


Şekil Ek-3.11 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

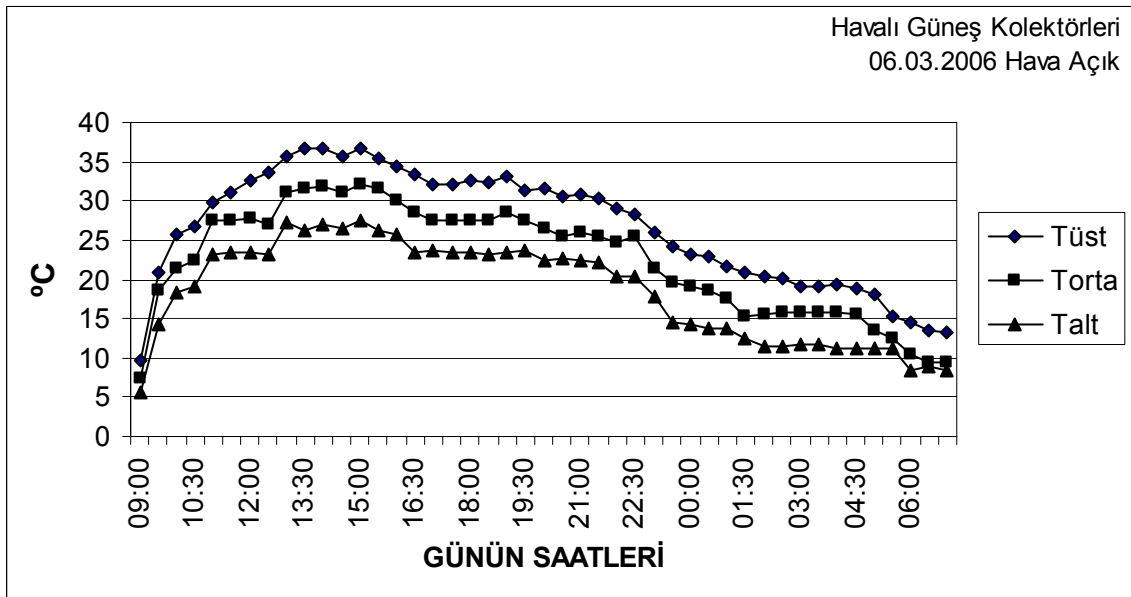


Şekil Ek-3.12 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj+Deşarj)

EK-3

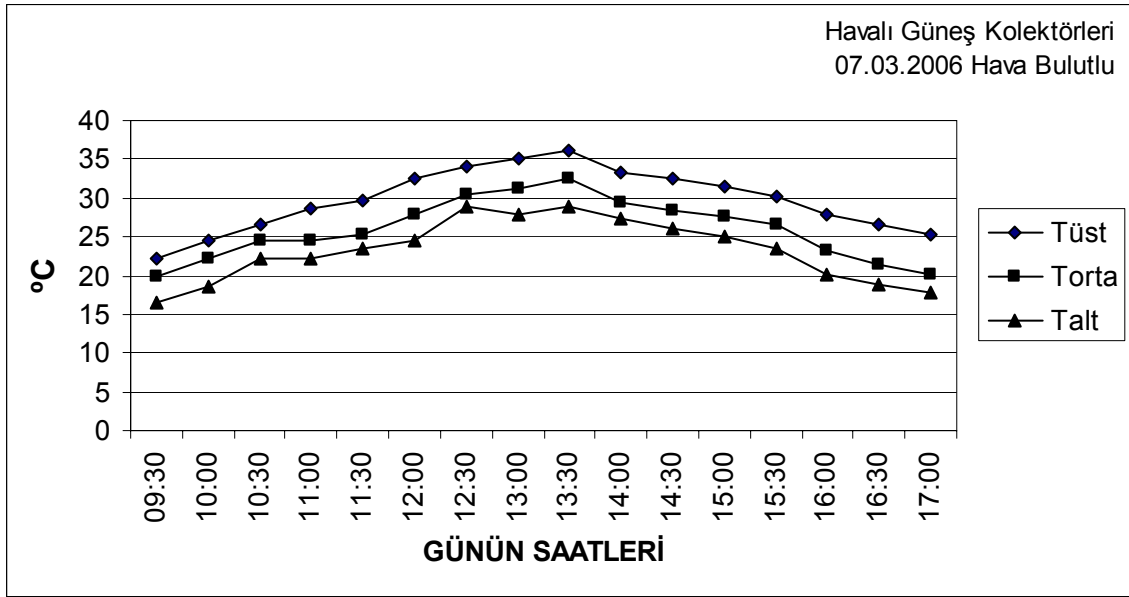


Şekil Ek-3.13 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

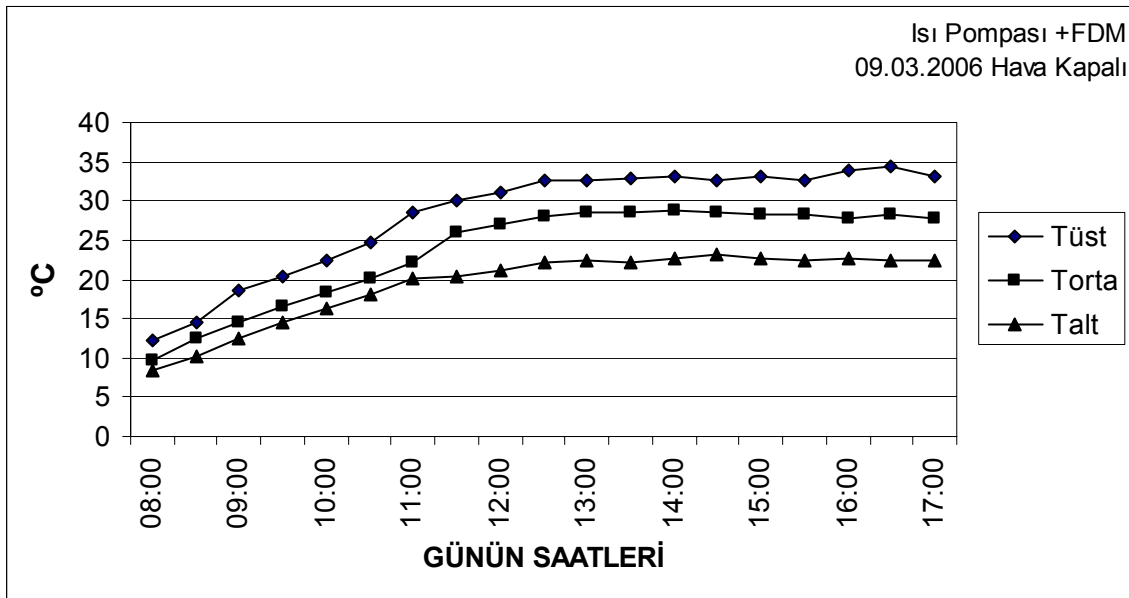


Şekil Ek-3.14 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj+Deşarj)

EK-3

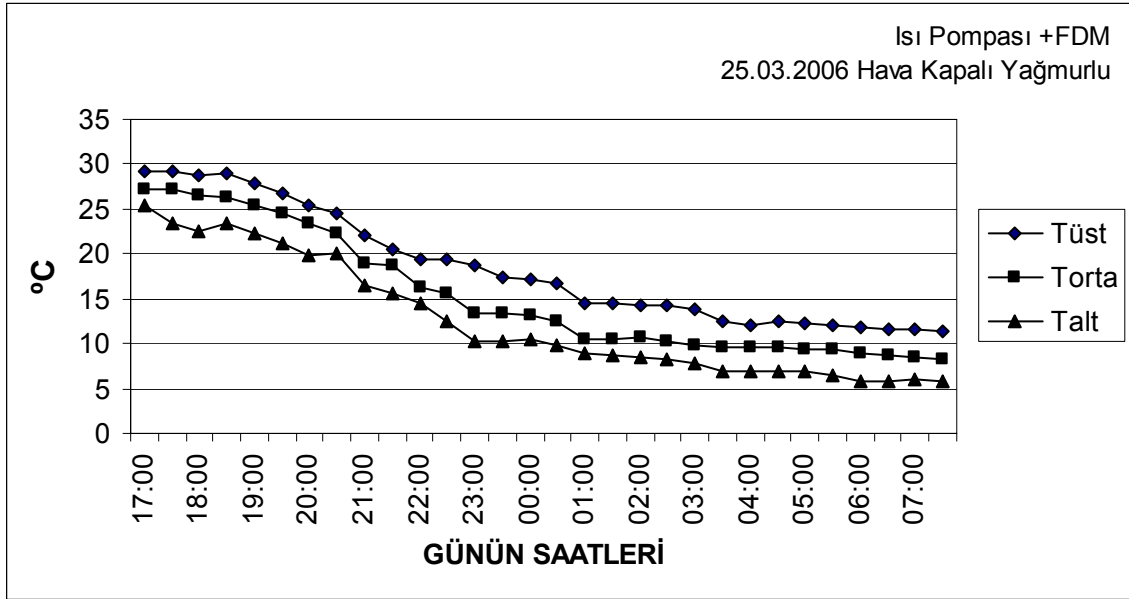


Şekil Ek-3.15 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

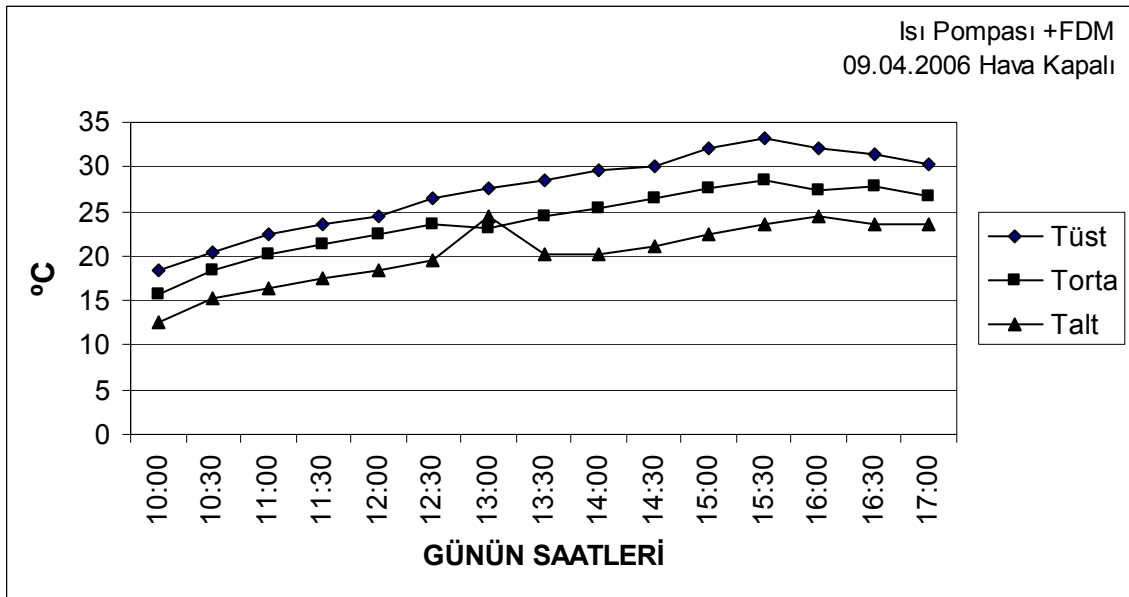


Şekil Ek-3.16 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

EK-3

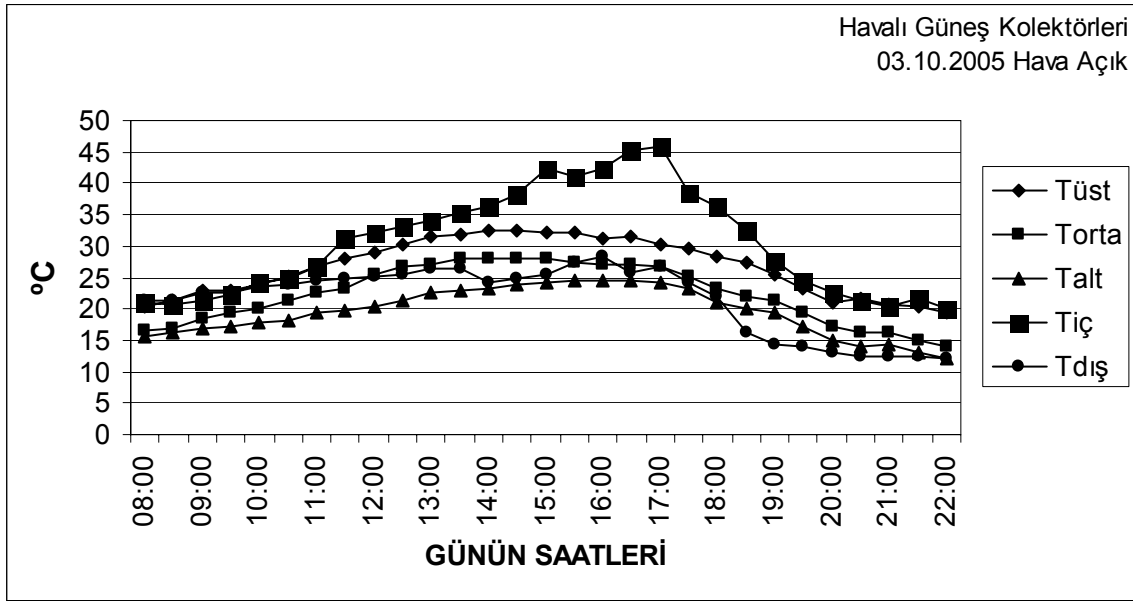


Şekil Ek-3.17 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Deşarj)

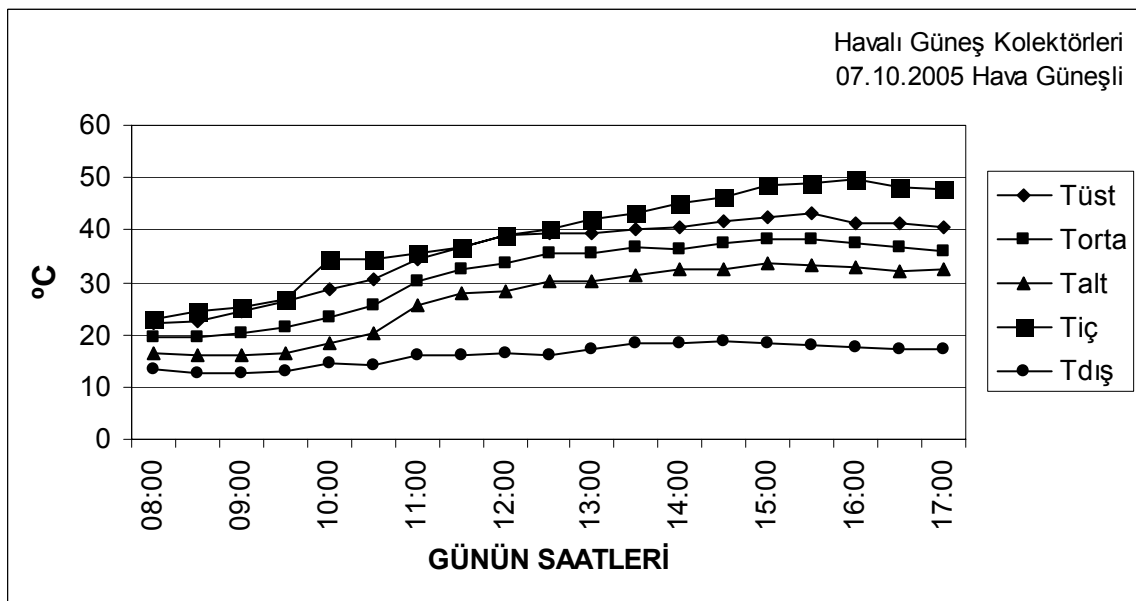


Şekil Ek-3.18 Kimyasal Madde Tank Sıcaklık Değişimi (Şarj)

EK-3.1

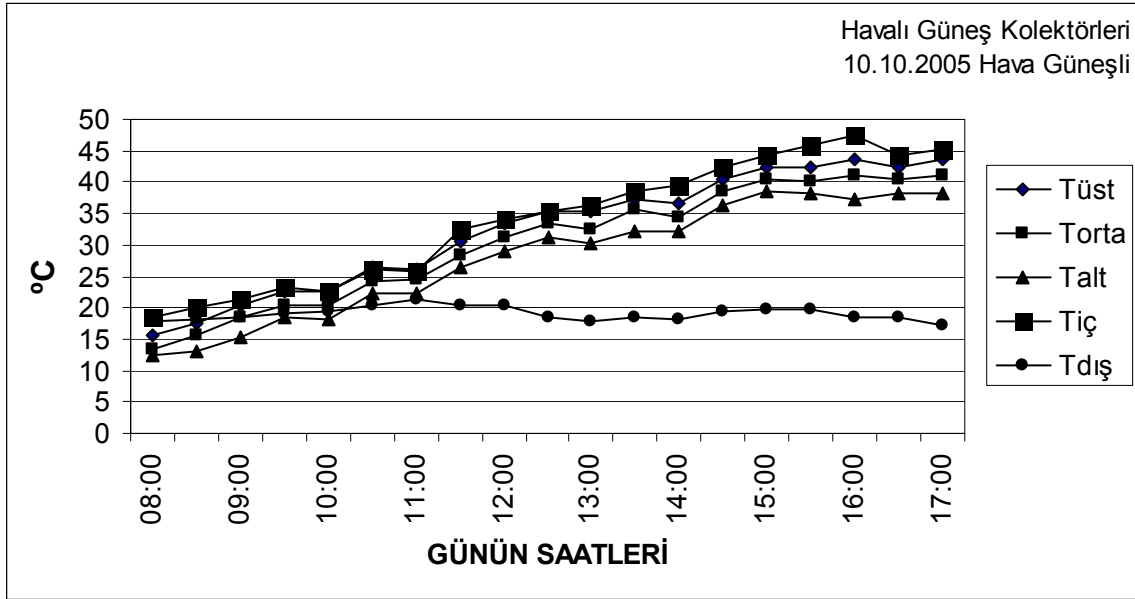


Şekil Ek-3.19 Kimyasal Madde Değişim-Sera içi ve Dış Ortam

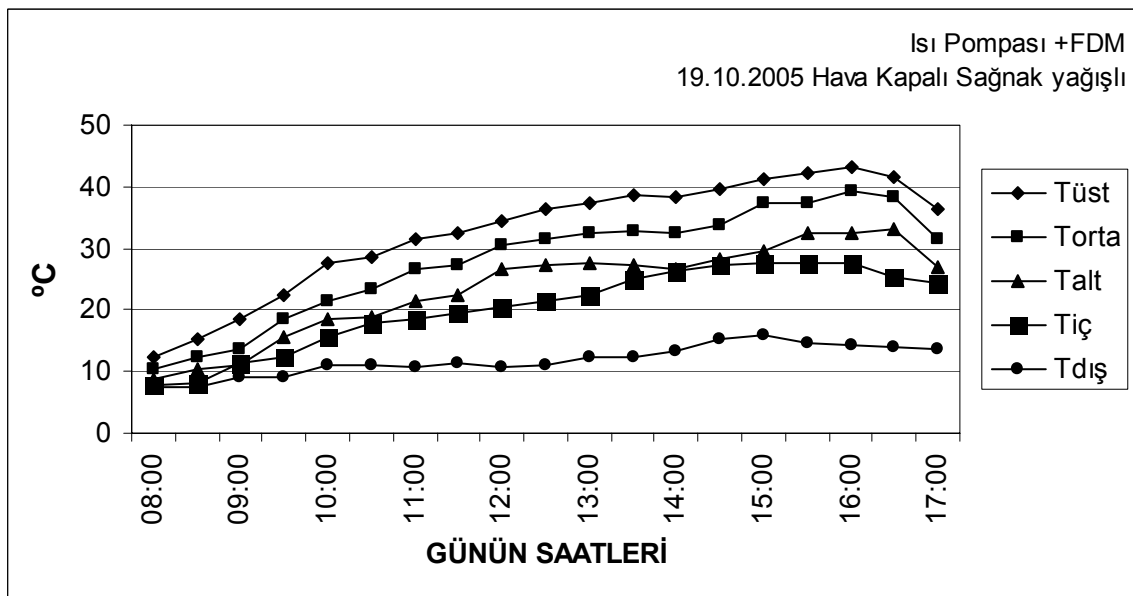


Şekil Ek-3.20 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.1

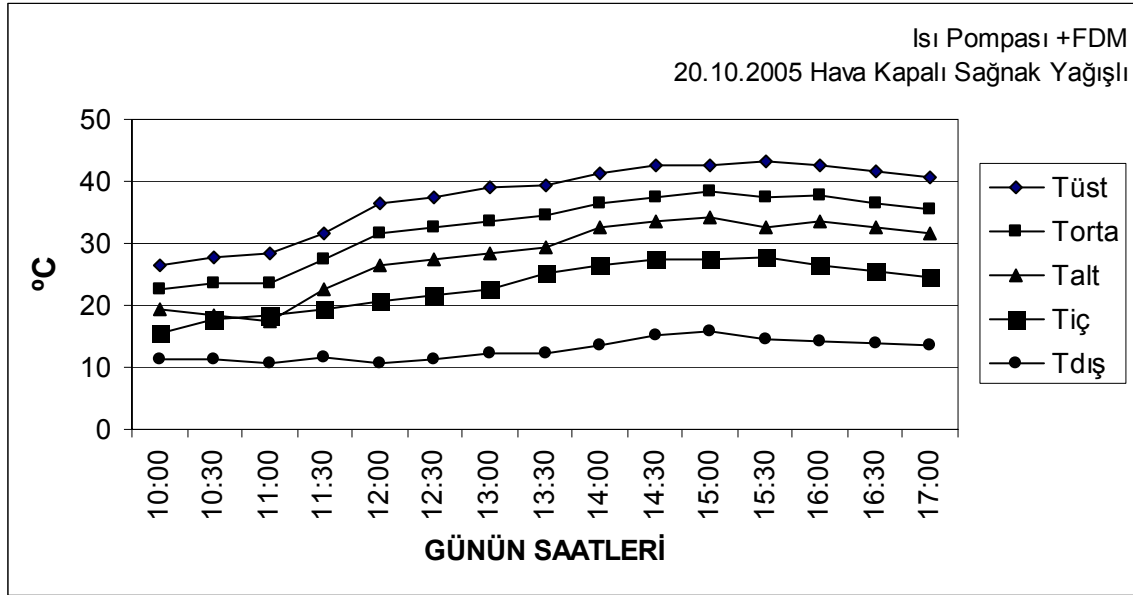


Şekil Ek-3.21 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

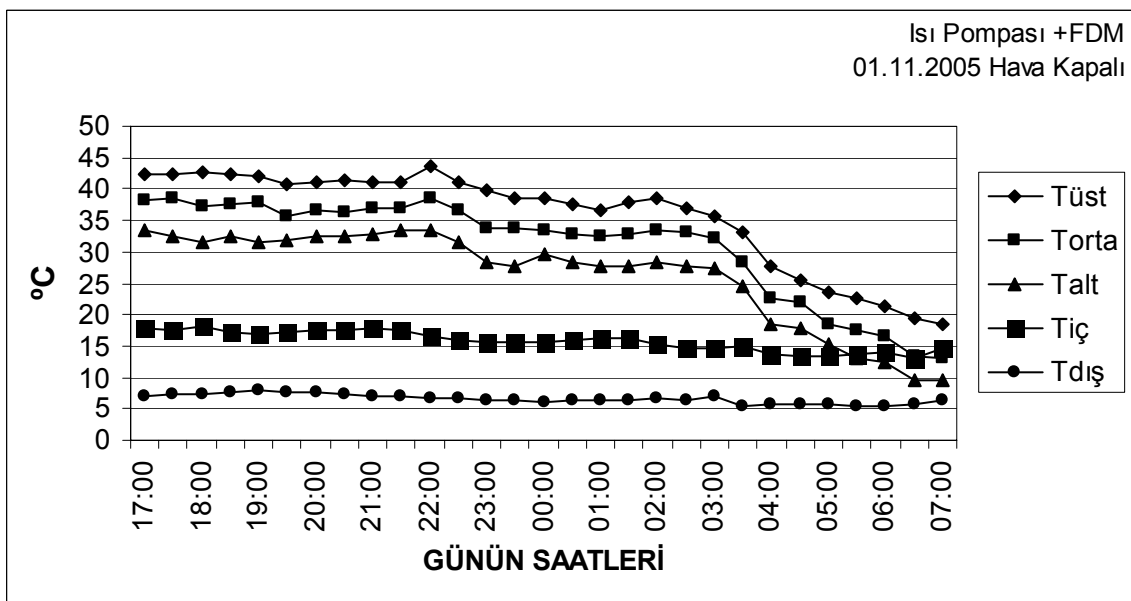


Şekil Ek-3.22 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.1

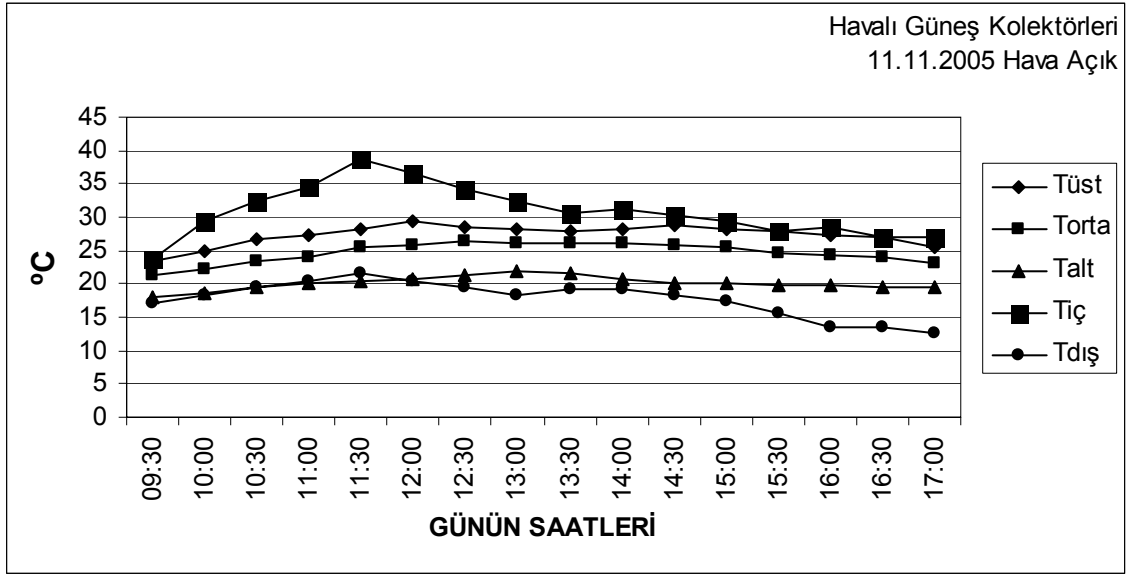


Şekil Ek-3.23 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

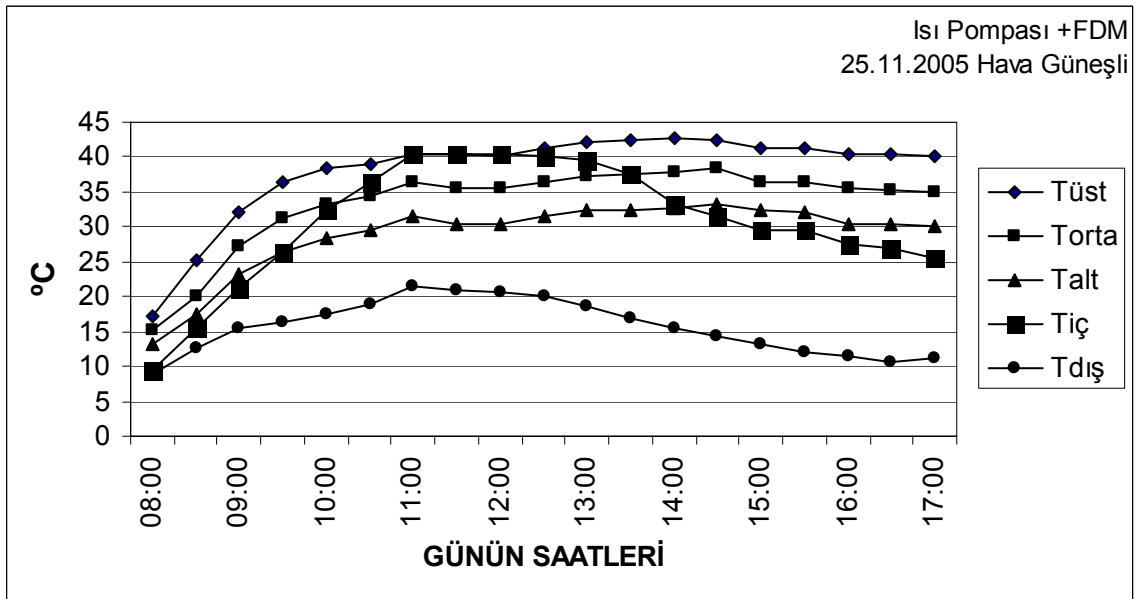


Şekil Ek-3.24 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.1

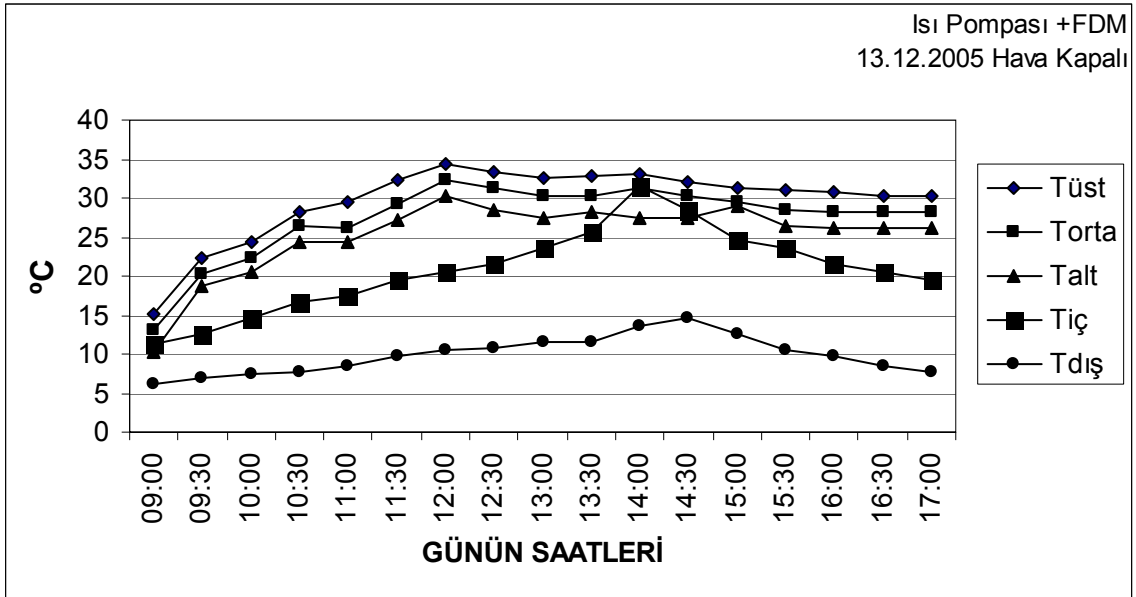


Şekil Ek-3.25 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

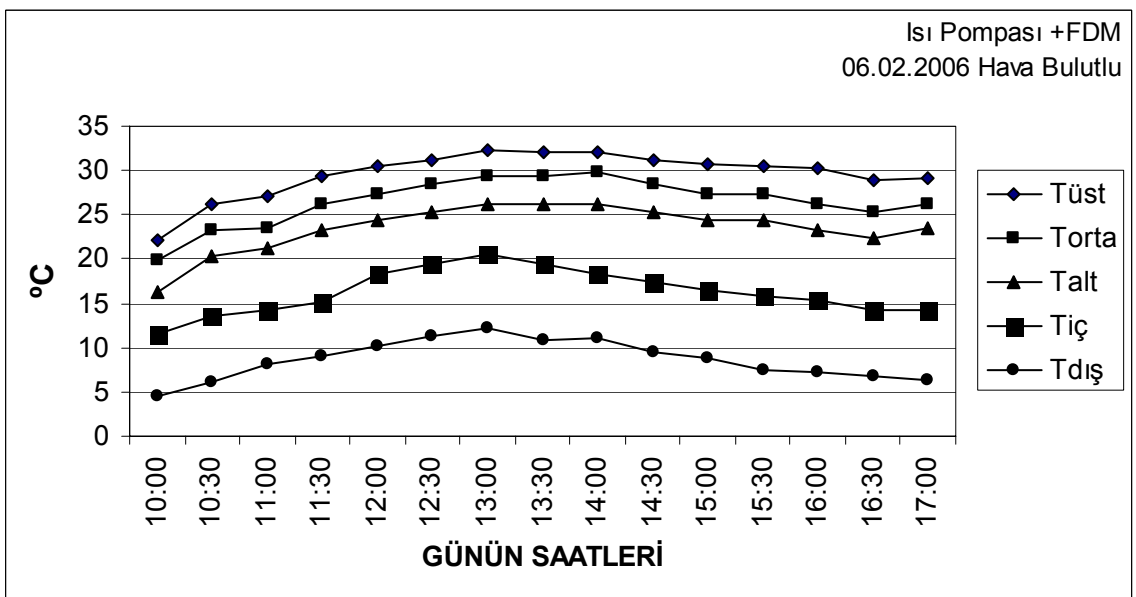


Şekil Ek-3.26 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.1

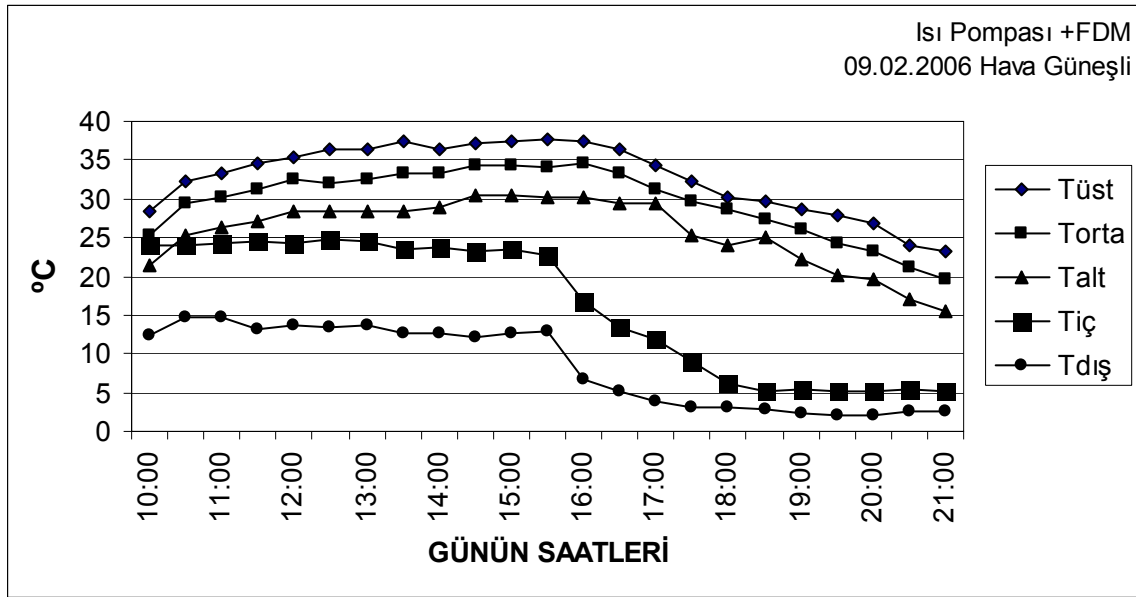


Şekil Ek-3.27 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

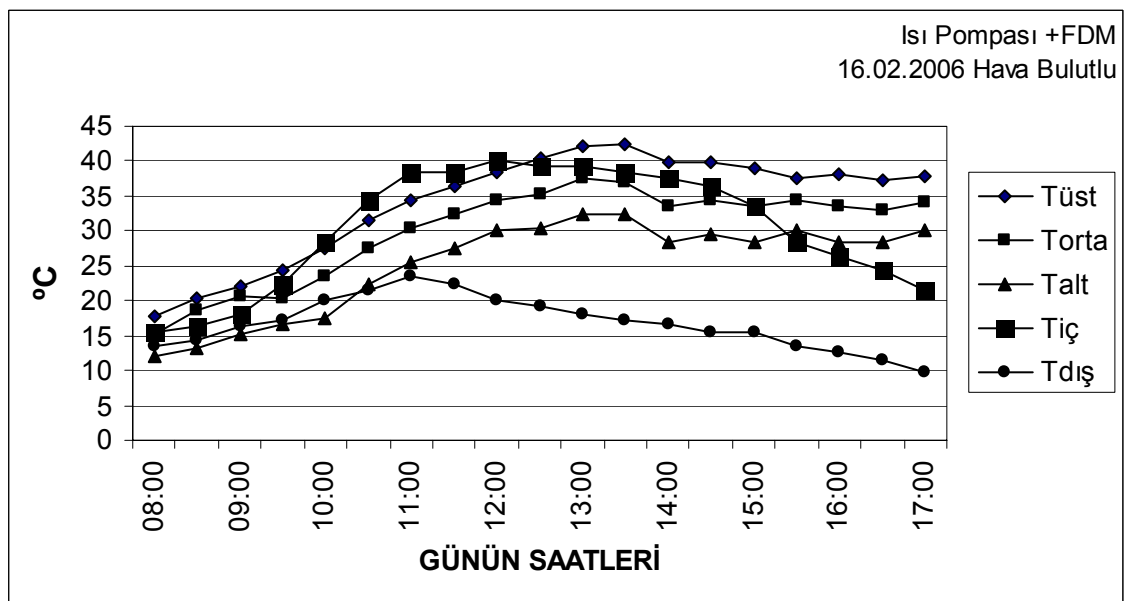


Şekil Ek-3.28 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.1

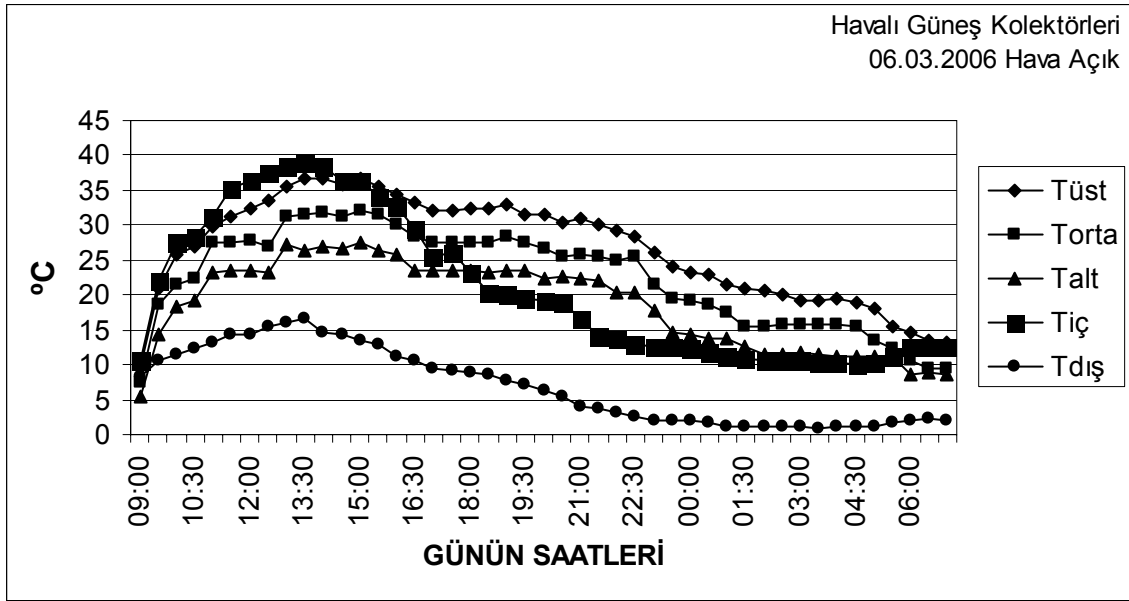


Şekil Ek-3.29 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

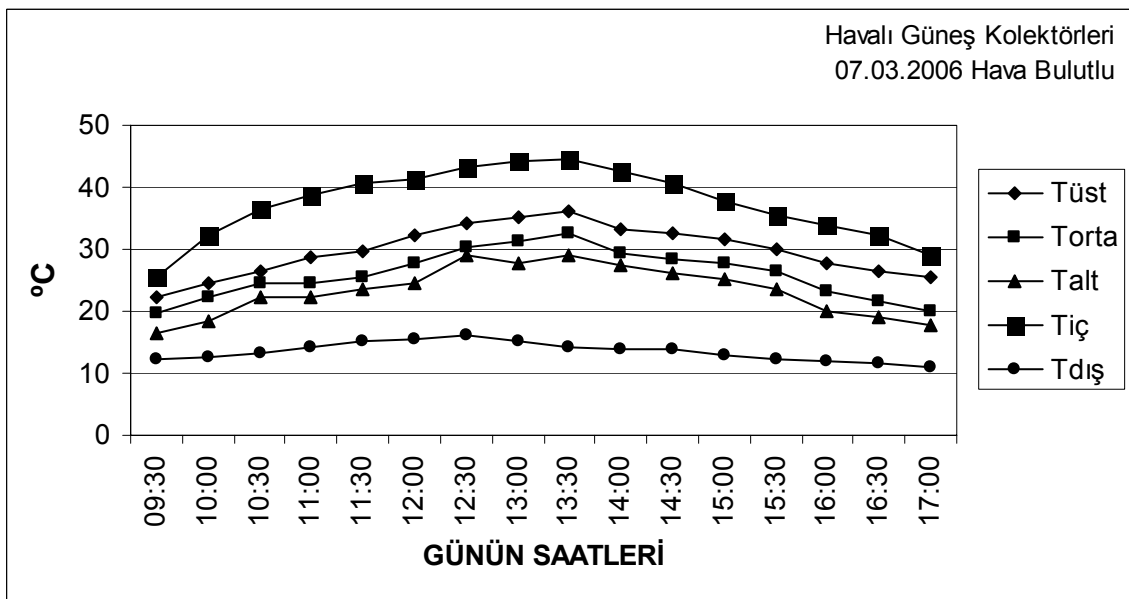


Şekil Ek-3.30 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.1

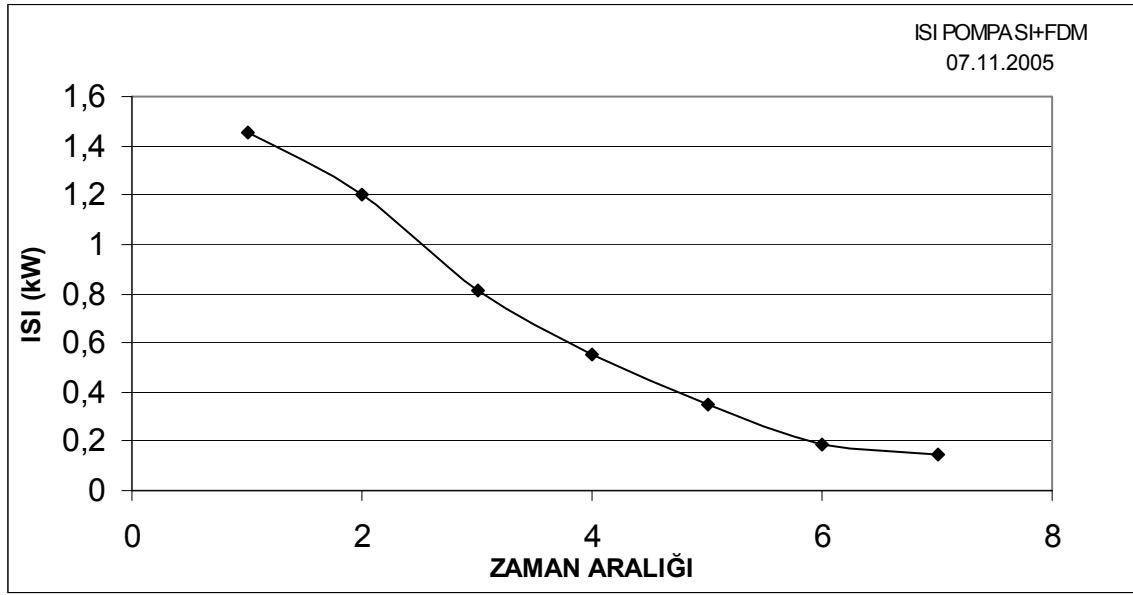


Şekil Ek-3.31 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

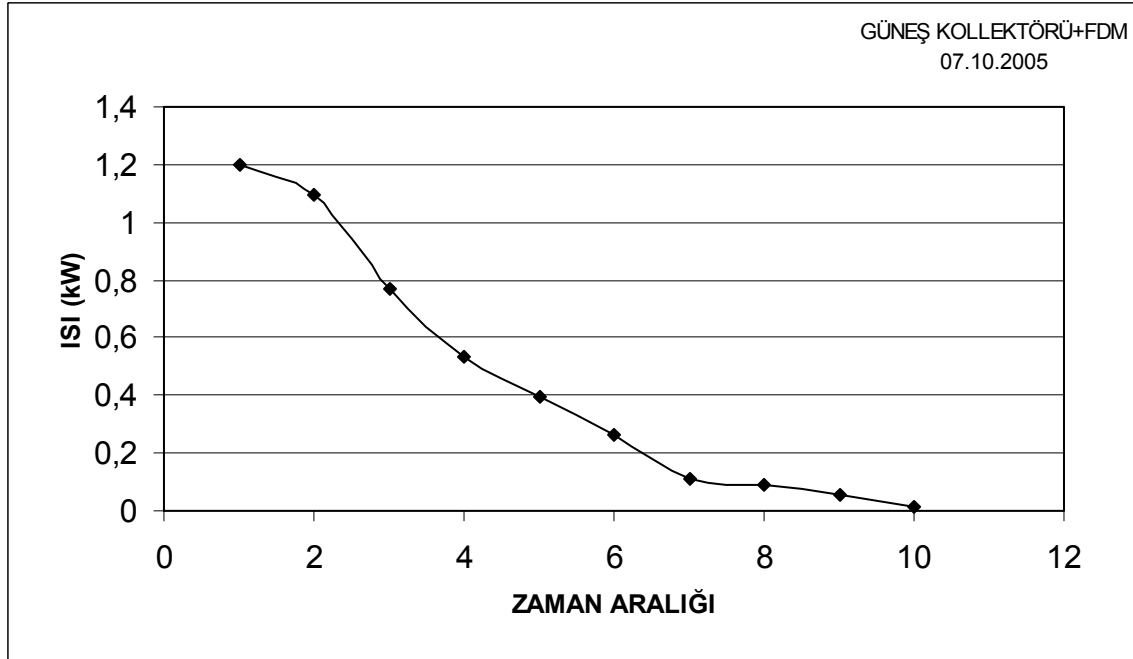


Şekil Ek-3.32 Kimyasal Madde Değişim- Sera içi ve Dış Ortam

EK-3.2

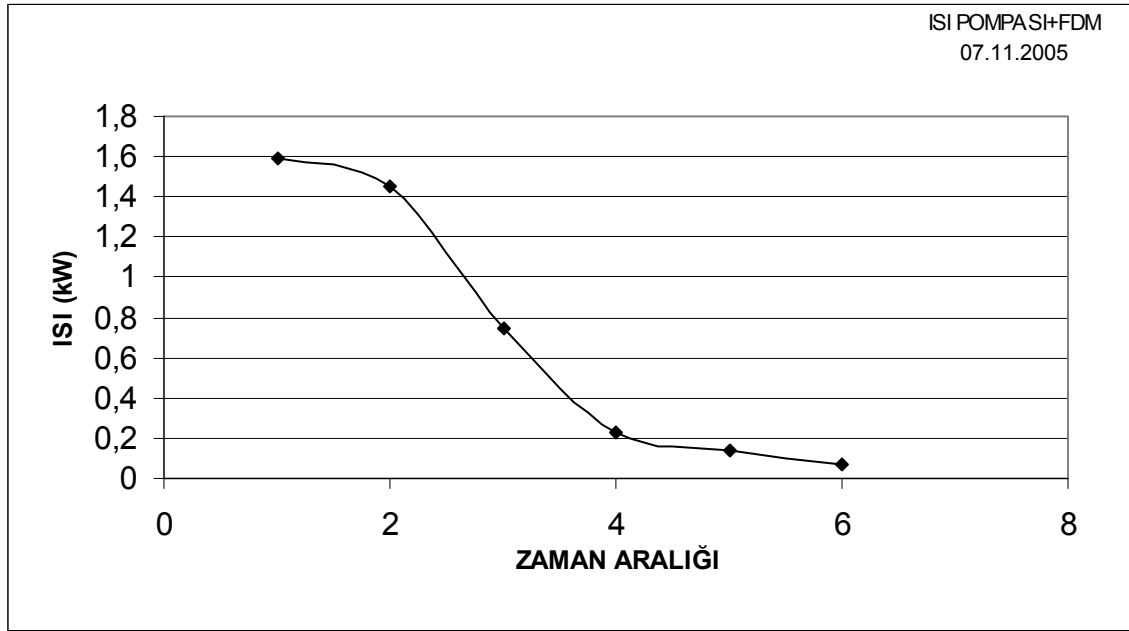


Şekil Ek-3.33 Kimyasal Maddenin Şarjı Esnasındaki Isı- Zaman Aralığı Değişimi

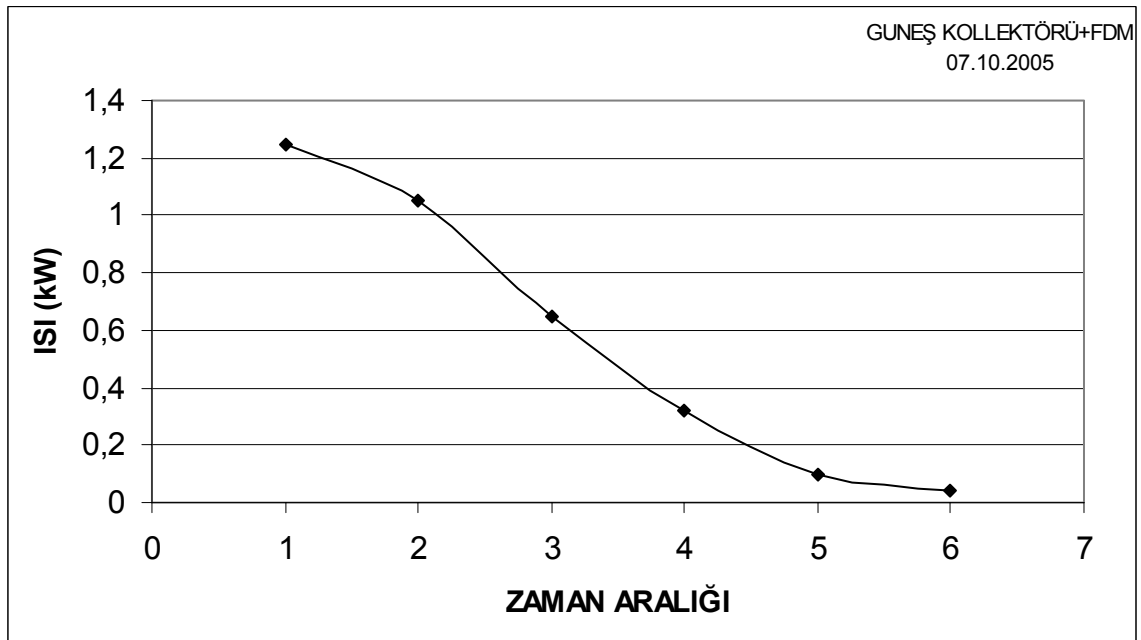


Şekil Ek-3.34 Kimyasal Maddenin Şarjı Esnasındaki Isı- Zaman Aralığı Değişimi

EK-3.2



Şekil Ek-3.35 Kimyasal Maddenin Deşarjı Esnasındaki Isı- Zaman Aralığı Değişimi



Şekil Ek-3.36 Kimyasal Maddenin Deşarjı Esnasındaki Isı- Zaman Aralığı Değişimi

ÖZGEÇMİŞ

1961 Yılında Amasya'nın Merzifon ilçesinde doğdu. İlk, orta ve Liseyi aynı ilçede tamamladı. 1979-1983 Yıldız Teknik Üniversitesinden Makine Mühendisi olarak mezun oldu. Kısa dönem askerlikten sonra 1984-1990 yıllarında ticari gemilerde Uzakyol Vardiya Mühendisi olarak çalıştı. Uzakyol II. Mühendisi olarak 1991 yılında ayrıldı. 1991 yılından itibaren Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulunda Öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. F.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında “Değişik Yüzey Profillerine Sahip Tek Geçişli Plakalı Isı Eşanjörlerinde Isı Transferlerinin Araştırılması “ konusunda Yüksek Lisans yapmıştır. Bu konuda yayınlanmış çok sayıda yurtiçi ve yurtdışı yayınları mevcuttur. Halen aynı Enstitüde Doktora çalışması yapmaktadır. Evli bir erkek ve bir kız çocuk babasıdır.

Hüseyin BENLİ