

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI DİZAYNI ve  
TEKNO-EKONOMİK PERFORMANS ANALİZİ

Oğuz NİĞDELİOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran - 2006

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI DİZAYNI ve  
TEKNO-EKONOMİK PERFORMANS ANALİZİ

Oğuz NİĞDELİOĞLU

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Yrd. Doç.Dr.Abdullah KEÇECİLER

Haziran – 2006

**KABUL VE ONAY SAYFASI**

Oğuz NİĞDELİOĞLU'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI DİZAYNI ve TEKNO-EKONOMİK PERFORMANS ANALİZİ başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir

...../...../.....

Üye : Prof. Dr. Ramazan KÖSE

Üye : Prof. Dr. Kemal TANER

Üye : Yrd.Doç. Dr. Abdullah KEÇECİLER

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

# TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI DİZAYNI VE TEKNO-EKONOMİK

## PERFORMANS ANALİZİ

Oğuz NİĞDELİOĞLU

Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2006

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Abdullah KEÇECİLER

### ÖZET

Isı pompası, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki bir ortamdan aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama veren bir makinedir. Optimum performans, daha yüksek sıcaklıktaki bir bölgeye belirli miktardaki ısıyı atmak için gerekli işin minimuma indirilmesi ile elde edilmektedir. Isı pompası ılık mevsimlerde, bir iklimlendirme cihazı, daha soğuk mevsimlerde ise bir ısıtma ünitesi olarak çalışmak için dizayn edilebilmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri daha çok ticari binalar ve konutların ısıtılması veya soğutulması için kullanılmaktadır. Toprak sıcaklığı genellikle yıl boyunca sabittir, fakat toprak sıcaklığı, büyük oranda toprak cinsine ve nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışma, soğutma için kullanılan bir ısı pompasının performansına toprak kaynaklı yatay ısı değiştiricisinin derinliği ve ısı değiştiricisinde dolaştırılan salamura debisi gibi parametrelerin etkisini deneysel olarak değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Kütahya ilinde gerçekleştirilen deneysel sonuçlarda ısı değiştiricisinin 1 m derinliğe gömüldüğü ısı pompasının performans değeri gözlenmiş ve soğutma tesir katsayısı değerleri bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kaynaklı ısı pompası, teorik model, deneysel performans.

**DESIGN and TECHNO-ECONOMIC PERFORMANCE ANALYSIS OF THE  
GROUND SOURCED HEAT PUMP**

Oğuz NİĞDELİOĞLU

Mechanical Engineering, M.Sc. Thesis, 2006

Supervisor: Assist. Prof. Abdullah KEÇECİLER

**SUMMARY**

The heat pumps are the applications of cooling based on vapor compression in which the waste heat of the cycle is used taken from a relatively cooler source. Optimum performance is obtained by minimizing the work needed for removal of the heat from a region of higher temperature. Heat pump can be designed as a climatic device and as a heating device in the summer and in the winter seasons, respectively. The ground sourced heat pumps are mainly used for heating or cooling of commercial buildings and residences. Although the temperature of ground is generally constant during the whole year, it can have different values depending on the type and the moisture content of the ground.

This study aims the experimental evaluation of the effect of parameters such as the depth of horizontal heat exchanger of the ground sourced heat pump and the flow rate of circulated brine on the performance of a heat pump used for cooling.

As a result of the experiments performed in Kutahya, the performance value of the heat pump, which its heat exchanger is located at 1 m depth, has been observed and COP value has been found.

**Key words:** Heat pump made of soil, theoretical model, experimental performance.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2. ISI POMPASI.....	3
2.1. Isı pompası teorisi .....	3
2.1.1. Carnot çevrimi .....	3
2.1.2. Buhar sıkıştırmalı çevrim .....	4
2.1.3. Gerçek çevrim.....	6
2.2 Isı pompasının elemanları .....	8
2.2.1. Kompresörler .....	8
2.2.2. Buharlaştırıcılar .....	8
2.2.3. Yoğuşturucular .....	9
2.2.4. Genişleme valfleri.....	9
2.3. Isı pompalarının sınıflandırılması .....	10
2.3.1. Isı pompası sistemleri .....	10
2.3.1.1. Birincil ısı pompaları.....	10
2.3.1.2. İkincil ısı pompaları.....	10
2.3.1.3. Üçüncül ısı pompaları .....	11

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3.2. Isı pompalarının proses türüne göre sınıflandırılması .....	11
2.3.2.1. Kompresörlü ısı pompaları .....	11
2.3.2.2. Absorbsiyonlu ısı pompaları .....	11
2.3.2.3. Buhar-Jet ısı pompaları.....	11
2.3.3. Isı kaynakları ve sı dağıtıcı sistemlere göre sınıflandırma.....	11
2.3.4 Isı pompalarının işletme şekline göre sınıflandırılması.....	12
2.3.4.1. Monovalent (Tekli) işletme şekli .....	12
2.3.4.2. Bivalent (İkili) işletme şekli .....	12
2.3.4.3. Multivalent (Çoklu) işletme şekli .....	13
2.4. Soğutucu Akışkan Türleri Ve Özellikleri .....	14
2.4.1. Soğutucu Akışkanların Özellikleri ve Kullanılan Akışkanlar .....	14
2.4.2. Soğutucu Akışkan Seçimi .....	23
2.5. Isı Kaynakları.....	25
3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI .....	28
3.1. Avantaj ve dezavantajları.....	28
3.2. Toprak kaynaklı ısı pompası çeşitleri.....	30
4.TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI DİZAYNI.....	32
4.1 Kütahya örnek çalışması.....	32
4.1.1. Isıtılacak yer ve ısı pompası özellikleri.....	35
4.2. Oda soğutma yükünün belirlenmesi.....	36
4.3. Isı pompasının boyutlandırılması .....	36

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3.1. Buharlaştırıcı ve yoğuşturucu sıcaklıklarının bulunması.....	36
4.3.1.1. Evaporatör sıcaklığının belirlenmesi.....	37
4.3.1.2. Kondenser sıcaklığının belirlenmesi.....	37
4.4. Isı Kaynağının Projelendirilmesi.....	38
4.4.1. Yatay yerleştirilmiş ısı değiştiricisi için toprak alanının bulunması.....	38
4.4.2. Yatay toprak ısı değiştiricisi için gerekli boru uzunluğunun bulunuşu.....	39
4.5. Sistem Elemanları.....	39
4.5.1. Sistem elemanlarının belirlenmesi.....	39
4.5.1.1. Kompresör seçimi.....	39
4.5.1.2. Evaporatör seçimi.....	39
4.5.1.3. Kondenser seçimi.....	39
4.5.1.4. Siskülasyon pompası seçimi.....	39
4.5.1.5. Kılcal seçimi.....	40
4.5.1.6. Dryer (Kurutucu) seçimi.....	41
4.5.1.7. Sıcaklık ve basınç ölçerlerin seçimi.....	41
4.5.1.8. Toprak ısı değiştiricisinde kullanılan boruların seçimi.....	41
4.5.1.9. Salamuralar.....	42
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇLAR.....	50
KAYNAKLAR.....	52
EKLER.....	56



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1. Isı pompası ve makinesinin termodinamik modeli.....	3
2.2. İdeal Carnot Çevrimi.....	4
2.3. Buhar sıkıştırırmalı çevirim.....	5
2.4. İdeal Buhar Sıkıştırırmalı Çevrim ln( P - h ) Diyagramı .....	6
2.5. Gerçek Çevrim .....	7
2.6. İç Soğutucu Kullanılan Buhar Sıkıştırırmalı Çevrim .....	8
2.7. İkili Alternatif Çalışan Isıtma Sistemleri .....	13
2.8. İkili Paralel Çalışan Isıtma Sistemleri .....	14
3.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Tipleri .....	31
4.1. Kütahya İçin 1999, 2000 ve 2001 Yılları Dış Hava Sıcaklığı Değişimi. ....	33
4.2. Kütahya İlinde 1 m Derinlikteki Toprak Sıcaklığının Yıllara Göre Değişimi. ....	34
4.3. Kurulması Düşünülen TKIP Sisteminin Şematik Görünümü ve Ölçüm Alınan Noktalar	35
5.1 1 m Derinliğinde Toprağa Serilen Boruların Üstten Çekilmiş Fotoğrafi. ....	45
5.2. Kurulan Deney Düzenineğin Fotoğrafi.....	46
5.3. Toprağa Gömülen Pt-100 Isıl Çift Probenun Görünümü.....	46
5.4. 18.07.2006 tarihli ölçüm değerlerinin gün içindeki değişimi. ....	47
5.5. 18.07.2006 tarihli ölçüm değerlerine göre COPS değerinin gün içindeki değişimi.....	49
6.1. Toprak kaynaklı ısı pompasına ait COPS değişimi.....	50

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Soğutucu akışkanların tanımlanması.....	16
2.1. Soğutucu akışkanların tanımlanması.....	17
2.2. Isı kaynaklarının karşılaştırılması .....	27
4.1. Odanın ısı kaybı hesabı çizelgesi.....	36
4.2. Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminde toprak ısı değiştiricisi’de kullanılan PX-b borosunun mekanik ve ısıl özellikleri .....	42
4.3. Salamuraların bazı fiziksel özellikleri .....	43
5.1. Deney Ölçümleri .....	47

## **SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
Q	Isı enerjisi, kJ
P	Basınç, Pa
T <sub>1</sub>	Boru girişindeki toprak sıcaklığı, °C, K
T <sub>2</sub>	Boru çıkışındaki toprak sıcaklığı, °C, K
T <sub>3</sub>	Toprak sıcaklığı, °C, K
T <sub>4</sub>	Soğutucu akışkanın evaporörde çıkış sıcaklığı °C, K
T <sub>5</sub>	Soğutucu akışkanın kondensere giriş sıcaklığı °C, K
T <sub>6</sub>	Soğutucu akışkanın kondenserden çıkış sıcaklığı °C, K
T <sub>7</sub>	Tanktaki suyun sıcaklığı °C, K
T <sub>8</sub>	Soğutulan odanın sıcaklığı °C, K
T <sub>9</sub>	Dış ortam sıcaklığı °C, K
T <sub>10</sub>	Isıtılmayan ortamın sıcaklığı °C, K
W *	İzantropik kompresör işi , J
W	İş, J
h	Entalpi, kJ/kg
m	Kütleli debi, kg/s
s	Entropi, kJ/kgK

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
CFC	Kloroflorokarbon
COP	Isı pompası performans katsayısı
COPS	Isı pompası soğutma performans katsayısı
HC	Hidrokarbonlar
HCF	Hidroflorokarbon
HCFC	Hidrokloroflorokarbon
JIP	Jeotermal ısı pompaları
TKIP	Toprak kaynaklı ısı pompası
TSIP	Toprak suyu ısı pompası
YASIP	Yer altı suyu ısı pompaları
YSIP	Yüzey suları ısı pompaları

## 1.GİRİŞ

Çevre sorunlarının ve kirliliğinin büyük bir bölümünde, enerji kaynaklarının kullanımı, diğer bir ifade ile enerji üretimi, çevrimi, iletimi ve tüketimi, endüstrinin bıraktığı atıklar, taşıtların egzoz gazlarındaki kirleticiler ve özellikle kentsel alanlarda, konutlardaki ısıtma ihtiyacını karşılamak üzere tüketilen enerjinin atık ürünleri etkili olmaktadır [1].

Hava, su ve toprak kirliliğine neden olan bu zararlı maddeler ekolojik dengede olumsuz değişiklikler meydana getirmekte, canlı ve cansız varlıklar üzerinde zararlı etkiler yapmaktadır. Başta fosil yakıtların kullanımı olmak üzere çeşitli insan etkinlikleriyle atmosfere verilen karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarındaki hızlı artış sonucu kuvvetlenen "sera etkisi"; Kloroflorokarbonların ve halonların kullanılmasıyla ilişkili "ozon tabakasının incelmeye", sırasıyla küresel ısınmaya ve yeryüzüne ulaşan ultraviyole ışınların artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da doğal bitki örtüsü ve diğer canlı türleri yok olarak ekolojik denge bozulmakta; kara ve deniz buzulları eriyerek deniz seviyesi yükselmesi gibi tehlikeler gündeme gelmektedir. Bütün bunların yanında, çevre kirliliğinin küresel boyutu da göz önünde tutulmalıdır.

Bu nedenle, tüm ülkelerde kükürt oksitleri, azot oksitleri, partikül madde vb kirletici parametrelerin ve emisyonların yayılmasını azaltmak amacıyla yasa ve yönetmelikler çıkartılmakta, uluslararası anlaşmalar yapılmakta, önlem teknolojileri geliştirilmekte ve yeni enerji üretim teknolojileri konusunda araştırma-geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir.

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın gerektirdiği enerjiyi herhangi bir darboğaza düşmeden, en ekonomik maliyetlerle ve çevreyi koruyarak karşılamak gerekmektedir. Nitekim yedinci beş yıllık kalkınma planında bu husus, "Enerji sektöründe temel amaç, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji ihtiyaçlarının sürekli ve kesintisiz bir şekilde ve mümkün olan en düşük maliyetlerle karşılanabilmesidir. "Sektörde azalan doğal kaynaklar, artış göstermesi beklenen maliyetler ve büyüyen talep göz önüne alınarak, uzun dönemde güvenilir ve düşük maliyetli bir enerji arz sisteminin kurulması esastır. Bu doğrultuda yurt içi enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve tüketimindeki payı zamanla artacak, ithal kaynakların temini için gerekli projeler başlatılacak, ürün bazında ve kaynak ülke bazında çeşitlendirmeye gidilecektir" ve " Yurtiçi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının çevre sorunu yaratması gibi nedenlerden dolayı, sanayide ve toplumsal yaşamın her kesiminde enerji yoğunluk değerlerinin aşağıya çekilmesi, verimliliğin artırılması ve tasarruf programlarının hayata geçirilmesi sağlanacaktır" şeklinde ifade edilmiştir [2].

Öte yandan, enerjinin üretimi, çevrimi, iletimi ve tüketiminden kaynaklanan çevresel sorunlar ve çevrenin korunması konusu dünya ülkelerinin enerji politikaları ve programları içinde giderek daha ağırlıklı biçimde dikkate alınmaya başlanmıştır. Buna paralel olarak, Türkiye'nin hızla büyüyen enerji ihtiyacının ucuz olarak karşılanması yanı sıra çevre kirliliğinin de kontrol altına alınması gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

Enerji kaynaklarının pahalılaşması, kıtlaşması; enerji, sanayi ve ulaştırma sektörlerinden doğan kirlenmeler dünyada olduğu gibi ülkemizde de çevreyi korumaya yönelik önlemlerin alınmasını gerekli kılmıştır. Enerji politikalarının esas amacı, sosyo-ekonomik gelişmeyi kuvvetlendirirken aynı zamanda çevreyi korumak ve iyileştirmek olduğundan, dünya ülkeleri enerji politikaları ve programları içinde giderek daha ağırlıklı bir şekilde göz önüne alınmaya başlanan çevre konusunda ülkemiz diğer ülkelerdekine paralel bir görüşle yaklaşmakta, çevrenin korunarak iyileştirilmesi gerekliliğine inanmakta, çevre kirliliğini ve sera gazı emisyonlarını azaltıcı çeşitli faaliyetlerde bulunmakta ve önlemler almaktadır.

Enerji politikasında, enerji ve sosyo-ekonomik gelişme ile birlikte çevrenin de dikkate alınması öngörüldüğünden, enerji güvenliği, ekonomik büyüme ve çevrenin korunması hedefleri arasında denge sağlanması gerekmektedir. Bundan dolayı, ülkemizin çevresel kirlenmenin azaltılmasına olan katkısını, enerji, endüstri ve ekonomiye ilişkin gelişme ihtiyacımızla sınırlı olması zorunludur. Bu husus, ülkemizin enerjiye ilişkin faaliyetlerinde göz önünde tutulmalı ve çevreyi koruyucu önlemlerin alınmasına önem verilmekle birlikte, alınan önlemlerin, enerji ve endüstri alanlarında gelişmekte olan ihtiyaçlarımızın karşılanmasını ve sosyo-ekonomik kalkınmamızı engellememesine dikkat edilmelidir [2].

Çevreye olan zararlı etkileri konvansiyonel sistemlere göre daha az olan ısı pompalı sistemlerin özellikleri, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin dizayn aşamaları, bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

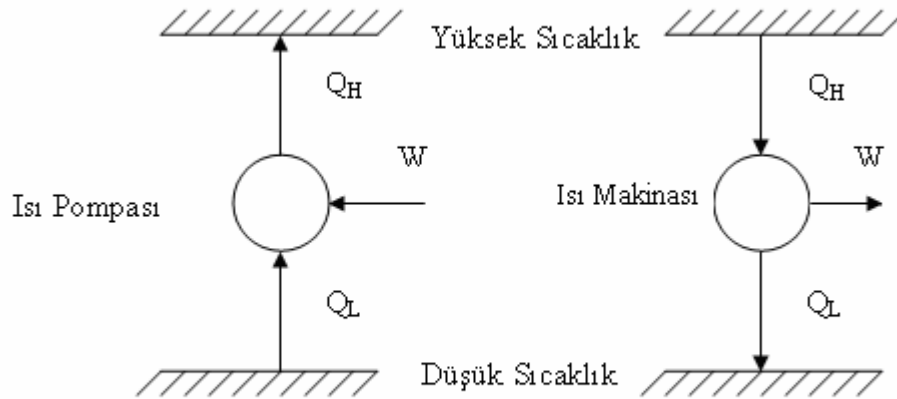
## 2. ISI POMPASI

Isı pompaları ve soğutma sistemlerinin mekanik parçaları aynıdır. Isı pompası ile soğutma sistemlerini ayıran tek fark kullanım amaçlarıdır. Isı pompalarının kullanımındaki amaç, ısıtma aylarında düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısı çekerek, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına ısıtmakta kullanılmaktadır.

### 2.1 Isı Pompası Teorisi

#### 2.1.1 Carnot çevrimi

1824 yılında bir prosesi tanımlamak için termodinamik çevrimi kullanan ilk kişi Carnot' tur. Isı pompası ısı makinesinin tersi olarak düşünülebilir. Isı makinesi, ısıyı yüksek kaynaktan alır ve daha düşük ısı kaynağına transfer eder ve böylece iş elde eder. Isı pompasının ise, ısıyı düşük kaynaktan alıp yüksek kaynağa transfer edebilmesi için işe ihtiyacı vardır. Isı pompası ve makinesinin termodinamik modeli Şekil 2.1.' de gösterilmektedir [3].



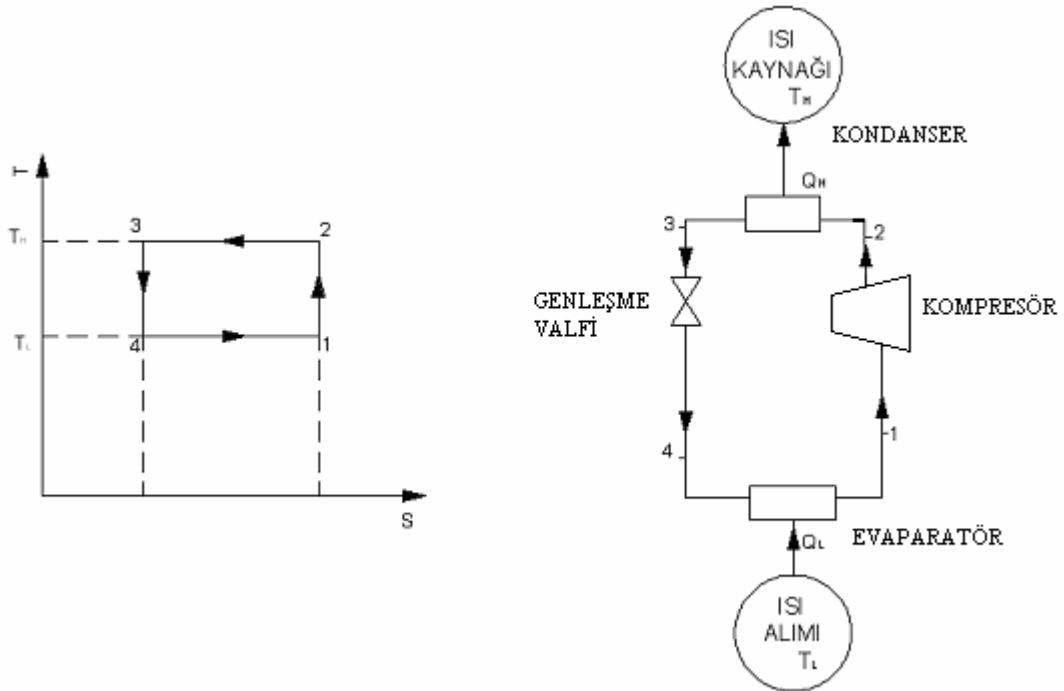
**Şekil 2.1.** Isı pompası ve ısı makinesinin termodinamik modeli.

Eğer bu makineler tersinir iseler kolayca görülebileceği gibi, ikisinin de verimliliklerinin sonlu bir limitleri vardır. Aslında  $Q_H / W$  oranı her iki durumda da eşittir. Eğer böyle olmasaydı, her ikisini de bir araya getirerek devamlı bir hareket makinası elde edilebilirdi. Isı makinasında bu oran  $W / Q_H$ ' dir ve termal verimlilik diye adlandırılır. Isı pompasında ise  $Q_H / W$  olarak yazılır ve performans katsayısı veya COP olarak isimlendirilir [4]. Şekil 2.2' deki

Carnot çevrimi iki ısı arasında çalışan basit bir ısı pompasını gösterir. Isı izotermal olarak  $T_H$  sıcaklığında dağıtılır ve  $T_L$  sıcaklığında izotermal olarak alınır. Genişleme ve kompresyon izantropik olarak yapılır ve kompresör dışardan tahrik edilir. Bu ifadelerden sonra performans katsayısı;

$$COP = \frac{T_H}{T_H - T_L} \quad (2.1.)$$

biçiminde yazılır. Newtonian dünyamızda yapılmış herhangi bir ısı pompasının daha iyi bir performans vermesi mümkün değildir.

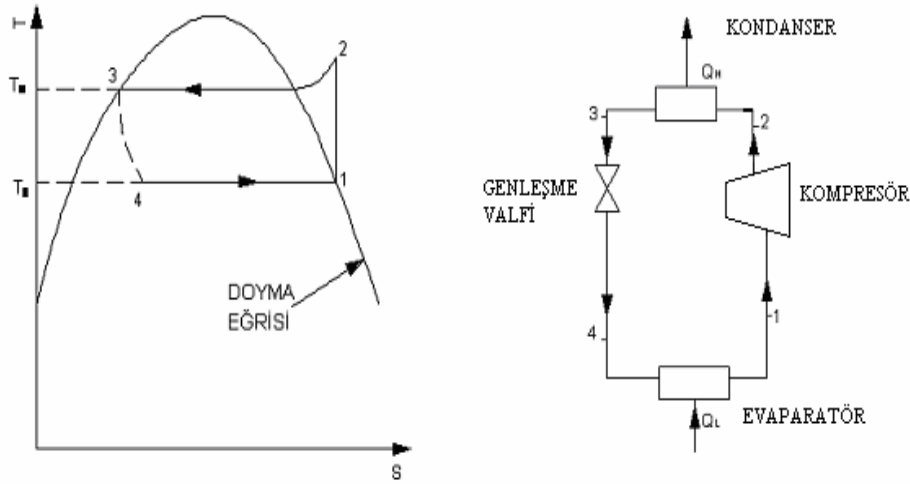


**Şekil 2.2.** İdeal Carnot Çevrimi

### 2.1.2. Buhar sıkıştırırmalı çevrim

Carnot çevrimine yaklaşmak, daha doğrusu yararlı bir ısı pompası elde edebilmek için, ısı alımını ve dağıtımını büyük bir oranda izotermal şartlar altında yapmak gereklidir. Bundan sonra uygun sıcaklık ve basınçta, faz değiştirecek bir soğutucu akışkan seçmek gerekir. Soğutucu akışkan buharlaşmayla ısıyı alacak, yoğuşmayla dağıtacaktır. Bu bölümler çevrimin izotermal kısımlarını oluşturmaktadır. Kullanılan birçok kompresör tipinin mekanik

sınırlamaları yüzünden, çevrimde kompresöre kuru buhar gönderilir. Eğer önlem alınmazsa, kompresöre büyük hacimlerde sıvı girişi kompresörü tamamen bozabilir [5]. Şekil 2.3'de buhar sıkıştırma çevrimi gösterilmektedir.

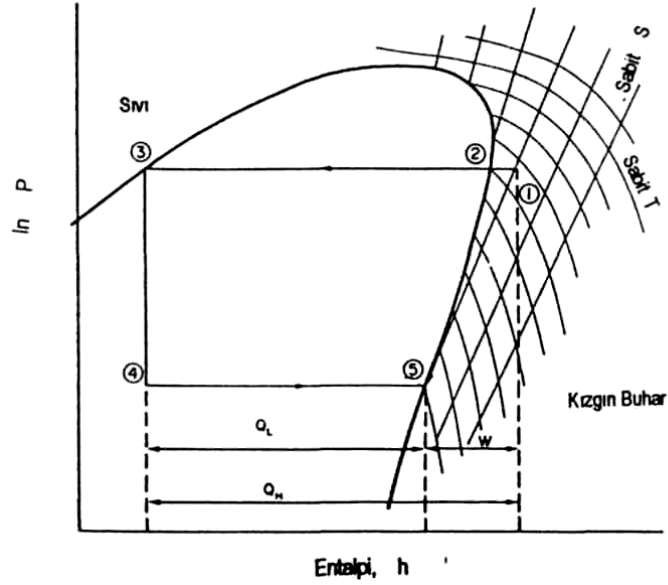


Şekil 2.3. Buhar Sıkıştırma Çevrimi

Kullanılan genişleme vanası dıştan ayarlı değişken bir nozul veya orifis de olabilir ya da gereken kontrol miktarına göre ayarlanmış kapılarından da oluşabilir. Genişleme makinasının kullanılmaması yüzünden bir miktar iş elde edilemez bu da COP miktarını azaltır. Fakat yapılan araştırmalar bu işi elde etmenin maliyetinin çok olacağını ve makinanın kullanılması sonucu elde edilecek COP değerindeki artışı karşılamayacağını göstermiştir. Kısılma vanası çevrimi "tersinmez" yapar bu yüzden T-S diyagramında kesik çizgi ile gösterilmiştir. Kısılma prosesi adyabatiktir [6].

Çevrimi Şekil 2.4'deki ln p - h diyagramına taşırsak; yüksek basınçlı buharın, kompresörü (1) noktasında terk ettiğini görürüz. İzentropik eğriler yüzünden kondanser basıncına ulaşan buhar aşırı ısınmış olduğundan (2) noktasında yoğunlaşmaya başlamadan önce sabit basınçta soğutulması gerekir. (2) ve (3) noktaları arasında sabit sıcaklıkta hiç buhar kalmayacak şekilde yoğunlaşma meydana gelir. Adyabatik genişleme diyagramında (3) ve (4) eğrisi ile gösterilir. Genişleme sabit entalpi doğrusu boyunca olmaktadır. Buharlaşma (4) ve (5) doğruları boyunca sabit basınç ve sıcaklıkta meydana gelmektedir. Şekil 2.4'den de görüleceği gibi akışkan genişlemenin sonunda iki fazlı akım olarak çıkmaktadır ve buhar olarak çıkan akışkan bizim için kayıp olmaktadır, bazen akışkanın % 50'si buhar olarak çıkabilir. (5) ile (1) noktaları arasında ise izentropik kompresyon meydana gelmektedir. Fakat gerçekte bu elde edilemezken ve ideal çevrim oluşturmaya çalışmamıza rağmen tersinmez genişleme nozulu yüzünden Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi Carnot çevriminin verimine ulaşamayız.



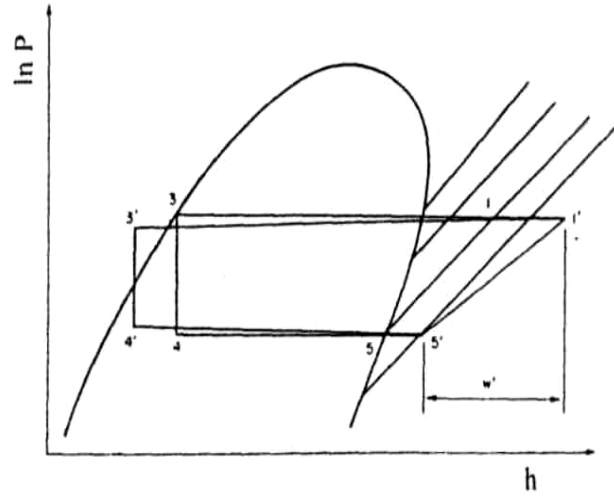


Şekil 2.4. İdeal Buhar Sıkıştırırmalı Çevrim ln( P - h ) Diyagramı

### 2.1.3 Gerçek çevrim

Yukarıda açıklanan çevrim her ne kadar pratik sınırlandırmaları göz önünde bulunduruyorsa da çevrimde kullanılan bileşenleri %100 verimle kullanılıyor olarak kabul etmiştir [7].

Isı pompası çevrimine hakim olan bileşen kompresördür. Daha önce de belirtildiği gibi sıkıştırılacak akışkanın kuru buhar olması gerekmektedir, bu yüzden akışkan Şekil 2.5’de gösterildiği gibi 5' noktasına kadar ısıtılır. Bu ısıtma kompresöre sıvı akışkan girme riskini azaltmak için kullanılır. Dezavantajı ise daha düşük yoğunlukta buhar girdiği için kompresör boyutları artar ve bir başka problem de kompresör çıkış sıcaklığının artması ile çıkış valfinin göreceği zarardır.



**Şekil 2.5.** Gerçek Çevrim

Kompresör ve soğutucu akışkan arasındaki ısı transferinden ve kompresör içinden geçen akışkandan kaynaklanan tersinmezlikler yüzünden, entalpi gerekli olandan daha fazla yükselecektir, bu da daha yüksek çıkış sıcaklığı manasına gelecektir. Bu nokta Şekil 2.5'de (T) noktası ile gösterilmiştir. Artmanın miktarı kompresörün "izantropik verimle" tanımlanmıştır [8]. Gerçek kompresör tarafından eklenen entalpi  $W$ , izantropik kompresör için gerekli entalpi  $W^*$  ise;

$$\text{İzantropik verim} = W / W^* \quad (2.2)$$

Kompresör verimi için iki tane daha ölçüm kullanılabilir. "Mekanik verim" şaft'a uygulanan işin ne kadarının akışkana dağıtıldığını tanımlar.

$$\text{Mekanik Verim} = \text{kompresöre verilen güç} / (\text{entalpi artışı} \times \text{kütle akış oranı}) \quad (2.3)$$

% 95 olarak kabul edilebilir. Tanımlanan iki verim de gerçek sistemin COP değeri hesaplanırken göz önüne alınmalıdır. Son olarak sistemin COP değerini etkilemeyen fakat kompresörün boyutunu seçmek için kullanılan, dolayısıyla ilk yatırım maliyetini etkileyen "volumetrik verimden" bahsedilebilir. Volumetrik verimde %95 olarak alınabilir.

Kompresörden ayrı, diğer bileşenlerde de verimsizlik mevcuttur. Akışkanın toplanıp izolasyonlu alan oluşturmasını engellemek için hız yüksek tutulduğu için akışkan ısı değiştiricilerden geçerken bir miktar basınç kaybı meydana gelir. Bu basınç düşüşü Şekil 2.5'te de görüleceği gibi ısı değiştiricilerini izotermal performanstan uzaklaştırırlar. Bu etki az olduğu için göz ardı edilebilir.

İdeal çevrimden sapmanın son nedeni ise aşırı soğutmadır. İdeal çevrimde genişleme kondenser çıkışı doymuş sıvı doğrusu üzerinde başlar. Şekil 2.5'de (3) noktası ile gösterilmiştir. Fakat kondenser ile genişleme valfi arasındaki herhangi bir basınç kaybı, valfin performansını düşürecek buharlaşmaya sebep verebilir. O yüzden akışkanı 3' gibi bir noktaya soğutmak en idealidir. Bu soğutma ayrıca evaporatöre girecek olan buhar miktarını da azaltacaktır. Bu soğutmayı elde edebilmemiz için daha düşük sıcaklıkta uygun bir ısı kaynağına ihtiyacımız vardır [9].

Gerekli olan bu soğutmayı sağlamak için uygun bir çözüm bulmak gerekmektedir. (3) noktasını soğutmak amacıyla alınan ısı, (5) noktasındaki doymuş buharı ısıtmak için kullanılır. Kullanılan bu ısı değiştirici direkt olarak COP değerini etkilemez. Çünkü 3 ile 3' noktaları arasında alınan ısı 5 ile 5' noktaları arasında tüketilir. Kullanılan ısı değiştirici  $T_1$  sıcaklığında  $T_5$  alınmasını izotermale yaklaştırdığı için indirekt olarak COP değerini etkiler [10].

## 2.2. Isı pompasının elemanları

### 2.2.1. Kompresörler

Pratikte, buharlaştırıcıdan çıkan buharı, yoğuşma basıncına kadar sıkıştırmak için kullanılan elemanlara kompresör adı verilmektedir. Kompresörler genellikle;

- Rotorlu kompresör
- Pistonlu kompresör
- Turbo kompresör
- Vidalı kompresör

olmak üzere dört tipte imal edilirler [11].

### 2.2.2. Buharlaştırıcılar

Soğutucu akışkanın buharlaşarak, soğutulmak istenen ortamdan ısı çekilmesini sağlayan elemanlardır. Soğutucu akışkanın beslenmesine, çalışma şartlarına, soğutulmak istenen sıvı veya havanın sirkülasyon yöntemine, soğutucu akışkanın kontrol tipine ve uygulamaya göre pratikte çok değişik konstrüksiyonlarda ve boyutlarda buharlaştırıcı tipi bulunmaktadır.

Genellikle buharlaştırıcılar ısıl iletkenliği yüksek olan demir, çelik, pirinç, bakır veya alüminyum gibi malzemelerden imal edilirler. Zamanla yüzeylerde birikebilen kirliliğin oluşturduğu ısıl direncin büyük olması nedeniyle, malzemenin ısı iletim katsayısı düşebilmektedir. Dış yüzeylerde hava soğutulması halinde birikebilen toz ve buz, su soğutulması halinde ise tortu; soğutucu akışkanın aktığı iç yüzeylerde ise yağ filmi veya tortu birikmesi önemli ısıl dirençler meydana getirir.

Örnek olarak buharlaştırıcı yüzey üzerinde biriken 10 mm kalınlığındaki buz tabakası, ısı geçişini temiz yüzeye göre yarı yarıya azaltır.

### 2.2.3. Yoğuşturucular

Yoğuşturucular, kompresörden çıkan kızgın soğutucu akışkan buharının soğutularak yoğuşturulduğu elemanlardır. Burada soğuk akışkan olarak atmosferik hava veya su kullanılabilirdiği için, yoğuşturucuları hava soğutmalı ve su soğutmalı olarak iki grupta incelemek mümkündür.

Hava soğutmalı yoğuşturucular, genellikle kanatlı borulu imal edilirler. Boruların içerisinden soğutucu akışkan, dışından da hava geçer. Bu tip yoğuşturucular daha çok küçük soğutma yüklerinde ve yeterli soğutma suyunun bulunmadığı durumlarda tercih edilir, çünkü hava tarafındaki ısı taşınım katsayısı küçük olduğundan, büyük soğutma yüklerinde çok büyük yüzeyler gerekir. Bakımları ve kullanışları basit olmakla beraber, hava sıcaklığının gün ve mevsim boyunca değişmesi nedeniyle otomatik kontrolü güçleşir [12].

Ev tipi gibi küçük buzdolaplarında, hava hareketi doğal olarak sağlanır. Bu dolaşımın rahat olabilmesi için yoğuşturucu ile duvar arasında 10-30 cm kadar bir açıklık bırakılmalıdır. Soğutma yükü arttıkça zorlanmış dolaşıma gerek duyulur. Kompresör motorunun miline bir vantilatör takılarak hava hareketi sağlanabilir. Bu yeterli olmazsa volan üzerine ilave üfleme kanatları takılarak 1500 W civarında soğutma güçlerine çıkılabilir.

Su soğutmalı yoğuşturucular, eğer elde soğutma suyu varsa ve elektrik enerjisi pahalı ise, yoğuşturucunun su ile soğutulması yoluna gidilir. Bütün soğutma suyunun dışarıya atılması hem ekonomik olmaz hem de suyu atabilecek uygun kanalizasyon bulunmaması güçlükler yaratır. Bu gibi durumlarda, soğutma suyu bir soğutma kulesinde soğutularak tekrar kullanılır. Böyle bir devrede soğutma kulesinde buharlaşan suyu da karşılamak için kabaca 1 kW soğutma yükü için saatte 170-200 kg soğutma suyuna ihtiyaç vardır [13].

### 2.2.4. Genişleme valfleri

Genişleme valfleri aslında birer basmıç düşürücü olup pratikte, otomatik ve termostatik olmak üzere iki tip genişleme valfi kullanılır. Ev tipi buzdolabı ve derin dondurucu gibi küçük soğutma kapasitelerinde genişleme valfi yerine kılcal (kapiler) boru kullanılır. Bu boruların iç çapları, soğutma yüküne bağlı olarak 0,8-1,3 mm arasında değişir, boyları ise buharlaştırıcı basıncına göre ayarlanır.

Isının bir ortamdan diğer bir ortama aktarılması çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Buna göre ısı pompası çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [14].

- Buhar sıkıştırırmalı çevrim
- Absorpsiyonlu ısı pompası
- Gaz çevrimli ısı pompası
- Jet buhar püskürtmeli ısı pompası
- Stirling çevrimli ısı pompası
- Adsorpsiyonlu ısı pompası
- Resorpsiyonlu ısı pompası
- Rankine / Buhar sıkıştırırmalı ısı pompası
- Termoelektrik ısı pompası

### **2.3. Isı pompalarının sınıflandırılması**

Isı kaynağı tesisi, ısının bir ısı kaynağından çekilmesi ve tüm yedek düzenler dahil ısı kaynağı ile ısı pompasının soğuk kısmı arasında ısı taşıyıcısının aktarımı için bir tesistir. Bir ısı pompası tesisi, ısı pompası ve yedek düzenleri ile ısı kaynakları tesisinden oluşmaktadır. Isıdan faydalanma tesisi, ısının ısı pompası tesisinden alınması ve tüm yedekler düzenler dahil, ısı pompasının sıcak kısmıdır.

Yedek düzenler, ısı pompası tesisindeki işletme için gerekli olan, ısı pompası hariç, tüm yapı elemanlarıdır (Örneğin; yer altı suyu basma pompası, ayar cihazları vb.).

#### **2.3.1. Isı pompası sistemleri**

Isı pompası sistemlerinde, ısı kaynağı olarak doğal kaynaklar (yer altı suyu, yer üstü suyu, toprak ve dış hava) kullanılabilirdiği gibi teknik tesislerin atık ısıları da kullanılabilir. Buna göre ısı pompaları, birincil, ikincil ve üçüncül ısı pompaları olarak adlandırılabilir [15].

##### **2.3.1.1 Birincil ısı pompaları**

Isıyı doğal kaynaktan çeken ısı pompalarına birincil (primer) ısı pompaları denir. Bu sistemlerin ısı kaynakları, yer altı suyu, yer üstü suyu, toprak ve dış havadır.

##### **2.3.1.2 İkincil ısı pompaları**

İkincil ısı pompaları, esas olarak ısıyı, geri kazanılan sistemlerden çekerler. Elde edilen bu ısı, artık ısı birikiminden bağımsız olan tüketilecek yere ihtiyacı oranda verilir. Örnek olarak, kanalizasyonun pis sularından ısı çeken ısı pompaları, ikincil ısı pompalarıdır. Isı kaynağı sıcaklığı 10 °C den büyüktür .

### **2.3.1.3. Üçüncül ısı pompaları**

Elde edilen artık ısı direkt olarak tekrar prosese geri verilirse, örneğin ısı pompalı çamaşır makinelerinde, kurutma, klima sistemi ve diğerleri, bu ısı pompası üçüncül ısı pompası olarak adlandırılır. Bu tür ısı pompaları için ısı kaynağı genelde 20 °C den fazla bir sıcaklık gösterir.

## **2.3.2. Isı pompalarının proses türüne göre sınıflandırılması**

### **2.3.2.1. Kompresörlü ısı pompaları**

Buharlaştırıcıdan buharın emilmesi ve yoğuşturucu basıncına kadar sıkıştırılması mekanik bir kompresörle yapılıyor ise, bu tip ısı pompalarına kompresörlü ısı pompaları denir.

### **2.3.2.2. Absorbsiyonlu ısı pompaları**

Soğutucu burada uygun bir emici eriyik sirkülasyonu ile hareket eder. Kompresörlü ısı pompalarına göre daha sessiz çalışırlar [16].

### **2.3.2.3. Buhar- Jet ısı pompaları**

Soğutucunun hareketi bir enjektör vasıtası ile yapılır.

## **2.3.3. Isı kaynakları ve ısı dağıtıcı sistemlere göre sınıflandırma**

Kompresörlü ve absorbsiyonlu ısı pompaları, kullanılan ısı kaynaklarına göre, örneğin toprak veya yeraltı suyu, ısı dağıtıcı sistemlerine göre, örneğin; sıcak su ısıtmaları veya hava ısıtmaları olarak sınıflandırılabilirler.

Isı pompasının veya bir ısı pompası tesisinin tanımlanmasında, ilk olarak soğuk taraftaki ısı taşıyıcısı veya ısı kaynağı, ikinci olarak sıcak taraftaki ısı taşıyıcısı yani ısı dağıtıcı sistem söylenir. Örnek olarak, Hava-Su ve Toprak-Su ısı pompaları verilebilir [17].

**Hava-Su Isı Pompası:** Burada ısı kaynağı olarak havadan yararlanan ve ısı pompasının sıcak kısmında suyu dolaştıran bir cihaz söz konusudur. Isıtılan bu su, örneğin döşemeden ısıtılmalı bir sistem için kullanılabilir.

**Toprak-Su Isı Pompası:** Asıl ısı pompası cihazı salamura-su ısı pompası, ısı kaynağı ise toprak ve ısı pompasının sıcak kısmındaki ısı taşıyıcısı sudur. Bu ısı pompasının soğuk kısmında salamura ve sıcak kısmında ise suyun dolaştığını ifade eder [18].

### 2.3.4. Isı pompalarının işletme şekline göre sınıflandırılması

Göz önüne alınan enerji taşıyıcısının sayısına bağlı olarak ısıtma tekniğinde üç çeşit işletme şekline söz edilir.

- Monovalent (Tekli) İşletme Şekli
- Bivalent (İkili) İşletme Şekli
- Multivalent (Çoklu) İşletme Şekli

#### 2.3.4.1. Monovalent (Tekli) işletme şekli

Isı üreticisinin gerekli tüm ısıyı aynı enerji türü ile karşılanıyor ise bu tür işletmeye monovalent işletme denilir. Burada ısı ihtiyacı, bir veya birden fazla ısı üreticisiyle karşılanabilir.

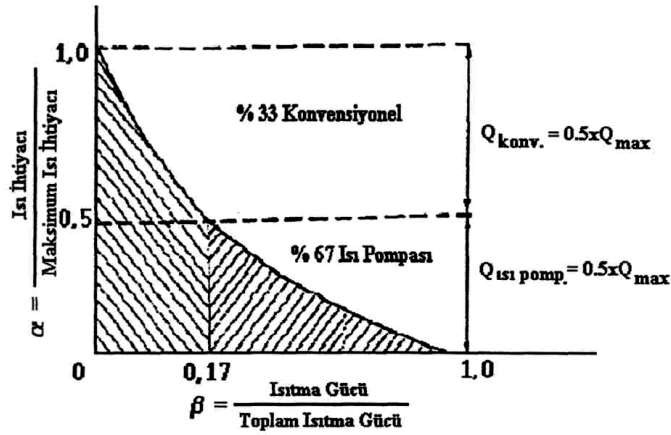
Birçok ısı üreticisinden oluşan ısıtma sistemleri alternatif ve paralel işletme şekline göre de ayrılabilir. Alternatif işletmeden kasıt, gerekli yıllık ısıtma gücü, aynı enerji türünün iki ısı üreticisi tarafından belirli bir dış sıcaklığa göre yedeklenmesidir. Paralel işletmede ise ısı ihtiyacı belirli bir dış sıcaklığın altına kadar her iki ısı üreticisi tarafından müşterek olarak karşılanabilir.

#### 2.3.4.2. Bivalent ( İkili) işletme şekli

Bu işletme şeklinde tüm ısı ihtiyacı daima iki ısı üreticisi tarafından karşılanır. Bivalent işletme şekli, alternatif ve paralel olarak sınıflandırılabilir.

Alternatif işletmede belirli bir dış sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda ısı üretimi, yalnız yedek ısı üreticisiyle karşılanır. Belirli bir dış sıcaklığın altındaki sıcaklık bivalent sıcaklığı olarak adlandırılır.

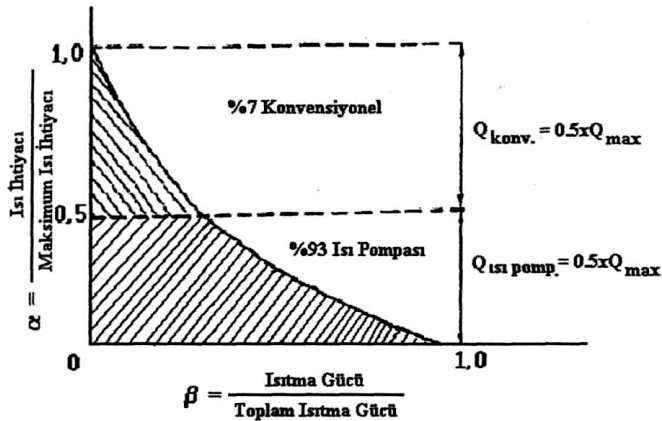
Paralel işletmede ise bivalent sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda ısı üretimi yedek ısı üreticisiyle tamamlanır. Pratikte en fazla ortaya çıkan ikili işletme şeklinde, yıllık işletme gücünün tamamının karşılanmasında ısı pompası yanında yedek ısı üreticisi olarak bir konvansiyonel ısıtma kazanı kullanılır [19].



Şekil 2.6. İkili alternatif çalışan ısıtma sistemleri.

Şekil 2.6.'de, ısı pompası ve konvansiyonel ısı üreticisinden (örneğin, fuel-oil kazanı) oluşan ikili alternatif çalışan işletme şekli için tüm ısı ihtiyacının karşılanmasında her iki ısı üreticisinin payları gösterilmiştir. Isı pompasının ana yükü düşüğü zaman kalan yük yedek ısı üreticisi tarafından karşılanır ve %50 tüm güçte projelendirilen ısı pompasının ısıtma gücünde payının %67 olduğu görülmektedir.

Şekil 2.7.'de ikili-parallel çalışan bir ısıtma sistemi görülmektedir. Burada ısı ihtiyacının %93'ü ısı pompası tarafından karşılanır ve kalan %7'lik kısım yedek ısı üreticisiyle karşılanır.



Şekil 2.7. İkili paralel çalışan ısıtma sistemleri [20].

#### 2.3.4.3. Multivalent (Çoklu) işletme şekli

Çoklu işletme şeklinde ısı ihtiyacının karşılanması çeşitli enerji taşıyıcılarıyla çalışan ikiden fazla



ısı üreticisiyle yapılır. Örneğin; güneş enerjisi ısı deposu, ısı pompası ve ısıtma kazanının kombinasyonu multivalent işletme şekli olarak tanımlanır [21].

#### 2.4. Soğutucu akışkan türleri ve özellikleri

Buhar sıkıştırma çevrimi esasına göre çalışan soğutma sistemlerinde, ısının taşınması görevini yapan ara maddelere soğutucu akışkan veya kısaltılmış şekliyle soğutkan adı verilmektedir. Soğutucu akışkanlar, soğutma, iklimlendirme ve ısı pompaları sistemlerinin en önemli temel akışkanlarıdır. Genellikle bu akışkanlar, buharlaşma ve yoğuşma faz değişimi işlemleri yardımıyla, bir ortamdan (soğutma yapılan bir odadan) çektikleri ısıyı, diğer bir ortama (dış çevreye) atarlar. Bu faz değişimleri, mekanik buhar sıkıştırma ve absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde görülürken, hava gibi bir akışkan kullanan gaz soğutma çevrimlerinde görülmez .

Soğutucu akışkanların, yukarıda belirtilen görevleri ekonomik ve güvenilir bir şekilde yerine getirebilmesi yani bir soğutma sisteminin verimli ve emniyetli çalışabilmesi için bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmaları gerekir. Bu özellikler, uygulama ve çalışma şartlarının durumuna göre değişebileceği gibi bu özelliklerin hepsini yerine getirmeleri her zaman mümkün olmayabilmektedir [22].

##### 2.4.1. Soğutucu Akışkanların Özellikleri ve Kullanılan Akışkanlar

Genel olarak bir soğutucu akışkanda aranması gereken özellikler şunlardır:

- Az bir enerji (güç) sarfı ile daha çok soğutma elde edilebilmelidir.
- Soğutucu akışkanın buharlaşma ısısı yüksek olmalıdır.
- Evaporatörde basınç mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.
- Yoğuşma (kondenser) basıncı düşük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük ve yüzey gerilimi (kılcallığı) az olmalıdır.
- Emniyetli ve güvenilir olmalıdır, nakli depolanması, sisteme şarjı kolay gerçekleştirilebilmelidir.
- Soğutma devresinde bulunmaması gereken rutubet (su) ile bulunması halinde bile çok zararlı reaksiyonlar meydana getirmemelidir.
- Sistemden kaçması halinde, bilhassa yiyecek maddeleri üzerinde zararlı etki yapmamalıdır.
- Sistemden kaçarak havaya karışması halinde civardaki insanlara (ve diğer canlılara) zarar vermemelidir.
- Havaya karıştığında yanıcı veya patlayıcı bir ortam meydana getirmemelidir.
- Çalışma şartlarındaki basınç ve sıcaklıkların en uç sınırlarında dahi ayrışıp

çözülmememeli, bütün özelliklerini muhafaza etmelidir.

- Elektriksel özellikleri (bilhassa Hermetik tip kompresörler için) uygun olmalıdır.
- Temini kolay ve fiyatı düşük olmalıdır.
- Kritik noktası ve kaynama sıcaklığı, kullanılacağı soğutma sistemine olmalı, ısı iletkenliği yüksek, molar ısınma ısısı ise düşük olmalıdır.

Bu özelliklerin hepsini birden her şart altında yerine getirebilen üniversal bir soğutkan madde halen mevcut değildir. Uygulamadaki şartlara göre bunların bir kısmı aranmayabilir [23].

Halen mevcut olan ve soğutmacılıkta kullanılan soğutucu akışkanlar ile bunların kimyasal isimleri, ASHRAE kot numaraları ve fiziksel özellikleri, Çizelge 2.1' de verilmektedir.

Birçok soğutma tekniği uygulamasında ısı, ikinci bir soğutucu akışkanla taşınabilir. Herhangi bir sıvı olabilen bu ikinci akışkan esas soğutucu akışkan ile soğutulur ve hal değişimi olmadan ısı geçişini gerçekleştirebilir. Bu tip sıvılar, ısı transferi akışkanları, salamuralar veya ikincil soğutucu akışkanlar olarak adlandırılırlar [24].

CFC -12 Düşük ve Orta sıcaklık (max. 80°C)

CFC - 114 Yüksek sıcaklık (max. 120°C)

R-500 Orta sıcaklık (max. 80 °C)

R-502 Düşük - orta sıcaklık (max. 55°C)

HCFC - 22 Düşük sıcaklık ısı pompaları (max. 55°C)

Kimyasal stabilizesini ve içerdiği klorin miktarına bağlı olarak CFC'ler (kloroflorokarbon ) çevreye zararlıdır ve CFC'ler yasaklı akışkanlar grubuna dahildirler. Yüksek ozon tüketimci. Bundan dolayı üretimi ve kullanımı yasaktır. Yalnızca eskiyen sistemlerdeki gazların temizlenmesiyle elde edilebilmektedir. Bu grubun kapsadığı akışkanlar R - 11, R - 12, R - 113,R - 114, R - 115, R - 500, R - 1150, R - 13B1' dir.

**Çizelge 2.1.** Soğutucu akışkanların tanımlanması [23].

ASHRAE Tanımı	Kimyasal Adı	Kimyasal Formülü	Atmosferde Kaynama Sıcaklığı (°C)	Kritik Sıcaklık (°C)	Kritik Basınç (kPa)	Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )
R-11	tri-Klor Flor Metan	CCl <sub>3</sub> F	23.82	198	4406	1,49 (20°C)
R-12	di-Klor di-Flor Metan	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-29.79	112	4113	1,33 (20°C)
R-13	Klor tri-Flor Metan	CClF <sub>3</sub>	-81.4	28.8	3865	0,9 (20°C)
R-13B1	Brom tri-Flor Metan	CBrF <sub>3</sub>	-57.75	67	3962	1,57 (20°C)
R-14	tetra-Flor Metan	CF <sub>4</sub>	-127.9	-45.7	3741	1,32(-80°C)
R-21	di-Klor Flor Metan	CHCl <sub>2</sub> F	8.9	178.5	5168	1,38 (20°C)
R-22	Klor di-Flor Metan	CHClF <sub>2</sub>	-40.76	96	4974	1,21 (20°C)
R-23	tri-Flor Metan	CHF <sub>3</sub>	-82.1	25.6	4833	0,79 (20°C)
R-30	Metilen Klorür	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	40.2	237	6077	-
R-32	di-Flor Metan (Metilen	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-51.8	78.4	5830	-
R-40	Metil Klorür	CH <sub>3</sub> Cl	-12.4	143.1	6674	0,92 (20°C)
R-50	Metan	CH <sub>4</sub>	-161.5	82.5	4438	0,36 (-120°C)
R-113	tri-Klor tri- Flor Etan	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>	47.57	214.1	3437	1,58 (20°C)
R-114	di-Klor tetra-Flor Etan	CClF <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>	3.8	145.7	3259	1,47 (20°C)
R-115	Klor penta-Flor Etan	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	-39.1	79.9	3153	1,31 (20°C)
R-123	di-Klor tri-Flor Etan	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	27.87	183.79	3674	-
R-124	Klor tetra-Flor Etan	CHClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	-13.19	122.5	3660	-
R-125	pentan-Flor Etan	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	-48.57	66.3	3630.6	-
R-134a	tetra-Flor Etan	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	-26.16	101.1	4067	-
R-141b	di-Klor Flor Etan	CCl <sub>2</sub> FCH <sub>3</sub>	32	204.2	4250	-
R-142b	Klor di-Flor Etan	CClF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-9.8	137.1	4120	1,12 (20°C)
R-152a	di-Flor Etan	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	-25	113.5	4492	0,91 (20°C)
R-160	Etil Klorür	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	12.4	187.2	5237	-
R-170	Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-88.8	32.2	4891	0,35 (20°C)
R-216ca	di-Klor hekza-Flor Propan	C <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	35.69	180	2753	-
R-290	Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-42.09	96.7	4248	0,5 (20°C)
R-500	R-12(%73,8);R152a(26,2)	Karışım (%Ağır.)	-33.5	105.5	4423	1,17 (20°C)
R-502	R-115(%51,2);R-22(%48,8)	Karışım (%Ağır.)	-45.4	82.2	4075	1,26 (20°C)
R-503	R-13(%59,9);R23(40,1)	Karışım (%Ağır.)	-88.7	19.5	4182	1,29 (-40°C)
R-504	R-115(%51,8); R-32(%48,2)	Karışım (%Ağır.)	-57.2	66.4	4758	1,09 (20°C)
R-600	Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-0.5	152	3794	0,58 (20°C)
R-600a	Izobütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-11.73	135	3645	0,56 (20°C)
R-610	Etil Eter	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	34.6	194	3603	-
R-611	Metil Format	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	31.8	214	5994	-

Çizelge 2.1. (Devamı).

ASHRAE Tanımı	Kimyasal Adı	Kimyasal Formülü	Atmosferde Kaynama Sıcaklığı (°C)	Kritik Sıcaklık (°C)	Kritik Basınç (kPa)	Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )
R-630	Metil Amin	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	-6.7	156.9	7455	-
R-631	Etil Amin	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	16.6	183	5619	-
R-702	Hidrojen (Normal)	H <sub>2</sub>	-252.8	-239.9	1315	0,035 (-
R-704	Helyum	He	-268.9	-267.9	228.8	0,126
R-717	Amonyak	NH <sub>3</sub>	-33.3	133	11417	0,61 (20°C)
R-718	Su	H <sub>2</sub> O	100	374	22064	-
R-720	Neon	Ne	-246.1	-228.7	3397	1,2 (-246°C)
R-728	Azot	N <sub>2</sub>	-198.8	-146.9	3396	0,72(-220°C)
R-729	Hava(0,21 O <sub>2</sub> +0,78 N <sub>2</sub> +0,01 Argon)		-194.3	-140.5	3785	-
R-732	Oksijen	O <sub>2</sub>	-182.9	-118.6	5043	-
R-740	Argon	Ar	-185.9	-122.5	4860	1,35(-220°C)
R-744	Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>	-78.4	31.1	7372	0,77(20°C)
R-744A	Azot Dioksit	N <sub>2</sub> O	-89.5	36.5	7221	-
R-764	Kükürt Dioksit	SO <sub>2</sub>	-10	157.5	7875	-
R-1120	tri-Klor Etilen	CHCl=CCl	87.2	271.1	5016	-
R-1130	di-Klor Etilen	CHCl=CHCl	47.8	243.3	5478	-
R-1150	Etilen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-103.7	9.3	5114	0,46 (-40°C)
R-1270	Propilen	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-47.7	91.8	4618	0,52 (20°C)

- **HCFC (Hidrokloroflorokarbon)**

Hidroflorokarbonlarda klorin içermesine rağmen kloroflorokarbonlara göre ozon tüketme potansiyeli çok daha azdır. HCFC' nin ozon tüketme potansiyeli, düşük atmosferik kimyasal stabilizeye bağlı olarak CFC - 12'ye göre % 12 daha azdır.

Ayrıca global ısıtma potansiyeli CFC - 12'nin % 20'si kadardır. HCFC' ler geçiş akışkanları olarak adlandırılır. HCFC' ler R - 22, R - 401, R - 402, R - 403, R - 408 ve R - 409 akışkanlarını içerir [25].

- **HFC (Hidroflorokarbon)**

Hidroflorokarbonlar uzun dönemde alternatif akışkanlar olarak değerlendirilebilirler. Bu onların R - 134A, R - 152A, R - 32, R - 125 ve R - 507 gibi klorin içermedikleri anlamına gelir.

Ozon tüketimine etkileri olmadığı için, R - 12, R - 22 ve R - 502'ye alternatif olabilirler. Fakat onların da hala global ısınmaya etkileri vardır.

HFC - 134 A termofiziksel özellikler olarak CFC – 12' ye çok benzemektedir. HFC - 134a kullanılan bir ısı pompasının performans katsayısı ( COP ) pratik olarak CFC - 12 kullanılan ısı pompasınınkiyle aynı olacaktır. Düşük evaporatör sıcaklığında ( -1 °C'ın altında ) ve büyük sıcaklık artışlarında performans katsayısı biraz daha düşük olacaktır.

HFC - 152a esas olarak R - 500'ün bir parçası olarak kullanılmıştır fakat o da birçok küçük ısı pompası ve buzdolabı uygulamalarında kullanılmıştır. Karışımlarda eleman olarak kullanılır ve yanıcıdır.

HFC - 32 orta yanıcı olarak kabul edilebilir ve sıfıra yakın global ısıtma potansiyeli vardır. Uzun dönemde klimalandırma, ısı pompası ve endüstriyel soğutma uygulamalarında HCFC -22'nin yerine uygun bir akışkan olarak düşünülmektedir. HFC- 32, yanıcı olmayan karışımlarda R-502 ve HCFC - 22 yerine ana bileşen olarak kullanılmaktadır.

HFC - 125 ve HFC - 143a hemen hemen R - 502 ve HCFC - 22 ile benzer özelliklere sahiptir. Global ısıtma potansiyeli HFC - 134 A'ya göre üç kat fazladır [26].

- **Karıışımlar**

Bir karışım iki veya daha fazla akışkanı içerebilir. İzeotropik karışımlar sabit sıcaklıkta buharlaşır ve yoğunlaşır.

İlk karışımlar CFC - 12 ve R - 502 'nin yerini alması için HCFC - 22 veya HCFC akışkanları içeriyorlardı ve bu yüzden geçiş akışkanları olarak kabul ediliyorlardı.

R-502'nin ve HCFC-22'nin yerini alması için oluşturulan yeni nesil karışımlar ise klorin içermiyorlar ve temel olarak HFC'lardan (HFC -32 , HFC -134a , HFC -125 , HFC - 143a) ve hidrokarbonlardan oluşuyorlar. Gelecek için umut veren iki akışkan R - 410A ve R-407C' dir. R - 410A, R - 32 ve R - 125'in karışımıdır, R - 407C ise R - 32, R - 125 ve R - 134A' dan oluşmaktadır.

R - 410A kullanarak R - 22'ye kıyasla çok daha iyi COP değerleri elde edilmektedir. R - 410A kullanarak toplam maliyette azalma sağlanabilir çünkü sistem bileşenlerinin özellikle kompresörün ölçülerinde, akışkanın volumetrik kapasitesinin yüksek olması nedeniyle önemli miktarda azalma olacaktır [27].

- **Doğal Akışkanlar**

Doğal akışkanlar, biosferde doğal olarak mevcut olan maddelerdir. Global çevreye zararları sıfır veya sıfıra yakındır. Doğal akışkanların örnekleri amonyak, hidrokarbonlar, karbondioksit, hava ve sudur.

- **Amonyak (NH<sub>3</sub>)**

Amonyak çoğu ülkede orta ve büyük soğutma ünitelerinde başlıca kullanılan soğutucu akışkandır. Toksik ve yanıcı karakteri nedeniyle kullanımı için ayarlar ve kurallar geliştirilmiştir. Termodinamik ve ekonomik olarak yeni ısı pompaları ekipmanlarında CFC lara ve HCFC - 22'ye en iyi alternatiftir. Bugün için sadece büyük ısı pompası sistemlerinde kullanılmıştır ve yüksek basınç kompresörleri kondensasyon sıcaklığını 58°C'dan 78°C'a çıkarmıştır. Verimli yüksek basınç kompresörleri geliştirilirse, amonyak mükemmel bir yüksek sıcaklık soğutucu akışkanı olacaktır.

- **Hidrokarbonlar (HC)**

Günümüzde, propan propilen ve propan karışımları, bütan ve etan ısı pompası sistemlerinde. Kullanılabilecek en umut verici soğutucu akışkan olarak değerlendirilmektedir.

- **Su**

Toksik ve yanıcı olmayan, uygun termodinamik özelliklere sahip olan su, endüstri ısı pompalarında kullanılabilecek mükemmel bir akışkandır. Tipik olarak çalışma sıcaklıkları 5 °C ila 150°C arasında değişir. Dezavantajı ise sahip olduğu volumetrik ısı kapasitesidir. Bu özellik özellikle düşük sıcaklıklarda büyük ve pahalı kompresörler gerektirir.

- **Karbondioksit ( CO<sub>2</sub> )**

CO<sub>2</sub> ne toksik ne de yanıcıdır ayrıca normal yağlama yağlarıyla ve genel konstrüksiyon malzemeleri ile uyumludur. Volumetrik soğutma kapasitesi yüksektir. COP değeri çok düşüktür.

- **Salamuralar**

Kalsiyum ve sodyum kloridin su içindeki çözeltileri, pratikte en çok kullanılan soğutucu salamuralardır. Salamuralı soğutma tekniğine esas olarak, endüstriyel soğutma sistemlerinde ve buz paten sahalarının da kullanılmaktadır. Kalsiyum klorid salamurası için

korozyon temel bir problem olup, özellikle galvanizli demir kaplarının kullanıldığı buz üretim tanklarında önemli hasarlar yapmaktadır.

Salamuralı sis yöntemi ile balıkların ve diğer besin maddelerinin dondurulduğu işlemlerde, kalsiyum klorid çözeltisinin besin maddesine temasının istenmediği durumlarda, adi sofr tuzu (sodyum klorid) kullanılır. Tuz aynı zamanda soğutma serpantileri üzerine püskürtülerek, buzlanmanın önlenmesinde de kullanılır. Kalsiyum klorid eriyiğinin donma noktası düşük olduğu için soğutma uygulamalarının çoğunda daha uygundur.

Ticari kalsiyum klorid, küçük pullar, katı veya eriyik halinde, tip 1 ( min % 77), tip 2 ( min % 94) olarak satışa sunulur ( küçük pullar biçiminde daha çok görünmektedir.) Ticari sodyum klorid ise, hem ham kaya tuzu, hem de rafine edilmiş sofr tuzu olarak bulunabilir. Magnezyum tuzlarının çamur haline gelme eğilimleri olduğundan, bu tuzların sodyum ve kalsiyum klorid içinde bulunması istenmez.

Salamura sistemleri korozyon ve tortu kontrolü açısından incelenmelidir. Bunun için standart kromat işlem programı en etkili yöntemdir. Kalsiyum klorid salamuralarının pH değerlerinin % 6.5 ila 8,5 arasında olabilmesi için en az 1800 mg / kg sodyum kromat gerektirir. Kodum klorid salamuraları ise pH değerlerinin 6,5 ila 8,5 arasında olabilmesi için en az 3600 mg / kg sodyum kromat gerektirir. Kalsiyum salamuralarına 3000 mg / kg, sodyum salamuralarına ise 400 mg / kg sodyum nitrat ilavesi ile pH değeri 7,0 ila 8,5 arasında kontrol altına alınabilir ve bu şekilde uygun bir koruma sağlanabilir. Kromat ve nitratların kullanılmadığı durumlarda organik inhibitörler kullanılabilir.

Herhangi bir kromat esaslı korozyon önleyici kullanmadan önce, kromat içeren akışkanların kullanıma ve çevreye atılması ila ilgili, belediye ve devlete ait kanun ve kurallar araştırılmalıdır. Bu kanun ve kurallar kromat esaslı korozyon önleyiciler için çok katı ise, değişik korozyon önleyici sistemleri göz önüne alınmalıdır [28].

- **Glikol Katkılı Salamuralar**

Korozyon kontrolü için kullanılan etilen glikol ve propilen glikol, su ile yapılan çözeltilerin donma noktası düşürücü ve ısıtma, soğutma sistemlerinde ısı geçişi ortamı oluşturmak gayesiyle kullanılır. Bu bileşenler uygun miktarlarda kullanılmadıklarında, bunların esas özellikleri olarak, suyun donma noktasını düşürmek, buharlaşma miktarını düşürmek ve izafi olarak daha az korozyonlu bir akışkan oluşturmak şeklinde belirtilebilir.

Özellikle düşük sıcaklıklarda etilen glikol katkılı çözeltilerin fiziksel özellikleri, propilen glikol katkılı çözeltilerden daha iyidir. Buna karşılık, insan temasını bulunduğu veya kanun ve kuralların gerektirdiği uygulamalarda, zehirli etkisinin daha az olması nedeniyle, propilen glikol tercih edilir.

- **Fiziksel Özellikler**

Etilen ve propilen glikol renksiz, pratik olarak kokusuz sıvılar olup, su ve birçok organik bileşen ile kolayca karışabilirler. Etilen glikol derişikliğinin kütleli olarak % 60 değerinden fazla olması durumunda, eriyiğın donma noktası sıcaklığı artmaktadır. Propilen glikol derişikliğinin % 60 değerinden fazla olması durumunda eriyiğının belirli bir donma noktası yoktur. Burada donma yerine, propilen glikol eriyiğı cam özelliklerine sahiptir ( cam, aşırı viskoziteli sıvının soğutulması halinde katı görünüşlü amorf bir cisimdir ). Ötektik noktasının seyreltik tarafında donma esnasında buz oluşurken; ötektik noktasının diğeri tarafında, donma esnasında katı glikol parçalan eriyikten ayrılır. Bu tip eriyiklerin donma hızı çoğunlukla yavaştır; fakat zamanla bunlar sertleşir ve katı kütle oluşturur.

Tipik korozyon önleyici paketlerinin diğeri fiziksel özellikler üzerine fazla bir etkisi yoktur. Viskozite dışında, bu iki akışkanın fiziksel özellikleri benzerdir, propilen glikol bileşenin suyla oluşturduğu eriyiğın viskozitesi, aynı derişiklikte etilen glikolin suyla oluşturduğu eriyiğın viskozitesinden daha fazladır. İki akışkan arasındaki performans farkının ana nedeni, bu yüksek viskozitedir [29].

Glikol derişikliğinin seçimi, uygulamada istenen korumanın cinsine bağlıdır. Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin kış aylarında kullanılmaması durumunda, sistemin donmaya karşı korunması için % 30 etilen glikol veya % 35 propilen glikol derişikliği yeterlidir. Bu derişiklikler akışkanın donmasına izin verecektir. Akışkan dondukça çamur haline gelip genişler ve herhangi bir hacme doğru akar. Bu nedenle, bu tip koruma sistemleri, muhakkak bir genişleme hacmi içermelidir. Uygulamada akışkanın tamamının sadece sıvı olarak kalması isteniyorsa, beklenen en düşük sıcaklıktan 3°C daha küçük değerlerde, donmanın olabileceğı sıcaklıklar için glikol derişikliği seçilmelidir. Sadece yatırım masraflarını artırması ve akışkanın fiziksel özelliklerine ters etki yapabilmesi nedeniyle, aşırı glikol derişikliğinden sakınılmalıdır.

Endüstriyel korozyon önleyici olarak kullanılan etilen ve propilen glikollere ait diğeri fiziksel özellikler imalatçı satıcı firmalarda elde edilebilir [30].



- **Korozyon Önleyiciler**

Genel olarak, ticari etilen veya propilen glikol saf olduğunda, tesisatta kullanılan birçok metal için sudan daha az korozif etki yapar. Bununla beraber, bu tesisatlara uygun korozyon önleyicilerin katılmaması durumunda, bu glikollerin su ile oluşturduğu eriyikler, korozyonu artırır.

İnhibitör katkısı olmayan glikoller, metaller asidik son ürünlerle oksitlenir. Sıcaklık, havalandırma derecesi ve glikol eriyikleri ayrıştırdığı bazı metal bileşikler oksitlenme miktarına etki eder.

Korozyon önleyicilerin işlevi, ya korozyon önleyici ya da ortamı kararlı ve ayarlayıcı hale getirenler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Korozyon önleyici, metal yüzeyde engel oluşturarak, metale olan etkiyi önlerler. Bu engeller çoğunlukla, metal tarafından korozyon önleyicinin adsorbsiyonu ile veya korozyon önleyicinin metal ile reaksiyona girmesiyle yâda başlangıç reaksiyon ürünleriyle gerçekleşir. Birçok durumda metal yüzeyler, korozyon önleyicilerin güçlendirdiği bu metallerin oksitlerinin filmleri ile kaplanır.

Ortamı kararlı ve ayarlayıcı hale getirenler tam anlamıyla bir korozyon önleyici olmamasına rağmen, ortamı kararlı hale getirerek veya değiştirerek korozyonu azaltır. Boraks gibi alkali tampon, ortamı kararlı hale getirmeye örnek verilebilir, çünkü bu elemanın esas gayesi ortamı alkali koşullarda (PH değerini 7'nin üzerinde ) tutmaktadır. Bazı jelâtin elamanlar, eriyik içinde korozyon işlemini ve mekanizmasını hızlandıran çeşitli iyonları kaldırarak, ortamda zararlı gibi fonksiyon yaparlar. Bununla beraber bu elemanların kullanılmasında, ortamın uygun olmayan pH değerlerine ve ilave bir korozyona neden olabilecek bir derişikliğe ulaşmaması hususuna dikkat etmek gerekir.

Sodyum kromat gibi bazı oksitler, glikolu zamansız oksitliyebilmeleri yüzünden, glikol eriyikleri ile kullanılmamalıdır. Gözönüne alınan bir tesisatta korozyona karşı en iyi bir direnci sağlayabilmek için, genel olarak korozyon önleyici ve ortamı kararlı hale getiren iki tip ilave edici elemanın karışımı kullanılır. Ticari glikol korozyon önleyiciler çeşitli firmalardan sağlanabilir.

Glikol katkılı salamurlar, en fazla 175 °C sıcaklığa kadar kullanılabilir. Bununla beraber en yüksek kullanım sıcaklığı, akışkandan akışkana değişir. Yüksek hava ile temasta olan sistemlerde akışkanın ortalama yığın sıcaklığı 82 °C değerinden fazla olmamalıdır. Buna karşılık sisteme havanın girişinin önlendiği basınçlı kapalı sistemlerde, akışkan

sıcaklığı 175 °C değerine kadar çıkabilir. Max. film sıcaklığı akışkanın ortalama yığın sıcaklığından 28 °C değerinden daha fazla olmamalıdır. Sistemin yüksek sıcaklıklarda aşırı periyotlarda çalışması durumunda, azot gazı ile dengelenerek en az oksitlenme olması sağlanabilir.

Tipik olarak min. çalışma sıcaklıkları, etilen glikol eriyikleri için -23 °C; propilen glikol eriyikleri için ise -18 °C değerindedir. Akışkan viskozitesi çok fazla artması, pompalama gücünün yükselmesi ve ısı taşınım katsayısının azalması nedeniyle, bu sıcaklıkların altındaki çalışma şartları genel olarak pratik değildir.

Birçok glikol katkılı eriyikler, galvanizli çelik dışındaki standart malzemeler ile rahatlıkla kullanılabilir. Çinkonun glikol ile reaksiyona girmesi nedeniyle galvanize malzemeler ile kullanılması önerilmez. Eriyikte oluşan çamur ve tortuların uzaklaştırılması önemli bir problemdir, bu nedenle sistemde filitre kullanılmalıdır.

Depolama ve kullanma: Glikol katkılı eriyikler, kararlı ve yüksek parlama noktaları ile izafi olarak korozif olmayan maddelerdir. Bu akışkanlar, yumuşak çelik veya alüminyum kaplarda depolanabilir. Bununla beraber, alüminyum kaplar akışkanın 66 °C sıcaklığının altındaki değerlerde kullanılmamalıdır. Kapların buharlaşma hacmindeki korozyon, bir problem olabilir. Çünkü korozyon önleyiciler, bu hacimlerdeki yüzeylere ulaşamayabilir ve bu yüzeyleri korozyona karşı korumayabilir. Bu problemi çözmek için bu yüzeyler uygun bir malzeme ile kaplanabilir. Uygun kaplama malzemeleri olarak, novolak esaslı vinylester reçineler yüksek sıcaklıkta pişirilmiş fonelik reçineler, polipropilen ve polivinil florki sayılabilir.

#### **2.4.2. Soğutucu Akışkan Seçimi**

Bir soğutma sistemini tasarlarken kullanılacak birçok aracı akışkan vardır. Bunlar arasında Freonlar veya kloroflorokarbonlar (CFC), amonyak, propan, etan, etilen gibi hidrokarbonlar, karbon dioksit, uçakların isimlendirmesinde kullanılan hava ve donma noktasının üzerindeki bazı uygulamalarda kullanılan su sayılabilir. Soğutucu akışkanın seçimi uygulamaya göre değişir. Yukarıda belirtilen soğutucu akışkanlardan freonlar (R-11, R-12, R-22 ve R-502) piyasada kullanılan soğutucu akışkanların en büyük bölümünü oluşturmaktadır. Endüstriyel ve ticari kesimlerde, zehirleyici olmasına karşın, amonyak yaygın halde 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 gerektirmesi, sızma durumunda kolayca belirlenmesi ve ozon tabakasına zarar vermemesi

sayılabilir. Fakat, amonyakın zehirleyici olması kullanımını 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. Yıllar önce küçük çaplı endüstri uygulamalarında ve evlerde kullanılan kükürt dioksit, etil klorid ve metil klorid gibi soğutucu akışkanların zehirleyici olmaları şaşırtıcıdır. 1920'lerde hastalık ve ölümlerle sonuçlanan olaylardan sonra, bu soğutucu akışkanların yasaklanması ve zehirleyici olmayan yemlerinin bulunması için bir kamuoyu oluşmuştu. 1928 yılında Frigidaire Şirketinin isteği üzerine, R-12 adlı soğutucu akışkan General Motors araştırma laboratuvarlarında, üç gün gibi kısa bir süre içinde 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, küçük yalıtım malzemesinin üretiminde ve elektronik endüstrisinde temizleyici diye kullanılmaktadır.

R-11 daha çok, bina soğutma sistemlerinde yer alan büyük kapasiteli su soğutucularında kullanılmaktadır. R-12 buzdolaplarında, dondurucularda ve otomobil iklimlendirme sistemlerinde kullanılmaktadır. 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, süpermarketler gibi büyük ticari kuruluşlarda en çok kullanılan soğutucu akışkandır, çünkü tek kademe sıkıştırma ile oldukça düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarına olanak vermektedir [31].

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 morötesi ışınların geçmesini kolaylaştırdıkları ve kızılaltı ışınların geçmesini engelledikleri belirlenmiştir. Böylece CFC'lerin atmosferin sera etkisine ve yeryüzünün ısınmasına katkıda buldukları 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 yüzde %5'i kadardır. Yeryüzünü zararlı morötesi ışınlardan koruyan ozon tabakasına zarar vermeyen CFC'ler geliştirilme aşamasındadırlar. Yeni geliştirilen ve klor içermeyen R - 134a'nın R - 12'nin yerini alması beklenmektedir.

Soğutucu akışkan seçiminde etkili olan iki parametre, soğutucu akışkanın ısı alışverişinde bulunduğu iki ortamın, başka bir deyişle soğutulan ortamın ve çevrenin, sıcaklıklarıdır. Birim zamanda yeterli ısı geçişi sağlayabilmek için, soğutucu akışkanla, ısı alışverişinde bulunduğu ortam arasında 5 ile 10°C kadar bir sıcaklık farkının bulunması gerekir. Örneğin, soğutulan ortam -10°C sıcaklıkta ise, buharlaştırıcıdan geçen soğutucu akışkanın sıcaklığı -20 °C dolaylarında olmalıdır. Bir soğutma çevriminde en düşük basınç buharlaştırıcıda gerçekleşir ve çevrime hava sızmasını önlemek için bu basıncın atmosfer basıncının üzerinde olması gerekir. Bu nedenle, verilen örnekte soğutucu akışkanın -20°C sıcaklıktaki doyma basıncı 1 atmosfer veya daha büyük olmalıdır. Amonyak ve R-12 (genellikle ticari adı olan Freon 12 adıyla bilinir) bu koşulu sağlamaktadırlar.

Yoğuşturucuda, soğutucu akışkanın sıcaklığı (ve böylece basıncı) ısı verilen ortamın sıcaklığıyla belirlenir. Yoğuşturucuda soğutma, hava yerine suyla yapılırsa daha düşük yoğuşma sıcaklıkları ve buna bağlı olarak daha yüksek etkinlik katsayıları elde edilebilir. Fakat büyük endüstriyel soğutma sistemleri dışında suyla soğutma ekonomik değildir. Soğutucu akışkanın yoğuşturucudaki sıcaklığı çevre ortam sıcaklığının altına düşemez, bu değer bir ev buzdolabı için 20°C dolaylarındadır. Soğutucu akışkanın bu sıcaklığa karşı gelen doyma basıncı, kritik basıncın çok altında olmalıdır. Böylece ısı verme işleminin yaklaşık izotermal olması sağlanabilir. Eğer bir akışkan tek başına belirtilen sıcaklık kıstaslarını sağlayamıyorsa, farklı akışkanlarla çalışan iki soğutma çevriminden oluşan bir sistem bu görevi yapabilir. Bu tür bir soğutma sistemi ikili soğutma sistemi diye adlandırılır. Soğutucu akışkanın zehirleyici olmaması, pas yapmaması, yanıcı olmaması, kimyasal bileşiminin sabit olması, buharlaşma entalpisinin yüksek olması ve doğal olarak ucuz ve kolaylıkla bulunabilir olması, 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 sıcaklıklardan daha yüksektir [32].

## 2.5. Isı Kaynakları

Kaynak sıcaklığının direkt kullanılmadığı yerlerde devreye ısı pompası girer. Isı pompasının maksimum verimde çalışabilmesi için ısının çekildiği ve atıldığı kaynakların aynı sıcaklıkta olması gerekir. Isı kaynağı seçilirken; coğrafi durum, iklim şartları, ilk maliyet gibi faktörler göz önüne alınmalıdır. Ayrıca ısı kaynağı sıcaklığının fazla değişim göstermemesi de istenen faktörler arasındadır. Isı pompalarında başlıca dört kaynaktan yararlanılabilir. Bunlar;

- Hava,
- Su

- Toprak
- Güneş enerjisidir.

Bu ısı kaynaklarından ilk üçü tek başlarına kullanılabilirken, güneş enerjisi genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Isı pompası tasarımında karşılaşılan en önemli problem, kullanılacak kaynaklar ile ilgili verilerin elde edilmesidir. Isı pompası için önemli olan bu kaynakların ısı pompası ile uyum sağlayabilmesi, aşağıdaki şartlara bağlıdır [33].

- Kaynak sıcaklığının fazla değişmemesi
- Kaynak sıcaklığının mümkün olduğu kadar büyük olması
- Kaynağın bol bulunabilir olması ve coğrafi koşullardan mümkün olduğu kadar az etkilenmesi
- Kaynağın kirli olmaması
- Korozyona sebep olmaması

Çizelge 2.2'de çeşitli ısı kaynaklarının özellikleri verilmektedir.

Çizelge 2.2. Isı kaynaklarının karşılaştırılması [21].

Isı kaynağı	Hava	Şehir suyu	Kuyu suyu	Yüzey suyu	Atık su	Toprak	Güneş enerjisi
<b>Kaynak sınıflandırması</b>	Birincil	Birincil veya yardımcı	Birincil	Birincil	Birincil veya yardımcı	Birincil veya yardımcı	Yardımcı
<b>İsmin atılması için uygunluğu</b>	İyi	İyi	İyi	İyi	Kaynağa göre değişmekte	Genellikle zayıf	Isıyı havaya atmada kullanılır
<b>Bulunabilirlik (Yöre)</b>	Üniversal	Şehirler	Belirsiz	Nadir	Sınırlı	Yaygın	Üniversal
<b>Bulunabilirlik (Zaman)</b>	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Değişken	Sürekli	Tahmin edilemez
<b>İlk yatırım masrafı</b>	Düşük	Genellikle en düşük	Kuyu açmanın maliyetine göre değişmektedir	Düşük	Düşük	Değişken	Yüksek
<b>İşletme masrafı</b>	İzafi olarak düşük	Yüksek	Düşük-Orta	İzafi olarak düşük	Düşük	İzafi olarak orta	Yardımcı kaynak olarak işletme maliyetlerini düşürür
<b>Sıcaklık seviyesi</b>	Uygun	Genellikle tatmin edici	Tatmin edici	Tatmin edici	Genellikle iyi	Aşırı miktarda ısı çekilmediği sürece iyi	Çok iyi
<b>Sıcaklık değişimi</b>	Aşırı	Yöreye göre değişmektedir	Düşük	Orta	Genellikle orta	Derinliğe göre değişmektedir	Aşırı
<b>Ekipmaların boyutları</b>	Orta	Küçük	Kuyu ekipmanları haricinde düşük	Küçük	Genellikle orta	Toprak ısı değiştiricileri haricinde küçük	Sadece bazı yöreler için elverişli

### 3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARI

Toprağın 1-2 metre derinliğinde yıl boyunca sıcaklık değişiminin az olması, toprağın ısı kaynağı olarak kullanılabilmesi için iyi bir özelliktir. Isı, bir yıl boyunca güneşin yeryüzüne ışıdığı ve toprağın depoladığı güneş enerjisinden kaynaklanmaktadır. Güneş, yazın öğle vaktinde  $1000 \text{ W/m}^2$ -yeryüzü alanı, kışın  $50\text{-}200 \text{ W/m}^2$  ışınlar. Toprak kaynaklı ısı pompaları, toprağı ısı kaynağı olarak kullanmak üzere tasarlanmışlardır. Toprak kaynaklı sistemlerin, diğer sistemlere göre bazı önemli avantajları ve dezavantajları vardır [34].

#### 3.1. Avantaj ve Dezavantajları

Yüksek etkinlik ve kararlı kapasite açısından, toprak kaynaklı ısı pompaları uygun bir şekilde tasarlandığında, çevrimdeki sıvı sıcaklığı sistemin, hava kaynaklı ısı pompası ve fosil yakıtlı sistemlerden daha yüksek bir etki katsayısıyla ve ekonomik olarak işletilmesini sağlar. Soğutma mevsiminde, sıcak hava yerine soğuk su, ekipmanın kondenserine beslenir, böylece kompresör daha düşük güç ile düşük soğutucu akışkan basınç farklarında işletilir. Isıtma mevsiminde, dış havadan daha sıcak olan sıvılar, evaporatördeki soğutucu akışkana ısı verirler. Bu da daha yüksek kapasite ve hava sıcaklığı sağlar. Çevrim sıcaklıkları, dış hava sıcaklıkları ile çok az değişir. Bu nedenle, kapasitesi kararlıdır. Toprak kaynaklı ısı pompaları, aynı zamanda daha büyük yapılarda yaygın olarak kullanılan merkezi ve değişken- hava debili sistemlere göre çok daha küçük fan ve pompa enerjisine gerek duyarlar.

Konfor ve hava kalitesi dikkate alındığında, toprak kaynaklı ısı pompaları, gizli soğutma kapasitesini içermeyen yüksek etki katsayısı sağlarlar. Yüksek etki katsayısı, kompresörün basma basıncının, emme basıncına oranının azaltılmasıyla elde edilir. Dış hava sıcaklığı, basma basıncının düşük değerini sınırladığında, bazı imalatçılar etkinliği yükseltmek için emme basıncını artırırlar. Bu, konfor ve iç hava kalitesi soranlarını bir bütün haline getiren, yetersiz nem almaya yol açar. Bu sorunlar, özellikle fazla dış hava gerektiren halk ve ofis binalarında artış gösterir. Toprak kaynaklı ısı pompalarında sık sık, birçok uygulamada belirgin olan, ayrı nem alma veya gizli ısı geri kazanım ekipmanı olmadan, nemlendirme sorunlarıyla etkin bir şekilde uğraşılır.

Basit kontroller ve ekipman açısından değerlendirildiğinde ise toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin ilk yatırım maliyetini düşürmek için, pahalı cihazların kullanılmaması önerilir. Her bölgede, optimum konforu sağlamak için yerel olarak kontrol edilebilen ayrı bir ısı pompası vardır. Hava debisi sabit değerde olup, merkezi kontrol sadece su pompasındaki isteğe bağlı değişken değerde kumanda eder.

Düşük bakım giderleri bakımından toprak kaynaklı ısı pompaları, dış ünite olmadan kurulabilirler. Tüm ısı pompası ekipmanı, iç ünite şeklindedir. Ekipmanda, alışlagelmiş ekipmanlarda ortaya çıkan yüksek veya düşük soğutucu akışkan basınçlarıyla karşılaşılmaz.

İlave ısıtma ihtiyacı gerektirmemesi nedeniyle toprak kaynaklı ısı pompalarının kapasitesi her zaman, ticari ve kuruluşa ait binalarda zon ısıtma ihtiyacını aşar. Isıtma modu, dönüşüm vanasıyla (termostatla) kolayca gerçekleştirilebilir. Düşük giderli su ısıtması açısından ise toprak kaynaklı ısı pompalarında çoğu ticari yapıda soğutma sistemiyle alınan, iç yüklerden ortaya çıkan atık ısı söz konusudur. Bu atık ısı, su ısıtma ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Bu, seçilen ısı pompalarındaki ısı geri kazanım serpantinleriyle veya bu amaçla kullanılan su-su ısı pompaları ile gerçekleştirilebilir.

Dış ünite ekipmanı gerektirmemesi nedeniyle de çoğu toprak kaynaklı ısı pompalarında göze hoş görünmeyen dış ünite gerekli değildir. Böylece, diğer kullanımlar için boş alan sağlanır ve dış üniteyle oluşabilecek emniyet sorunları ile olası zararlar ortadan kaldırılır. Bu özellikle, okul uygulamalarında önemlidir. Çünkü çocukların dış üniteye ulaşmalarını engellemek için özel önlem almak gerekir.

Çevre dostudur. EPA raporuna göre, toprak kaynaklı ısı pompaları, analiz edilen tüm teknolojilerin en düşük CO<sub>2</sub> emisyonları ve en düşük toplam çevre giderlerine sahip sistemler olarak tanıtılmaktadır. İyi tasarlanan ve kurulan toprak kaynaklı ısı pompalarının etkinliğinin artması, gerekli olan enerji miktarını azaltır. Böylece, bundan kaynaklanan kirleticiler ve diğer emisyonlar azaltılır.

Bunların yanında, toprak kaynaklı ısı pompaları, tasarım konusunda önemli ölçüde esneklik sağlarlar. Çünkü, değişik boyut ve yerleşim şekillerinde tasarlanabilir. Isı pompaları, çatı arası boşluğa veya küçük mekanik odalara da konulabilir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen, bir yapım-kullanım gider hesabı yapıldığı zaman, belirgin olarak enerji ve talep giderlerinin düşük olması, bakım giderlerinin düşüklüğü ve ekipman ömrünün uzatılması gibi üç karakteristik ortaya çıkar.

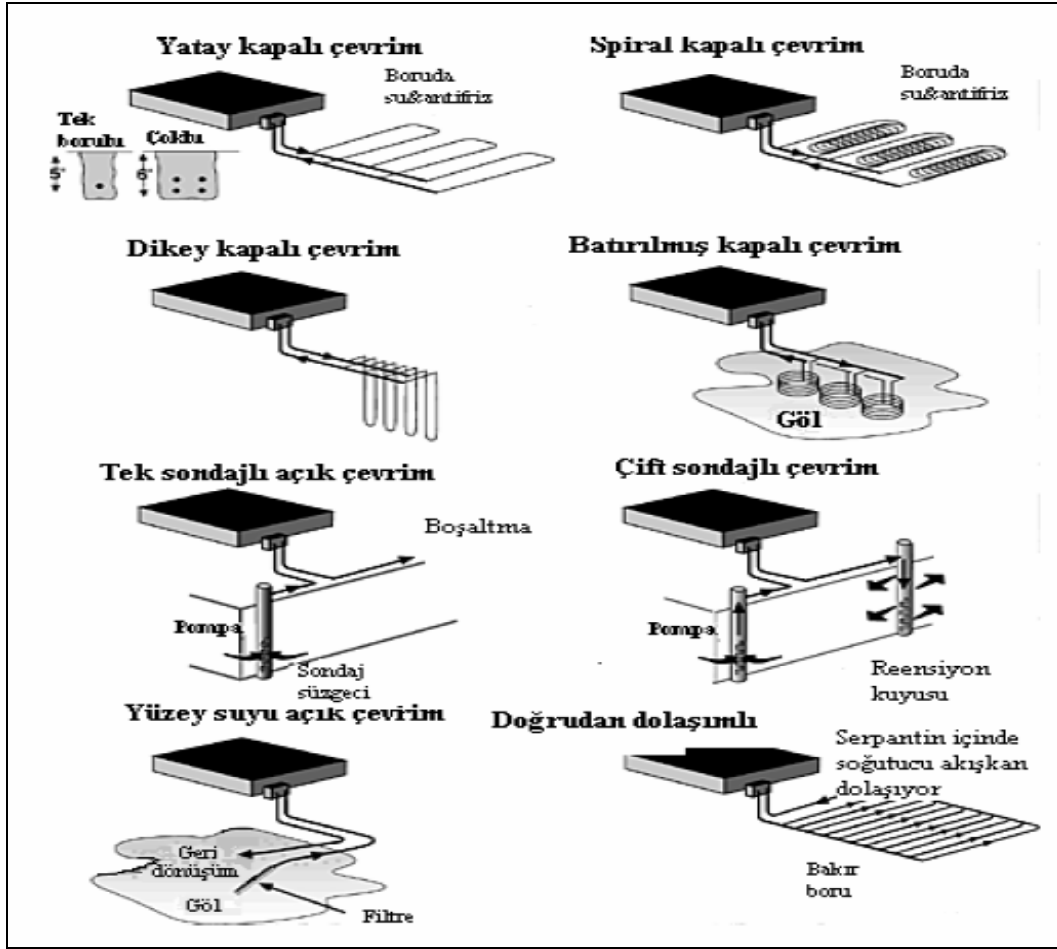
Tüm bu avantajlara rağmen ısı kaynağı olarak toprağın kullanılması diğer sistemlere göre daha pahalıdır. Isı değiştirici olarak kullanılan toprak altına gömülen borulardan, soğutucu akışkan veya daha ucuz olması bakımından, genellikle su ve salamura geçirilir. Bu ısı geçişini sağlayan yüzeyler toprak altına yatay veya düşey olarak iki şekilde yerleştirilir. Toprak ısı değiştiricisinin tasarımı sırasında, toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği ısı değiştiricisinin seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprağın önemli bir dezavantajı da toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak



değişmesidir. Isıtma mevsiminde toprak ısı değiştiricisine yakın yerlerde toprak sıcaklığı düşer. Özellikle soğuk yörelerde, ısıtma yapıldığı süre içinde toprağa yeteri kadar ısı geçişi olmazsa; kış aylarında topraktan çekilen sürekli ısı nedeni ile toprağın donması söz konusudur. Toprak sıcaklığının düşmesinin neden olduğu bir diğer sonuç, nem miktarının ve toprağın özelliğinin değişmesidir. Bütün bunların sonucu olarak ısı pompası geri dönüş suyu sıcaklığı düşer ve bu sebepten dolayı ısı pompasının kapasitesi yani ısıtma tesir katsayısı düşer. Yukarıda sayılan bazı dezavantajlarına rağmen yine de toprak; sıcaklık sabiti, sıcaklık durumu, yerel ve zamansal varlığı ve de depolama imkanı açısından çok elverişli bir ısı kaynağıdır [35].

### **3.2. Toprak kaynaklı ısı pompası çeşitleri**

Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (TKIP), toprağın kullanıldığı sistemlerin, yer sularının ve bir ısı kaynağı olarak yüzey sularının türleri için tümü dahil bir terim olarak kullanılmaktadır. Pazar veya kuruluş ihtiyaçlarının çeşitliliğini, karşılaştırmak için kullanılan birçok paralel terimler, örneğin; jeotermal ısı pompaları (JIP), yer enerji sistemleri ve toprak kaynaklı sistemler söz konusudur. Bununla birlikte, ASHRAE tarafından standart bir adlandırma şekli oluşturulmuştur. Şekil 3.1’de kapalı devre serpantinli TKIP’ları (TSIP), yer altı suyu ısı pompaları (YASIP) ve yüzey suları ısı pompaları (YSIP)’ na ayrılmış olan TKIP’ larının değişik birkaç örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Toprak kaynaklı ısı pompası tipleri [36,37].

#### 4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI DİZAYNI

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde toprağın kendisi bir ısı kaynağıdır. Bu yüzden, arzu edilen ısı transfer oranını elde edebilmek için, sirküle edilen sıvı ve toprak arasında oluşturulması gereken sıcaklık farkı sonucunda, ısı pompası ünitesi min.  $-4^{\circ}\text{C}$  ve max.  $38^{\circ}\text{C}$  arasında çalıştırılmalıdır.

Toprak kaynaklı bir sistem için ısı pompası seçerken, ünitenin bu sıcaklık değerleri arasında değişecek sıcaklıklarda çalışacağı göz önünde tutulmalıdır ve daha düşük çalışma aralıklarına sahip ısı pompalarıyla iyi sonuçlar alınmaz. Isı, toprak altına döşenmiş borular içindeki sıvı ve toprak arasında transfer edilmektedir. Bu akışkanı sirküle etmek için bir pompa kullanılmaktadır. Açılan hendeklere yatay sisteme göre yada açılan çukurlara dikey sisteme göre plastik borular döşenerek yer altı ünitesi tamamlanır. Yatay borular, kuzey yarımkürede genellikle 0,9 m ile 1,8 m arasında gömülürler [26].

Boruları derine gömmek, güneşin, topraktan kışın çekilen enerjiyi şarj etme kabiliyetini azaltır. Sığ derinlikler kullanıldığı için, sirküle edilen sıvının donmasını engellemek ve sistemin kapasitesi ile verimini elde edebilmek için, toprağın içindeki suyun donduğu zamanki gizli ısını alabilmek için antifriz kullanılmalıdır. Kullanılan antifrizler, % 20 propylene glycol, % 20 calcium chloride olabilir [38].

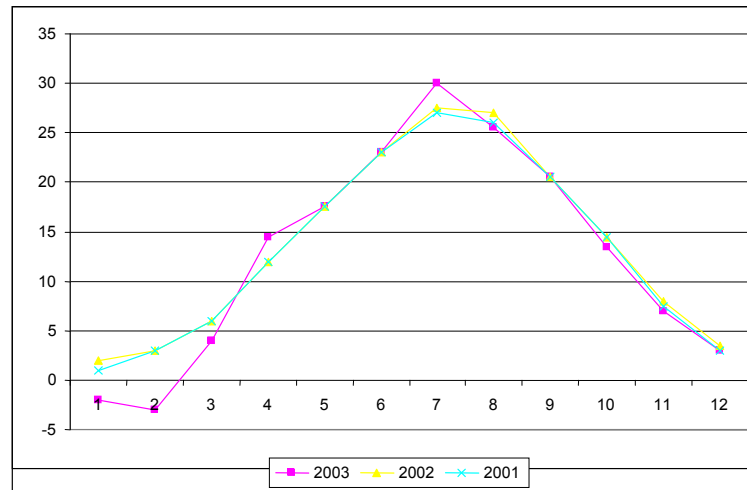
Güney yarımkürede borular 1,2 m ile 3,65 m arasında bir derinliğe gömülürler. Bu yaz güneşinden kaynaklanan yüksek toprak yüzey sıcaklığının sistem performansına olan etkisini azaltmak içindir. Dikey kazılan çukurların derinliği yaklaşık 90m olabilir. Bu, kazma işleminde kullanılan malzemelere de bağlıdır. Birden fazla çukur, tek çukura göre daha çok istenilen bir durumdur. Seçilen herhangi bir sistemdeki boru uzunluğu aşağıdaki etkenlere bağlı olarak değişmektedir.

- Sistemin soğutma kapasitesi
- Soğutma için COP değeri
- Yıllık ortalama toprak sıcaklığı
- Toprak direnci
- Boru direnci
- Isı değiştiricisi tipi
- Soğutma için çalışma faktörü

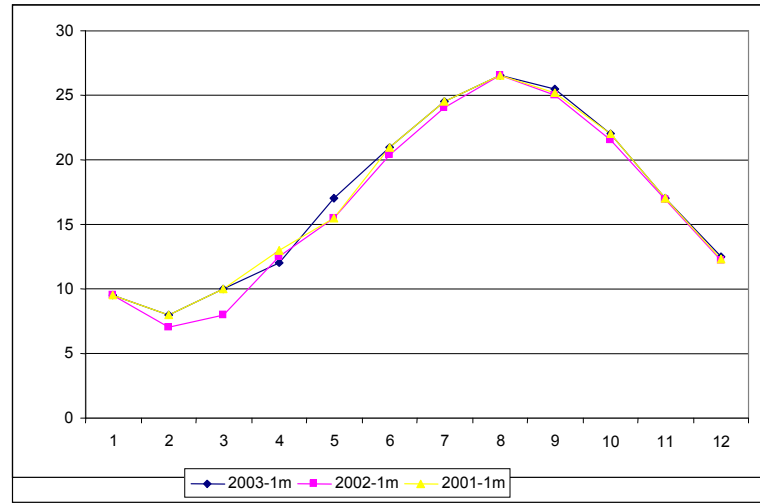
##### 4.1. Kütahya Örnek Çalışması

Türkiye'nin batısında ( $39^{\circ}42'$  N,  $29^{\circ}93'$  E) yer alan Kütahya, 168045 kişilik nüfusa ve  $16 \times 6 \text{ km}^2$ 'lik bir yüz ölçümüne sahiptir. Şehir doğu-batı yönünde uzanan dağlarla çevrili bir plato üzerinde konumlanmış ve  $969\text{m}$ 'lik bir rakıma sahiptir. Yörenin iklimi Ege ve İç Anadolu

iklimlerinin bir geçiş formu niteliğinde olup, kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmekte, ilkbahar ve sonbaharda ise değişken yağmurlu bir iklimsel karakteristik gözlenmektedir. Kütahya, zengin maden rezervlerine sahip olması nedeniyle çok uzun süren kış koşullarında bu madenleri ısınma amaçlı olarak değerlendirmektedir. Kütahya ili ayrıca Tunçbilek ve Seyitömer alanlarında konumlanmış iki adet termik santrale sahiptir. Tüm bunlar nedeniyle Kütahya hava kirliliğinin en yoğun yaşandığı illerin başında gelmektedir. Bu nedenle, gerek ısınma amaçlı, gerekse soğutma amaçlı olarak yörede enerji kaynakları verimli bir şekilde kullanılmalıdır. Kütahya için kabul edilebilecek maksimum  $q_g = 30 \text{ W/m}^2$  dir. Ayrıca Kütahya'da 1 metre derinlikte 2003 yılında ortalama, toprak sıcaklığı  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  ve aynı yılın Temmuz ayında ortalama toprak sıcaklığı  $29 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak ölçülmüştür. Dış hava ve toprak sıcaklıklarının aylık değişimi Şekil 4.1. ve 4.2. verilmiştir. Şekillerden üç yılda yapılan ölçümlerde toprağın havadan daha kararlı olduğu görülmektedir [39].



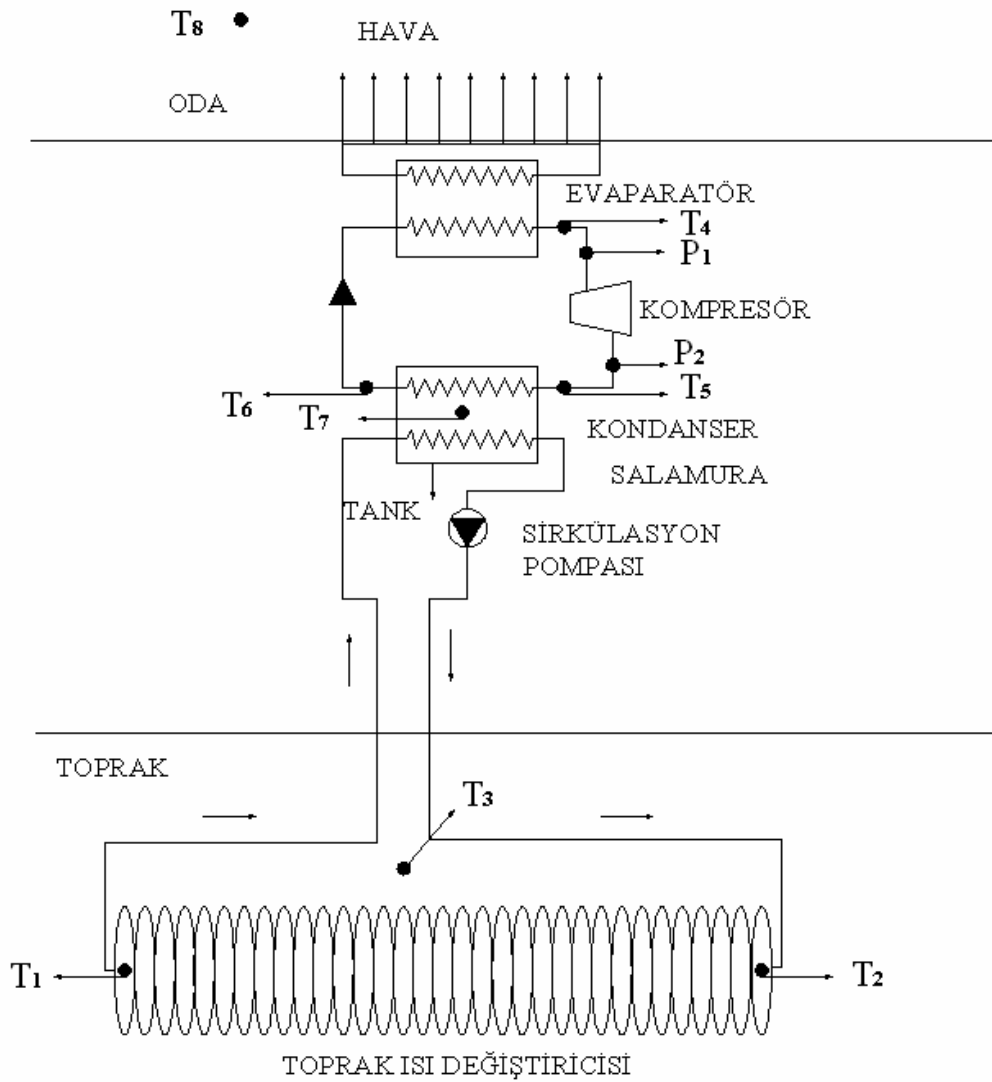
Şekil 4.1. Kütahya İçin 2001, 2002 ve 2003 Yılları Dış Hava Sıcaklığı Değişimi



**Şekil 4.2.** Kütahya İlinde 1 m Derinlikteki Toprak Sıcaklığının Yıllara Göre Değişimi

Bu bağlamda, son yılların mühendislik dehası olarak kabul edilen ısı pompası sistemlerinin kullanımına Kütahya’da ağırlık verilmesi çözüm yollarından biridir. Bu çalışmada, toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP) sisteminin Kütahya için uygulanabilirliği araştırılmıştır. Buna göre, Şekil 4.3’de kurulması düşünülen TKIP sisteminin şematik resmi verilmektedir. Şekle göre ölçüm yapılan sıcaklık indis noktaları aşağıda gibidir.

- 1- Suyun toprak ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı
- 2- Suyun toprakta ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı
- 3- Toprağın 1 m derinlikteki sıcaklığı
- 4- Soğutucu akışkanın evaporatörden çıkış sıcaklığı
- 5- Soğutucu akışkanın kondansere giriş sıcaklığı
- 6- Soğutucu akışkanın kondanserden çıkış sıcaklığı
- 7- Tanktaki suyun sıcaklığı
- 8- Soğutulan odanın sıcaklığı
- 9- Dış ortam sıcaklığı
- 10- Isıtılmayan ortamın sıcaklığı



Şekil 4.3.Kurulması Düşünülen TKIP Sisteminin Şematik Görünümü ve Ölçüm Alınan Noktalar.

#### 4.1.1. Isıtılacak yer ve ısı pompası özellikleri

Kütahya'da deneyin gerçekleştirileceği oda  $(12 * 6) = 72 \text{ m}^2$  taban alanlı ve 3.4 m yüksekliğindeki bir çalışma odasının toprak - hava ısı pompası yardımı ile soğutulacağı esas alınarak cihaz seçimi ve diğer hesaplamalar yapılmıştır.

Odanın ısı kazancı DIN 4701'e göre Çizelge 4.1' de gösterildiği gibi hesaplanmış ve odanın soğutma yükü  $2.580 \text{ Kcal/h}$  (3 KW) olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.1** Odanın ısı kazancı hesabı

ODA 20 °C				Sayfa :										
				Kat :										
Isı Kazancı Hesabı														
Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik Veya Genişlik	Yüzey	Adet	Hesaba Giren	K	Sıcaklık Farkı $\Delta T$	Zamsız Isı Kazancı	Z İşletme	Z Rüzgar	Z Yön	Z Toplam Zamı	Isı İhtiyacı $Q_o$
	cm	m	m	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	Kcal / m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C	°C	Kcal /h	%	%	%	1+%	Kcal /h
<b>G</b>	-	7	2	14	1	14	1,574	10	220,36					
<b>G</b>	23	8	7	56	1	56	1,12	10	627,2					
<b>B</b>	25	2	2	4	1	4	2,2	7	61,6					
<b>B</b>	-	6	5	30	1	30	2,2	7	462					
<b>K</b>	-	1	2	2	1	2	2	7	28					
<b>D</b>	23	8	3	24	1	24	1,574	7	59,45					
-	400	12	6	72	2	144	0,83	7	836,64					
									2303,65	7	-	5	1,12	2.580
														2.580

#### 4.2. Oda soğutma yükünün belirlenmesi

Odanın soğutma yükü,  $A_o$ ; odanın alanını,  $Q_o$ ; toplam soğutma ihtiyacını ve  $q_o$ ; özgül soğutma yükünü göstermek üzere;

$$q_o = \frac{Q_o}{A_o} = \frac{3}{72} = 0,0416 \text{ kW/m}^2 \quad (4.1)$$

$$q_o = 41,6 \text{ W/m}^2$$

eşitliği kullanılarak hesap edilir.

#### 4.3. Isı Pompasının Boyutlandırılması

##### 4.3.1. Buharlaştırıcı ve yoğuşturucu sıcaklıklarının bulunması

Carnot çevrimine göre çalışan ısı pompası performans katsayısı (COP) parametre olarak  $T_H$

(Buharlaştırıcı veya Evaporasyon sıcaklığı) ile  $T_v$  (Yoğuşturucu veya Kondenser sıcaklığı)'nin fonksiyonudur. Isı değiştiricilerinde sıcaklık farkı kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bu kayıplar, yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıkları hesaplanırken dikkate alınmalıdır. Aşağıda tahminen alınan değerler, bu konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalara paralel olarak yapılmaktadır [40, 41].

#### 4.3.1.1. Evaporatör sıcaklığının belirlenmesi

Evaporatör sıcaklığının seçimi soğutma sistemine geçen ortam havasının sıcaklığına bağlıdır ve aşağıdaki değere eşit olacağı kabul edilmiştir.

$$T_E > T_{ortam\ havası} - 5\text{ }^{\circ}C \quad (4.2)$$

Hava ile soğutma için ortam sıcaklığı TS 2164'e uygun olarak 20 °C seçilmiştir. Burada evaporatör sıcaklığı eşitlik (4.2)'ye göre;

$$T_E = 20 - 5 = 15\text{ }^{\circ}C$$

olarak bulunur.

#### 4.3.1.2. Kondanser sıcaklığının belirlenmesi

$T_K$ , kondanser sıcaklığı ısı kaynağının türü ile belirlenir ve çoğunlukla kondanserden ısı kaynağının çıkış sıcaklığının 5 °C üstünde alınır. Bu akışkanının kondanserden 45 °C'de kızgın buhar olarak girdiğini ve ısısını salamura transfer ettikten sonra tekrar 40 °C'de doymuş buhar olarak kondanserden çıktığı kabul edilmiştir.

O halde;

$$T_K = 40 + 5 = 50\text{ }^{\circ}C \text{ bulunur.}$$

#### 4.3.2. Isı pompasının performans katsayısının bulunması (COP)

Kondanserden geçen ısı akısı;

$$q_{kon} = h_{50\text{ }^{\circ}C} - h_{40\text{ }^{\circ}C} \quad (4.3)$$

eşitliği ile verilir. Kondanserden geçen ısı miktarı ortamın soğutma ihtiyacını ( $Q_o$ ) karşılayacağı göze alınarak, Freon 22 gazının miktarı,

$$m_{R22} = \frac{Q_o}{q_{kon}} = \frac{3}{[446 - 440]} = 0,5 \text{ kg/s} \quad (4.4)$$



eşitliği ile verilir.

Salamuranın debisi;

Salamura tanka 35 °C' de çıktığı ve topraktan dönüşte 30 °C'de girdiği kabul edilmiştir. Odanın soğutma yükünü salamuranın toprağa aktarıldığı kabul edilmiştir.

$$Q_{ESA} = Q_o = m_s \cdot (h_2 - h_1) \quad (4.5)$$

biçimine gelir. Burada

$Q_{ESA}$  =Salamuranın toprağa verdiği ısı miktarı

$m_s$  = Salamuranın kütleli debisi, kg/s

$h_2$  = Salamuranın 35 °C'de entalpi değeri kJ/kg°C

$h_1$  = Salamuranın 30 °C'de entalpi değeri

$$m_s = \frac{Q_{ESA}}{(h_2 - h_1)} = \frac{3}{(146,68 - 125,79)} = 0,143 \text{ kg/s} \quad (4.6)$$

olarak bulunur. Kompresörün gücü imalatçı firma kataloğundan uygun değerler ( $T_{kon.}=54 \text{ °C}$  ,  $T_{evap.}=12 \text{ °C}$ ) için seçilmiştir (bkz. Ek I).

$$N_e = 0,75 \text{ kW} \quad (4.7)$$

olarak bulunur.

#### 4.4. Isı Kaynağının Projelendirilmesi

##### 4.4.1. Yatay yerleştirilmiş ısı değiştiricisi için toprak alanının bulunması

Eşitlik 5.1'e odanın özgül ısı ihtiyacı  $q_o = 42 \text{ W/m}^2$  bulunmuştu. Aynı zamanda ısıtılan alana ait yoğuşturucu ısı akışı ( $q_y$ ) odanın ısı ihtiyacına eşittir. Yani;

$$q_o = q_y = 42 \text{ W/m}^2$$

Isıtılan alana ait buharlaştırıcı ısı akışı

$$q_b = \frac{Q_{ESA}}{A_o} \quad (4.8)$$

formülünden bulunabilir. Bu durumda Eşitlik 4.1'den

$$q_b = \frac{3}{72} = 0,0416 \text{ kW/m}^2 = 41,6 \text{ kW} \quad (4.9)$$

olarak bulunur.

#### 4.4.2. Yatay toprak ısı değiştiricisi için gerekli boru uzunluğunun bulunuşu

Boru açıklığı 0.4 m<sup>2</sup>/m seçilmiştir. O halde toplam boru uzunluğu L, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L_1 = (\text{Gerekli Toprak Alanı}) / (\text{Boru Açıklığı}) \quad (4.10)$$

$$L_1 = 60 / 0,4 = 150 \text{ m}$$

bulunur .

### 4.5 Sistem Elemanları

#### 4.5.1. Sistem elemanlarının belirlenmesi

##### 4.5.1.1. Kompresör seçimi

Kompresör seçimi için gerekli kompresör gücü (4.7) eşitliğinden soğutma mevsimi için, 0.75 kW bulunmuştur. Bu sistem için hermetik Panasonic marka bir Freon kompresörü seçimi yapılmıştır. 0.75 kW'lık 2PS164D2BA02 tipi tek fazlı kompresör seçilmiştir.

##### 4.5.1.2. Evaporatör seçimi

Evaporatörün kapasitesi odanın soğutma yükü 3 kW'a göre. Kütahya'daki Kızıklıoğlu Soğutma tarafından Bakır' dan imal edilen ve iç soğutucusu da Alüminyum olan TTE - 3 model no'lu. kapasitesi Freon 22 gazı ile çalıştığında 6000 kcal/h olan evaporatör seçilmiştir. İçerisinden salamura geçen evaporatör etrafı içerisinden Freon 22 soğutucu akışkan geçen bakır borular ile sarılmıştır.

##### 4.5.1.3. Kondanser seçimi

Fritenn firmasının üretmiş olduğu hava soğutmali kondanser (yoğuşturucu) kullanılmaktadır. Kondanserin vermesi gereken ısıyı odanın ısı kaybına eşit kabul edip yukarıda gibi hesapladık. Yukarıda geręekleştirilen hesaplamalara göre Friterm firmasının HS 10 modeli, 10 m<sup>2</sup> lik kapasiteli kondanser seçilmiştir.

##### 4.5.1.4. Sirkülasyon pompası seçimi

TID içindeki salamurayı kondansere getirip, kondanserden de tekrar TID' ne gitmesini

sağlayan 1 adet WİLO MHI203-1-E tipi iki hızlı pompa kullanılmaktadır. Teknik ve elektrik özellikleri aşağıda verilmektedir.

- Maksimum su sıcaklığı: 120 °C
- Maksimum ortam sıcaklığı: 40 °C
- Maksimum debi: 55 m<sup>3</sup>/h
- Tek hızlı pompalar: 6 bar
- Flanş: DN 40 - DN 100 ( DİN 253 Te uygun)
- Motor yalıtımı: Sınıf "H"
- Besleme gerilimi: Tek hızlı pompalar; 220/380 V - 50 Hz. fazlı. Bir kondansatör ilavesiyle tek fazlı olarak da çalıştırılabilirler.

Elektriksel özellikler pompanın ön tarafında bulunan tanıtım plakasında belirtilmiştir. Pompa elektrik besleme değerleri ile elektrik tesisat değerleri uygun olmalıdır. Pompaya gelen elektrik tesisatı ve bağlantıları mevcut normlara ve standartlar uygun olmalıdır. Pompa standartlara uygun olarak topraklanmış bir elektrik tesisatına bağlanmalı ve topraklanmalıdır. Pompanın montajı, kullanımı ve onarımı sırasında elektrikli cihazların kullanımındaki genel korunma esaslarına uyulması gerekir.

#### 4.5.1.5. Kılcal seçimi

Kılcal borular küçük soğutma uygulamalarında termostatik genişleme valfinin yerine kullanılmaktadır. Kılcal boruların; Kolay anlaşılması, montajı, düşük maliyet, güvenilirlik ve oynak parça olmaması gibi avantajları vardır. Kılcal boru. evaporatörde belirli gaz akışına izin vermelidir ve bunun belirlenmesi için ana parametreler şöyle sıralanabilir: Buharlaştırıcı ısısı, yoğuşturucu ısısı ve kılcala giren likit alt soğutma ısısıdır. Bu parametreler çalışma şartlarına bağlı olarak değişir. Sürekli çalışma, aç/kapama işlemi, devreye alma, düşük elektrik tüketimi durumlarında performansı optimize edecek bir kılcal boru seçimi çok zordur. Bundan dolayı, kılcalın seçimi her zaman bu parametreler arasında iyi bir uyumun yakalanması şeklinde olacaktır. Kılcal boru seçimi kesin olarak bir matematik formülüne dayandırılmaz. Genelde kabul edilmiş bir kural olarak, kondansasyon ısısında 10 K' lik bir değişme evaporasyon ısısında yaklaşık 5 K' lik bir değişmeye neden olur. Çok uzun veya çok kısa kılcal seçilmemesi tavsiye edilir. Gerçekte, ideal uzunluğun 1.5 m ile 2.5 m olduğu düşünülebilir. Kısa bir kılcal sapma riskini artırır. Uzun bir kılcal bazı durumlar hariç, özellikle kısa devirli sistemler ile. aşırı basınca neden olarak, zamanı eşitleyerek çalışma koşullarına daha uzun sürede erişilmesine neden olur. Her durumda, kılcal uzunluğu hiçbir zaman kılcalın iç çapının 50 katını geçmemelidir. Eğer test sırasında kılcalı kısaltmak gerekirse bu ayarlama

şu şekilde yapılabilir: Uzunluktaki % 2'lik değişme kondansasyon ısısında 1 K' lik fark yaratacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi uzunluk önce normalden uzun seçilir. Eğer herhangi bir hata varsa kısaltılarak istenen uzunluğa ulaşılır.

#### **4.5.1.6. Dryer (Kurutucu) seçimi**

Kondenserdeki 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 kondenser ile kılcal (kondenser ve kılcal arasında gözetleme camı var) arasına 3/8"lik Carly firmasının üretmiş olduğu DCY 083 tipli bir adet kurutucu konmuştur. Kurutucu içinde bulunan silikajel maddesi soğutucu içindeki su buharını ve diğer yabancı maddeleri soğutucu gazdan ayırmaktadır.

#### **4.5.1.7. Sıcaklık ve basınç ölçerlerin seçimi**

Sistemde daha sonra ölçüm alınan noktaların verileceği yerlerde, sıcaklık ölçmek için Pt-100 problemleri kullanılarak Mekaroboticks firmasının üretmiş olduğu 8 kanallı data logger sıcaklık ölçer ile belirli zamanlarda değerler kaydedilmiştir. Sistemde kompresörün emme ve basma hattına manometreler yerleştirilerek basınçlar ölçülmüştür.

#### **4.5.1.8. Toprak ısı değiştiricisinde kullanılan borular seçimi**

TID' de ısı iletim katsayısı diğer toprak kaynaklı sistemlerde kullanılan boruların ısı iletim katsayısına yakın olan (TKIP çalışmalarında en çok kullanılan Polietilen SDR 11' in ısı iletim katsayısı: 0.391 W/m°C. burada kullanılan PX-b borunun ısı iletim katsayısı 0.35 W/m°C) Dizayn Grup tarafından üretilen 16 mm çapındaki PX-b Cross Link (Çapraz bağlı) boru kullanılmaktadır. Normal polietilen borular çeşitli işlemlerle çapraz bağlı polietilen boru haline dönüştürülmüşlerdir.

Çapraz bağlanmış polietilen boruların: düşük ve yüksek sıcaklık dayanımları, düşük sıcaklıktaki darbe mukavemeti, asit ve çeşitli kimyasallara dayanımı daha iyidir.

PX hammaddeden üretilen ürünler: Sıcak ve soğuk dağıtım hatlarında, yerden ısıtma sistemlerinde, kalorifer tesisatlarında kullanılır. TKIP sisteminde TID 'de kullanılan PX - b borularının mekanik ve ısı özellikleri Çizelge 4.2' de verilmektedir [43].

**Çizelge 4.2.** Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminde toprak ısı değiştiricisi' de kullanılan PX – b borusunun mekanik ve ısıl özellikleri

Parametre	Değer	Sıcaklık °C
Yoğunluk	0.95 gr/cm <sup>3</sup>	20
Çekme Dayanımı	2.9 kg/mm <sup>2</sup>	20
Çekme Dayanımı	2 kg/mm <sup>2</sup>	100
Kopma Uzaması	% 300	20
Kopma Uzaması	% 500	100
Elastik Modül	19000 kg/cm <sup>2</sup>	-40
Elastik Modül	15000 kg/cm <sup>2</sup>	0
Elastik Modül	12000 kg/cm <sup>2</sup>	20
Elastik Modül	5000 kg/cm <sup>2</sup>	80
Şor Sertliği	71 kg/mm <sup>2</sup>	20
VICAT Yumuşama Sıcaklığı	140 °C	
Doğrusal Genleşme Katsayısı	1.4E-4	20
Doğrusal Genleşme Katsayısı	2.5E-4	100
Isıl Genleşme Katsayısı	2.1x10 <sup>4</sup> K <sup>-1</sup>	20
Isı İletim Katsayısı	0.35 W/m°C	20
Çalışma Aralığı	+95 °C / - 50 °C	

#### 4.5.1.9. Salamuralar

Topraktaki ismin ısı pompasına veya ısı pompasından toprağa taşınması TID' de dolaştırılan bir akışkan ile olur. Su, termodinamik ve ekonomik bakımdan oldukça uygun bir akışkandır. Ancak donma sıcaklığının 0 °C olması bir çok uygulamada problem çıkarır. Özellikle toprak sıcaklığının düşük olduğu bölgelerde, donma problemine karşı donma sıcaklıkları daha yüksek olan akışkanlar tercih edilmektedir.

Çevrimdeki antifiriz akışkanı, karışım yaptığı akışkanın en azından -7 °C ye kadar donmamasını sağlamalıdır. Aksı taktirde antifiriz kullanılmasının hiçbir yararı olmaz.

Genel olarak toprak ısı değiştiricilerinde kullanılan akışkan seçiminde aşağıdaki

özelikler göz önüne alınır:

- Tutuşma özelliği.
- Termodinamiksel özellikler.
- Donma noktası.
- Paslandırma etkisi.
- Zehirlilik
- Buharlaşma basıncı
- Fiyat

Önemli bazı termofiziksel özellikleri de aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Isıl kapasitesi
- Viskozite
- Isıl iletkenlik

Isıl kapasite, viskozite ısı iletkenlik gibi termofiziksel özellikler akışkanın karakteristiğini belirler. Akışkanın viskozitesi düşük ise sirkülasyon pompasının gücü düşer. Enerji depolama açısından akışkanın ısı kapasitesi iyi olmalı ve iyi bir ısı transferi sağlamak içinde akışkanın ısı iletkenliğinin iyi olması gerekir.

Propilen glikol - su, etilen glikol - su, etil alkol - su, silikon yağları, mineral yağlar ülkemizde önerilen çalışma akışkanlarıdır. Güneş enerjisi uygulamaları için antifrogen N % 52, antifrogen L % 52, thermogen 1693 geliştirilen çalışma akışkanlarıdır. Etilen glikol daha çok otomotiv sektöründe, propilen glikol ise genellikle yapıların ısıtılması işlemlerinde kullanılır [54].

**Çizelge 4.3.** Salamuraların bazı fiziksel özellikleri

	(-10 °C)				(-35 °C)		
	Propilen Glikol- Su	Etilen Glikol- Su	Potasyum Asit Salamurası	Potasyum Format Salamurası	Slikon Yağı	Potasyum Asit Salamurası	Potasyum Format Salamurası
Yoğunluk(kg/m <sup>3</sup> )	1050	970	1160	1280	920	1220	1360
Özgül ısı (kJ/kgK)	3.1	4.1	3.2	2.9	1.4	2.9	2.6
Isıl İletkenlik	0.43	0.41	0.48	0.5	0.1	0.43	0.43
Dinamik vis.(10 <sup>-3</sup> )	18.9	12.6	6.4	4.5	5.5	59	-
Kinematik vis.( 10 <sup>6</sup> )	18	13	5.5	3.5	6	48	14

Bu çalışmada kullanılan akışkan propilen glikol – su' dur. Propilen glikol – su, etilen glikol - su, potasyum asit salamurası, potasyum format salamurası ve silikon yağının bazı özellikleri aşağıdaki Çizelge 4.3.'de verilmiştir [44].

## 5. BULGULAR ve TARTIŞMA

Deneyleerde, belirli aralıklarda aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

- Sıcaklık Ölçümü
- Basınç Ölçümü

Yapılan deneyler süresince sistemin çeşitli noktalarından soğutucu akışkan, sistemde dolaşan su (salamura) sıcaklıkları, toprağın 1 m derinliklerinde ve pt-100 probu kullanılarak toprak sıcaklıkları ölçülmüştür. Toprak altına gömülen probun üstten görünümü Şekil 5.2."deki fotoğrafta verilmektedir.. Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ana binası ile bu binanın kuzey tarafında bulunan Makine Mühendisliğine ait laboratuvar binası arasındaki boş alana kazı yapılmıştır Şekil5-1'de fotoğraftan görüldüğu gibi ısı değiştiricisi topraktan çıktıktan itibaren yalıtım boruları ile kaplanmıştır.

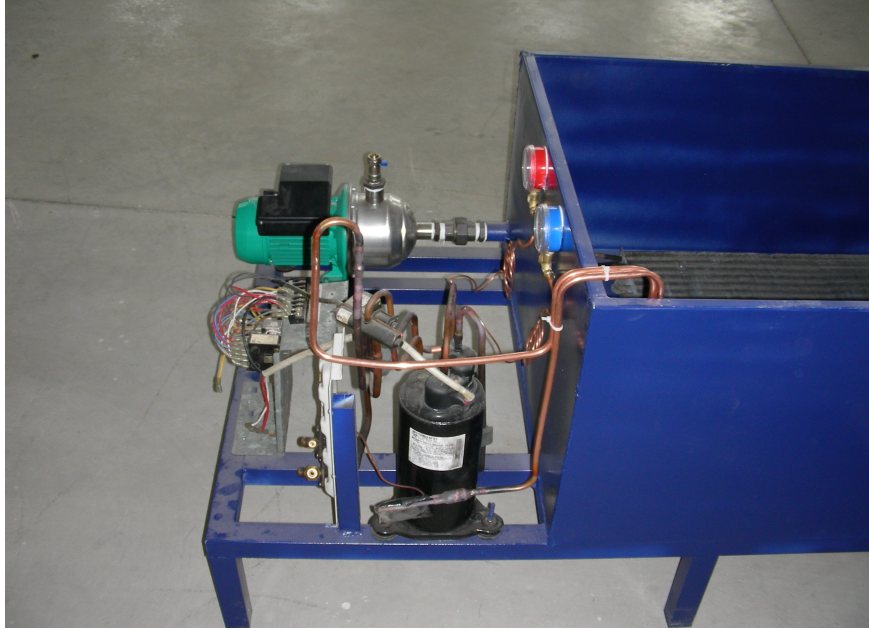


**Şekil 5.1.** 1 m Derinliğinde Toprağa Serilen Boruların Üstten Çekilmiş Fotoğrafı.

TİD 1 m derinlikte tek boru serilmiştir. 1 m sistem çalıştırılmış ve sistemde salamuranın



debisinin değişiminin ısı pompası soğutma tesir katsayıları COPS için etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Kontrollü termometre sayesinde ısıtılan odanın sıcaklığı da istenilen değerde tutulmuştur. Sistemi kış mevsiminde ısıtma amaçlı olarak da kullanılması tasarlanmaktadır. Kurulan deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 5.2' de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Kurulan Deney Düzeneğinin Fotoğrafi.

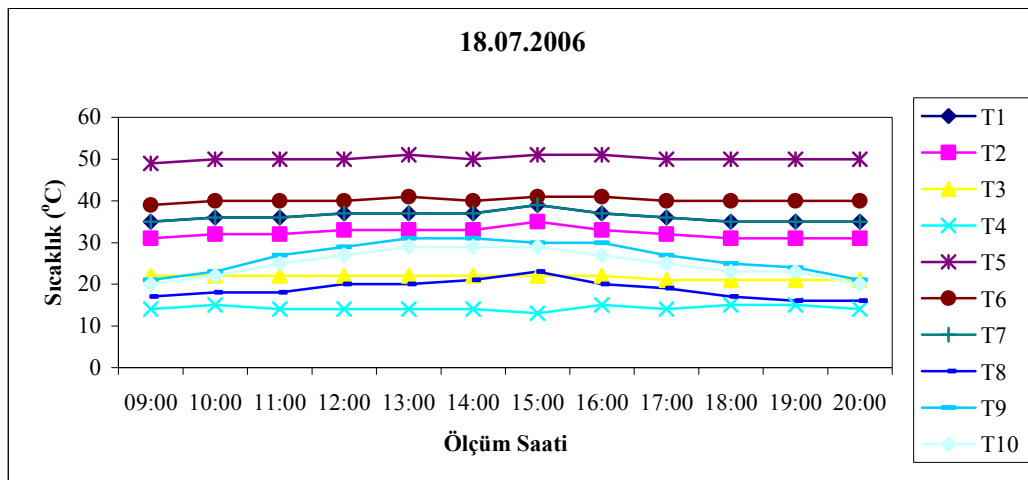


Şekil 5.3. Toprağa Gömülen Pt-100 Isıl Çift Probenun Görünümü

18.07.2006 tarihli ölçüm sonuçları Çizelge 5.1’de, sıcaklık değişimlerinin verildiği grafik ise Şekil 5.4’te verilmektedir. Diğer ölçüm değerlerine ait çizelgeler Ek 3’te, grafikler ise Ek 4’te verilmektedir.

**Çizelge 5.1.** 18.07.2006 tarihli ölçüm değerleri.

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>
18.07.2006	09:00	35	31	22	14	49	39	35	17	21	20
	10:00	36	32	22	15	50	40	36	18	23	22
	11:00	36	32	22	14	50	40	36	20	27	25
	12:00	37	33	22	14	50	40	37	21	29	27
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	22	31	28
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	22	31	28
	15:00	39	35	22	13	51	41	39	23	30	28
	16:00	37	33	22	15	51	41	37	20	30	26
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	19	27	25
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	17	25	23
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	18	24	23
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	21	20	



**Şekil 5.4.** 18.07.2006 tarihli ölçüm değerlerinin gün içindeki değişimi.

Şekil 5.4 incelendiğinde, kondanser giriş sıcaklığı ( $T_5$ ), kondanser dönüş sıcaklığı ( $T_6$ ), salamuranın toprak girişindeki sıcaklığı ( $T_1$ ), salamuranın toprak çıkışındaki sıcaklığının ( $T_2$ ) çok fazla değişmediği görülmektedir. Bu bağlamda, sistem kararlı halde çalışmaktadır. Toprak sıcaklığı ( $T_3$ ) ise çok fazla değişim göstermemektedir. Bu bağlamda soğuk kaynak olarak seçilen toprak sistemin çalışması açısından uygundur. Bunun yanında, dış ortam sıcaklığı ( $T_9$ ) ve ısıtılmayan iç ortama ait sıcaklık ( $T_{10}$ ) değerleri gün içerisinde iklim ve çevre parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Fakat bu değişim sistemin soğutma performans katsayısını (COPS) etkilememektedir .

Isı pompası sisteminde kompresörün emme ve basma hattına manometreler bağlanarak basınçlar ölçülmektedir. 18.07.2006 tarihinde saat 14:00 ölçülen sonuçlara göre soğutma tesir katsayısının bulunuşu.

Kondenserden salamuraya aktarılan ısı miktarı;

$$Q_{kon.} = \dot{m}_{R22} * (h_{50} - h_{40}) \quad (5.1)$$

Burada;

$$\text{Soğutucu akışkanın debisi } \dot{m}_{R22} = 0,5 \text{ kg / s} \quad (5.2)$$

Kızgın buhar ve doymuş buhar soğutucu akışkanın entalpi değeri Ek-2'den alınmıştır

$$h_{50} = 446 \text{ kJ / kg} \quad (5.3)$$

$$h_{40} = 440 \text{ kJ / kg} \quad (5.4)$$

$$Q_{kon.} = \dot{m}_{R22} * (h_{50} - h_{40}) = 0,5 * (446,78 - 440,65) * 1000 = 3080 \text{ W} = 3,08 \text{ kW} \quad (5.5)$$

$$COPS = \frac{Q_{kon.}}{P_1 + P_2} \quad (5.6)$$

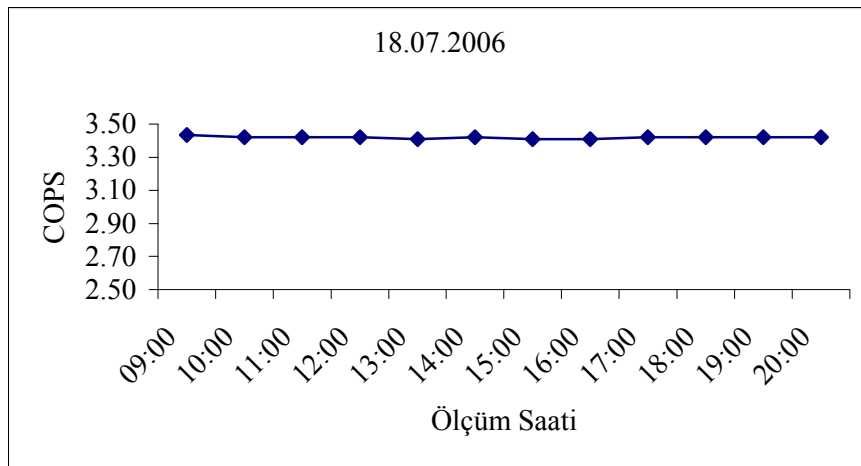
Burada

Kompresörün harcadığı güç  $P_1 = 700 \text{ W}$

Sirkülasyon pompasının harcadığı güç  $P_2 = 200 \text{ W}$

$$COPS = \frac{Q_{kon.}}{P_1 + P_2} = \frac{3080}{700 + 200} = 3,42 \quad (5.7)$$

Hesaplanan kondanser,salamura ve toprağa aktırılan ısı miktarı Ek 5'te, COPS değeri ise EK 6'da verilmektedir.



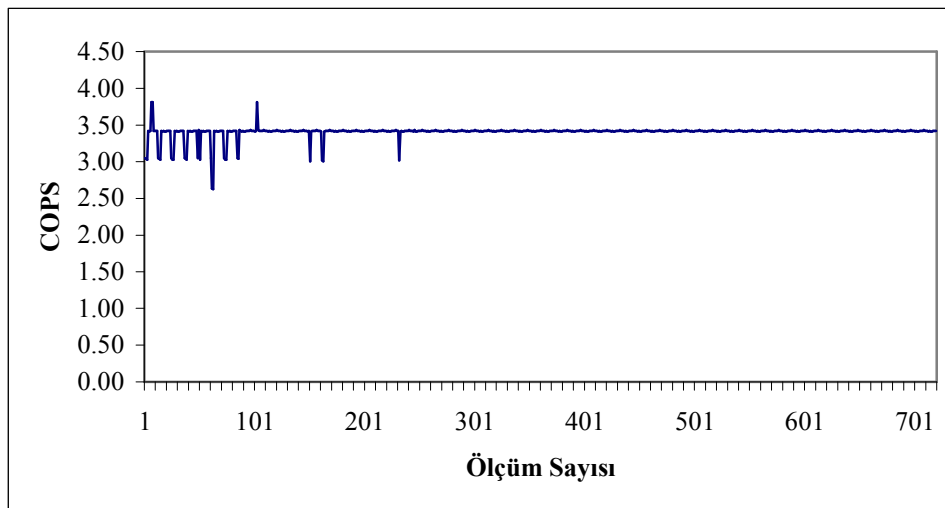
Şekil 5.5. 18.07.2006 tarihli ölçüm değerlerine göre COPS değerinin gün içindeki değişimi.

## 6. SONUÇLAR

Toprak kaynaklı ısı pompası tasarımında, ısı kayıp ve kazançları dikkatle yapılmalıdır. Dizayn için gerekli olan, toprak dirençleri, çalışma faktörleri, boru dirençleri (boruların birbirine olan ısı etkileşimlerini göz önüne alarak) ve kullanılacak ısı pompasına ait özellikler (müsaade edilen giriş suyu sıcaklıkları ve bu değerlerdeki COP değerleri) doğru bir şekilde elde edilmelidir.

Isı pompalarının konvensiyonel sistemlere göre çok daha az birincil enerji tükettiği düşünülecek olursa; bu sistemin çevreye çok fazla zarar veren CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi gaz emisyonlarının azaltılması için çok önemli bir teknoloji olduğu görülmektedir. Fakat burada önemli olan bir başka nokta da tabiki ısı pompasında tüketilen elektriğin nasıl üretildiğidir, örneğin hidroelektrik santrallerde veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı santrallerde üretilen elektriğin, termal santrallerde üretilen elektriğe göre, zararlı emisyonların azaltılmasındaki katkısının çok daha fazla olacağı açıkça görülecektir.

Bu çalışmada, soğutma amaçlı olarak kullanılan toprak kaynaklı ısı pompasının, Kütahya iklim şartlarındaki kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, yaz sezonu, 01.06.2006 - 30.07.2006 tarihleri arasında ölçümler alınmış ve sistemin performansı değerlendirilmiştir. Buna göre, sistemin soğutma performans katsayısı (COPS) ortalama 3.41 olarak bulunmuştur .



Şekil 6.1. Toprak kaynaklı ısı pompasına ait COPS değişimi.

Şekil 6.1 incelendiğinde, ilk ölçümler esnasında gözlenen COPS değerindeki sapmalar sistemin henüz devreye alınmış olması ve kararlı rejimi yakalayamamasının yanında, sistemdeki ölçüm hatalarından kaynaklanmaktadır.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının soğutma amaçlı kullanımlarında, COPS değerlerinin yaklaşık olarak 3.8 olması sistemin ekonomik kılmaktadır [45]. Kütahya iklim şartlarında kullanımı göz önüne alındığında, ortalama 3.41'lik performans katsayısı sistemin kullanılabilirliğinin makul olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Couvillion. R. J.. 1985. "Field and laboratory simulation of earth- coupled heat pump coils". Ashrae Transactions. 2b. 91, 1326-1334.
- [2] Diz. T.. 2001. "'Minimum enerjili bina tasarımı (Toprak enerjisiyle)". Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 1-5.
- [3] Çatan. M.A. and Baxter. V.D.. 1985. "An optimized ground coupled heat pump system design for Northern climate applications". Ashrae Transactions. 2b. 91. 1185-1203. 4 Hughes.
- [4] P.J.. Loomis. L.. O'Neil R.A. and Rizzuto. J.. 1985. "Results of the residential earth coupled heat pump demonstration in Upstate New York. Ashrae Transactions. 2b. 91.1307-1325.
- [5] Franck, P. and Berntsson. T., 1985, "Ground coupled heat pumps with low temperature heat storage: some Swedish experiences". Ashrae Transactions, 2b. 91. 1285-1296.
- [6] Fleming. W.. 1998. "Ground-source heat pump design and operation- experience within an Asian Country", Ashrae Transactions. 1b. 104. 771-774.
- [7] Kavanaugh. S., 1989. "'Design considerations for ground and water source heat pumps in Southern Climates". Ashrae Transactions, 1, 95, 1139-1149.
- [8] Martin. S.D.. 1990. "'A design and economic sensitivity study of single-pipe horizontal ground-coupled heat pump systems". Ashrae Transactions, 1. 96. 634-642.
- [9] Mei. V.C.. 1990. "Experimental study of direct-expansion ground coil heat exchangers" Ashrae Transactions. 1. 96. 821-828.
- [10] Safemazandarani. P.. Edvars. J.A.. Johnson. R.R. and Mohammad-Zadeh. Y.. 1990. "Mathematical modeling of a direct expansion ground coupled heat pump system". Ashrae Transactions. 1. 96. 583-589.
- [11] Kavanaugh. S.P. and Pezent. M.C.. 1990. "Lake water applications of water-to-air heat pumps. Ashrae Transactions. 1. 96. 813-820
- [12] Sulatisky. M.T. and Van Der Kamp. G.. 1991. "Ground-source heat pumps in the Canadian Prairies". Ashrae Transactions. 1, 97. 374-385.
- [13] Kavanaugh. S.P.. 1992. "Field test of a vertical ground coupled heat pumps in the Alabama". Ashrae Transactions. 2. 98. 607-616.
- [14] Meloy. B.R.. 1992. "Free cooling works for Colvitz Country Hail of Justice". Ashrae Transactions. 1. 98. 1023-1030.

### KAYNAKLAR (Devamı)

- [15] Rafferty. K.D.. 1992. "Large tonnage ground\water heat pumps-experiences with t\vo systems". Ashrae Transactions. 1. 98. 587-592.
- [16] Hatten. M.J.. 1992. "Groundvwater heat pumping: lessons leamed in 43 years at the building". Ashrae Transactions, 2, 98, 1031-1037.
- [17] Petit. P.J. and Meyer. J.P.. 1998. "Economic potential of vertical ground-source heat pumps compared to air-source air conditioners in South Africa". Energy J.. 23. No. 2. 137-143.
- [18] Bojic. M.. Papadakis. G. and Kyritris. S.. 1999. "Energy from a two pipe. earth-to-air changer". Energy J.. 24. 519-523.
- [19] Ealv. P.F. and Ugursal. V.I.. 1997. ""Performance and economic feasibility of ground source heat pumps in cold climate". International Journal of Energy Research. 21, 857-870.
- [20] Salah El-Din. M.M.. 1999. "On the heat flow into the ground", Renevvable Energy. 18. 473 -490.
- [21] Leong. W.H.. Tarna\vski. V.R. and Aittomaki. A.. 1998, ""Effect of soil type and moisture content on ground heat pump performance". Int. J. Refrig., 21, No. 8. 595-606.
- [22] Parent. M.. 2001. "A simplified tool for assessing the feasibility of ground-source heat pump projects". Ashrae Transactions. 1. 120-129.
- [23] Sodha. M.S.. 2001. "Simulation of dynamic heat transfer bet\ween ground and underground structures". International Journal of Energy Research. 25, 1391-1394.
- [24] Sodha. M.S.. 2001. "Simulation of periodic heat transfer beUween ground and underground structures". International Journal of Energy Research. 25. 689-693.
- [25] De Svvardt. C.A. and Meyer J.P.. 2001. "A performance comparision bet\ween an air source and a ground-source reversible heat pump". International Journal Of Energy Research. 25. 899-910.
- [26] Ersöz. İ.. 2000. "Toprak kaynaklı ısı pompası ile bir hacmin soğutulması". Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. IOs.-IIs.
- [27] Ataman. H., 1991. "Toprak kaynaklı bir ısı pompası tesisinin tasarımı ve optimizasyonu ". Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 114s.
- [28] Savaş, A.F.. 1996. "Toprak kaynaklı ısı pompası ile konut ısıtılması". Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, IOOs.-l 17s.
- [29] Hepbash. A.. Eltez M. and Duran H.. 2001, "Current status and future directions of geothermal heat pumps in Turkev" GHC Bulletin, March.



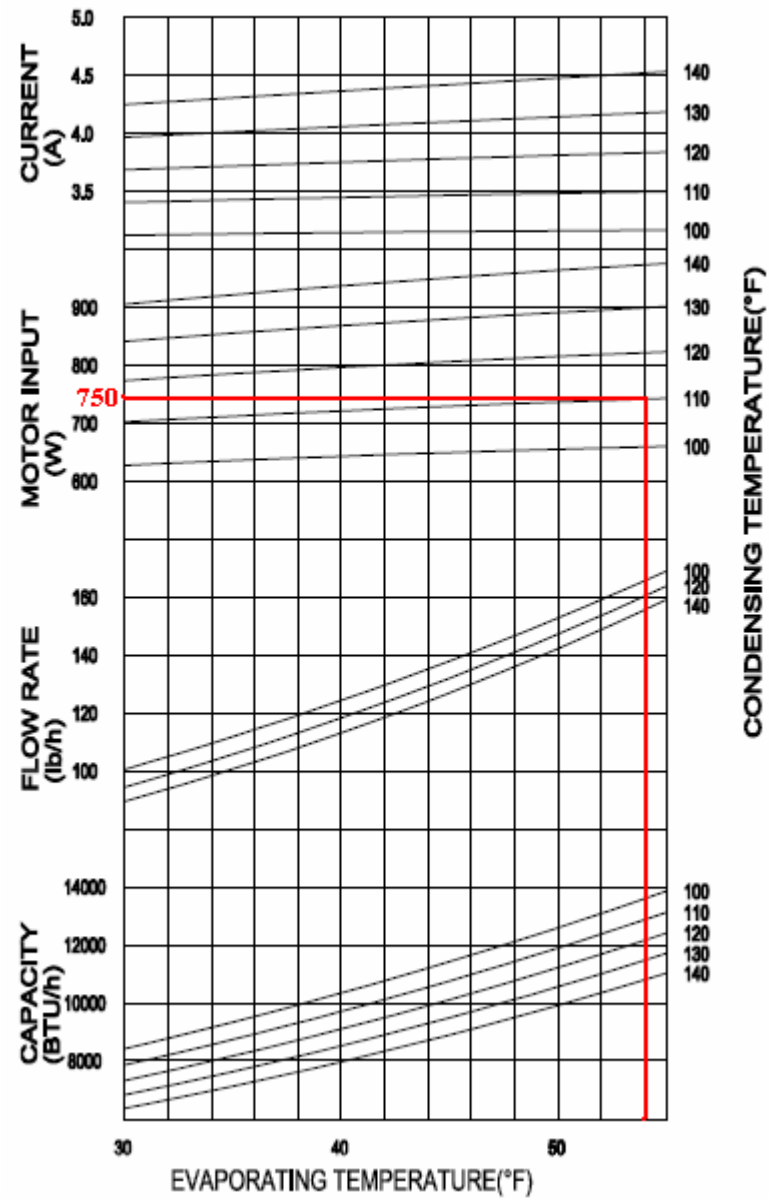
### KAYNAKLAR (Devamı)

- [30] Hancıoğlu. E.. 2000. "Güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası ile bir hacmin ısıtılması". Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 196s.-197s.
- [31] Ashrae. 1995, Ashrae Handbook. HVAC Applications, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Inc. Atlanta, GA.
- [32] Grant. M.A., Donaldson, I.G. and Bixley, P.F., 1982, "Geothermal Reservoir Engineering". Academic Press.
- [33] Hart. D.P. and Couvillion R.. 1986. "Earth-coupled heat transfer. National Water Well Association. Dublin. OH.
- [34] Kavanaugh. S.P. and Rafferty. K.. 1997. "Ground-source heat pumps. Design of geothermal systems for commercial and institutional buildings". American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Inc.. Atlanta, GA.
- [35] Ashrae. 1995b. "Commercial/Institutional Ground-Source Heat Pump Engineering Manual", American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Inc., Atlanta. GA.
- [36] Ball. DA., Fischer. R.D. and Hodgett. D.L.. 1983. "Design methods for ground source heat pumps". Ashrae Transactions. 1. 89. 416-440.
- [37] Mills. A.F.. 1999, Heat Transfer. University of California at Los Angeles, 2th ed., Prentice Hall. NJ 07458, New Jersey, 224p.
- [38] Özişik. M.N.. 1994, Finite Difference Methods in Heat Transfer. Mechanical and Aerospace Engineering Department North Carolina State University. CRC Press, 151p-173p.
- [39] Kütahya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü. 2002. Dış hava ve toprak sıcaklıkları değerleri. Kütahya.
- [40] Duffie. J.A. and Beckman, W.A., 1980, "Solar engineering of thermal processes". John Wiley and Sons. İne.
- [41] Arpacı. V., Kao. S.H. and Selamet A.. 1999. **Introduction to Heat Transfer**. Prentice Hall, "
- [42] Özbalt. N.. 2002, Güneş enerjisi potansiyeli ve uygulamaları, <http://egetek.unimed.va.net.tr>
- [43] Haaf. S.. 1998. "Propylene refrigeration Systems- Environmentally favorable refrigeration systems for small and mid - sized supermarkets", Reports on Science and Technology 60.
- [44] Solvay Flour and Derivate, Solkane Refrigerant Software Version 3.01, Hannover, Germany.

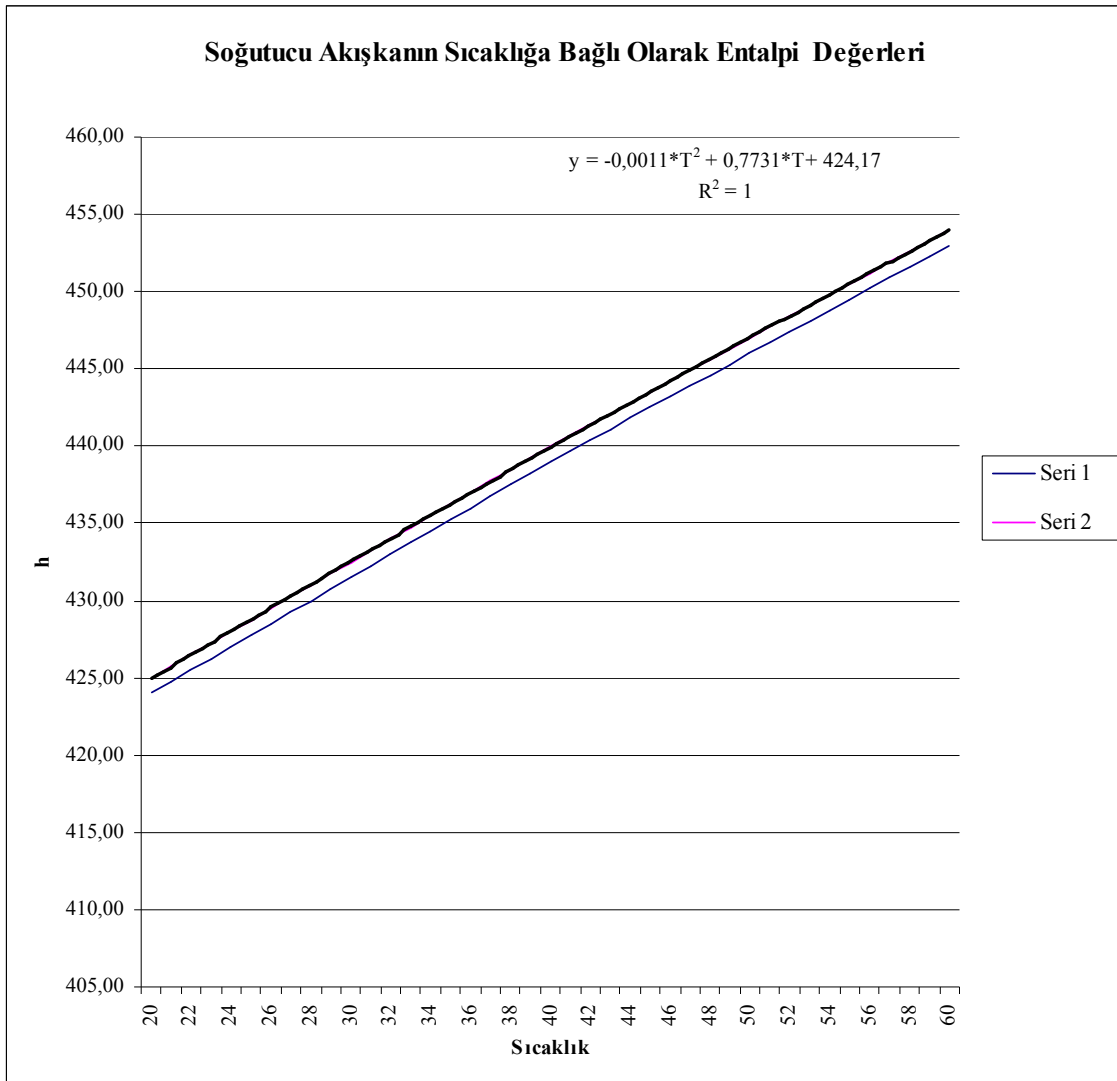
**KAYNAKLAR (Devamı)**

- [45] Hepbaslı A., Oral presentation on Ground sourced heat pumps, Summer Course on Exergy and its Applications, 14-16 August 2006, Eskisehir, Turkey.

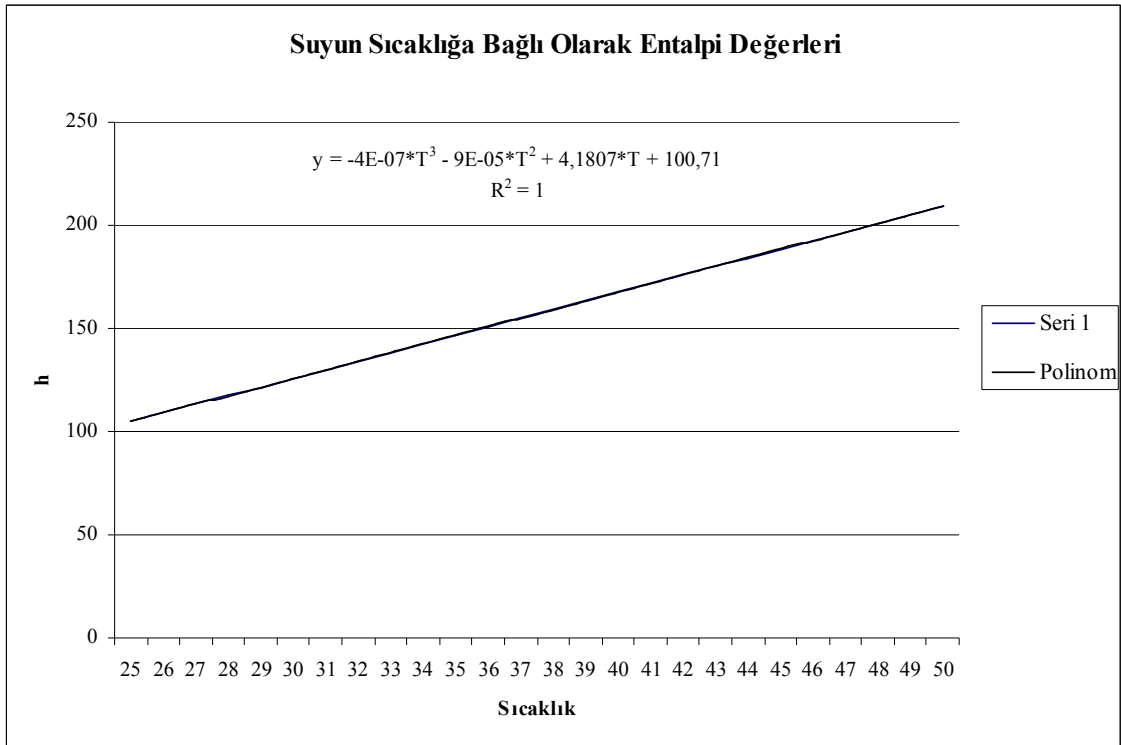
**EKLER**



Ek 1. Kompresör gücü seçim diyagramı.



**Ek.2.** Soğutucu akışkan ve suyun sıcaklığa bağlı olarak entalpi değerleri



**Ek.2. (Devamı).**

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
01.06.2006	09:00	32	29	17	14	47	38	33	16	20	18
	10:00	33	28	17	15	48	40	36	16	20	18
	11:00	32	28	17	14	49	41	33	17	22	20
	12:00	33	27	17	14	50	40	33	19	24	21
	13:00	32	27	17	14	51	41	33	18	25	21
	14:00	33	28	17	14	50	40	33	19	26	24
	15:00	34	29	18	13	51	41	33	19	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	17	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	17	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	17	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	
02.06.2006	09:00	32	29	17	14	47	38	33	16	20	18
	10:00	33	28	17	15	48	40	36	16	20	18
	11:00	32	28	17	14	49	41	34	17	22	20
	12:00	33	27	17	14	50	40	34	19	24	21
	13:00	32	27	17	14	51	41	34	18	25	21
	14:00	33	28	18	14	50	40	33	19	26	24
	15:00	34	29	18	13	51	41	33	19	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	17	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	17	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	17	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	
03.06.2006	09:00	33	29	17	14	47	38	33	16	20	18
	10:00	33	28	17	15	48	40	36	16	20	18
	11:00	32	28	17	14	49	41	33	17	22	20
	12:00	33	27	17	14	50	40	34	19	24	21
	13:00	32	27	17	14	51	41	34	18	25	21
	14:00	33	28	17	14	50	40	33	19	26	24
	15:00	34	29	17	13	51	41	33	19	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	18	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	18	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	17	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	
04.06.2006	09:00	32	29	17	14	47	38	33	16	20	18
	10:00	33	28	18	15	48	40	34	16	20	18
	11:00	32	28	18	14	49	41	32	17	22	20
	12:00	33	27	18	14	50	40	33	19	24	21
	13:00	32	27	18	14	51	41	33	18	25	21
	14:00	33	28	18	14	50	40	33	19	26	24
	15:00	34	29	18	13	51	41	33	19	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	18	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	18	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	18	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	

Ek.3. Ölçülen değerler

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
05.06.2006	09:00	33	29	17	14	47	38	33	16	20	19
	10:00	33	28	17	15	48	40	36	16	20	19
	11:00	32	28	17	14	49	41	33	17	22	21
	12:00	33	27	17	14	50	40	33	19	24	23
	13:00	32	27	17	14	51	41	33	18	25	23
	14:00	34	28	17	14	50	40	33	18	26	25
	15:00	34	29	18	13	51	41	33	18	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	17	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	17	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	17	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	
06.06.2006	09:00	32	29	17	14	47	38	33	16	19	18
	10:00	33	28	17	15	48	40	36	16	19	18
	11:00	32	28	17	14	49	41	33	16	21	19
	12:00	33	27	17	14	50	40	33	19	22	20
	13:00	32	27	17	14	51	41	33	18	24	22
	14:00	33	28	18	14	50	40	33	19	24	22
	15:00	34	29	18	13	51	41	33	19	24	22
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	23	22
	17:00	34	29	17	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	17	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	17	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	
07.06.2006	09:00	33	29	17	14	47	38	33	16	20	18
	10:00	33	28	17	15	48	40	36	16	20	18
	11:00	32	28	17	14	49	41	33	17	22	20
	12:00	33	27	17	14	50	40	33	19	24	21
	13:00	32	27	17	14	51	41	33	18	25	21
	14:00	33	28	17	14	50	40	33	19	26	24
	15:00	34	29	17	13	51	41	33	19	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	18	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	18	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	17	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	
08.06.2006	09:00	32	29	17	14	47	38	33	16	20	18
	10:00	33	28	18	15	48	40	36	16	20	18
	11:00	32	28	18	14	49	41	33	17	22	20
	12:00	33	27	18	14	50	40	33	19	24	21
	13:00	32	27	18	14	51	41	33	18	25	21
	14:00	33	28	18	14	50	40	33	19	26	24
	15:00	34	29	18	13	51	41	33	19	26	24
	16:00	33	28	18	15	51	41	33	18	25	23
	17:00	34	29	18	14	50	40	33	17	22	21
	18:00	33	28	18	15	50	40	33	16	21	20
	19:00	33	28	18	15	50	40	33	16	19	18
20:00	33	28	17	14	50	40	33	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).



		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
09.06.2006	09:00	35	31	19	15	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	20	18
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	19	24	23
	13:00	38	34	20	14	51	41	37	18	25	23
	14:00	38	33	20	15	50	40	37	19	26	24
	15:00	39	35	19	15	51	40	39	19	26	24
	16:00	37	33	19	16	49	39	37	18	25	23
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	21
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	21	20
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
10.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	20	19
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	20	19
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	19	24	21
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	18	25	21
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	19	25	24
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	19	25	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	24	23
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	21
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	21	20
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
11.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	20	18
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	19	24	22
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	18	25	23
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	19	26	24
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	19	26	25
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	25	23
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	21
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	21	20
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
12.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	20	18
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	19	24	23
	13:00	38	34	20	14	51	41	37	18	25	24
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	18	26	24
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	19	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	25	23
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	17	22	21
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	21	20
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
13.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	17	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	18	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	25	22
	14:00	38	34	20	14	50	40	37	19	27	25
	15:00	39	35	19	13	51	42	39	18	25	23
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	19
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
14.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	17	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	18	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	38	34	20	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	20	14	50	41	37	20	27	24
	15:00	38	34	19	13	51	42	39	18	25	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	22
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	19
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
15.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	18	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	36	32	20	14	51	41	37	19	25	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	26	25
	15:00	38	34	19	13	51	41	38	18	25	23
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
16.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	17	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	18	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	25	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	27	23
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	18	25	23
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
17.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	17
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	25	23
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	19	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	19
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	19
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
18.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	24	23
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	20	25	23
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	19	22	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	17	21	20
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	17	20	20
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	17	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
19.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	21	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	23	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	19	25	23
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	19	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	19	23	22
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	19
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
20.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	19	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	41	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	25	23
	15:00	39	35	19	13	51	41	39	21	26	22
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	19	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
21.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	17
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	20	14	49	39	37	19	25	24
	15:00	38	34	19	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	19	23	22
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	17	20	19
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	17	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	17	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
22.06.2006	09:00	35	31	20	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	20	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	21	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	21	14	50	40	37	19	24	23
	15:00	38	34	21	13	51	41	39	19	25	24
	16:00	37	33	20	15	51	41	37	19	22	21
	17:00	36	32	20	14	50	40	36	17	20	18
	18:00	35	31	20	15	50	40	35	17	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	17	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
23.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	21	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	23	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	19	25	24
	15:00	38	34	19	13	51	41	39	19	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	22
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	19
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
24.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	19	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	25	24
	15:00	38	34	19	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
25.06.2006	09:00	34	31	19	14	49	39	35	16	18	17
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	17	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	18	24	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	19	25	23
	15:00	38	34	19	13	51	41	39	19	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	19	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
26.06.2006	09:00	35	31	20	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	20	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	21	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	21	14	50	40	37	20	24	23
	15:00	38	34	21	13	51	41	39	20	24	23
	16:00	37	33	20	15	51	41	37	19	23	21
	17:00	36	32	20	14	50	40	36	16	20	19
	18:00	35	31	20	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
27.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	18	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	21	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	23	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	23	22
	15:00	38	34	19	13	51	41	39	21	23	22
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	22
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	19	19
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
28.06.2006	09:00	35	31	19	14	49	39	35	16	19	16
	10:00	36	32	19	15	50	40	36	16	19	16
	11:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	17
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	18	22	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	22
	14:00	37	33	20	14	50	40	37	20	25	23
	15:00	38	34	19	13	51	41	39	21	26	24
	16:00	37	33	19	15	51	41	37	18	23	21
	17:00	36	32	19	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	19	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
29.06.2006	09:00	35	31	20	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	20	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	20	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	21	14	50	40	37	20	26	23
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	27	24
	16:00	37	33	20	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	20	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	20	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
30.06.2006	09:00	35	31	20	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	20	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	20	14	50	40	36	16	23	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	24	23
	14:00	37	33	21	14	50	40	37	20	26	23
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	20	15	51	41	37	19	24	20
	17:00	36	32	20	14	50	40	36	18	21	18
	18:00	35	31	20	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
01.07.2006	09:00	35	31	20	14	49	39	35	16	18	18
	10:00	36	32	20	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	20	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	20	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	21	14	50	40	37	20	26	23
	15:00	37	33	21	13	51	41	39	20	27	25
	16:00	37	33	20	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	20	14	50	40	36	16	21	18
	18:00	35	31	20	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	
02.07.2006	09:00	35	31	20	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	20	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	20	14	50	40	36	16	22	19
	12:00	36	33	20	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	20	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	21	14	50	40	37	19	25	23
	15:00	38	35	21	13	51	41	39	19	24	24
	16:00	37	33	20	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	20	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	20	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	20	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	20	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
03.07.2006	09:00	37	33	21	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	23
	15:00	38	35	21	13	51	41	39	20	27	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
04.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	23	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	24	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	23
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	19	24	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	16	21	19
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
05.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	18	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	23
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	27	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	16	21	19
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
06.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	19
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	25	23
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	24	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
07.07.2006	09:00	36	30	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	20	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	22
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	24
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	27	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	19
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	17
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	17	
08.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	17	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	24	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	24
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	19	24	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	18	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
09.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	24
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	27	25
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
10.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	19
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	25	23
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	24	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	16	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).



		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
11.07.2006	09:00	36	30	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	20	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	22
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	24
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	27	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	19
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	17
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	17	
12.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	17	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	24	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	24
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	19	26	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	19	24	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	18	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
13.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	20	17
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	25	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	26	24
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	26	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	19	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
14.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	19	17
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	21	19
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	22	19
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	23	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	19	26	23
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	19	27	25
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	20	24	24
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	17	23	20
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	17	21	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
15.07.2006	09:00	37	32	21	14	49	39	35	16	19	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	16	19	18
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	16	20	20
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	17	21	20
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	17	23	22
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	17	24	22
	15:00	38	34	23	13	51	41	39	17	25	23
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	16	22	20
	17:00	37	32	21	14	50	40	36	16	20	18
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	16	20	18
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	19	18
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	19	18	
16.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	17	23	21
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	18	25	23
	12:00	37	33	21	14	50	40	37	19	27	26
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	20	29	27
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	20	30	27
	15:00	39	35	21	13	51	41	39	22	31	29
	16:00	37	33	21	15	51	41	37	21	30	28
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	21	29	28
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	20	27	25
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	19	25	23
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	23	21	
17.07.2006	09:00	35	31	21	14	49	39	35	17	23	24
	10:00	36	32	21	15	50	40	36	18	25	25
	11:00	36	32	21	14	50	40	36	18	26	25
	12:00	37	33	22	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	20	29	27
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	21	30	28
	15:00	39	35	22	13	51	41	39	22	30	28
	16:00	37	33	22	15	51	41	37	21	29	28
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	19	27	25
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	18	25	24
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	17	24	23
20:00	35	31	21	14	50	40	35	17	23	23	
18.07.2006	09:00	35	31	22	14	49	39	35	17	21	20
	10:00	36	32	22	15	50	40	36	18	23	22
	11:00	36	32	22	14	50	40	36	18	27	25
	12:00	37	33	22	14	50	40	37	20	29	27
	13:00	37	33	22	14	51	41	37	20	31	29
	14:00	37	33	22	14	50	40	37	21	31	29
	15:00	39	35	22	13	51	41	39	23	30	29
	16:00	37	33	22	15	51	41	37	20	30	27
	17:00	36	32	21	14	50	40	36	19	27	25
	18:00	35	31	21	15	50	40	35	17	25	23
	19:00	35	31	21	15	50	40	35	16	24	23
20:00	35	31	21	14	50	40	35	16	21	20	

Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
19.07.2006	09:00	35	31	22	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	22	15	50	40	36	16	20	18
	11:00	36	32	22	14	50	40	36	16	24	23
	12:00	37	33	22	14	50	40	37	18	26	24
	13:00	37	33	23	14	51	41	37	20	29	27
	14:00	37	33	23	14	50	40	37	22	31	29
	15:00	39	35	23	13	51	41	39	21	30	28
	16:00	37	33	23	15	51	41	37	21	30	29
	17:00	36	32	23	14	50	40	36	19	27	26
	18:00	35	31	22	15	50	40	35	17	25	24
	19:00	35	31	22	15	50	40	35	16	22	20
20:00	35	31	22	14	50	40	35	16	21	20	
20.07.2006	09:00	35	31	22	14	49	39	35	17	26	24
	10:00	36	32	23	15	50	40	36	18	26	25
	11:00	36	32	23	14	50	40	36	18	29	25
	12:00	37	33	23	14	50	40	37	20	29	27
	13:00	37	33	23	14	51	41	37	20	29	27
	14:00	37	33	23	14	50	40	37	21	30	28
	15:00	39	35	22	13	51	41	39	23	31	30
	16:00	37	33	22	15	51	41	37	21	30	28
	17:00	36	32	22	14	50	40	36	21	30	28
	18:00	35	31	22	15	50	40	35	21	30	28
	19:00	35	31	22	15	50	40	35	20	30	27
20:00	35	31	22	14	50	40	35	20	29	27	
21.07.2006	09:00	35	31	22	14	49	39	35	17	26	24
	10:00	36	32	22	15	50	40	36	18	26	25
	11:00	36	32	23	14	50	40	36	18	29	25
	12:00	37	33	23	14	50	40	37	20	29	27
	13:00	37	33	23	14	51	41	37	20	29	27
	14:00	37	33	23	14	50	40	37	21	30	28
	15:00	39	35	23	13	51	41	39	23	31	30
	16:00	37	33	23	15	51	41	37	21	30	28
	17:00	36	32	23	14	50	40	36	21	30	28
	18:00	35	31	23	15	50	40	35	21	30	28
	19:00	35	31	23	15	50	40	35	20	30	27
20:00	35	31	23	14	50	40	35	20	29	27	
22.07.2006	09:00	35	31	23	14	49	39	35	17	26	24
	10:00	36	32	23	15	50	40	36	18	26	25
	11:00	36	32	23	14	50	40	36	18	29	25
	12:00	37	33	24	14	50	40	37	20	29	27
	13:00	37	33	24	14	51	41	37	20	29	27
	14:00	37	33	24	14	50	40	37	21	30	28
	15:00	39	35	24	13	51	41	39	23	31	30
	16:00	37	33	24	15	51	41	37	21	30	28
	17:00	36	32	23	14	50	40	36	21	30	28
	18:00	35	31	23	15	50	40	35	21	30	28
	19:00	35	31	23	15	50	40	35	20	30	27
20:00	35	31	23	14	50	40	35	20	29	27	

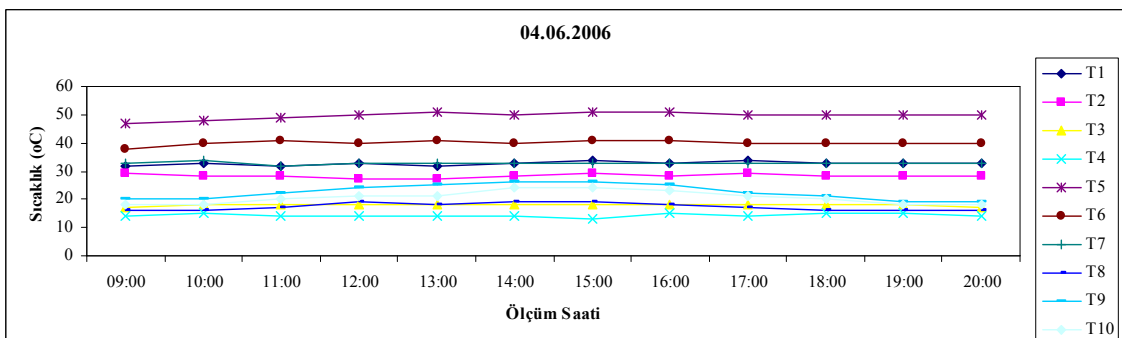
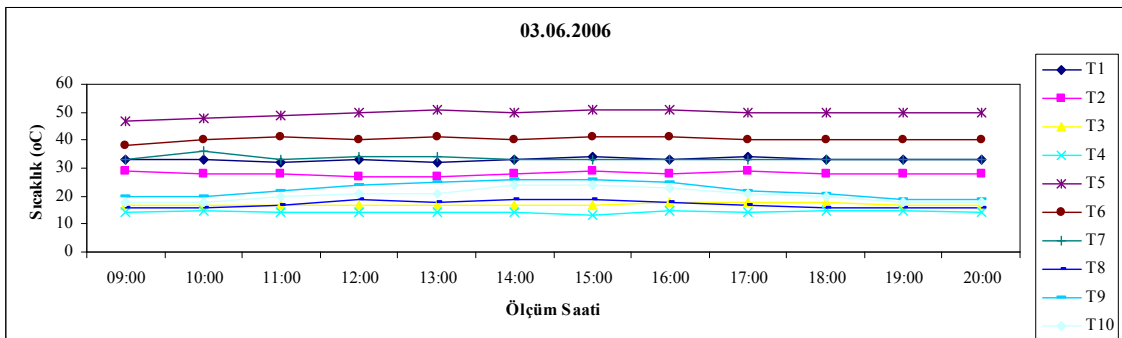
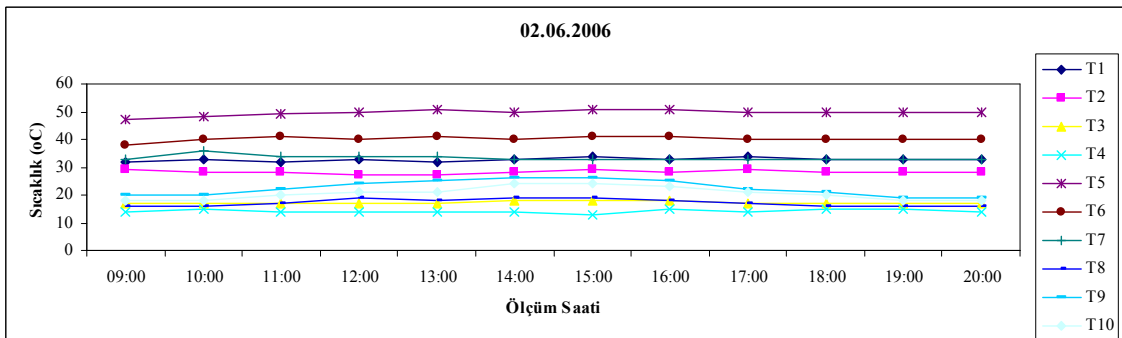
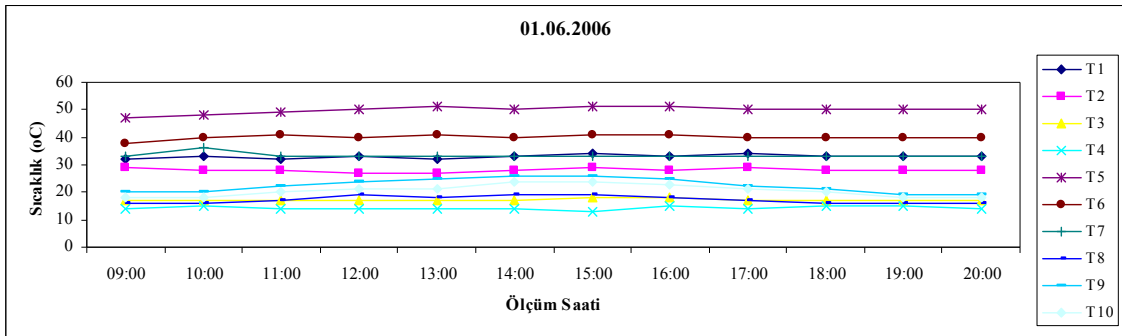
Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
23.07.2006	09:00	35	31	23	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	23	15	50	40	36	16	23	21
	11:00	36	32	23	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	24	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	24	14	51	41	37	22	31	29
	14:00	37	33	24	14	50	40	37	23	32	29
	15:00	39	35	24	13	51	41	39	22	32	28
	16:00	37	33	24	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	24	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	24	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	23	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	23	14	50	40	35	16	25	24	
24.07.2006	09:00	35	31	24	14	49	39	35	16	21	19
	10:00	36	32	24	15	50	40	36	16	23	21
	11:00	36	32	24	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	24	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	24	14	51	41	37	22	31	29
	14:00	37	33	24	14	50	40	37	23	31	29
	15:00	39	35	24	13	51	41	39	22	31	28
	16:00	37	33	24	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	24	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	24	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	24	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	24	14	50	40	35	16	25	24	
25.07.2006	09:00	35	31	24	14	49	39	35	16	21	18
	10:00	36	32	24	15	50	40	36	16	24	22
	11:00	36	32	24	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	24	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	25	14	51	41	37	22	31	29
	14:00	37	33	25	14	50	40	37	23	30	28
	15:00	39	35	25	13	51	41	39	22	32	28
	16:00	37	33	24	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	24	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	24	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	24	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	24	14	50	40	35	16	25	24	
26.07.2006	09:00	35	31	24	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	24	15	50	40	36	16	23	21
	11:00	36	32	24	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	24	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	24	14	51	41	37	22	30	28
	14:00	37	33	25	14	50	40	37	22	31	29
	15:00	39	35	25	13	51	41	39	22	32	28
	16:00	37	33	25	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	25	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	25	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	25	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	25	14	50	40	35	16	25	24	

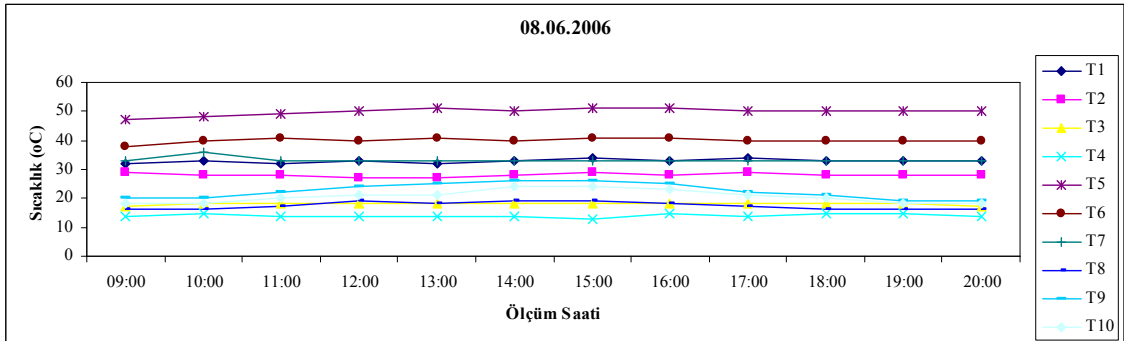
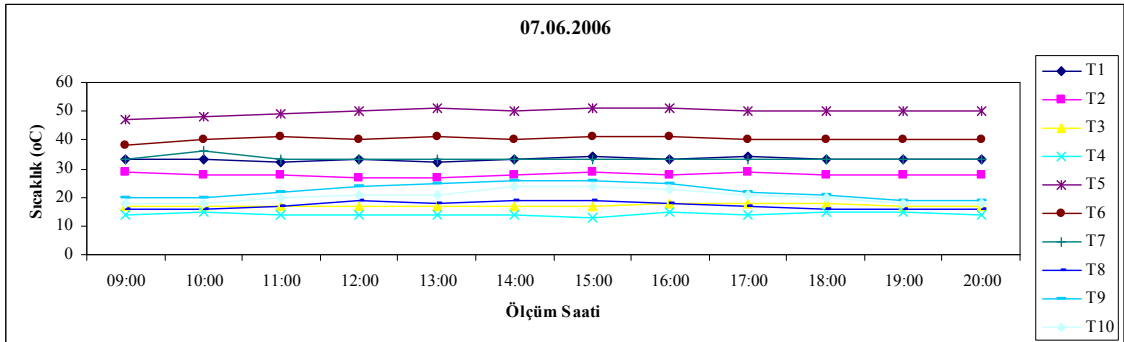
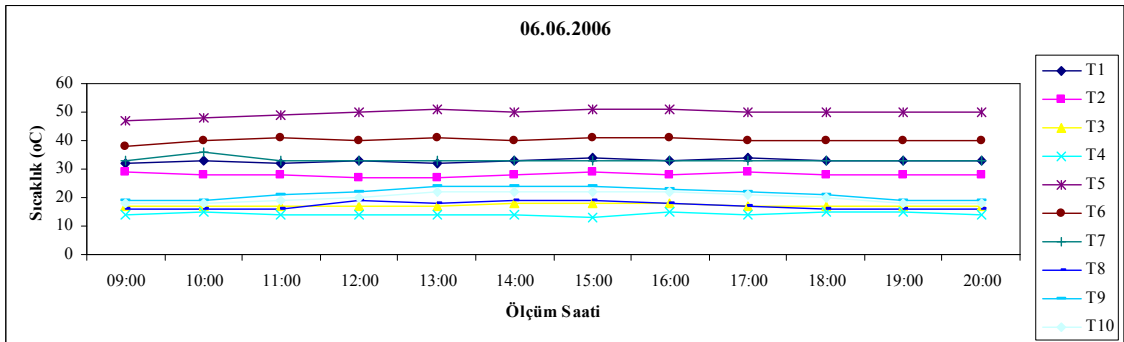
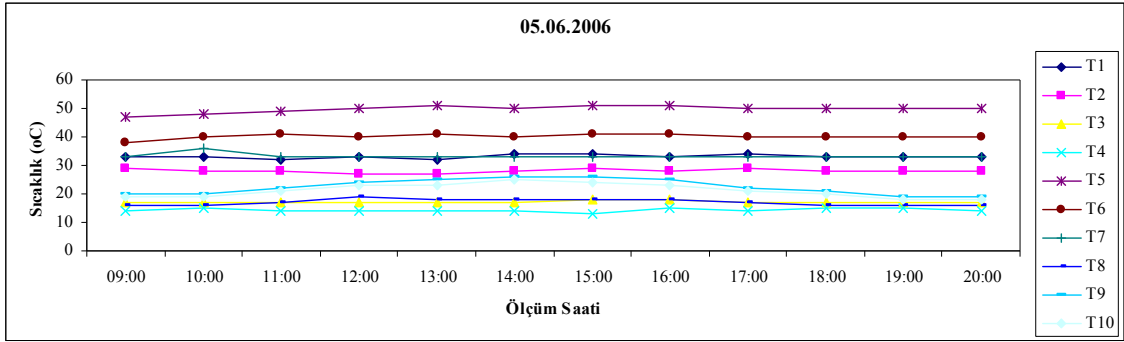
Ek.3. (Devamı).

		SICAKLIK DEĞERLERİ (°C)									
GÜN	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
27.07.2006	09:00	35	31	25	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	25	15	50	40	36	16	23	21
	11:00	36	32	25	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	25	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	25	14	51	41	37	22	31	29
	14:00	37	33	25	14	50	40	37	23	32	29
	15:00	39	35	25	13	51	41	39	22	32	28
	16:00	37	33	25	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	25	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	25	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	24	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	24	14	50	40	35	16	25	24	
28.07.2006	09:00	35	31	24	14	49	39	35	16	21	19
	10:00	36	32	24	15	50	40	36	16	23	21
	11:00	36	32	25	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	25	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	25	14	51	41	37	22	31	29
	14:00	37	33	25	14	50	40	37	23	31	29
	15:00	39	35	25	13	51	41	39	22	31	28
	16:00	37	33	25	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	25	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	25	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	25	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	25	14	50	40	35	16	25	24	
29.07.2006	09:00	35	31	25	14	49	39	35	16	21	18
	10:00	36	32	25	15	50	40	36	16	24	22
	11:00	36	32	25	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	25	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	26	14	51	41	37	22	31	29
	14:00	37	33	26	14	50	40	37	23	30	28
	15:00	39	35	26	13	51	41	39	22	32	28
	16:00	37	33	25	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	25	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	25	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	25	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	25	14	50	40	35	16	25	24	
30.07.2006	09:00	35	31	25	14	49	39	35	16	20	18
	10:00	36	32	25	15	50	40	36	16	23	21
	11:00	36	32	26	14	50	40	36	17	26	24
	12:00	37	33	26	14	50	40	37	20	28	27
	13:00	37	33	26	14	51	41	37	22	30	28
	14:00	37	33	26	14	50	40	37	22	31	29
	15:00	39	35	26	13	51	41	39	22	32	28
	16:00	37	33	26	15	51	41	37	21	30	27
	17:00	36	32	26	14	50	40	36	20	28	26
	18:00	35	31	26	15	50	40	35	19	27	24
	19:00	35	31	26	15	50	40	35	16	26	23
20:00	35	31	26	14	50	40	35	16	25	24	

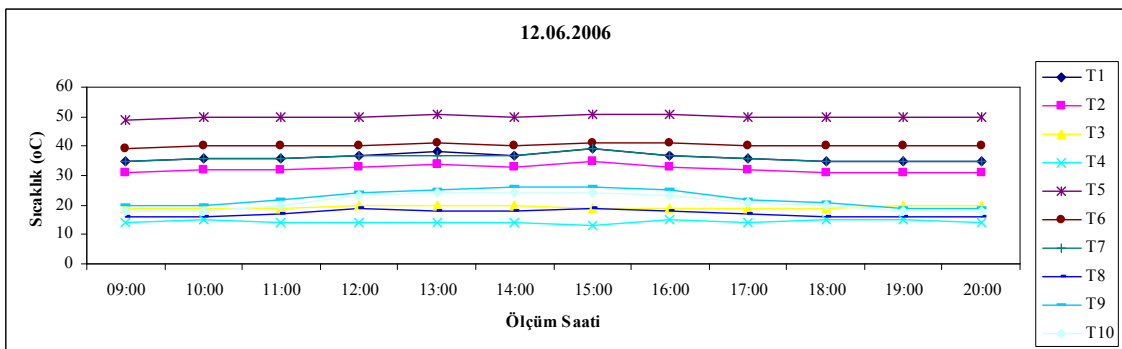
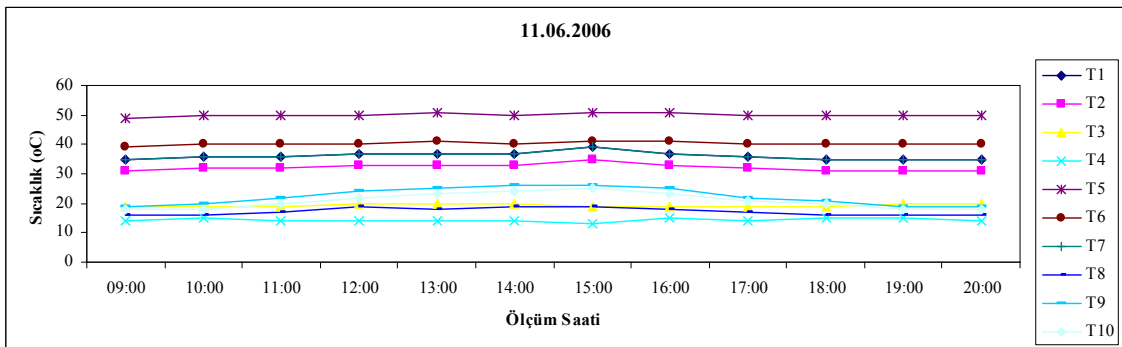
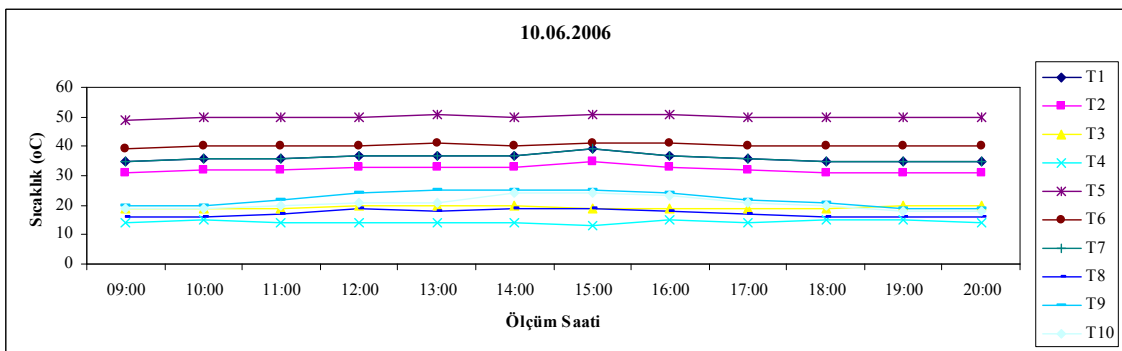
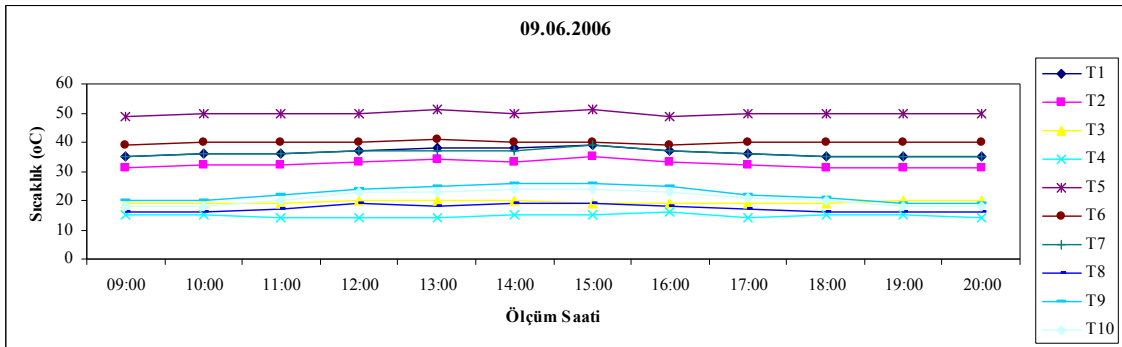
Ek.3. (Devamı).



**Ek.4.** 01.06.2006 ve 30.07.2006 tarihleri arasındaki ölçüm değerleri.

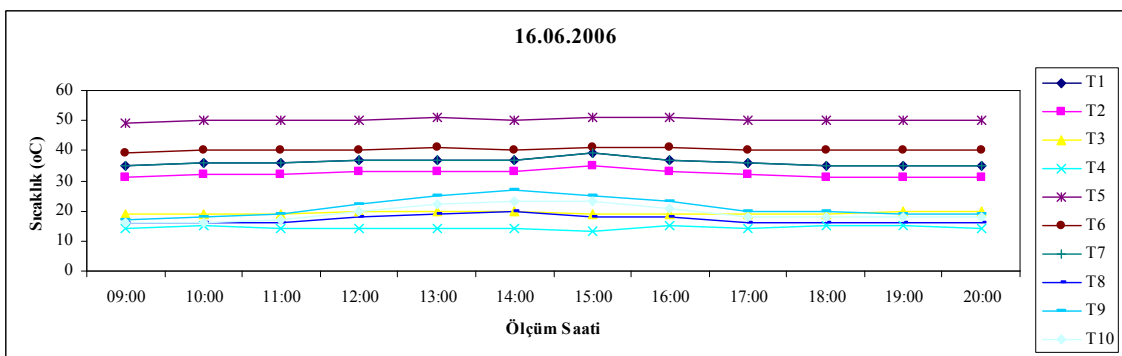
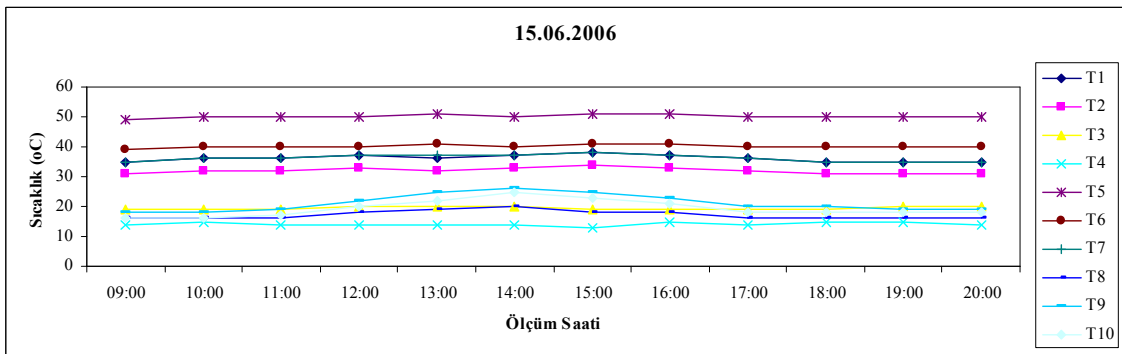
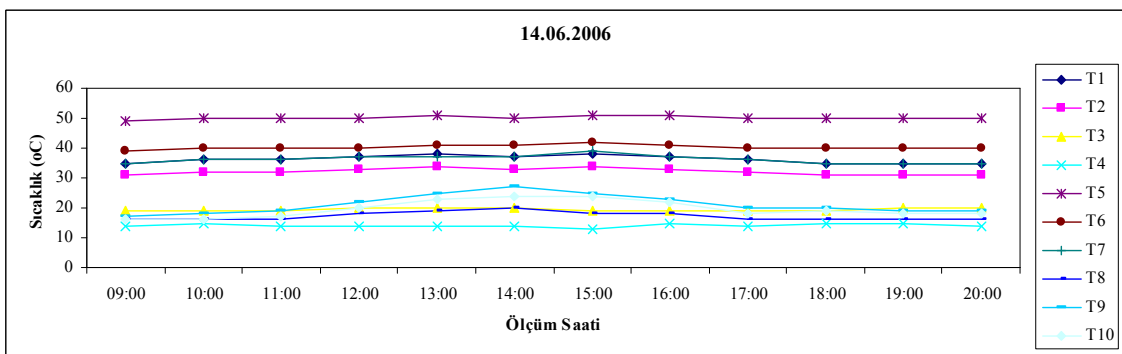
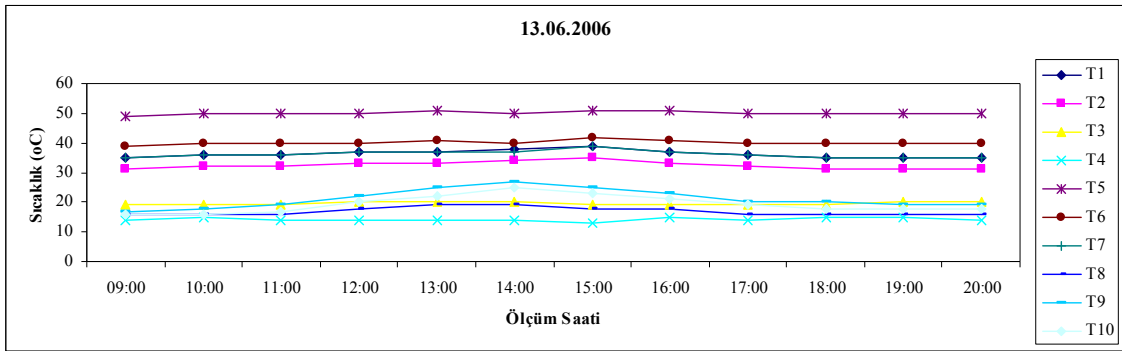


Ek.4. (Devamı).

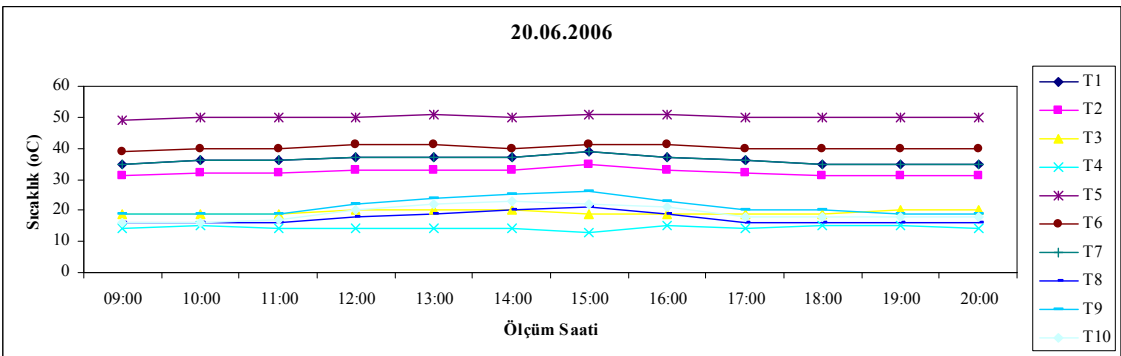
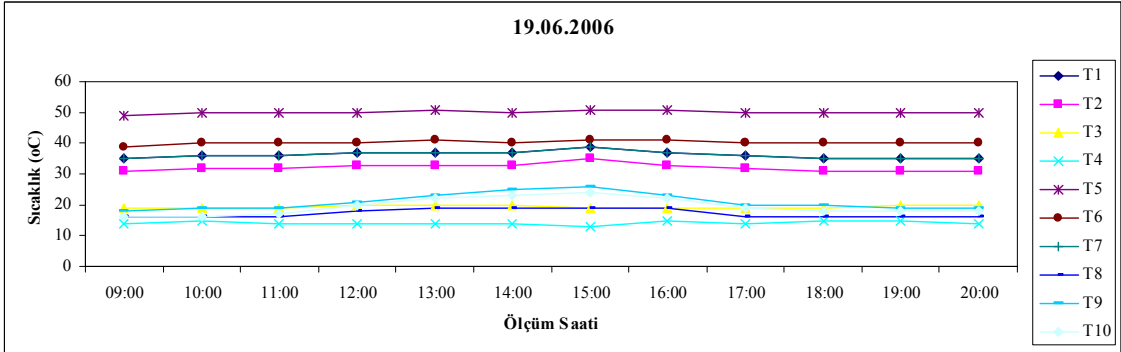
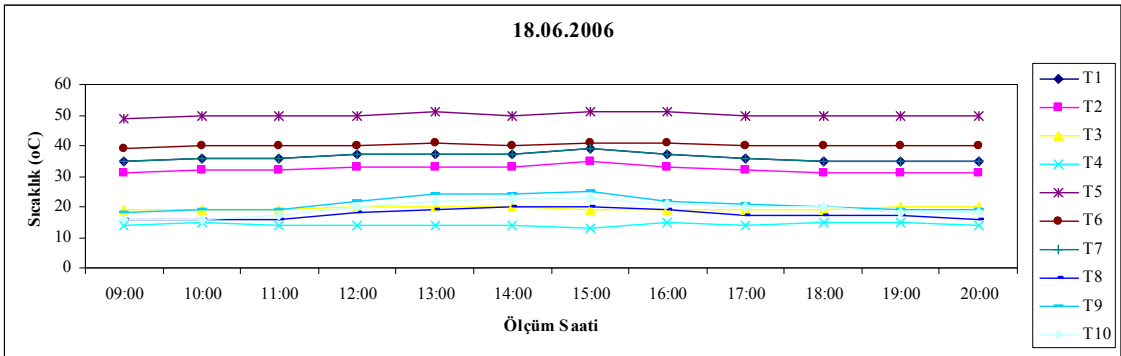
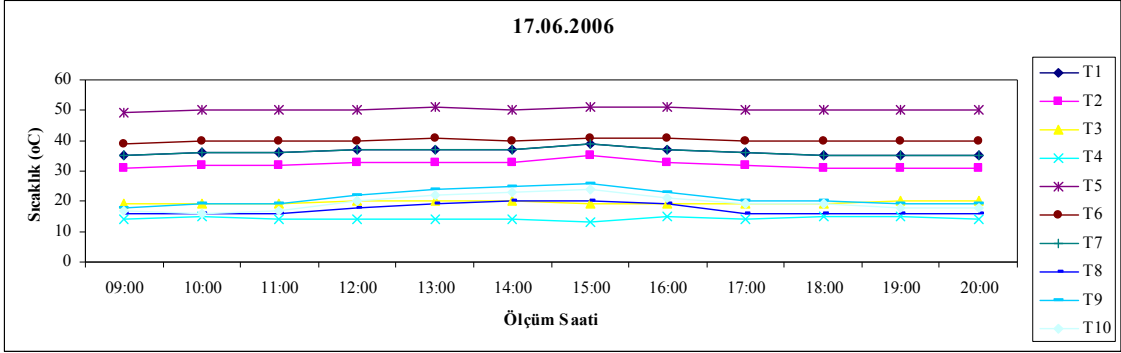


Ek.4. (Devamı).

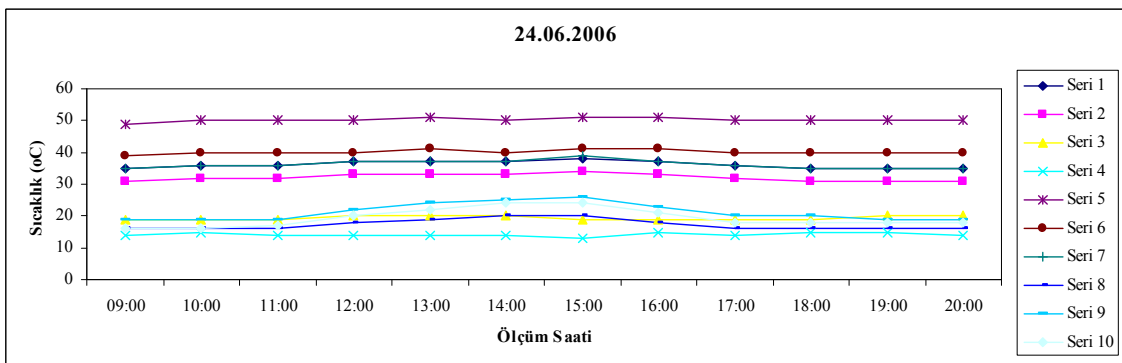
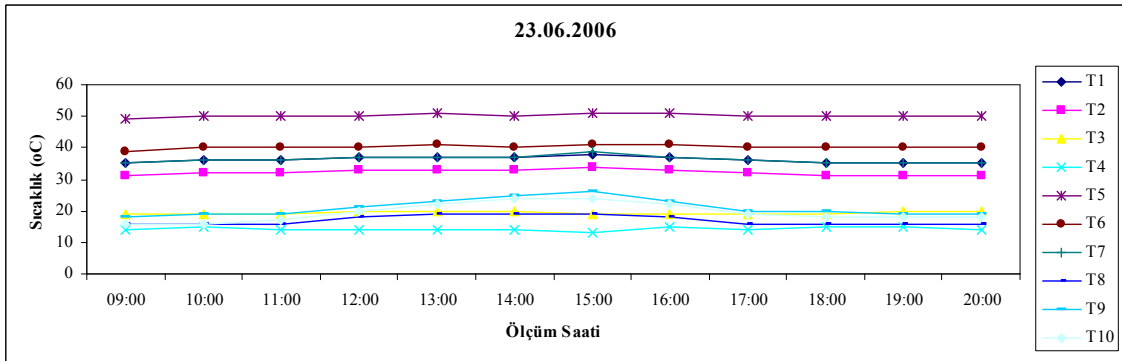
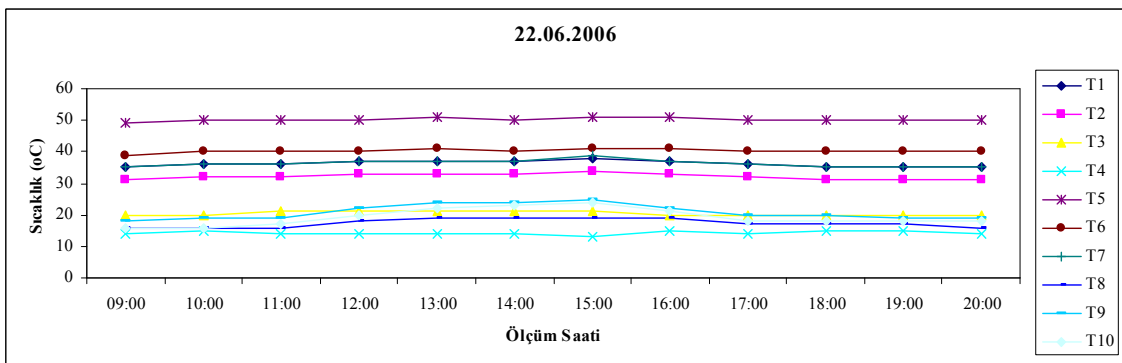
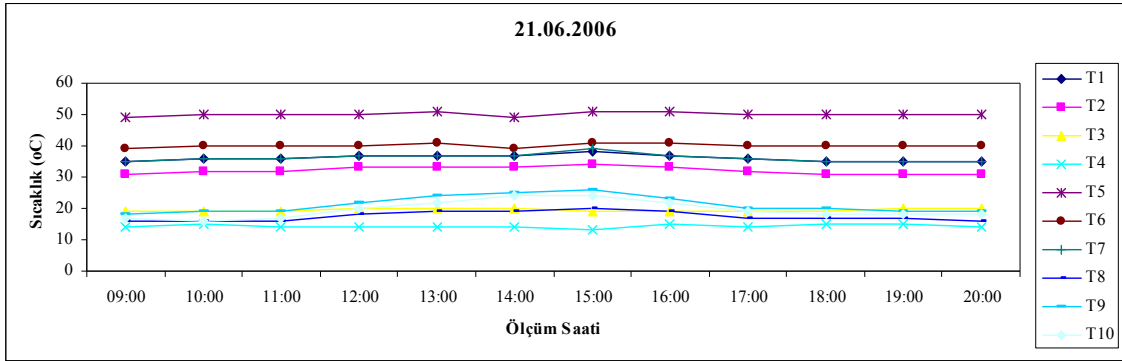




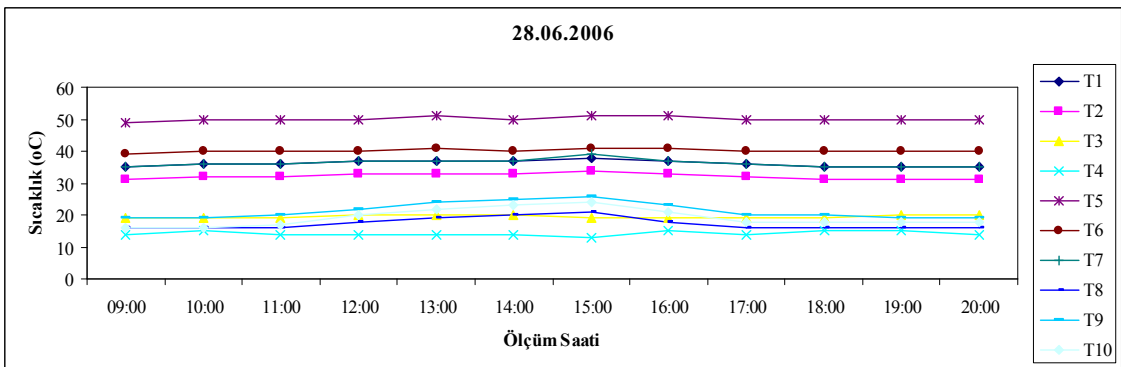
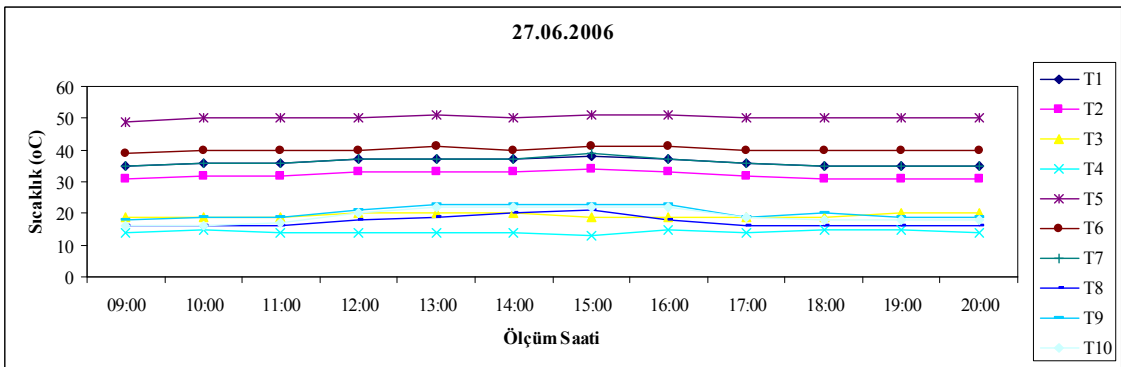
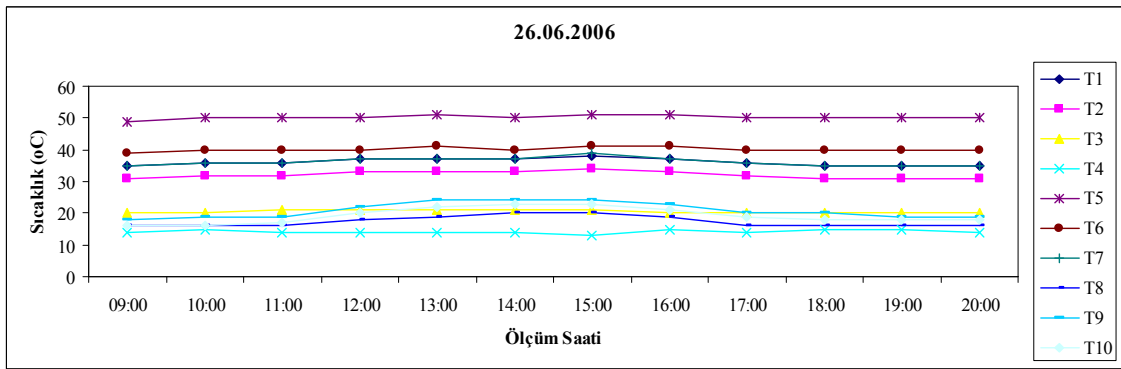
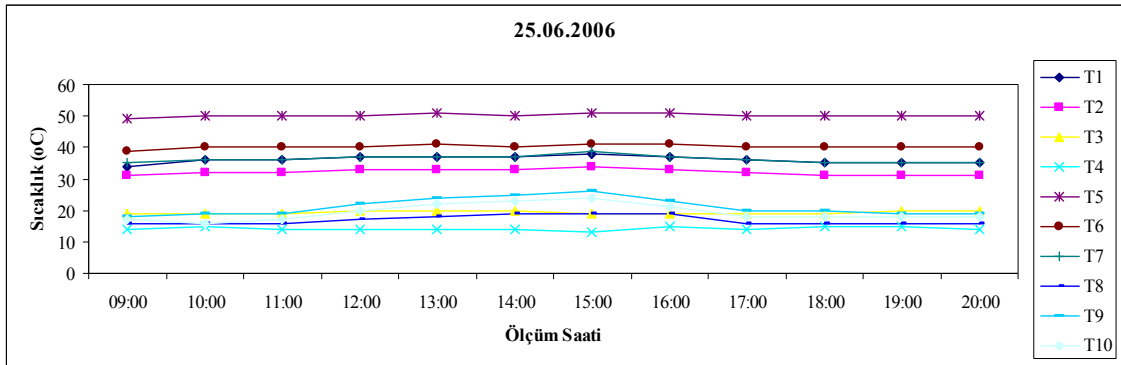
Ek.4. (Devamı).



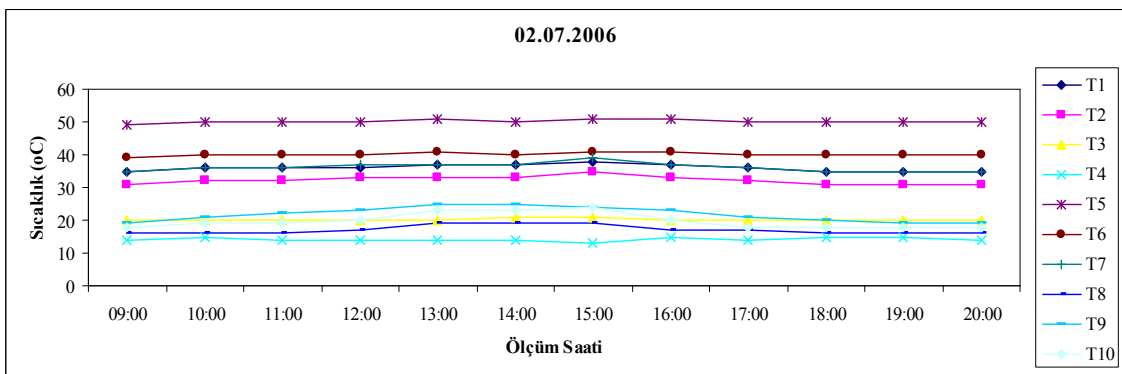
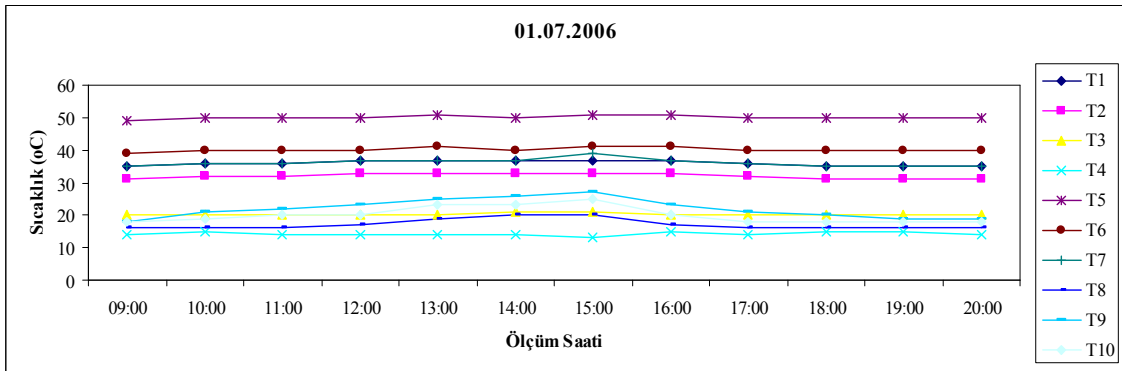
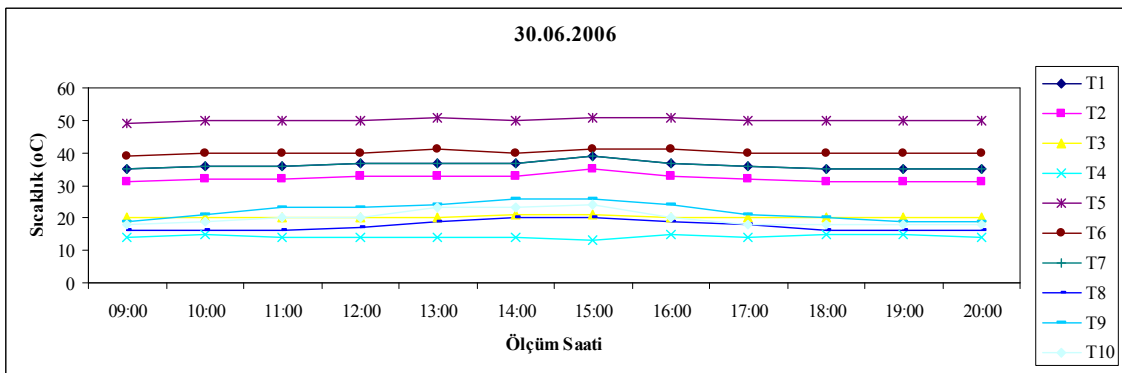
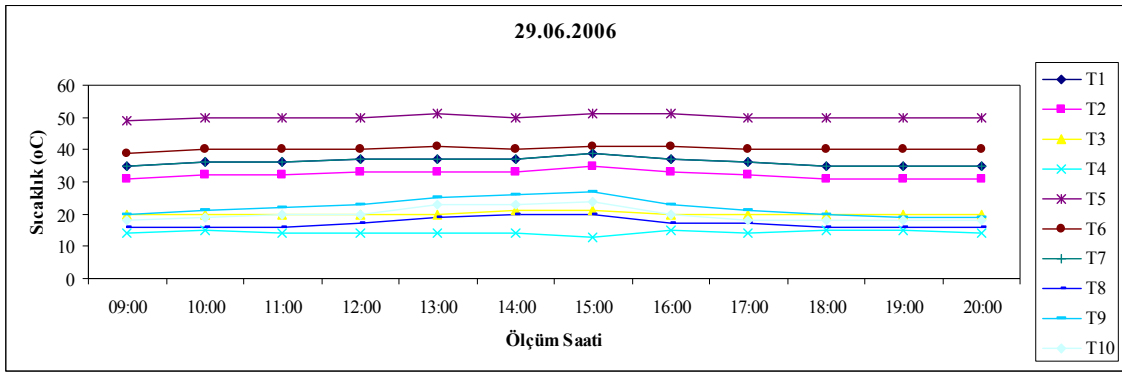
Ek.4. (Devamı).

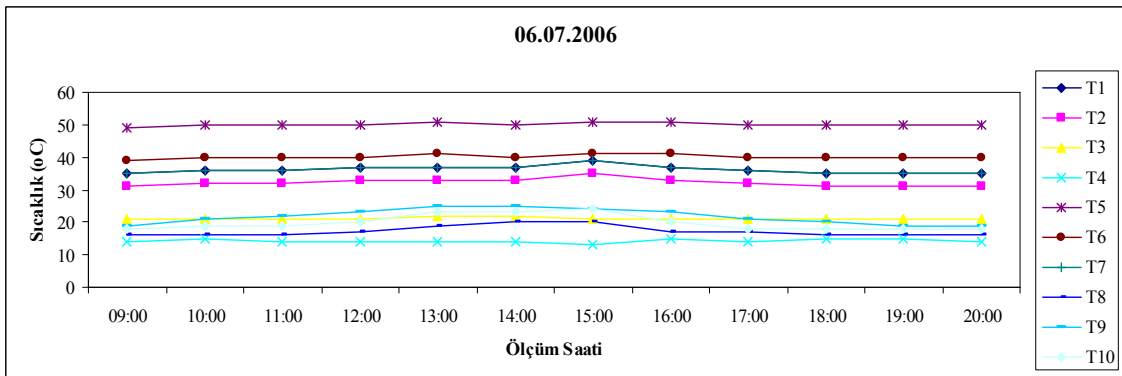
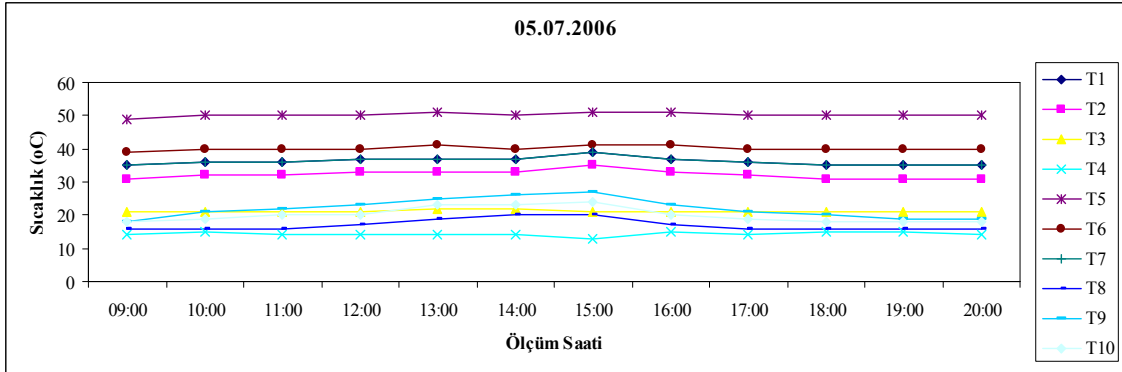
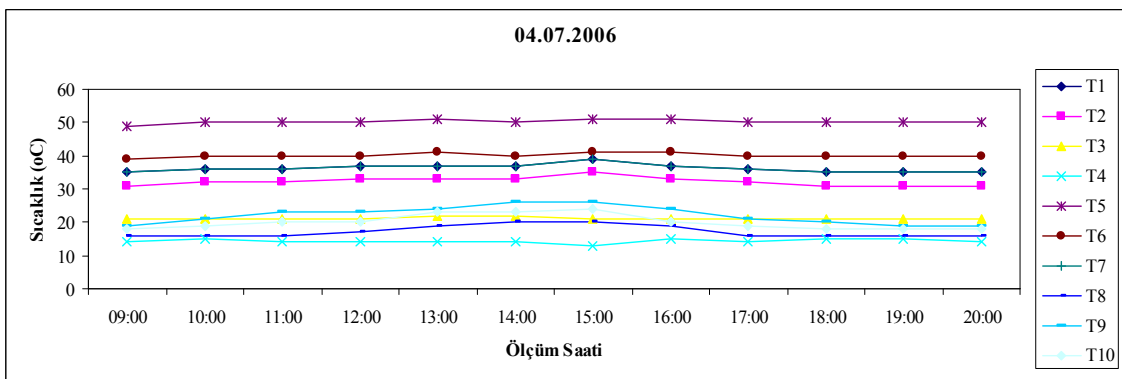
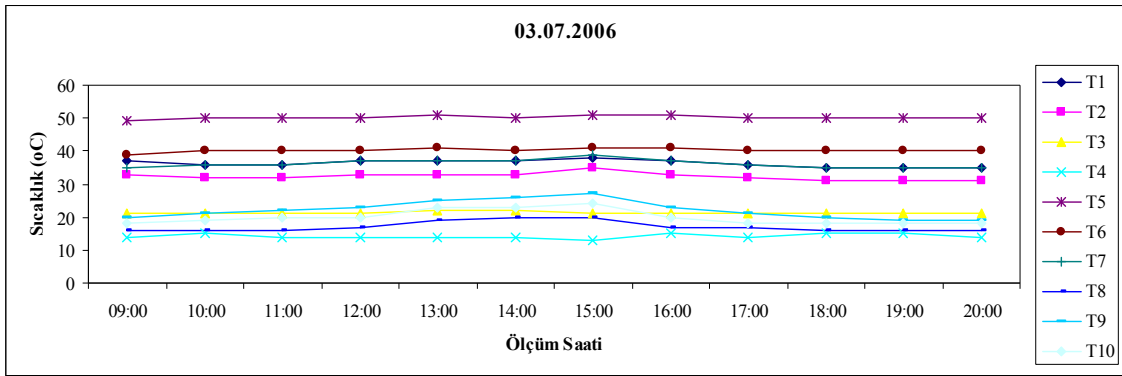


Ek.4. (Devamı).

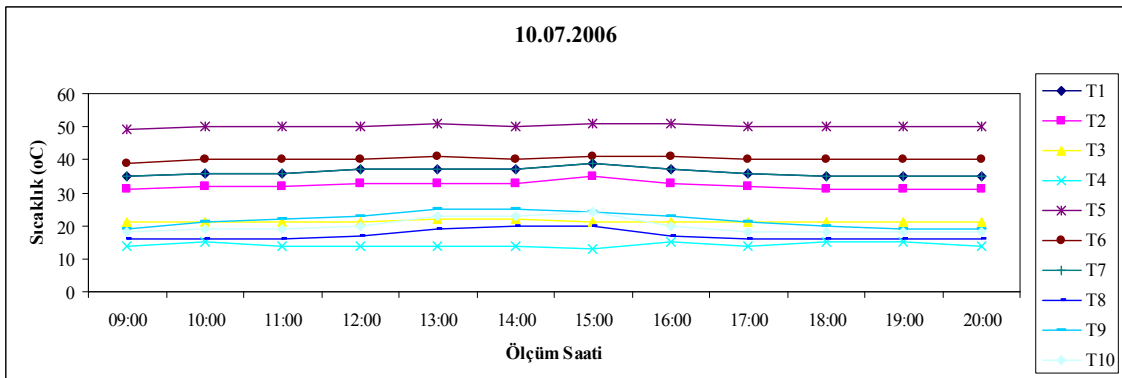
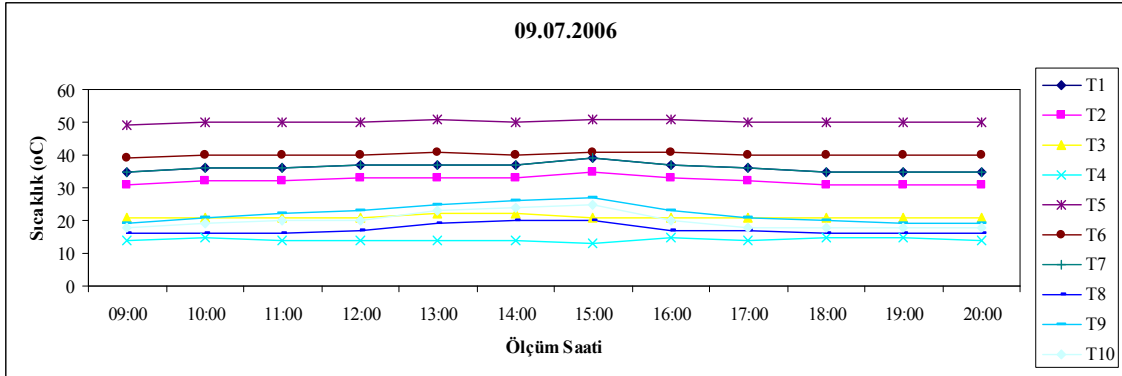
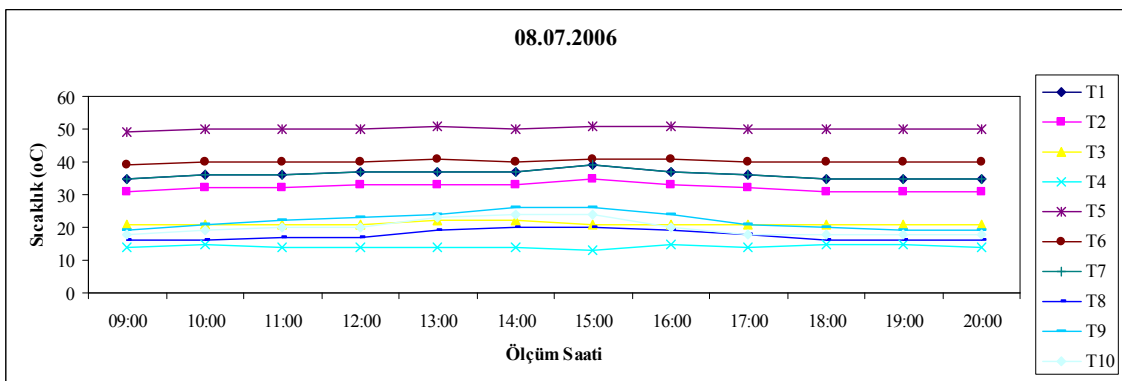
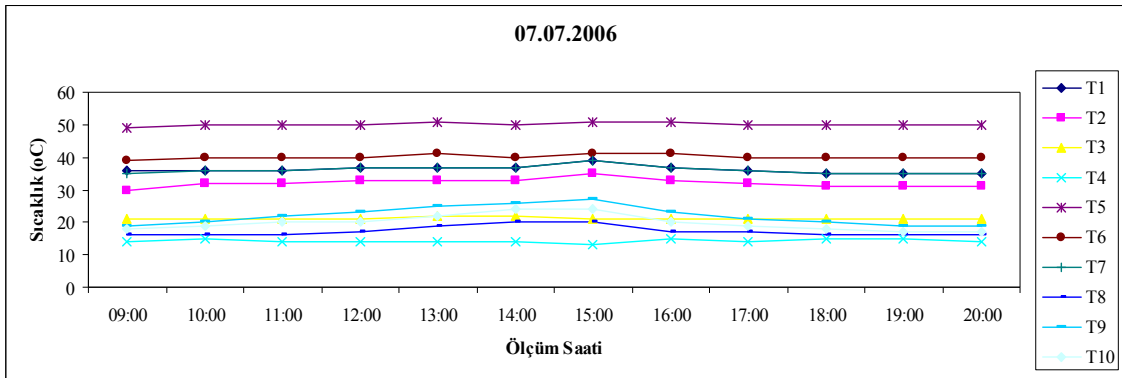


Ek.4. (Devamı).

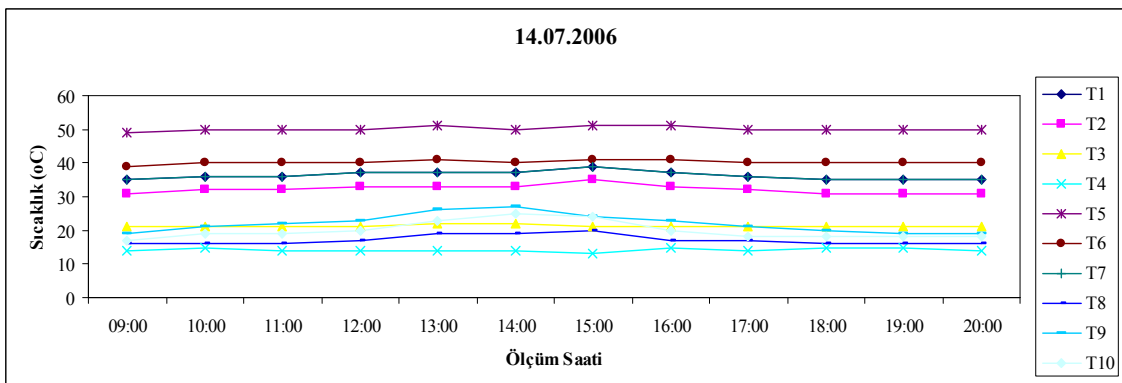
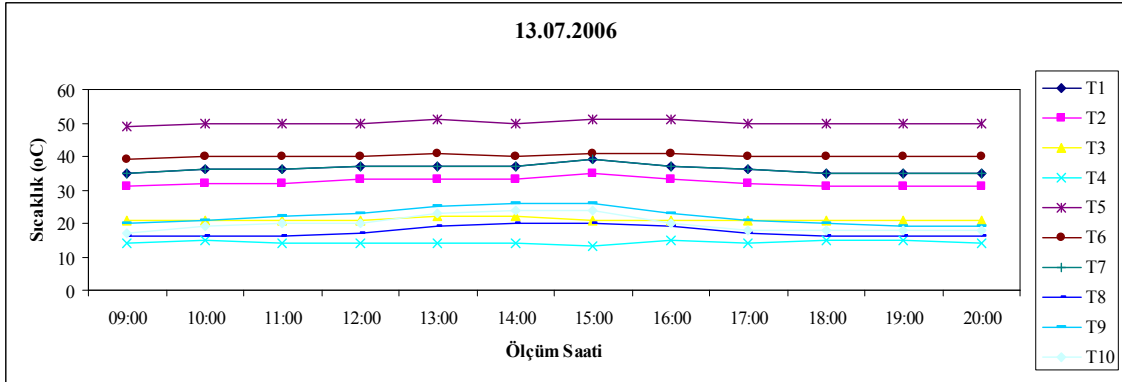
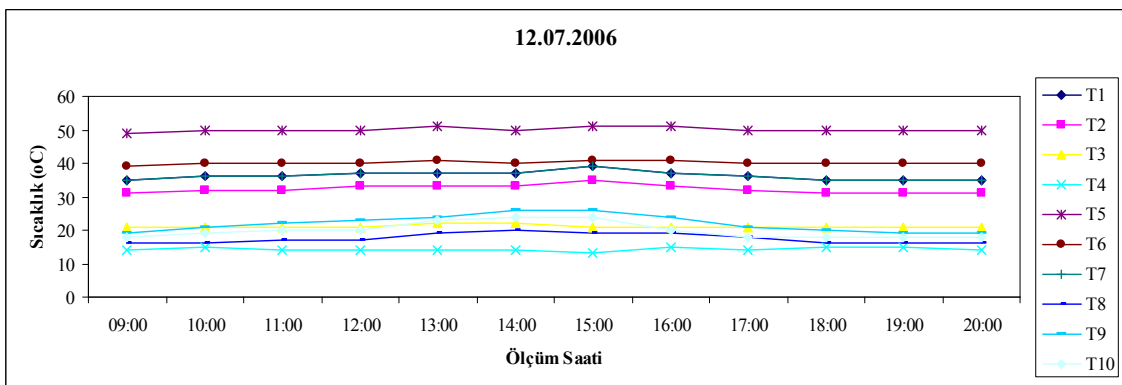
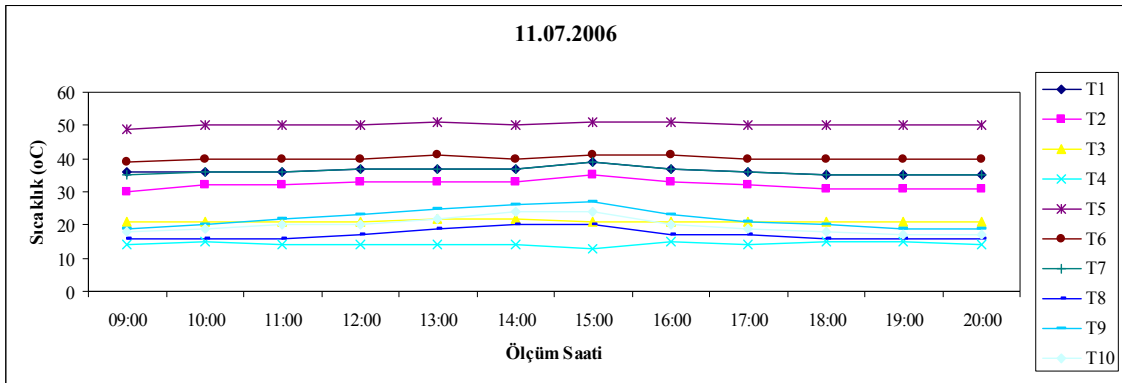




Ek.4. (Devamı).

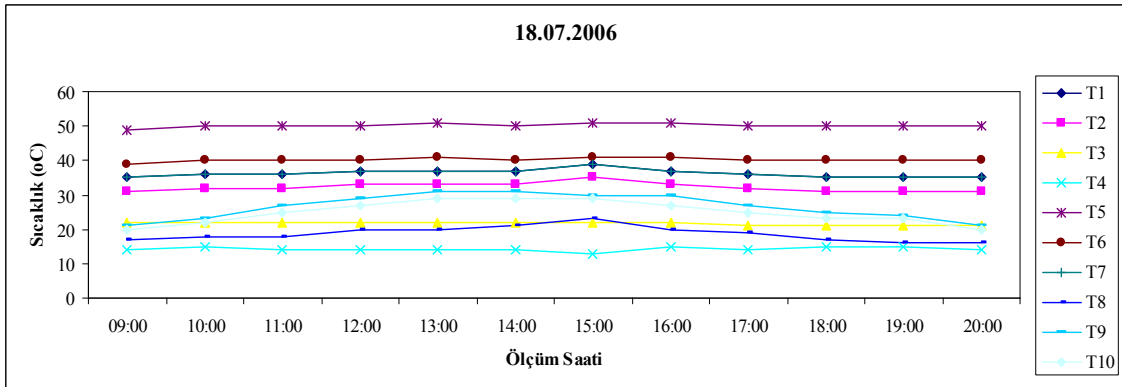
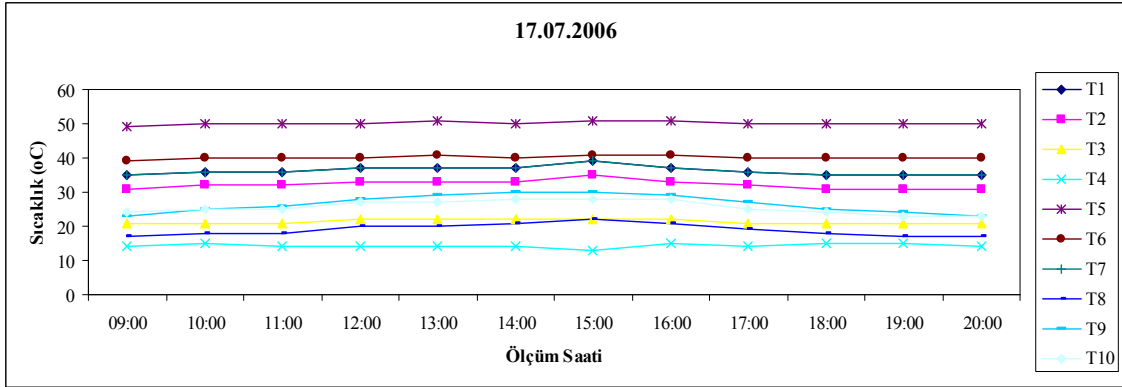
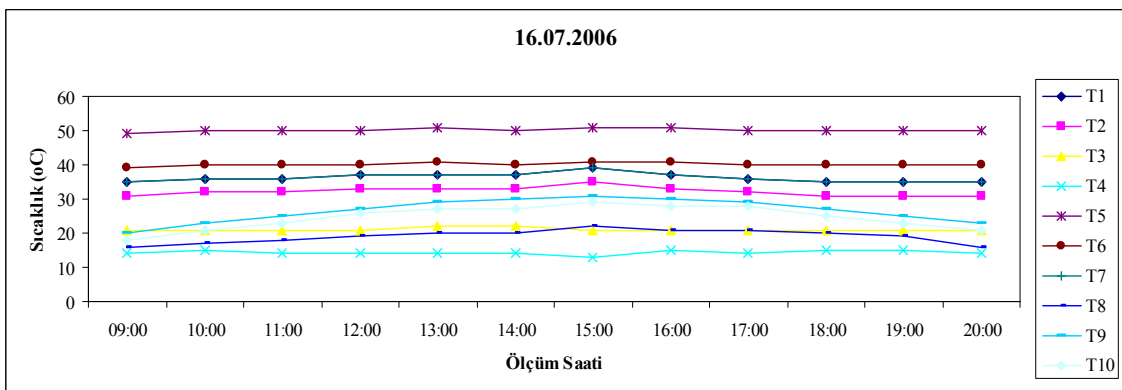
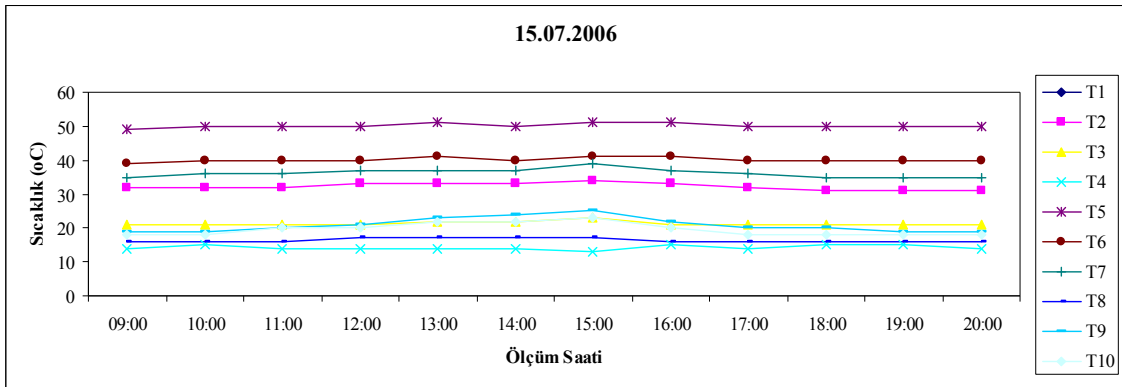


Ek.4. (Devamı).

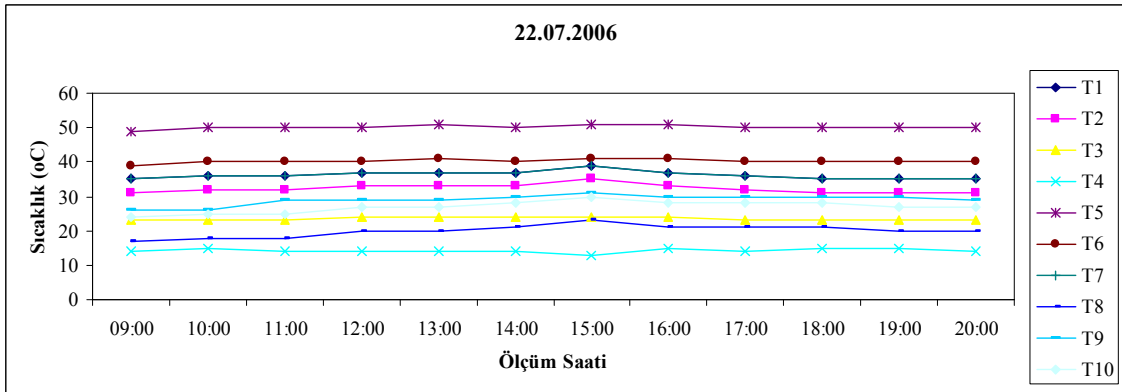
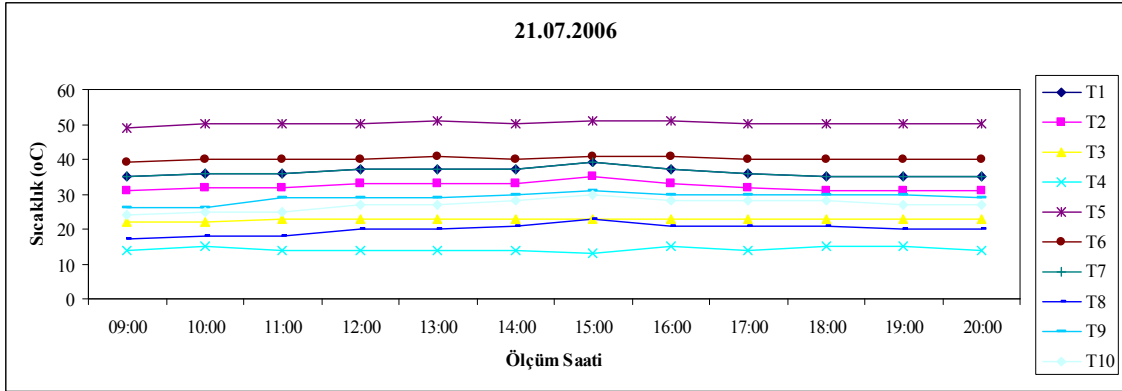
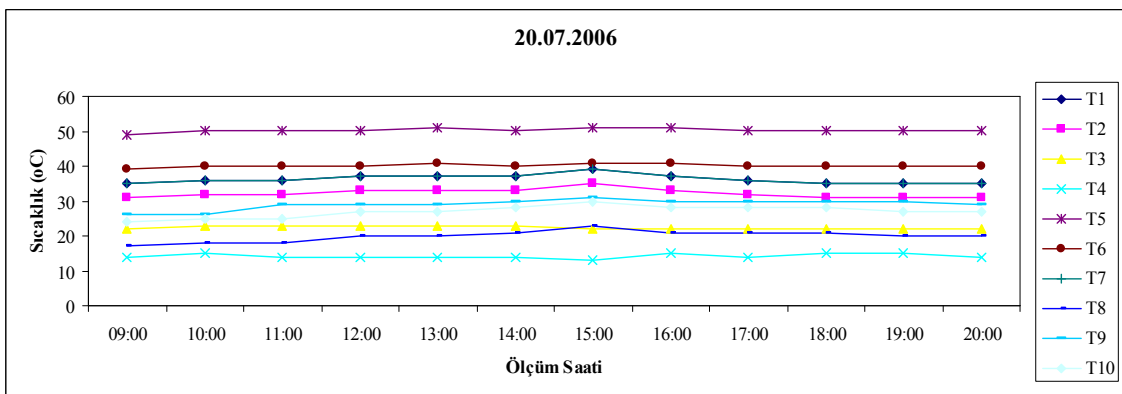
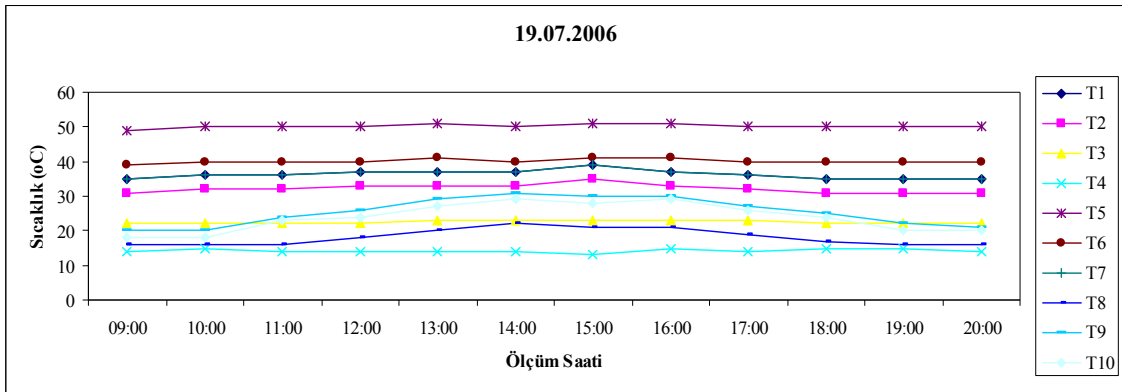


Ek.4. (Devamı).

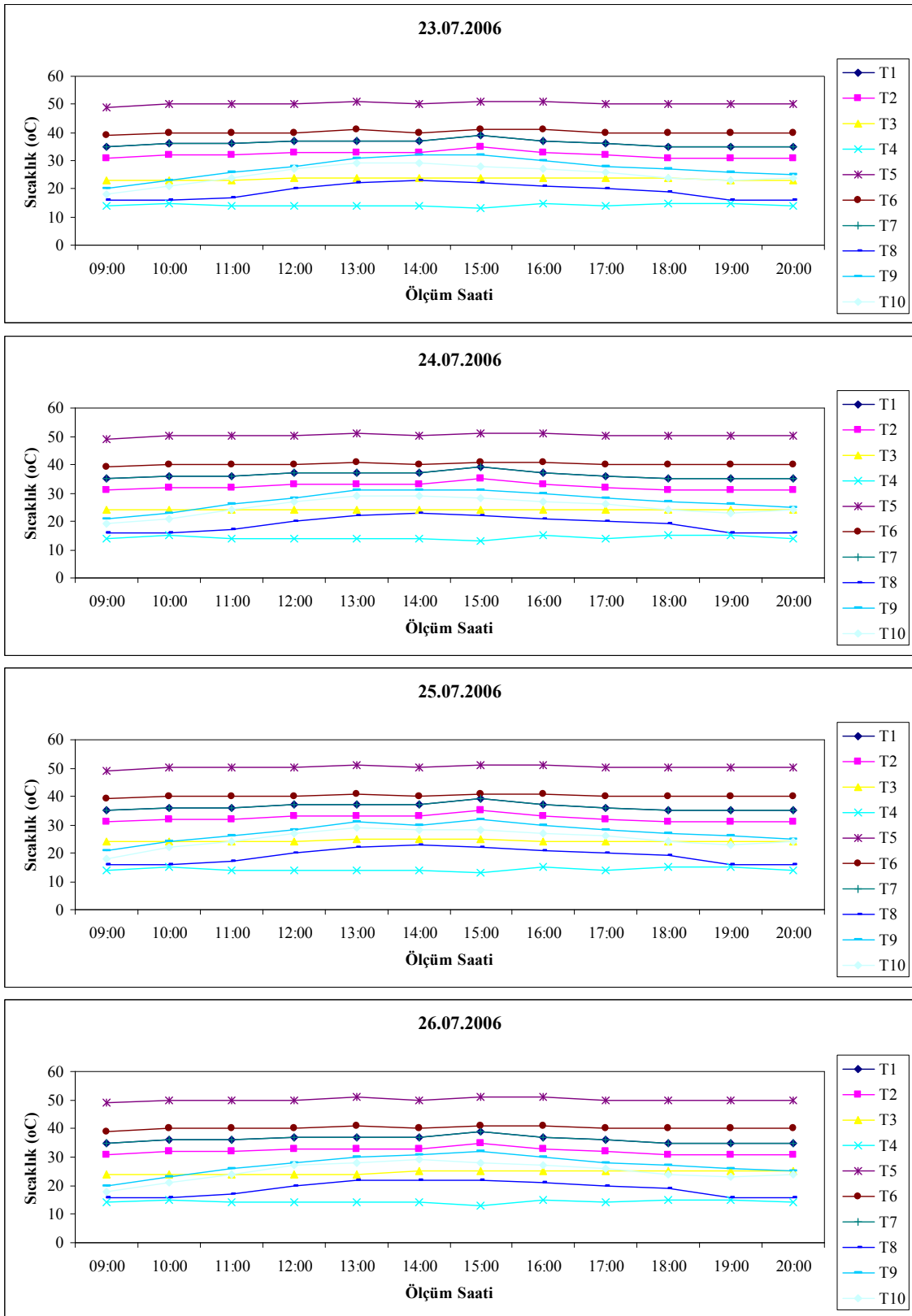




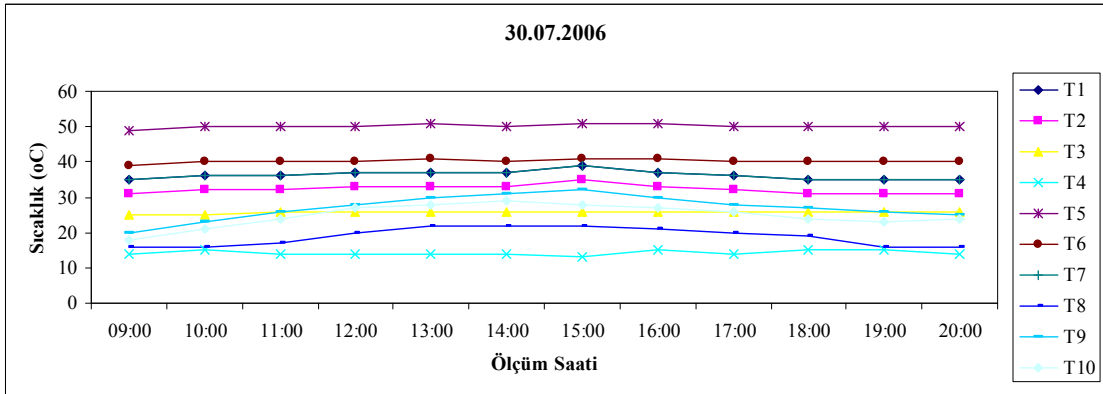
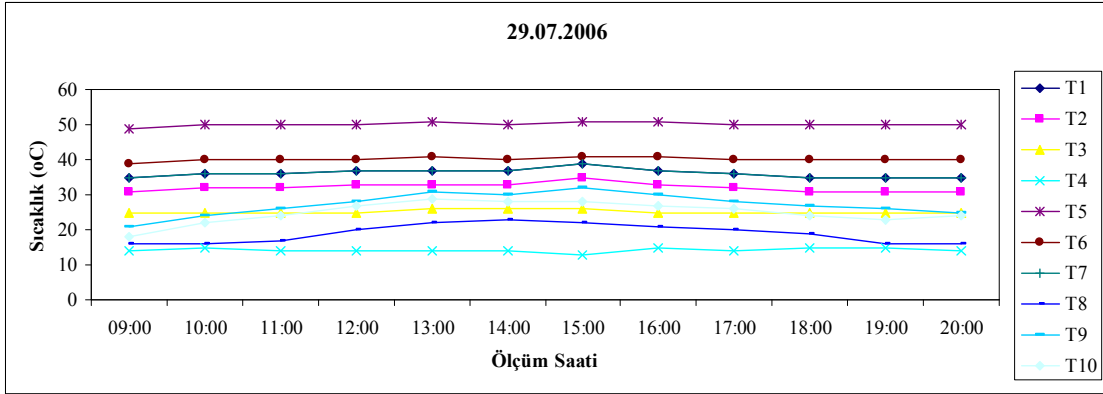
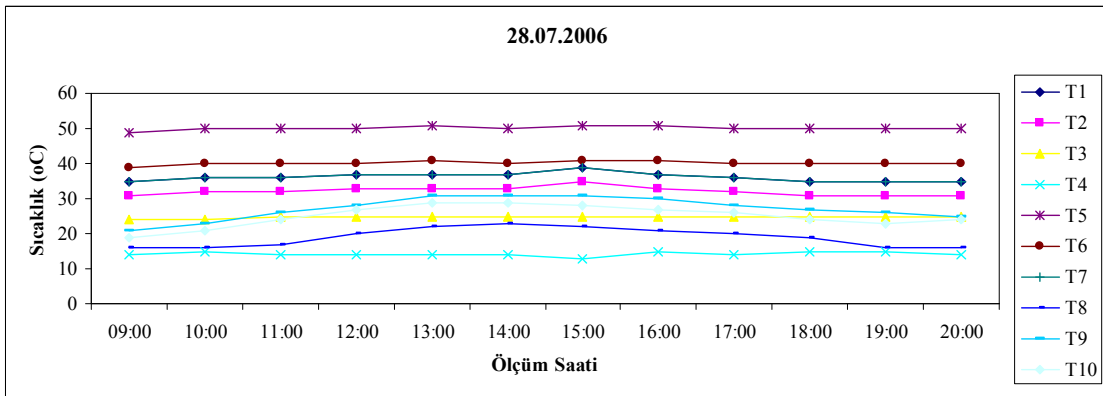
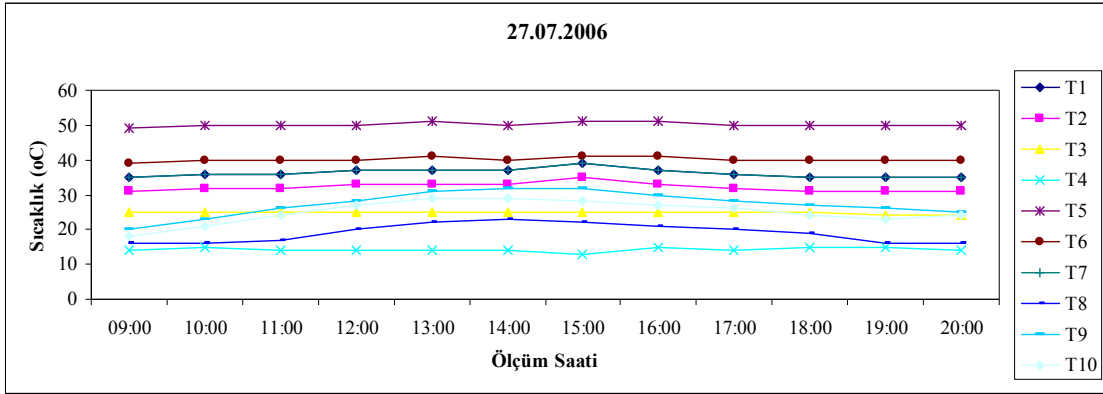
Ek.4. (Devamı).



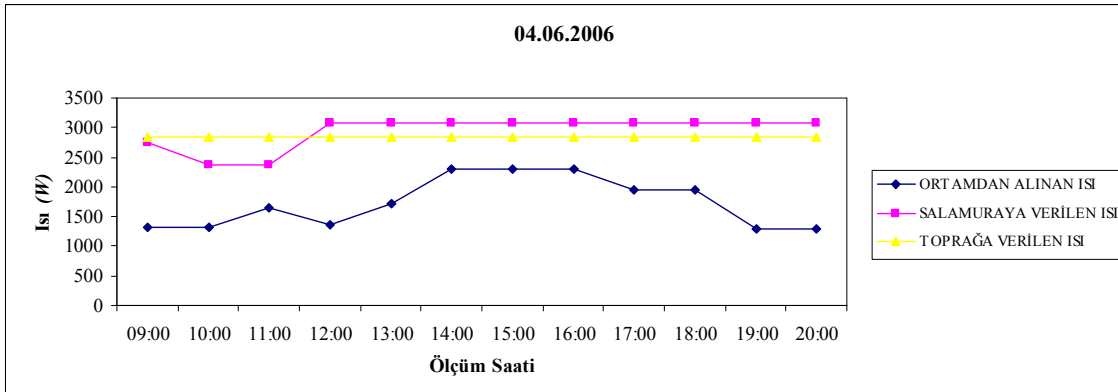
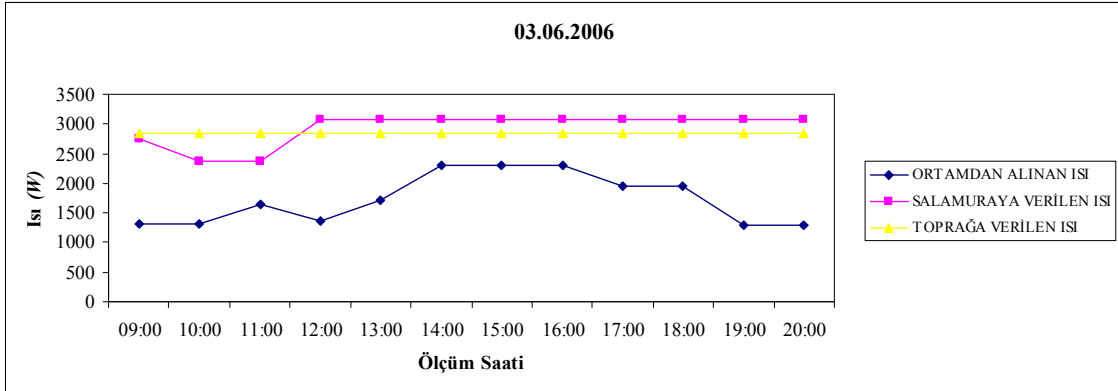
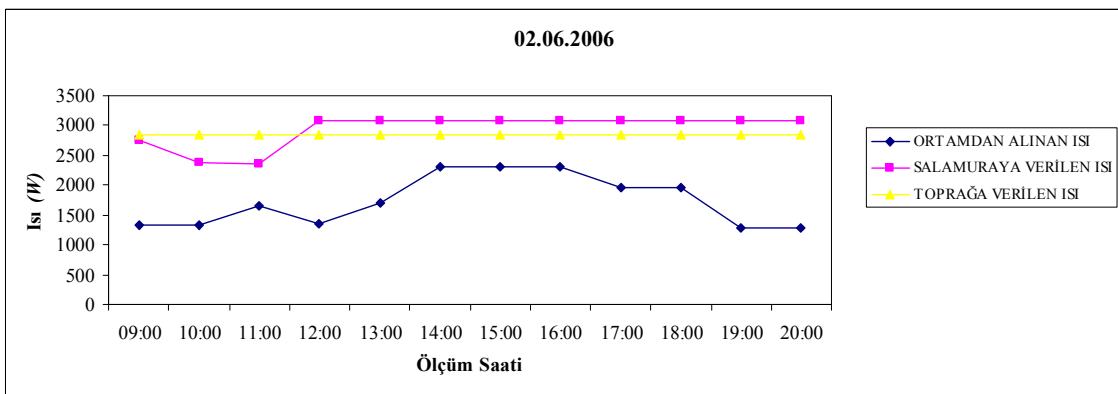
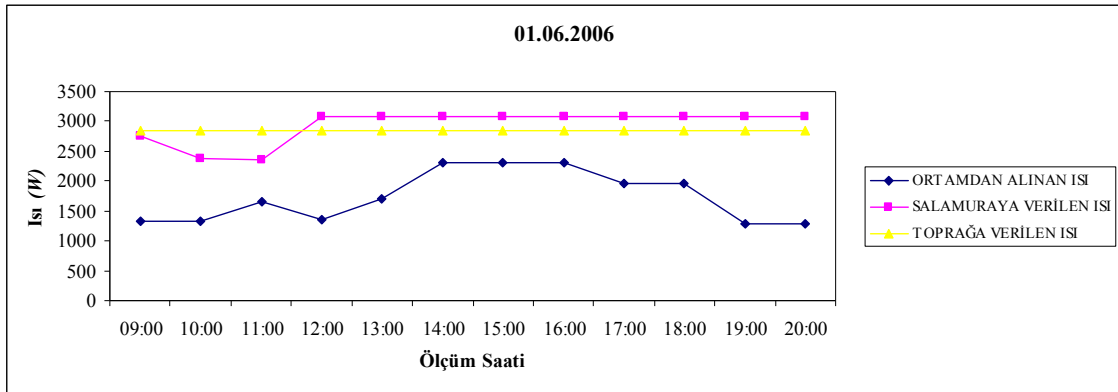
Ek.4. (Devamı).



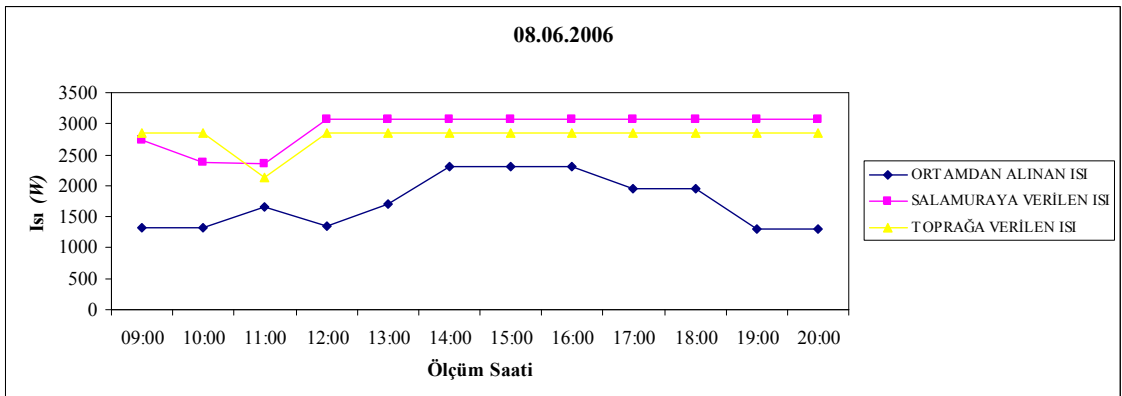
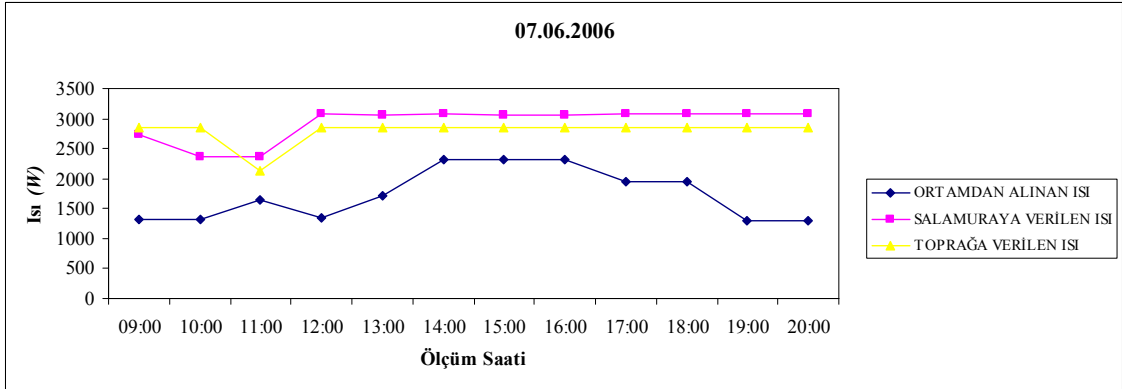
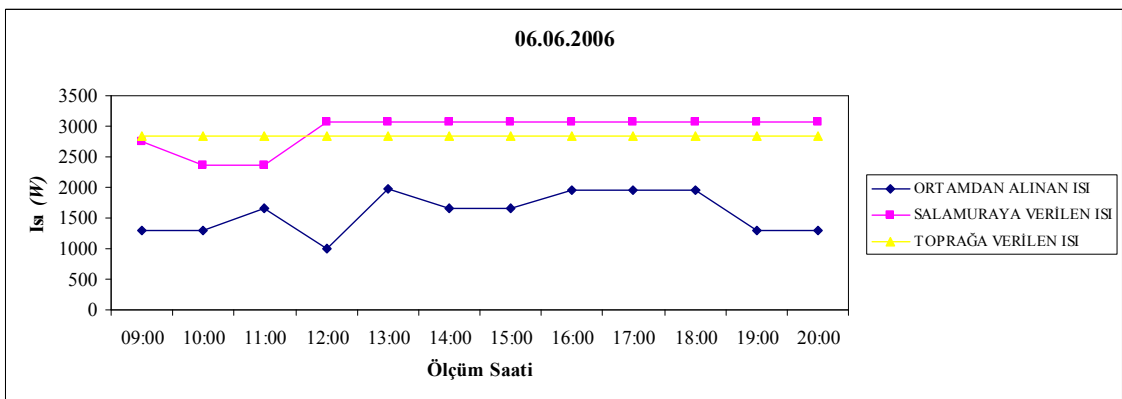
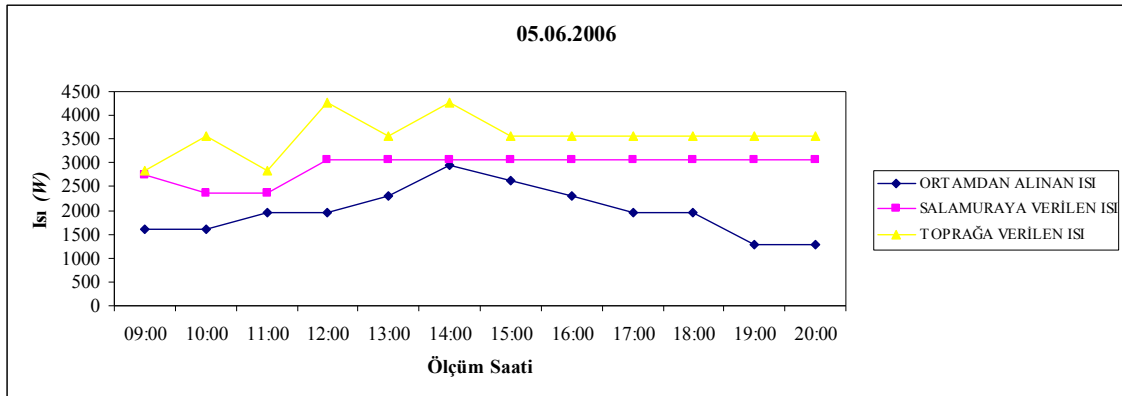
Ek.4. (Devamı).

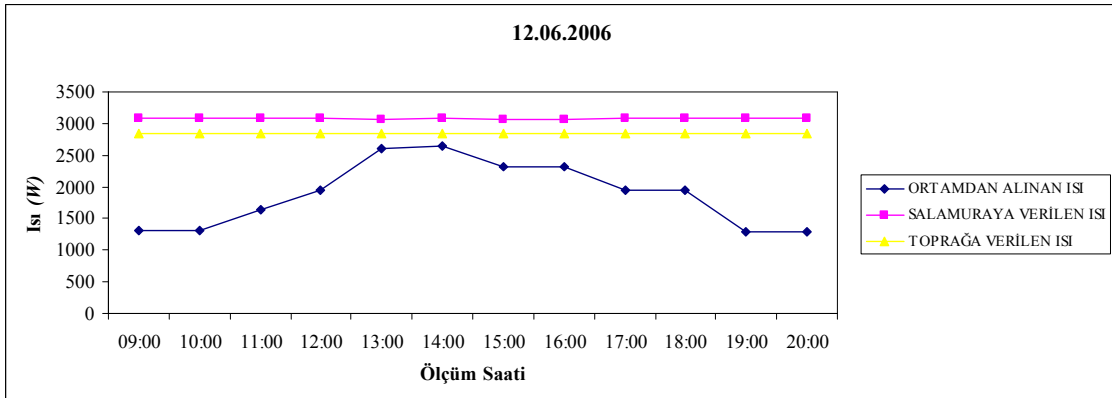
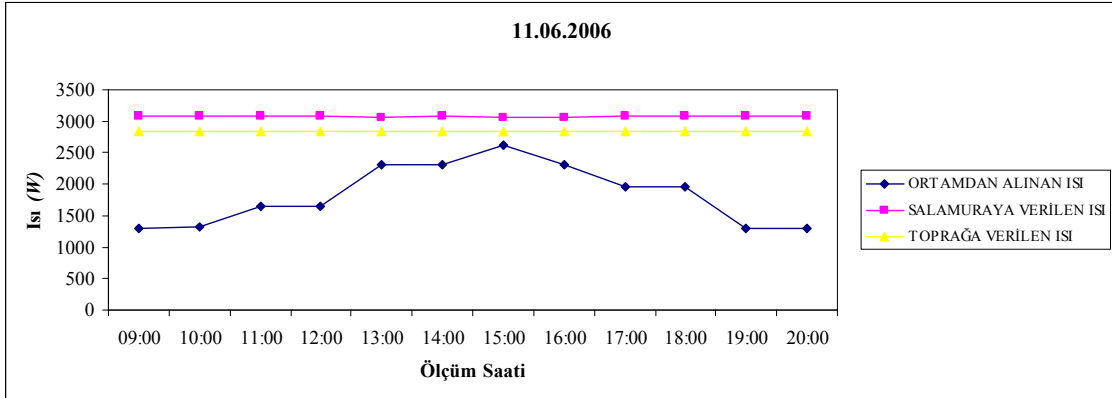
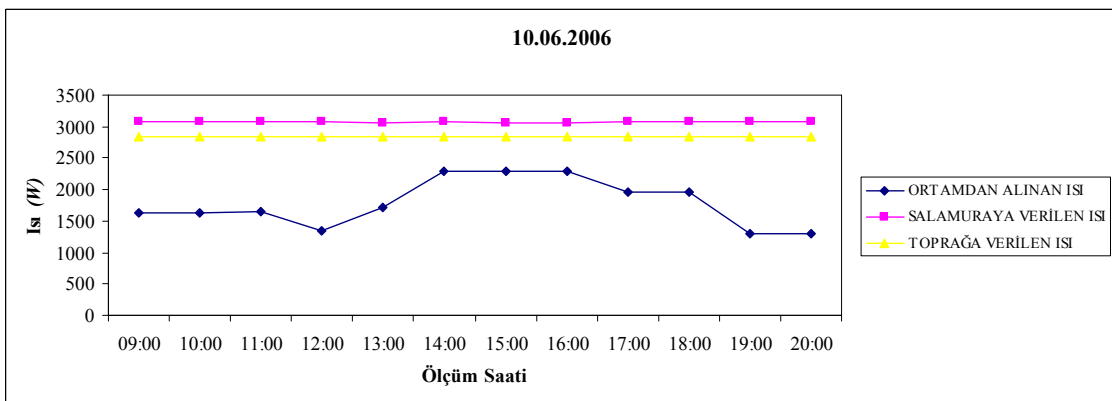
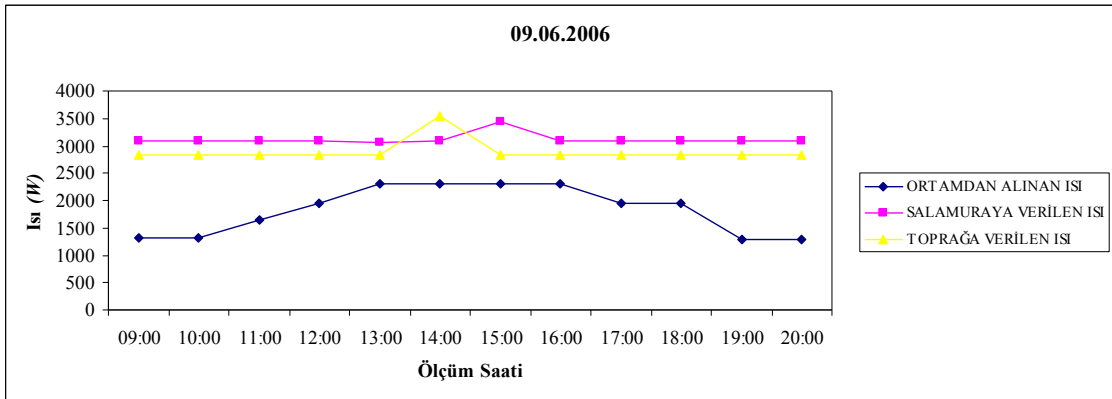


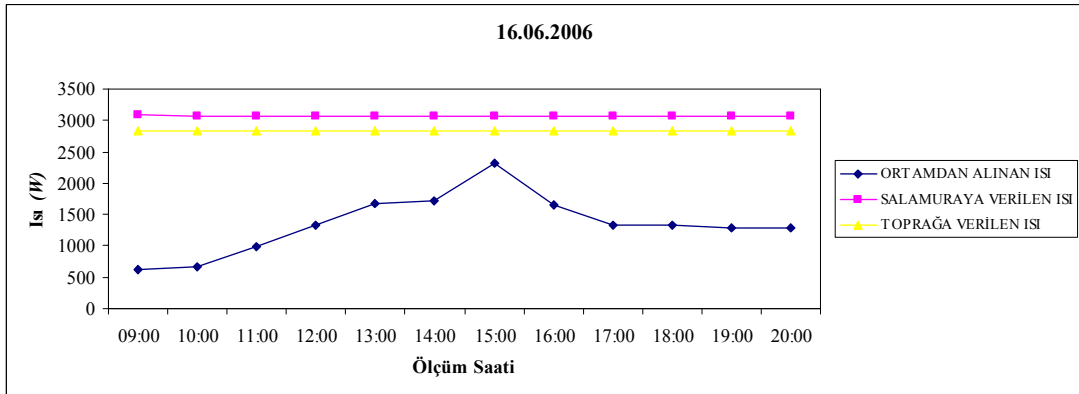
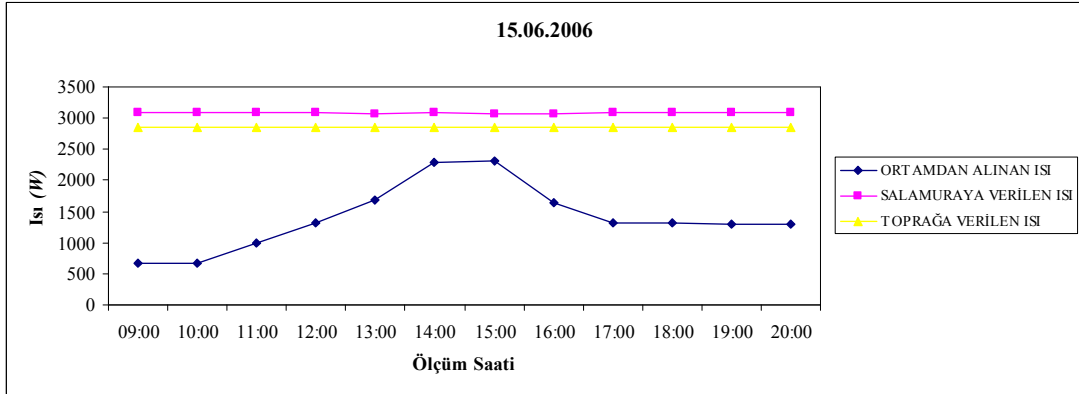
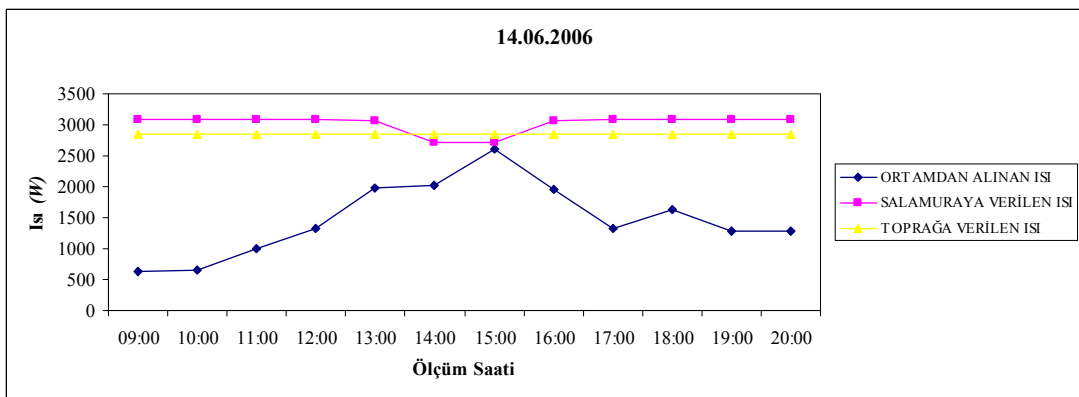
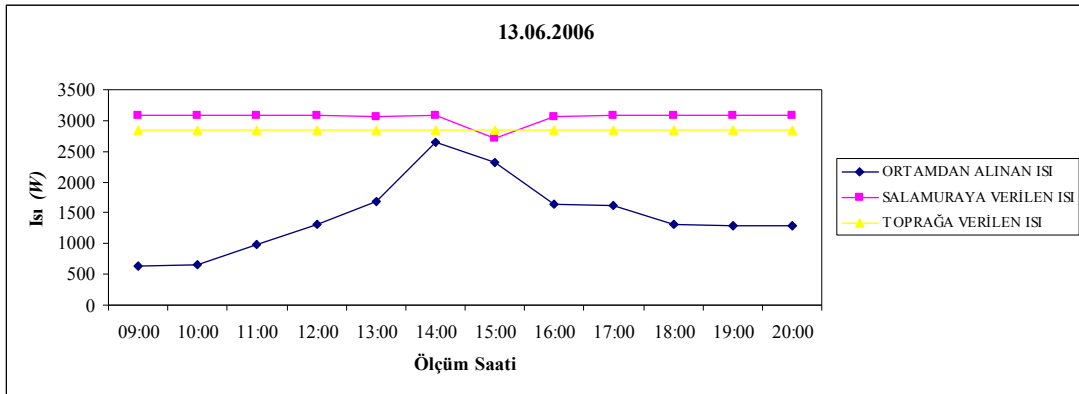
Ek.4. (Devamı).



**Ek.5.** 01.06.2006 ve 30.01.2006 tarihleri arasındaki hesaplanan ısı değerleri

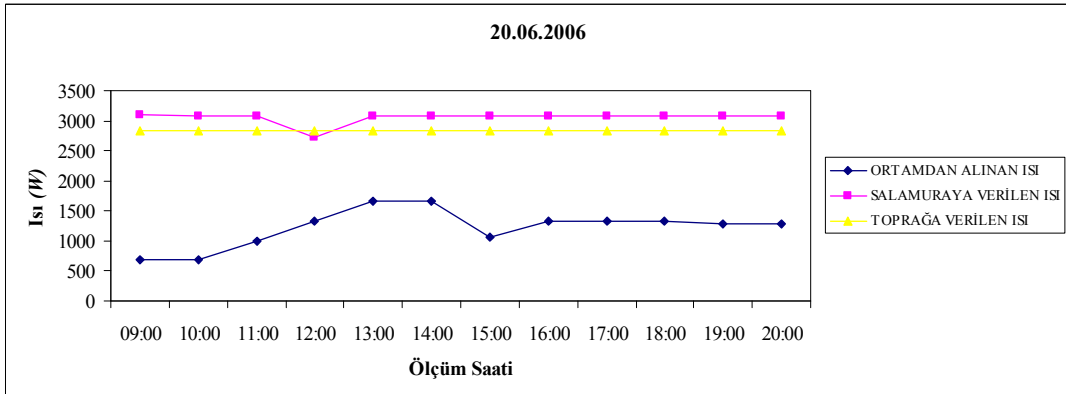
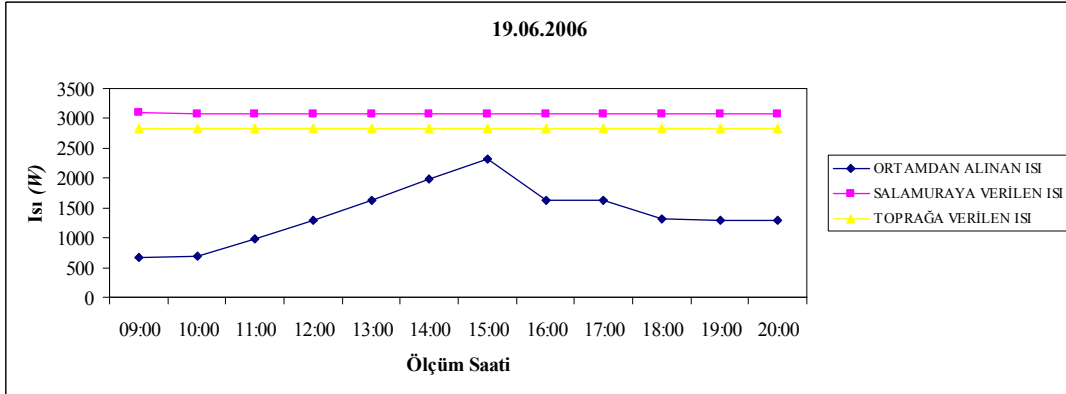
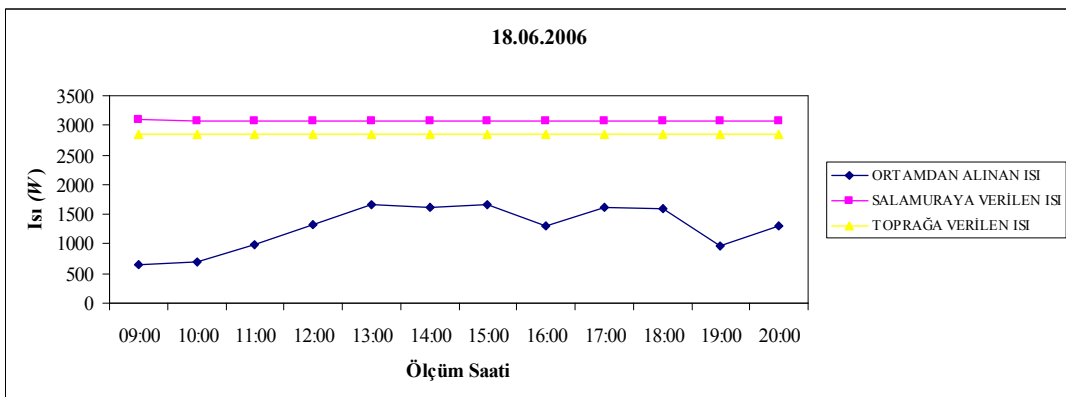
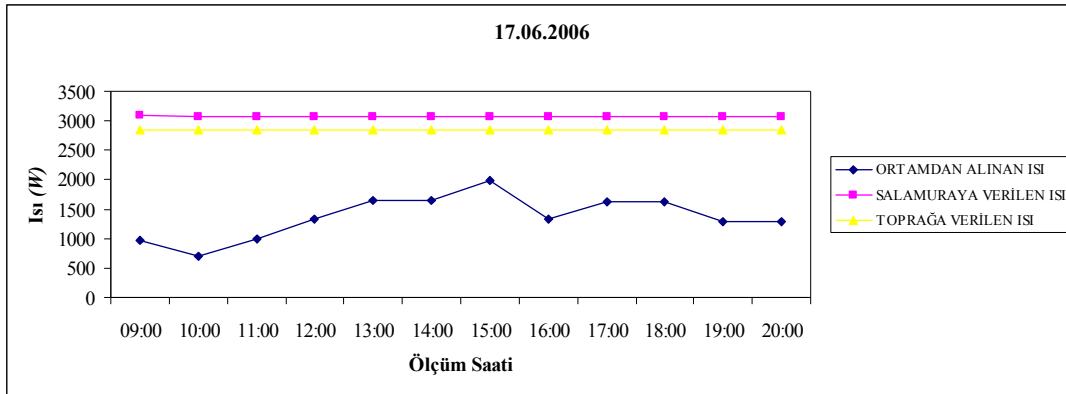




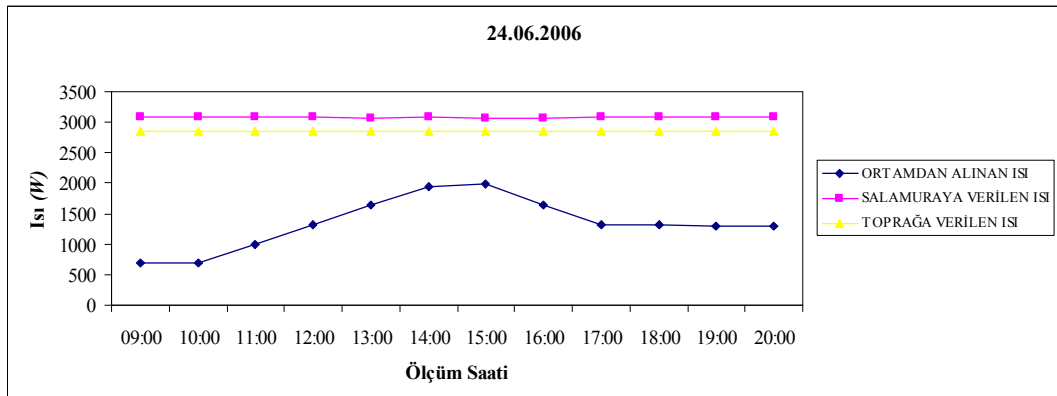
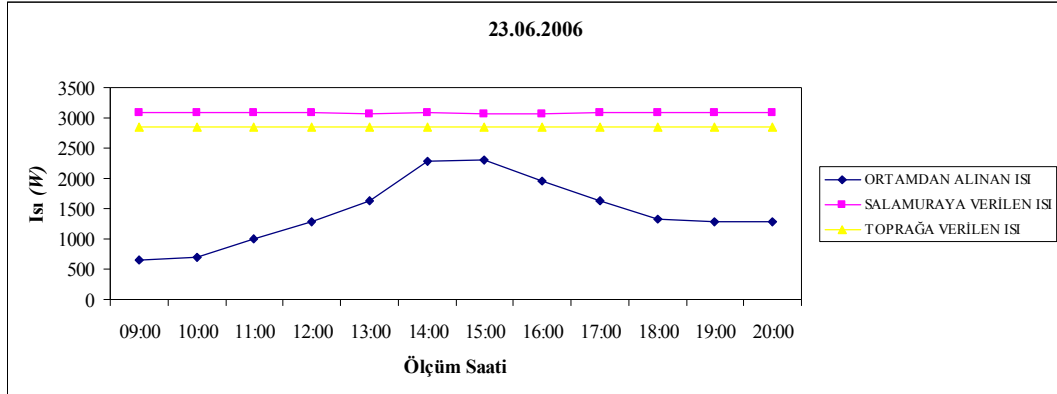
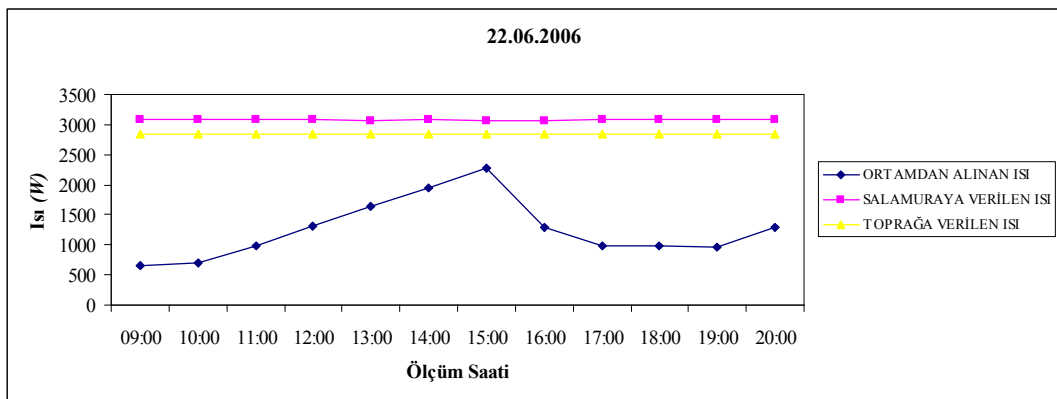
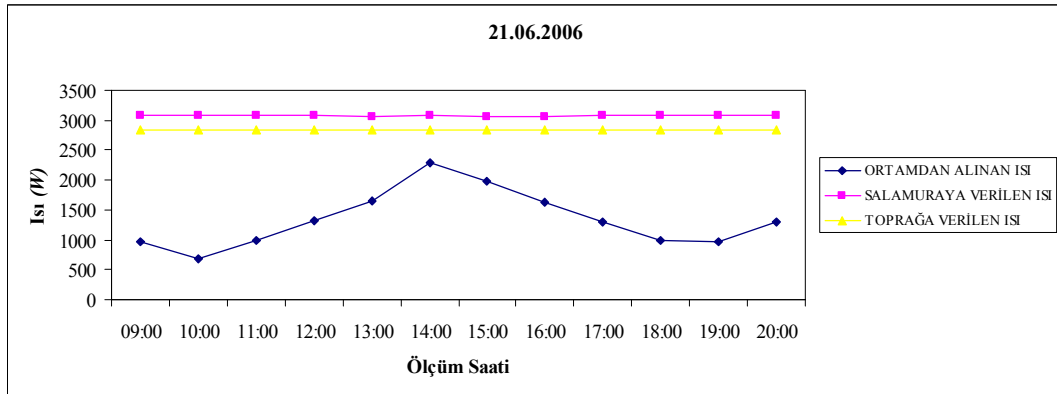


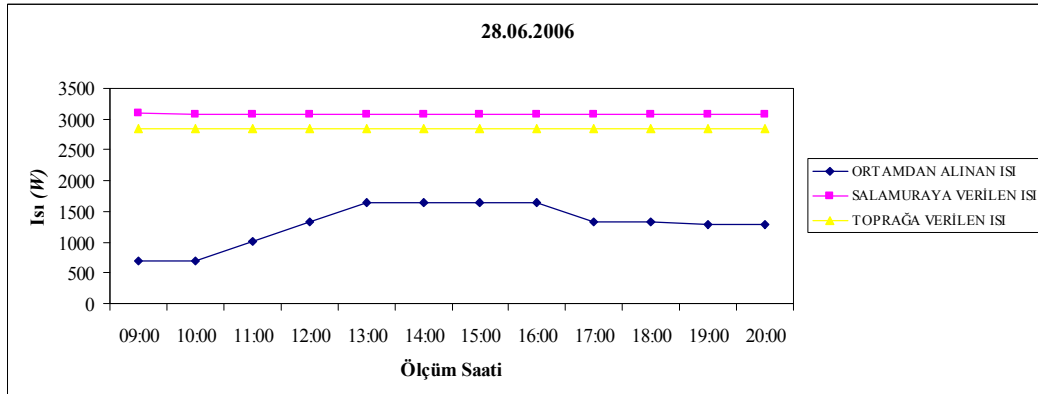
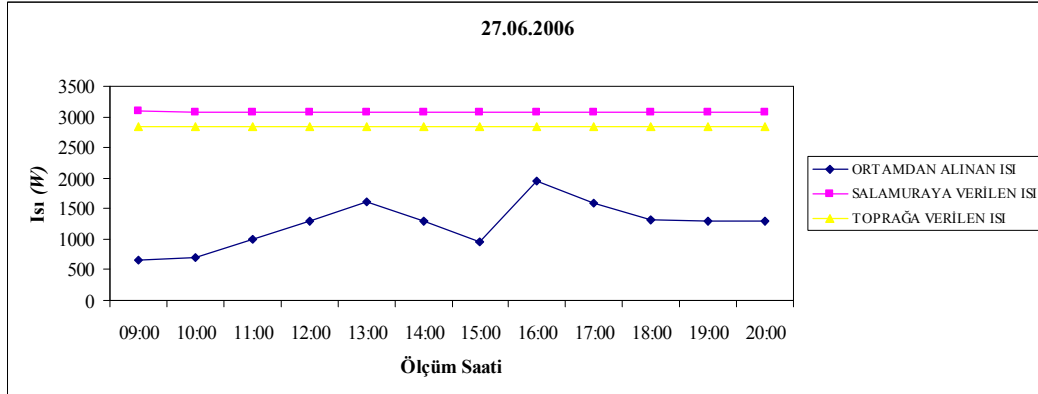
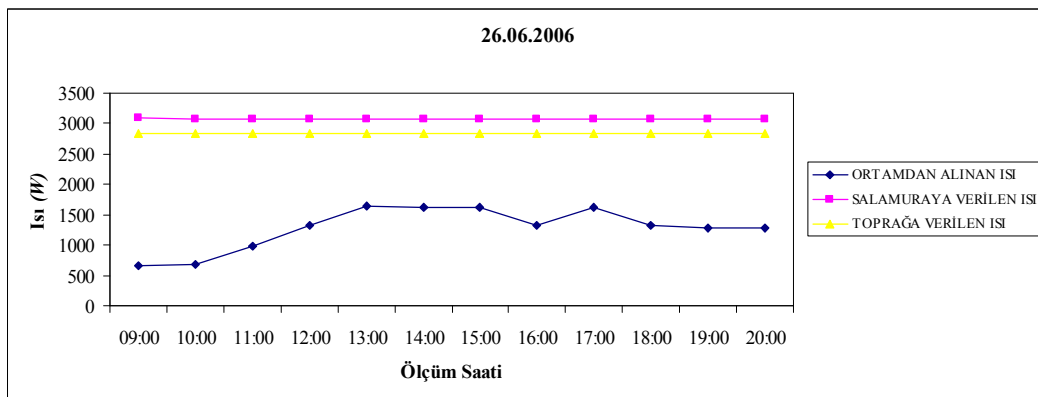
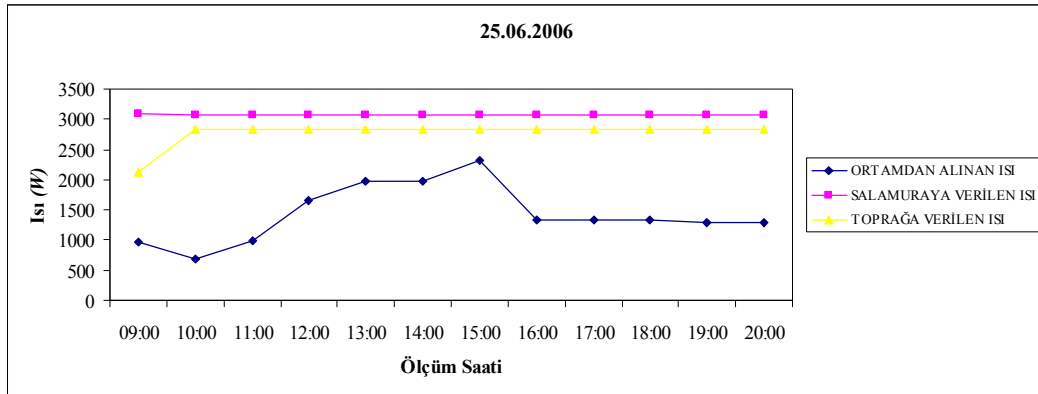
Ek.5. (Devamı)

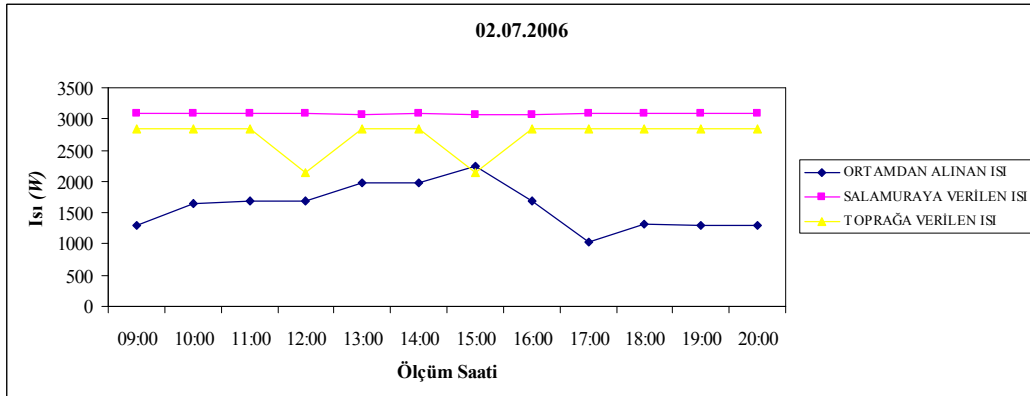
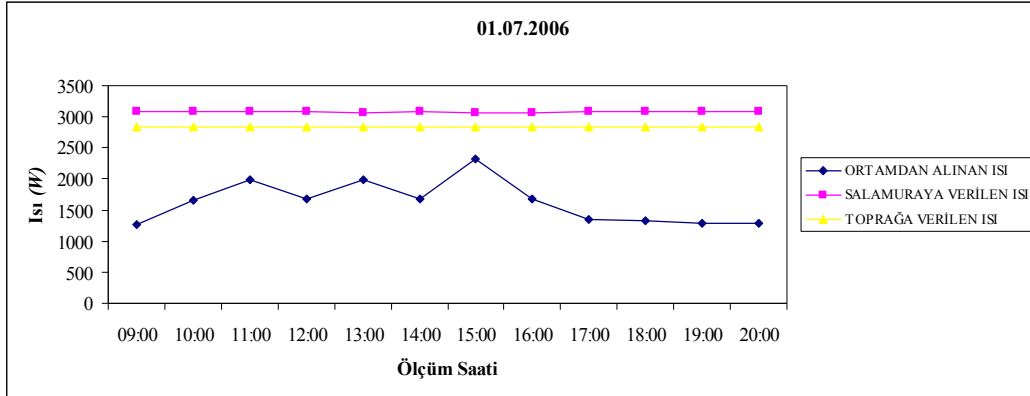
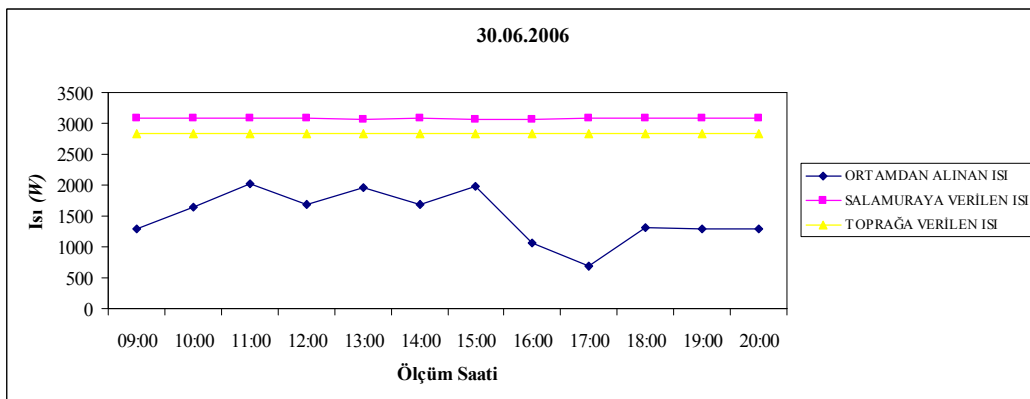
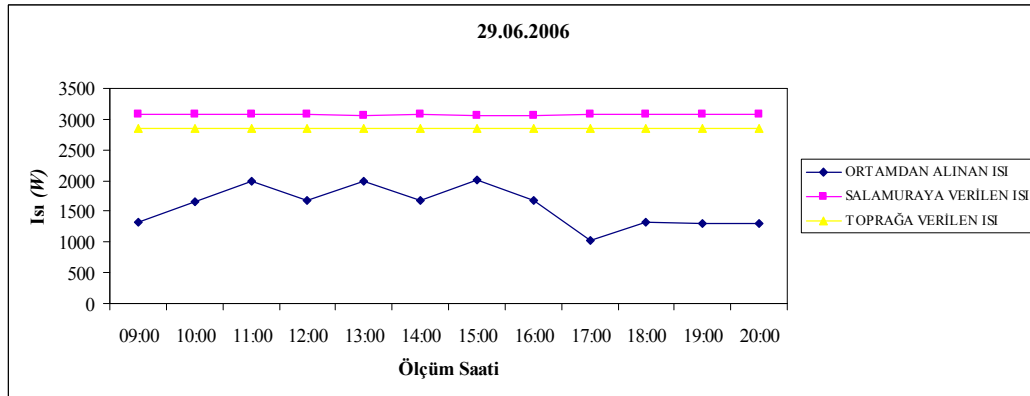


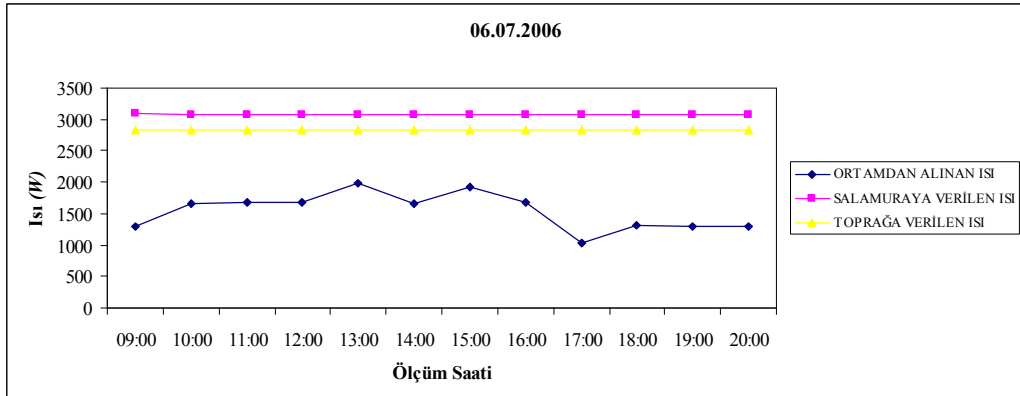
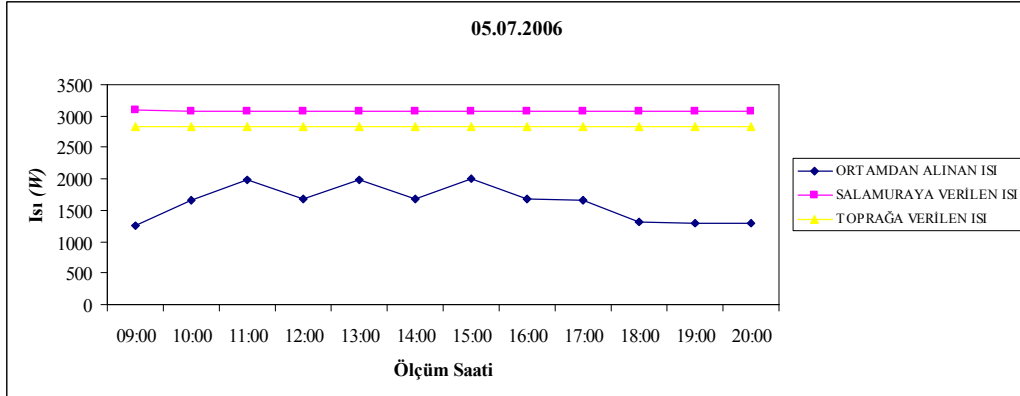
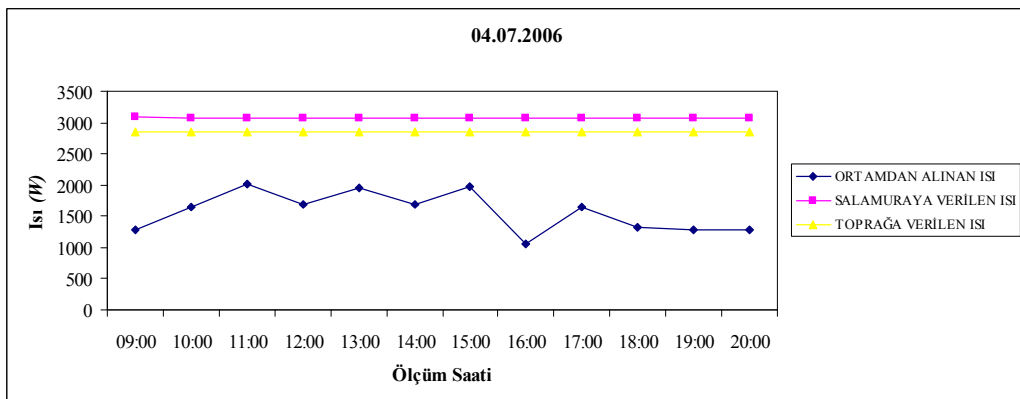
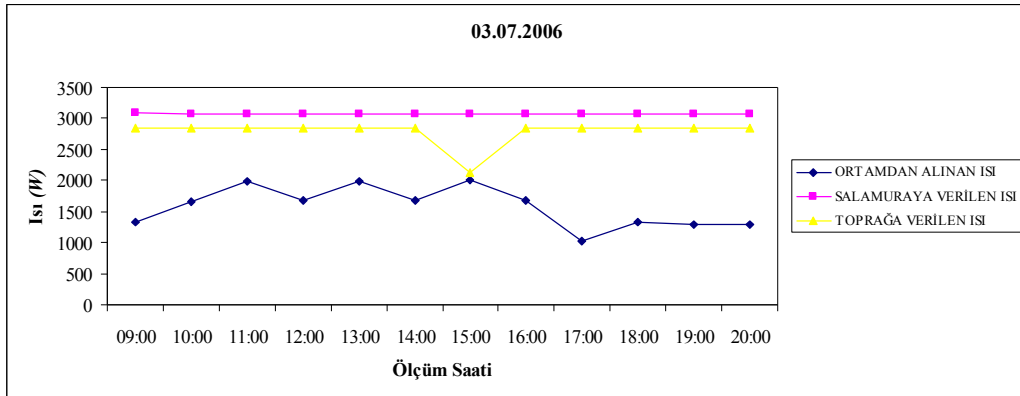


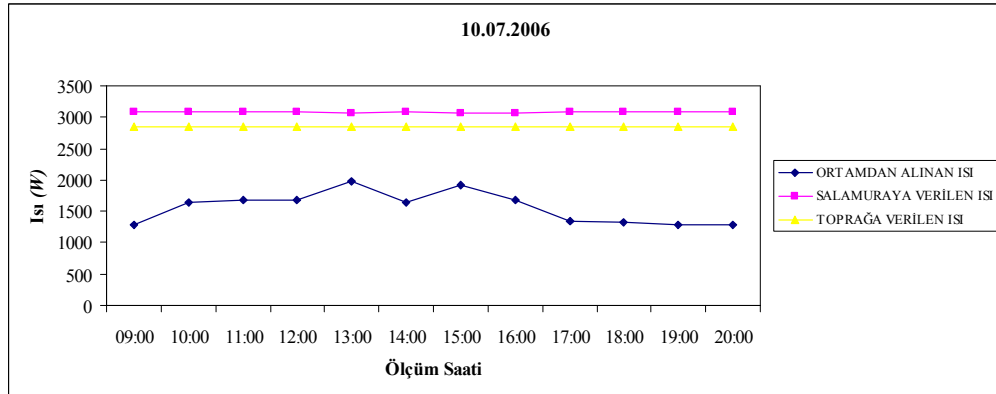
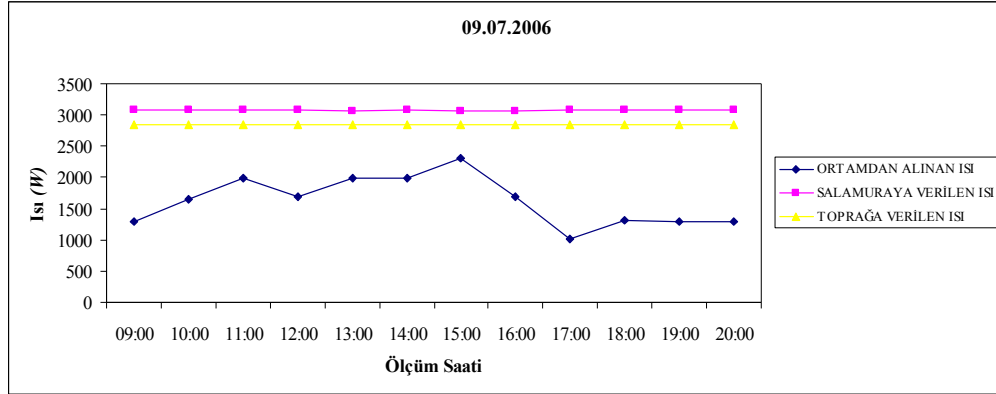
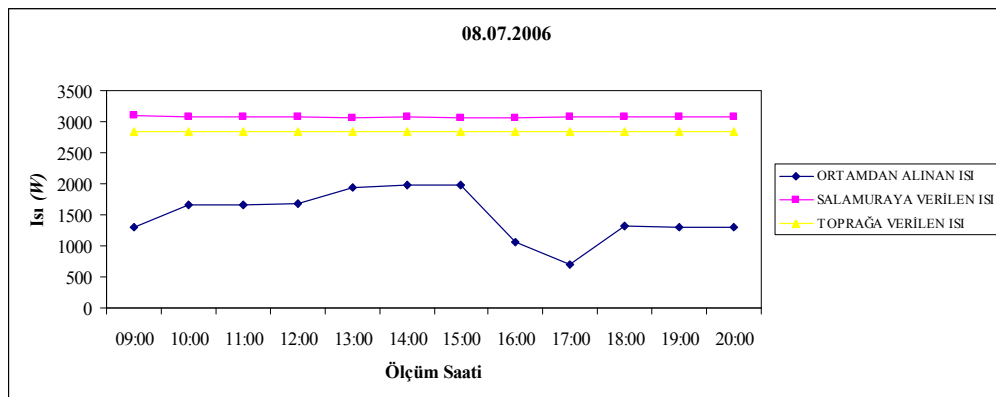
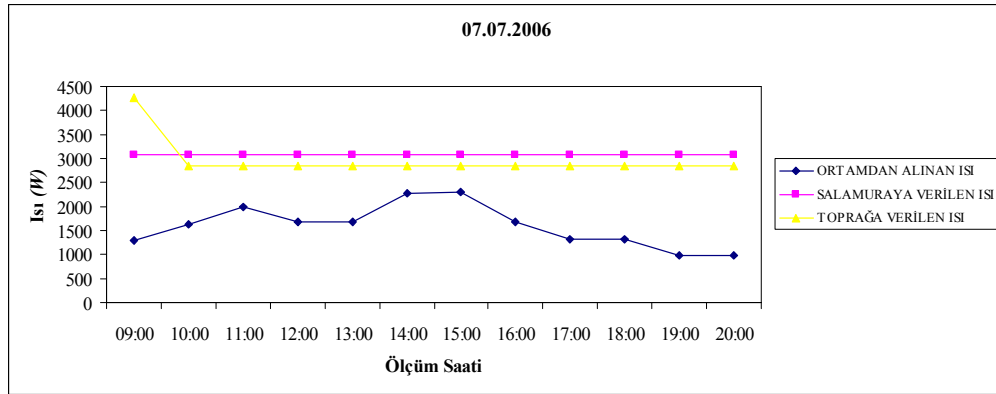
Ek.5. (Devamı)

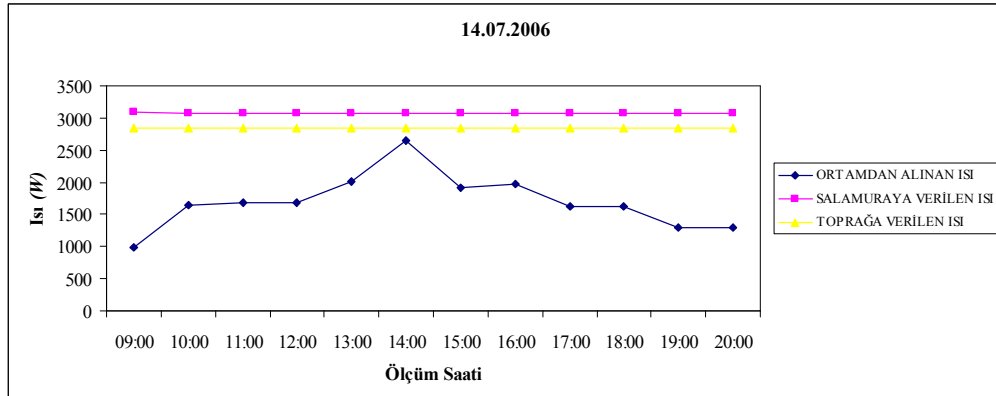
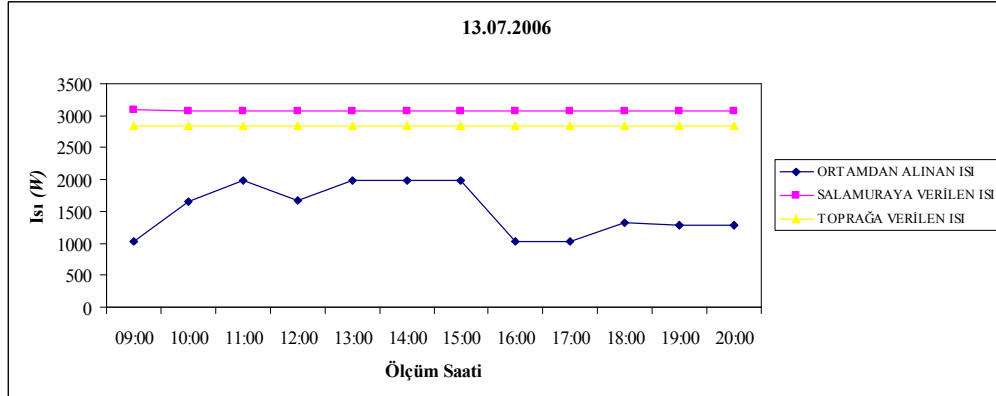
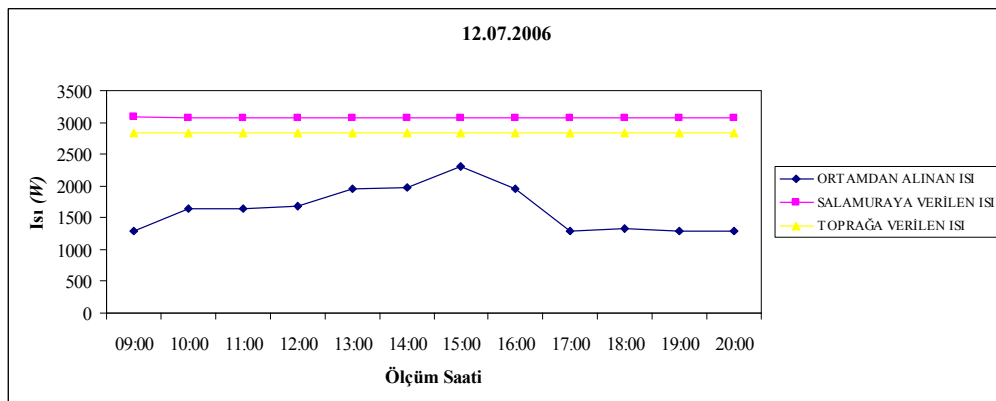
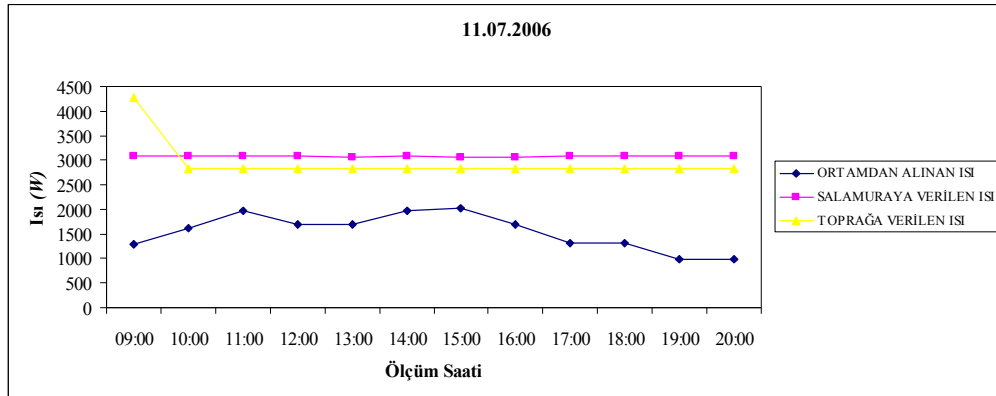


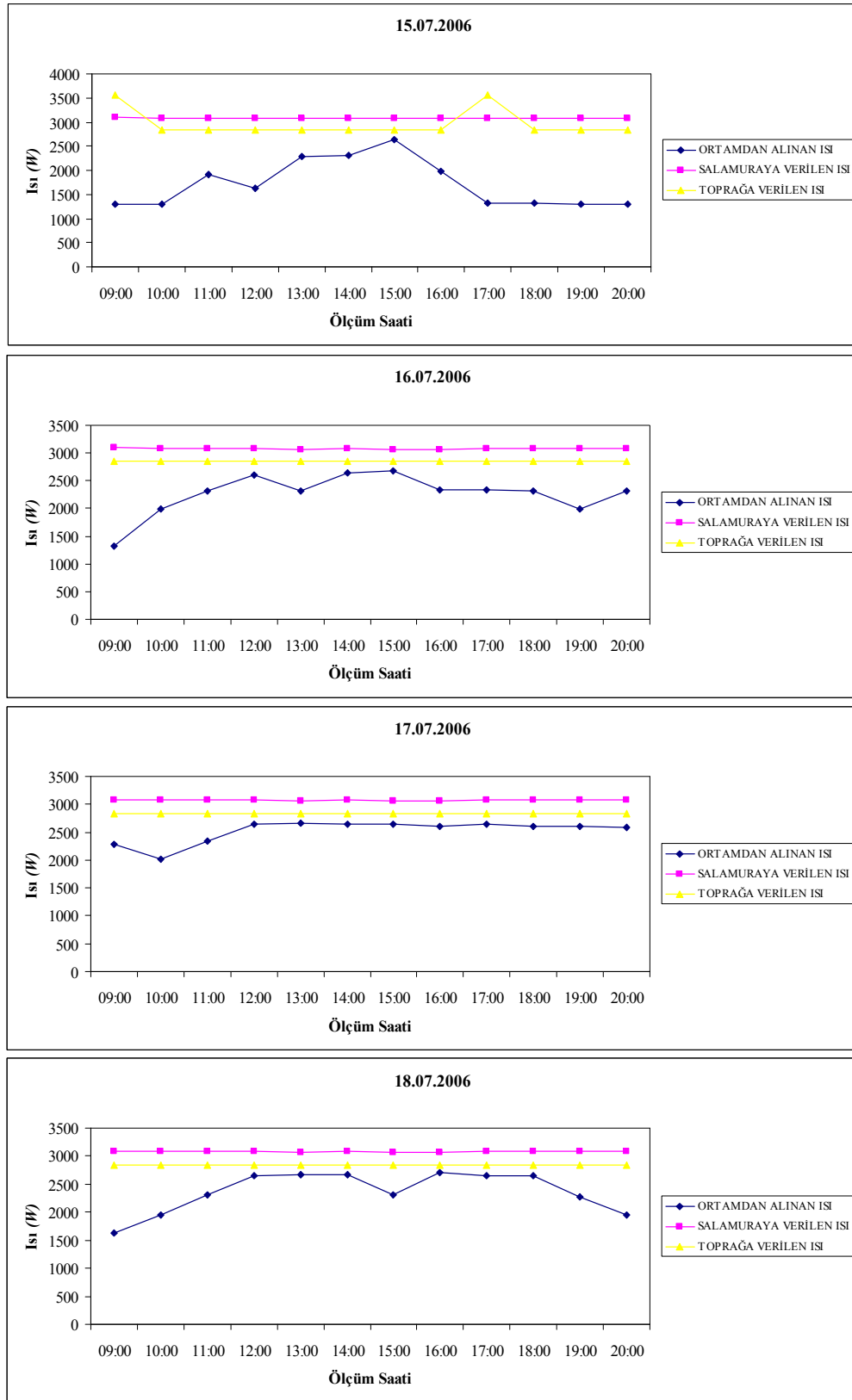






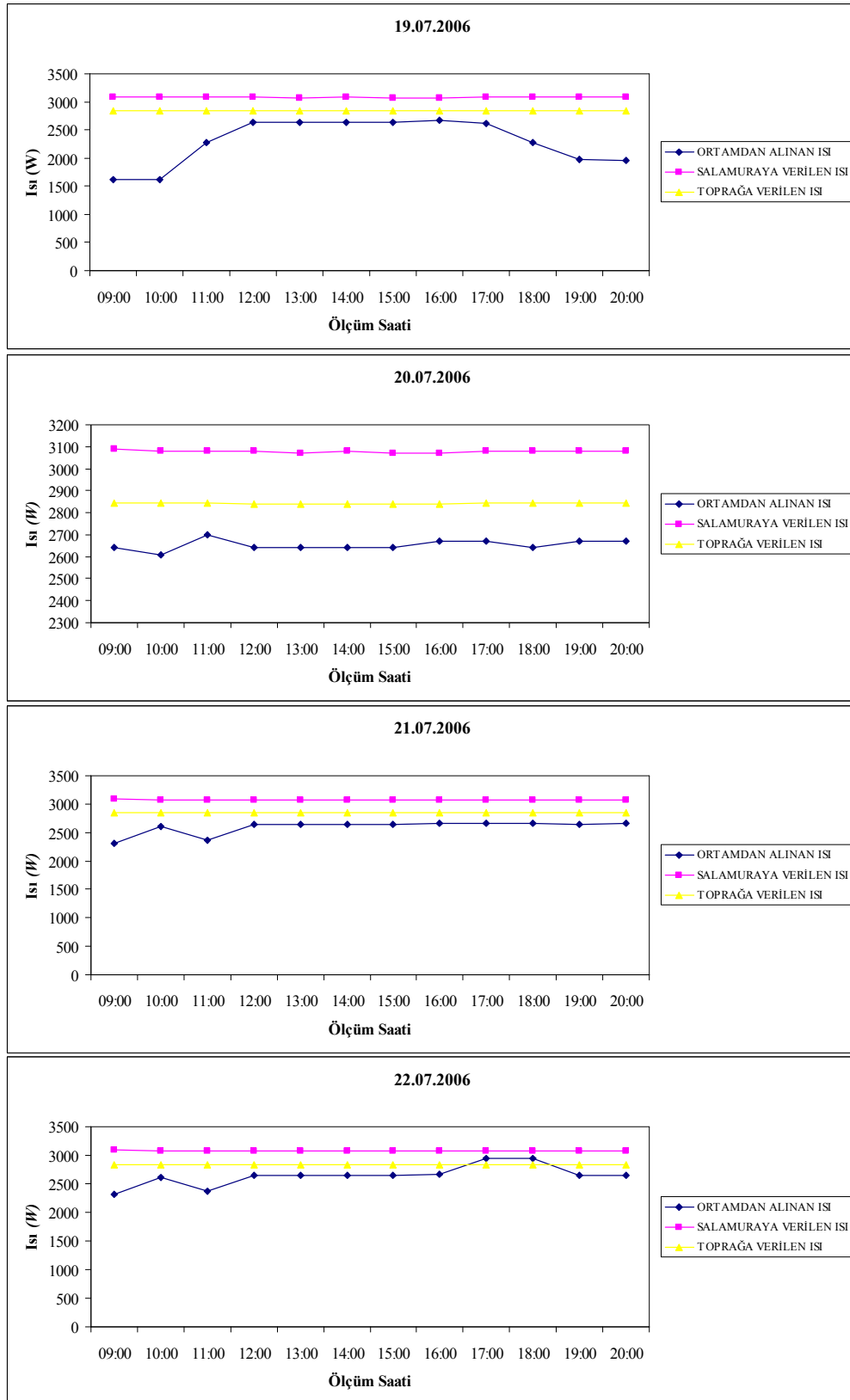


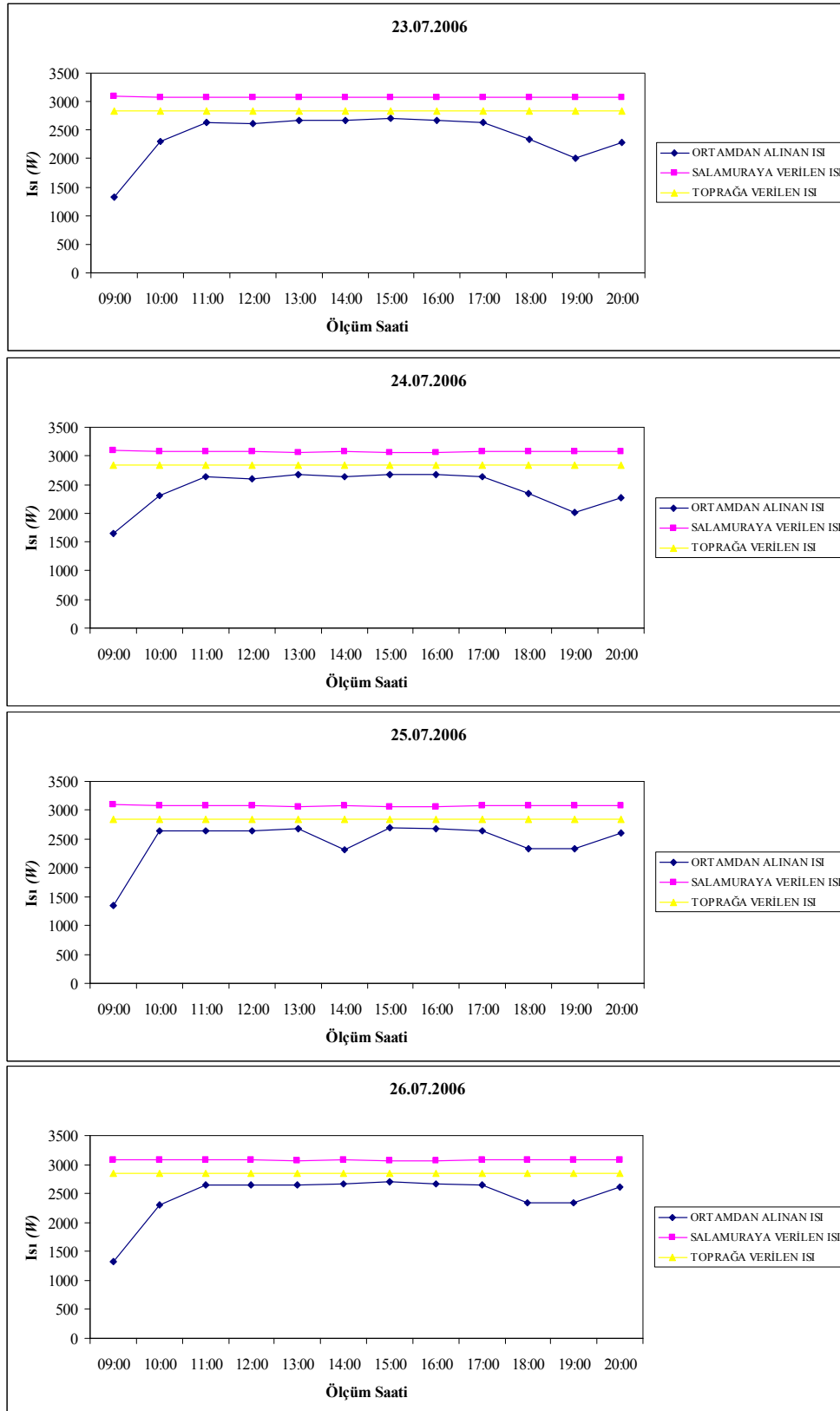




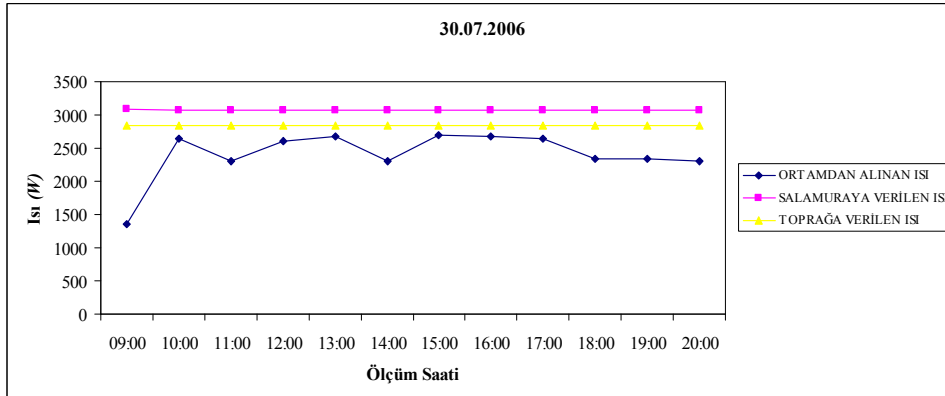
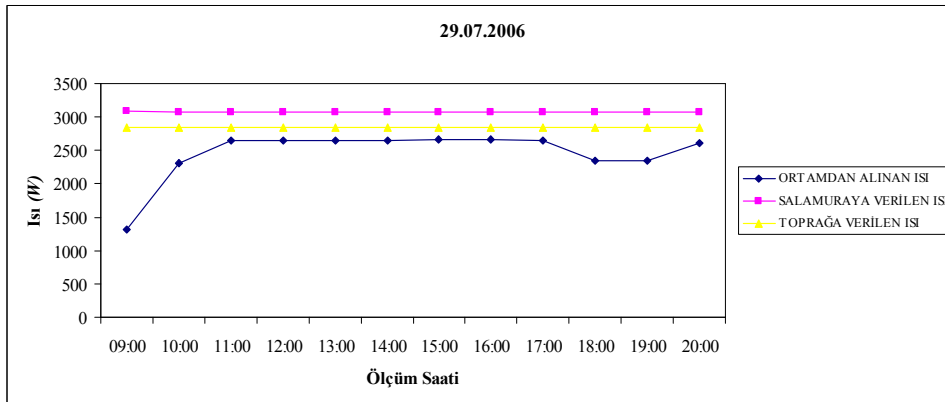
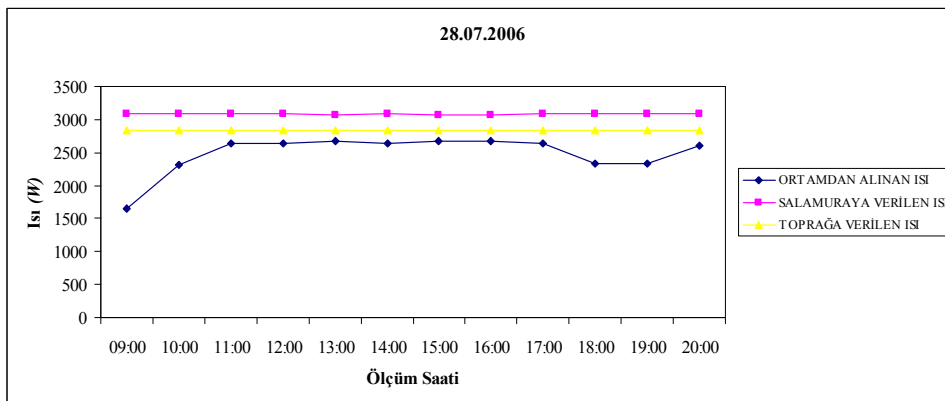
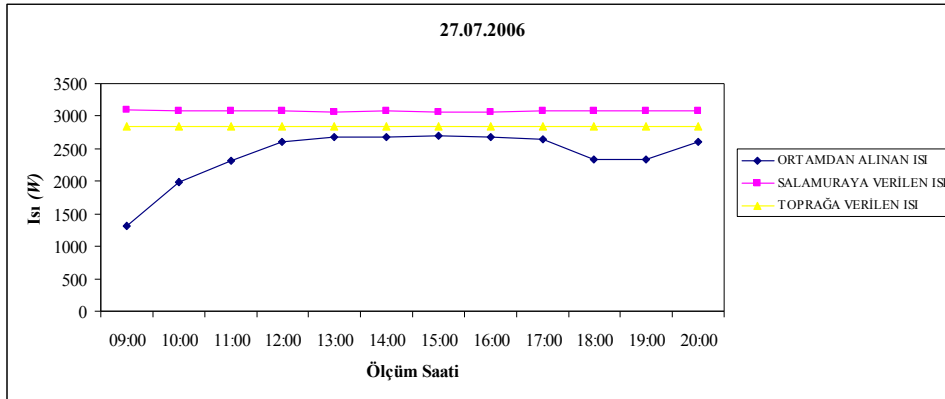
Ek.5. (Devamı)

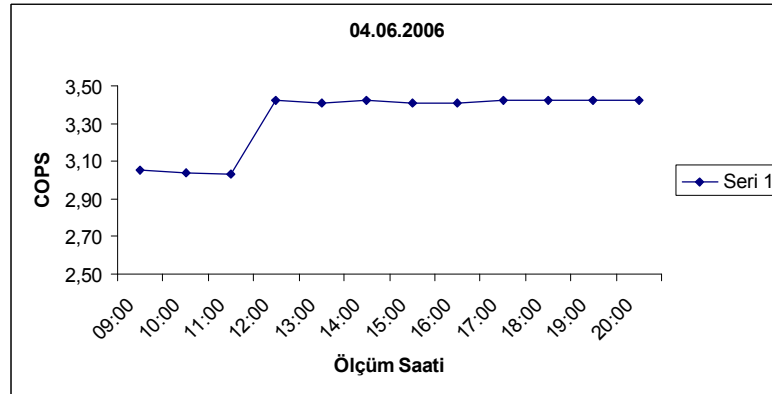
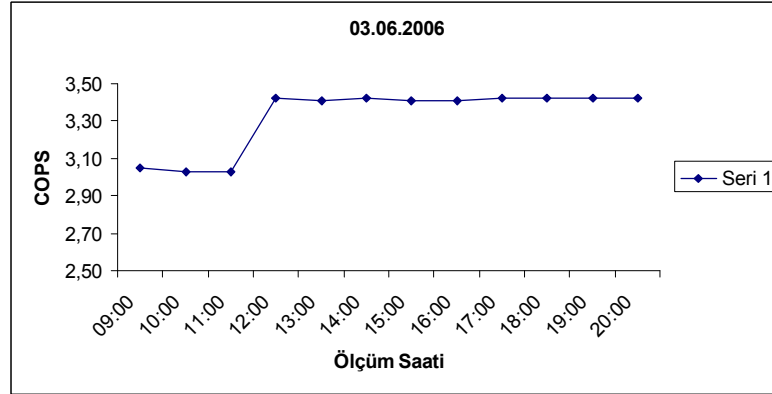
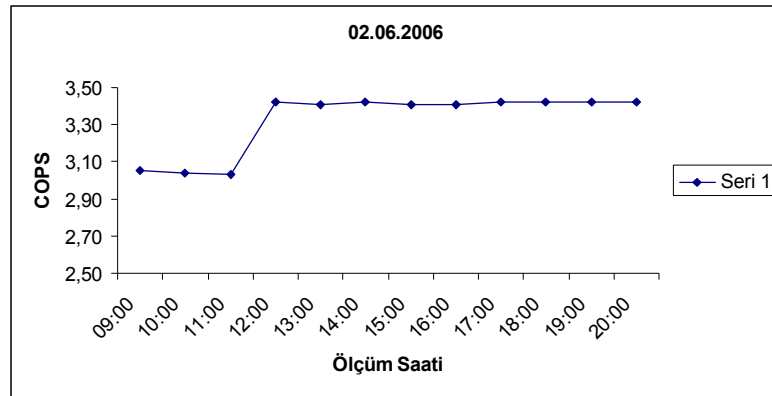
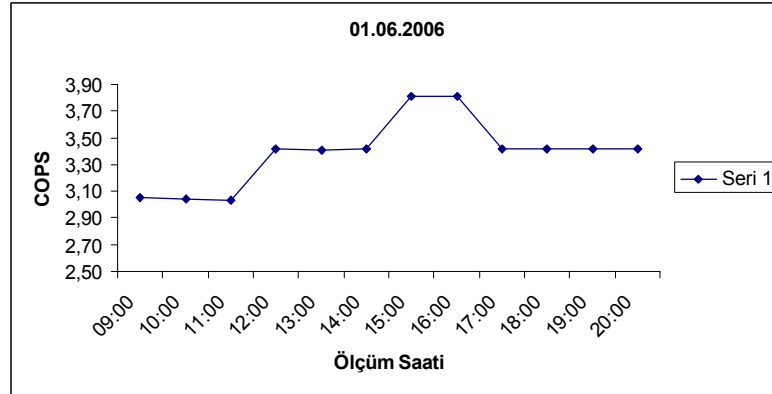






Ek.5. (Devamı)





**Ek.6.** 01.06.2006 ve 30.07.2006 tarihleri arasındaki COPS değeri

