

154325

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPASI KULLANILAN BİR
MAHALDE ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ**

Makine Müh. M. Ümit SUNAR

**FBE Makine Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

154325

Tez Savunma Tarihi : 23 Şubat 2004

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Olcay KINCAY (YTÜ)

Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Bahri.ŞAHİN (YTÜ)

: Doç.Dr.Galip TEMİR (YTÜ)

O. Umit Sunar
B. Şahin
G. Temir

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. İKLİMLENDİRME.....	1
3. KLİMA SİSTEMLERİ.....	2
3.1 Tüm Havalı Sistemler.....	2
3.2 Hava-Su ile Çalışan Sistemler.....	2
3.3 Tüm Su ile Çalışan Sistemler.....	3
3.4 Bağımsız Üniteli Sistemler (Direkt Genleşmeli Sistemler).....	3
4. ISI POMPALARI.....	3
5. ISI POMPALI SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	7
6. TERMODİNAMİK ESASLAR.....	9
7. ISI POMPASI ÇEVİRİMLERİ.....	11
7.1 Carnot Çevrimi.....	11
7.2 Teorik Çevrim.....	12
7.3 Gerçek Çevrim.....	14
8. ISI POMPALARININ SINIFLANDIRILMASI.....	14
8.1 Çalışma Fonksiyonlarına Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması.....	14
8.1.1 Sadece Isıtma Yapan Isı Pompaları.....	14
8.1.2 Isıtma ve Soğutma Yapan Isı Pompaları.....	14
8.1.3 Entegre Isı Pompaları.....	15
8.2 Kullandıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması.....	15
8.2.1 Hava.....	15
8.2.2 Su.....	16
8.2.3 Toprak.....	16
8.2.4 Güneş.....	17

8.3	Çalışma Prensiplerine Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması.....	18
8.3.1	Hava Kaynaklı Isı Pompası.....	18
8.3.2	Su Kaynaklı Isı Pompası.....	19
8.3.2.1	Sadece Soğutma Uygulaması.....	22
8.3.2.2	Sadece Isıtma Uygulaması.....	22
8.3.2.3	Eş Zamanlı Olarak Isıtma ve Soğutma Uygulaması.....	23
8.3.3	Toprak Kaynaklı Isı Pompaları.....	24
8.3.3.1	Toprak Kaynaklı Açık Çevrim Isı Pompası Sistemleri.....	29
8.3.3.2	Hibrid Sistemler.....	30
8.3.3.3	Toprak Kaynaklı Kapalı Çevrim Isı Pompası Sistemleri.....	31
9.	TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA ENERJİ ÇEVİRİMLERİ.....	33
9.1	Soğutma Çevrimi.....	33
9.2	Isıtma Çevrimi.....	34
10.	DÜNYA ÜZERİNDE TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARI.....	35
11.	TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİNİN SEÇİMİ.....	35
11.1	Yöresel Etkiler.....	35
11.2	Ekonomik Etkiler.....	36
12.	TOPRAK KAYNAKLI SİSTEMLERİN AVANTAJ ve DEZAVANTAJLARI.....	36
12.1	Avantajları.....	36
12.2	Dezavantajları.....	37
13.	SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPALARINDA YAPILAN OPSİYONEL DİZAYN İŞLEMLERİ.....	38
13.1	Değişken Hızlı Pompalama.....	38
13.2	Termal Depolama.....	38
13.3	Yangın Söndürme (Sprinkler Sistemi).....	38
14.	TİCARİ BİNA UYGULAMALARI.....	38
15.	SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPALARINDA TERMAL DİZAYN PROSESİ.....	39
16.	SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPASI ÇEVİRİM SUYU SICAKLIK ARALIĞI.....	40
17.	SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNİN AVANTAJLARI.....	40
18.	ISI POMPALARININ KULLANDIKLARI KAYNAKLARA GÖRE KARŞILAŞTIRILMA TABLOSU.....	41
19.	UYGULAMA PROJESİ.....	43
19.1	Proje Verileri.....	43
19.2	Proje Amaçları.....	43
19.3	Enerji Hesapları.....	43

19.3.1	Yapılan Kabuller.....	43
19.3.2	Hesap Yöntemi.....	44
19.3.3	Isı Transfer Katsayısı Hesabı.....	44
19.3.4	Cihaz Seçimi.....	45
19.4	Sistem Akış Şeması ve İşleyiş Prensibi.....	46
19.4.1	Kış Aylarında Su Çevrimli Isı Pompasının Çalışma Prensibi.....	46
19.4.2	Yaz Aylarında Su Çevrimli Isı Pompasının Çalışma Prensibi.....	46
20.	EKSERJİ ANALİZİ.....	49
20.1	Tanım.....	49
20.2	Ekserjinin Değerlendirilmesi.....	49
20.2.1	Entropi Dengesi.....	51
20.2.2	Özgül Ekserji ve Ekserji Değişimi.....	52
20.3	Kapalı Sistem Ekserji Dengesi.....	53
20.4	Akış Ekserjisi.....	55
20.4.1	İş Akışı Sonucu Oluşan Ekserji.....	55
20.4.2	Kütle Akışı Sonucu Oluşan Ekserji.....	57
20.5	Kontrol Hacimleri için Ekserji Oranı Dengesi.....	58
20.5.1	Kontrol Hacmine Uygulanacak Genel Ekserji Oranı Dengesi.....	58
20.5.2	Sürekli Rejimde Kontrol Hacmine Uygulanacak Ekserji Oranı Dengesi.....	59
20.6	Ekserjik Verim.....	59
20.7	Isı Kaybından Kaynaklanan Ekserji Kaybı.....	62
20.8	Ekserjik Verimin Kullanımı.....	63
20.9	Dizayn Aşamasında Ekserji Kullanımı.....	63
20.10	Sonuç.....	65
21.	KLİMATİZE EDİLEN BİR MAHALDE EKSERJİ MODELİ.....	65
21.1.1	Ekserji Hesabı.....	66
21.2	Maya Tower İş Merkezi Ekserji Hesapları.....	71
22.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....		76
EKLER.....		78
Ek 1	Carrier Block Load Isıtma, Soğutma Yüğü Hesap Çıktıları	
Ek 2	Climate Master Cihaz Seçim Çıktıları	
Ek 3	Climate Master Cihaz Katalogları	
Ek 4	Maya Sitesi Çatı ve 11.Normal Kat Proje Teknik Resimleri	
ÖZGEÇMİŞ.....		79

SİMGE LİSTESİ

β_c	Carnot makinesi için ısıtma performans katsayısı
ε	Carnot çevrimi performans katsayısı
ε_c	Gerçek performans katsayısı
H	Entalpi
$P_{1,4}$	Evaporatör basıncı
P_3	Kondenser basıncı
Q_c	Kondenserin çevreye verdiği enerji
Q_o	Evaporatör ile ortandan çekilen enerji
$Q_{sic.}$	Yüksek sıcaklıklı bölgeye verilen enerji
$Q_{soğ.}$	Düşük sıcaklıklı bölgeden alınan enerji
(T_o, P_o)	Evaporasyon sıcaklık ve basıncı
δ	Egzerjiden faydalanma oranı
η	Verim
W	Kompresöre verilen iş



KISALTMA LİSTESİ

A.B.D	Amerika Birleşik Devleti
AR-GE	Araştırma Geliştirme
ARI	Air Conditioning & Refrigeration Institute
COP	Coefficient of Performance
COP-C	Coefficient of Performance-Cooling
COP-H	Coefficient of Performance-Heating
IEA	International Energy Agency
VAV	Variable Air Volume
WLHP	Water Loop Heat Pump
WSHP	Water Source Heat Pump



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1	Isı pompası prensip şeması.....	4
Şekil 6.1	Isı pompası enerji akış yönleri.....	10
Şekil 6.2	Basit Rankine çevrimi ve ısı pompası şeması.....	10
Şekil 7.1	Ters Carnot çevrimi.....	11
Şekil 7.2	Teorik ısı pompası çevrimi.....	12
Şekil 7.3	Gerçek log p-h diyagramı.....	14
Şekil 8.1	Hava kaynaklı ısı pompasında ısıtma uygulaması.....	18
Şekil 8.2	Hava kaynaklı ısı pompasında soğutma uygulaması.....	19
Şekil 8.3	Su çevrimli ısı pompası tesisat şeması.....	20
Şekil 8.4	Su çevrimli ısı pompası soğutma uygulaması.....	22
Şekil 8.5	Su çevrimli ısı pompası ısıtma uygulaması.....	23
Şekil 8.6	Su çevrimli ısı pompası eş zamanlı ısıtma ve soğutma uygulaması.....	24
Şekil 8.7	Çok katlı bir binada su çevrimli ısı pompası uygulaması.....	24
Şekil 8.8	Toprak kaynaklı ısı pompası ısıtma ve soğutma uygulamaları.....	25
Şekil 8.9	Toprak kaynaklı ısı pompası yatay kapalı çevrim.....	26
Şekil 8.10	Toprak kaynaklı ısı pompası yatay kapalı çevrim (Slinky)	27
Şekil 8.11	Toprak kaynaklı ısı pompası dikey kapalı çevrim.....	27
Şekil 8.12	Göl kaynaklı ısı pompası kapalı çevrim.....	28
Şekil 8.13	Toprak kaynaklı açık çevrim ısı pompası sistemi.....	30
Şekil 8.14	Toprak kaynaklı tek kuyulu açık çevrim ısı pompası.....	30
Şekil 8.15	Hibrid sistemler.....	31
Şekil 9.1	Toprak kaynaklı ısı pompası soğutma çevrimi.....	33
Şekil 9.2	Toprak kaynaklı ısı pompası ısıtma çevrimi.....	34
Şekil 19.1	Maya iş merkezi su kaynaklı ısı pompası sistemi akış şeması.....	48
Şekil 10.1	Kapalı sistem ve çevresinden oluşan birleşik sistem.....	50
Şekil 20.2	Kapalı sistemde ısı transfer ekserjisi	54
Şekil 20.3	Akış ekserjisi.....	56
Şekil 20.4	Ekserjik verim hesabı için incelenen kapalı sistem.....	60
Şekil 20.5	ϵ ekserjik verim değerinde T_u sıcaklığının etkisi ($T_s=2200$ K, $\eta=100\%$).....	61
Şekil 20.6	T_1 / T_0 oranının ısı transferi ile ilgili ekserji kaybı üzerindeki etkisi.....	62
Şekil 20.7	Dizayn aşamasında ekserjinin kullanımı.....	63
Şekil 20.8	Isı değiştirici için maliyet eğrileri.....	64
Şekil 21.1	Klimatize edilen bir mahalın sistem şeması.....	65
Şekil 21.2	Kontrol hacmi sınırı içerisinde elektrikli cihaz.....	68
Şekil 21.3	Kontrol hacmi sınırı dışında elektrikli cihaz.....	68
Şekil 22.1	Hesap edilen tüm mahaller için toplam ekserji kazancı dağılım oranı.....	75

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 18.1	Kullanılan ısı pompası kaynaklarının karşılaştırılması.....	41
Çizelge 19.1	Dış duvar yapı malzemeleri, kalınlık ve ısı iletkenlik değeri.....	44
Çizelge 19.2	Çatı örtülü tavan yapı malzemeleri, kalınlık ve ısı iletkenlik değeri	45
Çizelge 21.1	Tüm mahaller için hesap edilen ısı transfer ve ekserji değeri.....	72
Çizelge 22.1	Hesap edilen tüm mahaller için ekserji değeri.....	74



ÖNSÖZ

Değerli çalışmalarını, bizlere ufuk açan kıymetli fikirleri ve yüksek lisans bitirme tezimde vermiş olduğu destek için sayın hocam Prof.Dr.Olcay Kıncay'a ve Dr.E.Bilgen'e, Y.T.Ü. Makine Fakültesi Makine Mühendisliği lisans öğrencisi Serhat Kapsal'a, tez hazırlama sürecinde göstermiş olduğu anlayış ve yardımları için Ercan Teknik Ltd.Şti. Genel Müdürü Alişan Ercan'a ve maddi ve manevi her türlü desteği veren değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Günümüzde çok katlı binalar ve iş merkezlerinde eş zamanlı ısıtma ve soğutma ihtiyacının karşılanmasında çevremizdeki yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan, düşük enerji tüketimi ve yüksek performans katsayısına sahip ısı pompaları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ısı pompalarının çalışma prensipleri, tarihsel gelişimi ve detaylı olarak da su kaynaklı ısı pompası sistemi incelenmiştir. Yapılan literatür çalışmaları ışığı altında mevcut ısı pompası sistemleri, tespit edilen önemli parametreler dikkate alınarak kendi aralarında kıyaslanmış ve sistemlerin birbirlerine nazaran avantaj ve dezavantajları hazırlanan tabloda sunulmuştur.

Tezin amacı kapsamında uygulama bölümünde Mayadrom iş merkezindeki WSHP (Water Source Heat Pump) sisteminin enerji ve egzergi analizleri yapılmıştır. Çalışmada Carrier firmasının Block Load programı kullanılarak enerji hesapları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Isı pompası, WSHP, ekserji, su kaynaklı ısı pompası.



ABSTRACT

In today's refrigeration sector, low energy consuming and high efficient (high coefficient of performance) heat pump systems are being used in the skyscrapers and similar buildings. These heat pump systems uses energy sources which are not producing dust after consumption. This new generation air conditioning and refrigeration heat pump systems provides heating and cooling processes simultaneously.

In this research work, the operating principles, historical developments and the water source heat pump systems are studied. Regarding to the results of the researches, heat pump systems are compared according to the main important parameters and the advantage/disadvantages are shown in table.

The practical application of this thesis is concerning the energy and exergy calculations of the WSHP (Water Source Heat Pump) system which has been installed in the Mayadrom Tower Center. The Carrier Block Load calculation programme was used during energy calculations.

Keywords : Heat pump, WSHP, exergy, water source heat pump.



1. GİRİŞ

Su çevrimli ısı pompaları, ticari yapılardaki mahal iklimlendirme uygulamalarında önemli bir seçenek olmakla birlikte günümüzde başta Amerika ve Avrupa ülkelerinin büyük çoğunluğunda kabul ve Pazar payı bulmaktadır.

Elektrik maliyetlerinin düşük olduğu A.B.D.'de otuz yılı aşkın süredir uygulaması ve üretimi yapılan su çevrimli ısı pompası sistemiyle ilgili temiz ve daha yüksek verimde enerji kullanımını sağlamak adına çalışmalar yürütülmekte, Türkiye'de de üniversitelerimiz teknik çalışmaları yürütmekte, özel firmalar (Yeşil Çizgi, Form A.Ş.) ise sistem uygulamaları gerçekleştirmektedir.

Bu araştırmanın amacı, Mayadrom Tower iş merkezinde kurulu bulunan WSHP su kaynaklı ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizlerini yapmak suretiyle ekserji ve enerji sistem özelliklerinin sistemde denge şartına ulaşıldığında korunup korunmadığını incelemektir.

Yapılan çalışmada, ısı pompaları, termodinamik ve kuramsal temelleri, ısı pompalarının tarihsel gelişimi, WSHP'ler hakkında literatür taraması yapılarak sistemin çalışma prensibi irdelenmiştir. Projede, İstanbul Etiler semtindeki 12 normal kat ve 1 çatı katından oluşan Mayadrom Tower iş merkezinde kurulu, su kaynaklı ısı pompası sistemi için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Mahallerdeki ısıtma ve soğutma yükleri hesabı için Carrier firmasının Block Load Ver:3.05 bilgisayar programı kullanılmıştır.

2. İKLİMLENDİRME

İnsanların zamanının büyük bir kısmını kapalı mekanlarda geçirmesi iç hava ile ilgili konfor ve sağlık koşullarının düzelmesinin hava kalitesinin yükseltilmesine yönelik çalışmaları zorunlu kılmıştır. Teneffüs ettiğimiz ve bizi çevreleyen havanın kapalı bir mekanda ideal olarak sıcaklığının, nem oranının, sirkülasyonunun ve temizliğinin yıl boyunca istenen koşullarda tutulması işlemine klima (iklimlendirme) denir. Klima bu dört faktörün tüm bir yıl boyunca kontrolünü içermektedir. Klimanın yaz kliması veya soğutma ve kış kliması veya ısıtma ile karıştırılmaması gerekmektedir.

3. KLİMA SİSTEMLERİ

3.1 Tüm Havalı Sistemler

Merkezi bir klima santralinde şartlandırılan havanın kanallar yardımıyla iklimlendirilecek mahale gönderilmesi ile temin edilen klima sistemine “Tüm havalı klima sistemi” denir. Özellikle büyük mekanların klimasında kullanılır. Merkezi klima santrali: karşım hücresi, filtre, aspiratör, vantilatör, ısıtıcı batarya, soğutucu batarya ve nemlendirici hücrelerden meydana gelir. Havanın soğutulması, serpantinde soğuk su veya doğrudan soğutucu akışkan dolaştırılması ile sağlanır.

Isıtma ise; yine bir merkezde ısıtılan suyun klima santralinin ısıtıcı serpantinlerinde sirküle ettirilmesi ile sağlanır. Burada sisteme “Tüm havalı” denilmesinin nedeni klima edilen mekana veya mekandan ısı taşıyan akışkanın tamamen hava olmasıdır. Tüm havalı sistemler aşağıdaki biçimde sınıflandırılabilir.

- Tek zonlu (düşük hızlı)
- Düşük ve yüksek hızlı tekrar ısıtmalı
- Düşük veya yüksek hızlı değişken hava hacimli (VAV)
- İndüklemeli
- Çift kanallı sistem

3.2 Hava – Su ile Çalışan Sistemler

Bir merkezde şartlandırılan taze havanın kanallarla taşınarak mekanların taze hava gereksinimlerini karşılaması, yine merkezi bir soğutma makinesinde veya sıcak su kazanında ısıtılan/soğutulan suyun, fan-coil, indüksiyon v.b. cihazlarına gönderilecek ısıtma/soğutma işleminin gerçekleştirilmesi ile oluşturulan sistemlerdir. Burada klima edilen mekana veya mekandan asıl ısı taşıyıcı “su” dur. Fakat taze hava gereksinimi için kullanılan havanın da, mekana gönderilirken şartlandırılması söz konusudur.

- İki borulu fan-coil primer havalı sistem (düşük basınç havalı)
- Dört borulu fan-coil primer havalı sistem (düşük basınç havalı)
- İki borulu indüksiyon primer havalı sistem (orta basınç havalı)
- Dört borulu indüksiyon primer havalı sistem (orta basınç havalı)

3.3 Tüm Su ile Çalışan Sistemler

Şartlandırılacak mekandan uzakta bir merkezdeki soğutma makinesinde veya sıcak su kazanında soğutulan/ısıtılan suyun bir pompa vasıtası ile şartlandırılacak mekanlarda tesis edilen soğutucu/ısıtıcı terminallerde (Fan-Coil, indüksiyon cihazı vb.) sirküle ettirilmesi ile soğutma/ısıtma temin edilir. Her bir mekanın bağımsız olarak sıcaklığını kontrol etmek mümkündür. Tüm sulu sistemler aşağıdaki biçimde sınıflandırılabilir.

- Fan-coil üniteli, infiltrasyonlu ve egzost havalı sistem
- Fan-coil üniteli, dış hava menfezli ve egzost havalı sistem
- Fan-coil üniteli, dış hava kanallı ve egzost havalı sistem
- Panolu duvar tipi konvektör sistemi (hava konveksiyonlu)

3.4 Bağımsız Üniteli Sistem (Direkt Genleşmeli Sistemler)

Bu sistemlere bağımsız denilmesinin sebebi ilave bir ekipman (pompa, fan, klima santrali vb) gerektirmeden bağımsız olarak klima işlemini yapabilmeleridir. Bağımsız üniteli sistemler genellikle küçük soğutma ve ısıtma gereksinimi olan mekanlarda ve bireysel kullanımlara hizmet vermekle beraber paket tipi cihazların çoklu olarak orta ölçekli veya büyük mekanların klima edilmesi işleminde kullanıldığını görmek mümkündür. Bu sistemlerde soğutma/ısıtma işlemini yapan tüm ekipman paket cihaz içerisinde yer almaktadır. Direkt genleşmeli sistemler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler.

- Pencere tipi klima cihazları
- Paket tipi klima cihazları
- Split tip klima cihazları
- Isı pompaları (heat-pump) cihazları
- Çatı tipi klima cihazları

4. ISI POMPALARI

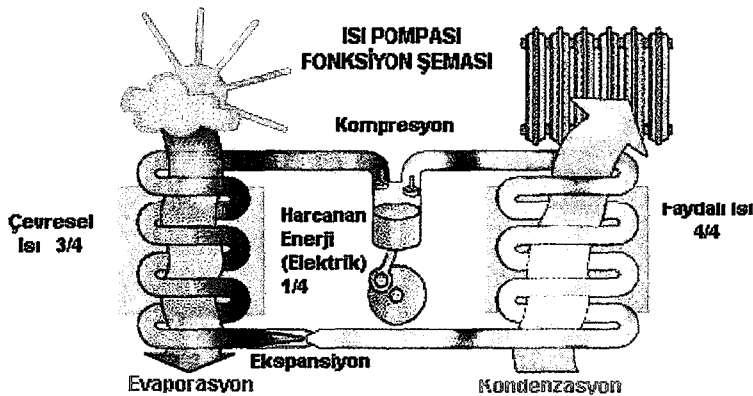
Isı pompaları, birincil enerji kaynaklarını en yüksek verimde kullanan sistemlerdir. Isı pompaları gelişimini enerji krizinin ağırlıklı olarak yaşandığı yıllardan günümüze kadar sürdürmüştür. Ülkemizde ısı pompalarına gereken önem verilmemiş ancak günümüzde sistemin değeri anlaşılmaya başlanmıştır. Isı pompaları, prensip olarak ısıyı düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına aktarırlar.

Mahallerde ısıtma ve klima uygulamaları için kullanılan ısı pompalı klimalar yoğun olarak birçok ülkede ve özellikle Japonya'da kullanılmaktadır. Evlerde ve apartman katlarında birçok klima çeşidi içerisinde duvar üniteleri basit yapıları, verimli ve bağımsız bir biçimde soğutma ve/veya ısıtma ihtiyacını başlı başına karşılayabilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Son 20 yıl içerisinde ısı pompası sistemi çok az enerjiye ihtiyaç duyması, evlerdeki yoğun kullanımı ve klimatizasyon için ekonomik çözümler sunması sonucu dikkate değer bir biçimde performansını ve güvenilirliğini arttırmıştır. Benzer bir yükseliş de kanal ve çoklu ısı pompası sistemlerinde görülmektedir.

Çevre sorunlarının ve kirliliğin büyük bir bölümünde, enerji kaynaklarının kullanımı, diğer bir ifade ile enerji üretimi, çevirimi, iletimi ve tüketimi, endüstrinin bıraktığı atıklar, taşıtların egzost gazlarındaki kirleticiler ve özellikle kentsel alanlarda, konutlardaki ısıtma ihtiyacını karşılamak üzere tüketilen enerjinin atık ürünleri etkili olmaktadır (Kıncay, 2003). Hava, su ve toprak kirliliğine neden olan bu zararlı maddeler ekolojik dengede olumsuz değişiklikler meydana getirmekte, canlı ve cansız varlıklar üzerinde zararlı etkiler yapmaktadır.

Çevremizdeki yenilebilir enerji kaynaklarını kullanan ısı pompaları düşük enerji tüketimleri, CO₂ gazı emisyonunu önemli ölçüde azaltabilmeleri ve yüksek performans katsayıları ile günümüz iklimlendirme uygulamalarında daha çok tercih edilmeye başlamıştır. Bina ısıtmasında en çok yağ, gaz fırınları ve kazanlar kullanılmaktadır. Buna karşın ısı pompası talebinin artmasıyla birlikte enerji tasarrufunda önemli mertebelerde artışlar olmaktadır. Fosil yakıt kaynaklı ısıtma sistemlerinin çevreye olan büyük zararları ve bu yakıtların fiyatlarındaki artışlar ısı pompalarının önemini bir kat daha arttırmaktadır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki ısıtma ve soğutma amacıyla harcanan enerjinin ısı pompaları yardımıyla daha az tüketilebileceği açıktır.



Şekil 4.1 Isı pompası prensip şeması [4]

Isıtmada kullanılacak bir çok alternatif geleneksel sistem bulunmaktadır. Ticari uygulamalarda önemli bir yeri bulunan ısı pompaları uzun yıllardır bilinmesine karşın yakıt fiyatlarına bağlı olarak ancak son yıllarda kullanımı artmıştır. Isı pompalarının yüksek verimlilikte çalıştırılabilmesi ve enerji tasarrufunun maksimize edilebilmesi amacıyla ısı pompası donanımlı binada güneş ve toprak ısılarından faydalanılmalı ve elektrik ihtiyaçları bu yolla en az düzeye getirilmelidir.

Isı pompaları da diğer soğutma cihazları gibi prensip olarak ısıyı bir ortamdan başka bir ortama taşırlar. Isı pompası da adını, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama "pompalama" veya "taşıma" kabiliyetinden alır Soğutma makinelerinden tek farkı; ısıyı tek değil iki yönde taşıma kabiliyetinin olmasıdır. Bağımsız üniteli sistemlerdeki tüm ekipmanlara (Evaporatör, Kondenser, Kompresör ve Genleşme Vanası) ilave olarak, ısı pompasında dört yollu vana bulunmaktadır.

Çevre kirliliğini azaltarak enerji verimlilik değerlerinde sağlanan gelişmeler bir çok yöntem ile sağlanabilmektedir. Isı pompaları daha çok endüstriyel binaların ısıtma ve soğutma proseslerinde geniş uygulama yöntemleri ile en iyi çözümü sunmaktadır. Düşük sıcaklık ısı enerjisinin sıcaklığını arttırıp bu ısı enerjisinin daha yüksek bir sıcaklıkta kullanılmasını sağlayan ısı pompaları fosil yakıt kaynaklarını diğer geleneksel ısıtma metotlarına nazaran daha verimli olarak kullanırlar. Isı pompası çevresel veya atık ısıyı ısı üretim prosesi içerisine sürekli olarak gönderen tek prostedir. Bu fonksiyonunu ile fosil yakıt gereksinimi bununla birlikte NO_x hidrokarbonlar, asit yağmurları ve CO₂ emülsiyon değerleri azalmaktadır. Yapılan detaylı çalışmalar göstermektedir ki elektrik ve gaz ile çalışan ısı pompaları Avrupa birliği ülkelerinde CO₂ ve diğer kirlenici gazların emülsiyon değerlerini %30 ÷ %50 mertebelerinde azaltmaktadır.

Isı pompaları ısıyı bir kaynaktan alıp daha yüksek sıcaklıkta başka bir ortama taşıyan cihazlardır. Tipik bir ısı pompası, kışın dışarıdan absorbe etmiş olduğu ısıyı, ısıtılacak mekana taşıyarak ısıtmayı temin ederken, bu işlem yazın tersine işlemekte ve mahalden çekilen enerji dış ortama atılmaktadır. Konstrüksiyon ve görünüş olarak sadece soğutma yapan bir cihaz ile Isı Pompası arasında hiçbir fark yoktur.

Isı pompaları basit ısı değiştiricilere nazaran sıcaklık değerinde önemli artışlar sağlamaktadır. Verimli ısı değiştiriciler hava veya suya ısı kaynağının sıcaklığı ile 2÷5 °F mertebesinde ön ısıtma sağlayabilirler. Bu değer ısı pompalarında olduğu gibi atık ısı kaynağı sıcaklığında

veya daha sıcak olamaz. Yüksek sıcaklık ihtiyacı olması durumunda ısı pompası veya ısı pompası ve ısı değiştirici kombinasyonu kullanılmalıdır. Isıtma, soğutma ve havalandırma sektöründe kullanılan ısı pompalarının büyük bir çoğunluğu ev dolapları, ev klimaları gibi buhar sıkıştırma çevrimi ile çalışmaktadır. Endüstriyel prosesler kapalı buhar sıkıştırmalı çevrim ile sağlanabildiği gibi açık veya mekanik buhar tekrar sıkıştırmalı metotla sağlanabilirler. Tipik atık ısı kaynakları olan dış ve egzost havası, kondenser veya soğutma kulesi suyu, kuyu veya diğer yer altı veya yüzey su kaynaklarına endüstriyel proseste ısı atılır. Isının atılacağı kaynağın seçiminde göz önünde bulundurulacak etmenler uygunluk, uygulanabilirlik, maliyet ve sıcaklık olarak sayılabilir. Kaynak uygunluğu ve faydalı ısı ihtiyacı rastlantısal olmayıp sıcak ve soğuk bölgeler için termal depolama göz önünde bulundurulmalıdır.

Kompresörlü bir elektrik ısı pompasının kararlı durumdaki performansının verilen bir sıcaklıktaki değeri performans katsayısı (COP) ile ölçülür. Bu değer, ısı pompasından alınan enerji ile kompresörden sağlan elektrik enerjisinin oranı şeklinde açıklanabilir. Isı pompası performans katsayısı sıcaklık ile yakından ilgilidir. (Ör: ısı kaynağının sıcaklığı ile ısı pompasının çıkış sıcaklığı arasındaki fark) İdeal bir ısı pompasının performans katsayısı yalnızca yoğuşma sıcaklığı ve sıcaklık yükselişi ile bulunabilir. (Yoğunlaşma – Buharlaşma sıcaklık farkı) Isı pompasının performans katsayısı ile ideal performans katsayısı oranı “Carnot Çevrimi” olarak açıklanır. Carnot çevrimi küçük elektrik ısı pompaları için 0,30 ile 0,50, büyük ve yüksek verimli elektrik ısı pompaları için de 0,50 ile 0,70 arasında değerler alır.

Bina içlerindeki ısı pompaları için performans katsayısını etkileyen faktörler:

- İklim (Yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyacı ve maksimum yük)
- Isı kaynağının sıcaklığı ve ısı dağıtım sistemleri
- Yedek enerji tüketimi (pompalar, fanlar, sistemdeki diğer ısılar vb..)
- Isı pompasının teknik standardı
- Isı pompasının ısı ihtiyacı ve çalışma karakteristiklerine göre boyutlandırılması
- Isı pompası kontrol sistemi

Pratik olarak kompresörlü ısı pompalarının gerçek uygulamalarında sezon ortalaması değeri, teorik olarak bulunan değerlerden üç birim daha düşüktür. Daha ileriki gelişmeler ve sistemlerin entegrasyonu performans değerlerini %50 arttıracak mertebededir. Bu

potansiyelden istifade edebilmek için baktığımızda yeni nesil ısı pompaları, kompresör ve fan hızı modülasyonlarını sürekli kullanan, tam sıkışmış su ısıtma ile alansal ısıtma özelliğine sahip olan ve kapasite kontrollü üniteler içermektedir. Bununla birlikte standart üretim ısı pompalarında bile, toprak kaynaklı ısı pompalarının ve güneş ısıtmasının ilave kullanımının bulunduğu uygulamalarda, sezonluk performans katsayısı ortalamalarında önemli kazançlar sağlamak mümkündür. Bu ölçülerin verimliliği ısı pompalarının çalışma özellikleri ve ortamın iklimsel özelliklerinden önemli derecede etkilenir.

5. ISI POMPALI SİSTEMLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Isı pompalarının basit prensibi ilk defa 1824 yılında Sadi CARNOT tarafından öne sürülmüştür. Bu teoriden 26 yıl sonra 1850 yılında Lord KELVIN ısıtma için soğutma makinelerinin kullanılabilceğini öne sürmüş ve takip eden birkaç yıl içerisinde ısı pompası araştırmacıların ilgisini çekmiştir. W.THOMSON 1852 yılında havanın kompresörlü ve genişleme silindirli bir makine ile hem ısıtılabilceğini hem de soğutulabilceğini kanıtlamıştır. Ancak normal ısıtma maliyetlerine kıyasla makinenin maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle ilk hava-ısıtma ısı pompası o zamanlar kurulamamıştır.

Sıkıştırılmış buharla çalışan ısı pompası İsviçre'de 1870-1880 yılları arasında Paul PICCARD tarafından gerçekleştirilmiştir. Faydalı ısı veren ve ısı kaynağı olarak topraktan yararlanan termodinamik bir makineyi gerçekleştirmek için, Lord Kelvin (1852) endüstri çağının başlamasından önce çok çaba sarf etmiştir. Buna rağmen bu makine hiçbir zaman gerçekleştirilememiştir.

1930 yılının ortalarında Amerika'da bazı imalatçılar ısı pompası prensibine dayanan sistemlerin geliştirilmesi ile ilgilenmiştir. Bu geliştirme çabaları ev ve küçük ticari işletmelerde ısı pompaları üzerinde devam etmiş ve bu tip ürünler ilk olarak 1952'de satışa sunulmuştur. Daha sonra kullanılan ısı pompa bileşenleri soğuk hava şartları altında dayanıklı olmamıştır. Bundan dolayı 1950'den 1960'a kadar düşük üretim güvenilirliği ve yüksek servis masrafları gelişmeyi engellemiştir. 1970'de elektrik fiyatlarının yakıt fiyatları ile birlikte düştüğü görülmektedir. Daha güvenli dizaynların geliştirilmesiyle ısı pompalarının satışında büyük bir patlama olmuştur.

Enerji tasarrufu yapma gerekliliği ve son zamanlarda petrol fiyatlarının çok fazla artması ve çevre korumasının da dikkate alınması ısı pompasının tekrar güncelleşmesine neden olmuştur.

1973 yılındaki ilk petrol krizi, birçok sanayileşmiş ülkeye, ithal enerjiye bağımlılıkları nedeniyle endüstrilerinin ne kadar korumasız olduğunu göstermiştir. Beş yıl sonra 1978'de yaşanan ikinci petrol krizi, ithal petrole olan bağımlılığın azaltılması yönünde ülkeleri ciddi önlemler almaya itti ve 1980 yılında IEA tarafından enerji tasarrufu sağlayan ısıtma sistemleriyle ilgili bir çalışma yapıldı. Bu çalışmanın sonucunda enerji tasarrufu açısından belirlenen yöntemler, jeotermal enerji, dalga enerjisi, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve özellikle de bölgesel ısıtma ve ısı pompalı sistemler olmuştur. 2020 yılına kadar yıllık 600 milyon ton petrol tasarrufu sağlayacak bu yöntemler arasında, ısı pompalarının elde edilecek tasarrufun yaklaşık %80'ini karşılayabileceği tahmin edilmektedir.

Birinci petrol krizi, Japonya ve Amerika'da ısı pompası pazarının gelişmesine neden olmuştur. Avrupa ülkeleri ise mahal ısıtma ve sıcak su temini için güneş enerjili sistemler üzerine odaklanmalarına rağmen ikinci petrol krizi, ısı pompası pazarının Japonya ve Amerika'daki kadar kolay olmamakla birlikte, Avrupa'da da gelişmesine yol açmıştır. Başlangıçta büyük bir hızla artan ısı pompası satışları, bir pik noktasından sonra azalmaya başlamıştır. Bu düşüşün nedenleri, ısı pompası sektörünün yeni olması nedeniyle bazı tasarım hatalarının bulunması, firmaların gerçeklikten uzak enerji tasarrufu değerleri önermeleri ve güvenilir olmayan ürünlerdir. Avrupa'da ısı pompalarının gelişmesini engelleyen bir önemli sorun da ısıtma sistemlerinin büyük bir bölümünün besleme ve dönüş suyu sıcaklıklarının, $90^{\circ}\text{C} \div 70^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde yapılmasıdır. Isı pompalı sistemler, daha düşük sıcaklıklarda çalıştıklarından mevcut sistemlerle birlikte kullanılamamışlardır. Sadece yeni binalarda döşmeden ısıtma sistemleri için tercih edilebilmişlerdir (Ataman, 1991).

Su kaynaklı ısı pompaları A.B.D'de 30 yıldır üretilmektedir. İlk uygulamalar konutlarda yapılmış zaman içerisinde ticari binalarda da yoğun olarak uygulama alanı bulmuştur. Yapılan ilk su çevrimli ısı pompası uygulamalarında enerjinin alındığı ve atıldığı ortam olarak yer altı veya kanal suları kullanılmıştır. Su kaynaktan pompalanmış ve ısı pompalarından geçtikten sonra kanala deşarj edilmiştir. Ticari ve çok mahalli konut uygulamalarında sirküle eden suyu şartlandırmak için açık devre soğutma kuleleri kullanılmıştır. Yaklaşık olarak 25 yıl önce A.B.D. batı sahillerinde yapılan ticari uygulamalarda ısıyı uzaklaştırmak için indirekt kapalı devre su kuleleri ve ısıtma ihtiyacı için kazan bulunan kapalı çevrim uygulamaları kullanılmıştır. California'daki ısı pompası sistemi kısa zaman içerisinde güney sahilleri ve çevresine yayılmıştır.

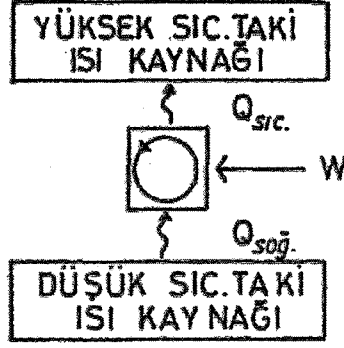
Toprak kaynaklı ısı pompaları üzerindeki ilk çalışmalar II.Dünya Savaşı'ndan sonra başlamış ve son 10 yıl içerisinde konu ile ilgili çalışmalar hızlanmıştır. 1950'lerde ilk olarak Ingersoll daha sonra Penrod topraktan borular vasıtasıyla ısı çekilmesinin matematik modellenmesi üzerinde çalışmış ve Kelvin Çizgisel Kaynak Teorisini kullanarak topraktaki sıcaklık dağılımlarını çok az hata payı ile elde etmişlerdir. Son yıllarda Baker da konutlar için toprak kaynaklı ısı pompaları uygulamalarında, toprak ısı değiştiricilerinin tasarımı üzerinde çalışmış ve yaptığı deneysel çalışmada elde ettiği sonuçların, teorik olarak elde edilen sonuçlara uygunluğunu göstermiştir.

Son yıllarda bu konuda özellikle Amerika Birleşik Devletleri, İsveç ve Kanada'da çalışmalar yapılmıştır. A.B.D.'de Steve KAVANAUGH dikey toprak ısı değiştiricilerinde ısı geçişini incelemiş ayrıca U-tüp ve eşksenli dikey ısı değiştiriciler üzerinde çalışmalar yapmıştır. A.B.D.'de yatay toprak ısı değiştiricileri üzerinde çalışmalar yapan diğer bir araştırmacı ise Bose dir. Bose toprak kaynaklı ısı pompalarının güneş enerjisinden kaynak olarak faydalanan ısı pompalarıyla birlikte çalışmasını da incelemiştir. Toprağa sabit ısı girişi halinde topraktaki ısı değişimleri ise 1980'den sonra Kalman, Metz ve Parker tarafından değişik zamanlarda incelenmiş ve benzer sonular alınmıştır.

Günümüzde enerji tasarrufu sadece maliyet açısından değil; aynı zamanda çevresel sorunlar açısından da gerekli görülmektedir. Bu sebeple bazı Avrupa ülkelerinde ısı pompalarına olan ilgiyi tekrar canlandırmak için yoğun çalışmalar başlamıştır. Isı pompalarına olan güveni tekrar kazanmak amacıyla Almanya, Avusturya ve İsviçre ısı pompası dernekleri birlikte çalışarak kaliteli, güvenilir, bakım-onarım garantisi en az on yıl olan ısı pompası üniteleri tasarlamışlardır ve halen çalışmalar hızla ilerlemektedir.

6. TERMODİNAMİK ESASLAR

Isı pompası gerçekte bir soğutma makinesidir ve ikisini birbirinden ayıran tek şey kullanım amacıdır. Isı pompasının kullanımındaki amaç, ısıtma aylarında düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısı çekerek, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağını ısıtmakta kullanmaktadır. Çift tesirli ısı pompaları soğutma mevsiminde bir soğutma makinesi olarak kullanılırlar. Görevleri, temel olarak, aynı biçimde düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısı çekip, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına aktarmak olmakta burada kullanım amacı, yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağının ısıtmak olmayıp, düşük sıcaklıktaki ısı kaynağını soğutmak olduğundan, soğutma makinesi adını alırlar.

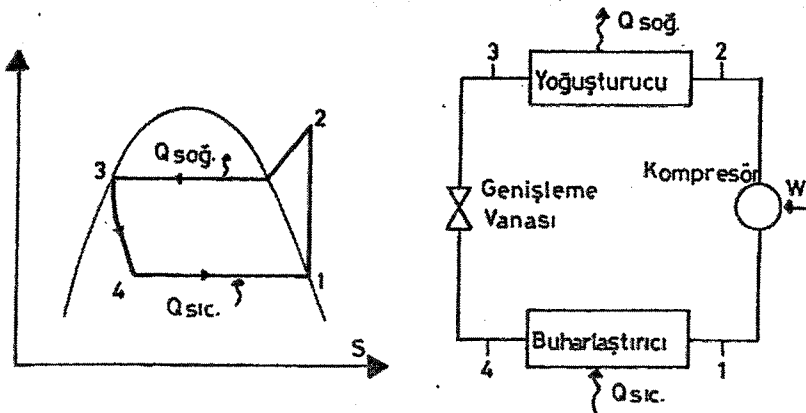


Şekil 6.1 Isı pompası enerji akış yönleri

Gerçekte ısı pompası ve soğutma makinesi aynı düzenek olduğundan her ikisinin de termodinamiği aynıdır. Uygulamada soğutma makineleri genellikle tasarım şartlarına yakın çalışırken ısı pompası çalışma aralıkları ise geniş bir aralıkta sık sık değişir. Bu sebepten otürü kontrol ve ayar cihazları daha önemli olmaktadır.

Isının, soğuk ısı kaynağından sıcak ısı kaynağına nakledilmesi çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Isı pompaları aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Buhar sıkıştırmalı
- Adsorbsiyonlu
- Gaz çevrimli
- Jet buhar püskürtmeli
- Stirling çevrimli
- Adsorbsiyonlu
- Resorbsiyonlu
- Rankine / buhar sıkıştırmalı
- Termoelektrik



Şekil 6.2 Basit rankine çevrimi ve ısı pompası şeması

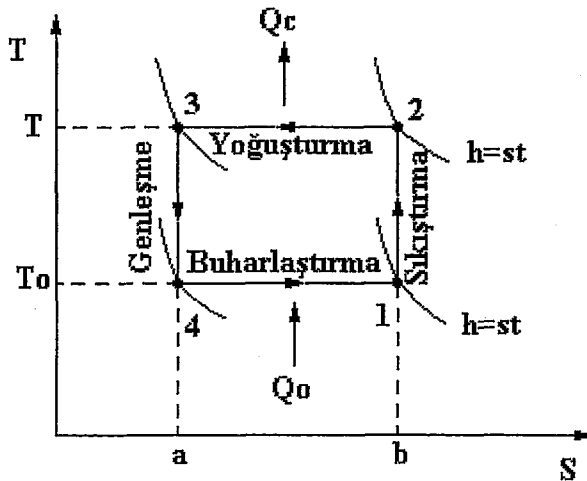
Şekil 6.2’de basit Rankine buhar sıkıştırmalı çevrimi ve bir ısı pompası şeması görülmektedir. Burada çevrim akışkanı (soğutucu akışkan) halokarbon veya amonyak olabilir. Akışkan düşük basınçta, düşük sıcaklıkta ısı kaynağından ısı çeker ve kompresör basıncı P_1 ’den P_2 ’ye yükselir. Yoğusturucuda ise yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına ısı verildikten sonra genişleme vanasında tekrar $P_4=P_1$ basıncına dönerek çevrimi tamamlar. Isı pompasının iyilik derecesini gösteren COP performans katsayısı:

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{SIC.}}}{W} = \frac{Q_{\text{SIC.}}}{Q_{\text{SIC.}} - Q_{\text{SOĞ}}} \quad (6.1)$$

7. ISI POMPASI ÇEVİRİMLERİ

7.1 Carnot Çevrimi

Ters Carnot çevrimi ile ideal ısı pompası çevrimini gerçekleştirmek ve iki sıcaklık arasında yüksek verim almak mümkündür. Şekil 7.1’deki T-s diyagramından görüldüğü gibi, iki eş sıcaklık ve iki eş entropi değişiminden oluşan bir çevrimde 1-2 arasında tersinir bir adyabatik sıkıştırma, 2-3 arasında sabit sıcaklık ve sabit basınç şartlarında (T,p) çevreye ısı verme, 3-4 arasında tersinir adyabatik genişleme, 4-1 arasında sabit sıcaklık ve sabit basınç değerlerinde (T_0, P_0) çevreden ısı alma yapılmaktadır. T-S diyagramında soğutulacak ortamdaki alınan ısı a41b alanına, sisteme verilen iş ise 1234 alanına eşittir (Ataman, 1991).



Şekil 7.1 Ters Carnot çevrimi

Şekil 7.1'den çevrimin performans katsayısı,

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{W} = \frac{T_0(s_1 - s_{siv1})}{(T - T_0)(s_1 - s_{siv1})} = \frac{T_0}{T - T_0} \quad (7.1.1)$$

Carnot makinesi için, ısıtma performans katsayısı benzer biçimde

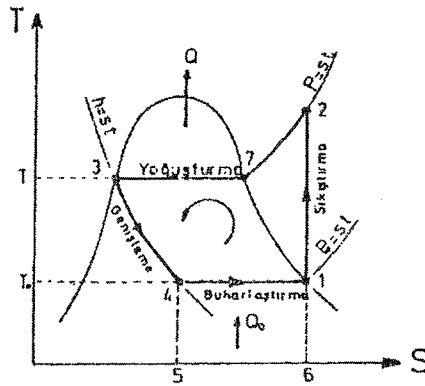
$$\beta_c = \frac{T}{T - T_0} \quad \text{elde edilir.} \quad (7.1.2)$$

Gerçekte (7.1.2) eşitliğinde çarpan olarak, ekserjiden faydalanma oranı (δ) gelmektedir. Isı pompasının ekserjik verim (δ); faydalı ısı akısında alınan ekserji akısının, ısı pompasının tahrik gücüne oranıdır (Takahashi ve Bilgen, 2002). O halde gerçekte ısıtma performans katsayısı,

$$\varepsilon = \frac{T}{T - T_0} \cdot \delta \quad \text{olmaktadır.} \quad (7.1.3)$$

7.2 Teorik Çevrim

Tersinir işlemlerden meydana gelen Şekil 7.1.1'deki çevrimde, soğutma etkenliği diğer soğutma çevrimlerine göre en büyük olmaktadır. Fakat doğal olarak pratikte bu çevrim gerçekleşmez. Ters Rankine çevrimi soğutma amacı ile kullanılabilir. Bu nedenle 3-4 arasında gerçekleşen genişleme işi, 1-2 sıkıştırma işinin yanında çok küçük kaldığından sisteme katkısı azdır, bunun için bir genişleme vanası kullanmak gereksizdir. Bu nedenle genişleme, bir iş yaparak değil, soğutucu akışkanın genişleme vanasından geçirilerek genişletilmesi şeklinde olur.



Şekil 7.2 Teorik ısı pompası çevrimi

Pratikte oldukça yaygın kullanılan bu çevrim Şekil 7.2.1'de görülmektedir. 1-2 sıkıştırması ıslak bölgede olduğundan, sıkıştırma başlangıcı 1 noktası alınarak kompresör sıvı dalgalarından korunmuş olur. Bu çevrim teorik Carnot çevriminden oldukça farklıdır. Her iki çevrimde de saf madde kullanıldığı halde, Carnot çevriminde faz değişmemiştir. Buna karşın teorik ısı pompası çevriminde faz değişmesi olmuştur.

Bu çevrimi noktadan noktaya incelersek;

1-2 İzentropik sıkıştırma (s sabit, tersinir adyabatik)

2-5 Sabit basınçta yoğuşarak doymuş buhar haline geçme

5-3 Sabit basınç ve sabit sıcaklıkta yoğuşturma

3-4 İzentropik genişleme (h sabit)

4-1 Sabit basınç ve sabit sıcaklıkta buharlaşma

Bu işlem boyunca buharlaştırıcıdan alınan ısı miktarı,

$$q_0 = h_1 - h_3 \text{ (kJ/kg)} \quad (7.2.1)$$

Yoğuşturucuda verilen ısı miktarı,

$$q = h_2 - h_3 \text{ (kJ/kg)} \quad (7.2.2)$$

Gerekli iş miktarı ise,

$$w = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg)} \quad (7.2.3)$$

olacaktır.

Bu değerler, hem ısıtmada hem de soğutmada çevrimin performans katsayılarının hesaplanmasına yararlar. Bu durumda performans katsayısı,

$$\varepsilon = \frac{Q}{W} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (7.2.4)$$

Benzer olarak performans katsayısını Carnot çevrimine göre yazacak olursak,

$$\varepsilon = \frac{T}{T - T_0} \quad (7.2.5)$$

daha önce bulduğumuz eşitlik elde edilir. Ancak burada:

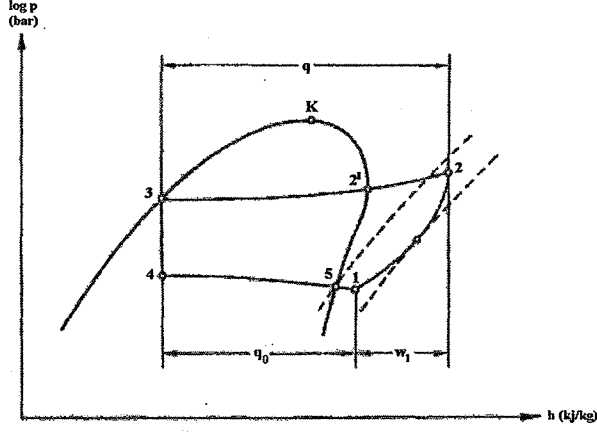
$$\varepsilon = \eta \cdot \varepsilon_c \quad (7.2.6)$$

$$\eta = 0,5\delta \div 0,1\delta \quad (7.2.7)$$

arasında değişmektedir.

7.3 Gerçek Çevrim

Şekil 7.3.1’de görüldüğü gibi, ventillerde kompresörün emme ve basma borularındaki basınç kayıpları, sistemdeki akışkan sürtünmesi, mekanik sürtünme, sıkıştırmadaki kayıplar v.b. gibi çevrimin ideal akışını log p-h diyagramında değiştirmekte ve böylece prosesin etkinliği azalmaktadır.



Şekil 7.3 Gerçek log p-h diyagramı

adyabatik noktasında gözlenebilen hiçbir ısı değişimi meydana gelmez. Bu düşünceler yoğuşma sıcaklığı kompresörün çevre sıcaklığının üstünde ise fazla ve buharlaştırıcı sıcaklığı açıkça bu sıcaklığın altında olduğu zaman geçerlidir. Emilen çevrim akışkan buharının 5 noktasından 1 noktasına kızdırılması buharlaştırıcıda yapılır ve kompresörün hiçbir sıvı çevrim akışkanının emmemesi için gereklidir.

8. ISI POMPALARININ SINIFLANDIRILMASI

8.1 Çalışma Fonksiyonlarına Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması

Isıtma pompaları çalışma fonksiyonlarına göre 3 grupta incelenebilir.

8.1.1 Sadece Isıtma Yapan Isı Pompaları

Mahal ısıtma yada su ısıtmada kullanılır.

8.1.2 Isıtma ve Soğutma Yapan Isı Pompaları

Mahal içerisinde ısıtma ve soğutma proseslerini sağlar. En yaygın türü tersinir hava-hava ısı pompasıdır. Ticari ve endüstriyel alandaki büyük ısı pompaları sıcaklığı ve soğukluğu yaymak için

su çevrimleri kullanılır. Bu tip uygulamalarda eş zamanlı olarak ısıtma ve soğutma prosesleri gerçekleştirilebilir.

8.1.3 Entegre Isı Pompaları

Mahal ısıtma, soğutma, su ısıtma bazı zamanlarda da geri kazanılan ısıyı dışarı nakletme işlemini yapar. Su ısıtma işlemi ya sadece kızdırıcı ile yada kızdırıcı ve kondenser ısısıyla yapılır. Son işlem mahal ısıtma ve soğutulmasına ihtiyaç yokken su ısıtılmasına olanak tanır.

8.2 Kullandıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması

Isı pompaları hava,su,toprak ve güneş enerjisi olmak üzere dört kaynaktan yararlanırlar. Bu kaynaklardan ilk üçü tek başlarına kullanılabilirle beraber, güneş enerjisi genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflandırmada enerjinin absorbe edildiği ve serbest bırakıldığı ortama göre ısı pompaları isimlendirilir. Isının çekildiği ve atıldığı kaynakların aynı sıcaklıkta olmaları halinde, ısı pompası maksimum verimde çalışır.

8.2.1 Hava

Hava, ısı pompası için üniversal, ucuz, bol bir ısı kaynağıdır. En büyük avantajları, sürekli bulunması, geniş uygulama alanı bulunması, kullanılan ekipmanların makul boyutlarda olması ve nispeten düşük işletme ve tesis maliyetleri gerektirmesidir. Tasarımı için çok geniş ve ayrıntılı bilgi kaynakları mevcuttur. Hava kaynaklı ısı pompalarının dezavantajları;

- Hava sıcaklığının çok değişken olması,
- Buzlanma problemi,

olarak sayılabilir. Isı ihtiyacının yüksek olduğu durumlarda kaynak sıcaklığı da düşüktür. Bu ise ısı pompasının kapasitesinin düşmesine neden olur. Bu durumlarda ek bir ısıtma kaynağına ihtiyaç duyulur. Isı kaynağının çok değişken olması projelendirmeyi ve ekipman seçimini zorlaştırır.

Hava kaynaklı ısı pompalarında, buharlaştırıcıda ısı geçişini sağlamak amacıyla, kaynak sıcaklığı ile soğutucu akışkan sıcaklığı arasında genellikle 10°C civarında bir fark olur. Buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı 0°C'nin altına düştüğünde, hava içerisindeki su buharı buharlaştırıcı yüzeyi üzerinde yoğunlaşarak buzlanmaya sebep olur. Buzun buharlaştırıcı

üzerinde uzun süre kalması ısı geçişini engelleyecektir. Bu durum ısı pompası tesir katsayısı ve kapasiteyi düşürecektir. Yapılan araştırmalar, buz birikiminin, $9,8\div 14,6$ kg/m^2 değerine kadar ısı geçişini arttırıcı yönde rol oynadığını göstermektedir. Daha fazla birikmeyi engellemek için buzun periyodik olarak buharlaştırıcı yüzeyinden çözülmesi gerekmektedir. Hava kaynaklı ısı pompalarının bir diğer problemi ise buharlaştırıcıda ısı geçişinin düşük olmasıdır. Bu sebepten ötürü ısı geçişini arttırmak amacıyla genellikle genişletilmiş yüzeylerden ve fanlardan faydalanılır. Hava/hava ısı pompalarının buharlaştırıcı yüzeyleri yoğunlaştırıcı yüzeylerinden daha büyük olmakta ve evaporatör yüzeyinden geçen hava debisi yoğunlaştırıcı yüzeylerinden geçen hava debisine oranla %50÷100 oranlarında daha fazla olmaktadır.

8.2.2 Su

Kuyulardan, göllerden, nehirlerden, şehir şebekelerinden ve üretim işlerinden elde edilen su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Kuyu suyu $45\div 150$ metre derinlikten ve kuzey ülkelerinde, yaklaşık 10°C , güney ülkelerinde ise 16°C sıcaklıklarda elde edilebilir. Yıl boyunca su sıcaklığının fazla değişmemesi büyük bir avantajdır. Göl,nehir ve benzeri yer üstü sularında ise, sıcaklık, yıl boyunca kuyu sularına göre daha fazla değişmekle beraber, sıcaklık değişimi havada olduğu kadar olmamaktadır. Ülkemizdeki su kaynaklarının 0°C 'nin üzerinde olması bir avantajdır.

Kuyu suyundan yararlanıldığında, sıcaklığı düşmüş olarak, buharlaştırıcıyı terk eden suyun kaynak sıcaklığını düşürmemesi için, genellikle bir daha kullanılmak üzere bir başka yere atılması ve kaynağın bol miktarda bulunması gerekmektedir. Dolayısıyla suyun bir defa kullanılması ve büyük miktarlarda gerekmesi, kuyu suyundan yararlanma olanaklarını azaltmaktadır. Kuyu suyunun maliyeti (sondaj, bakım) küçük tesisler için uygun olmamaktadır. Kaynak olarak su kullanıldığında diğer önemli bir husus da suyun kalitesi olmaktadır. Su kalite testi kesinlikle yapılmalı ve içerdiği mineraller korozyon probleminden ötürü incelenmelidir. Su kaynaklı ısı pompalarının en büyük avantajı ısı değiştiricilerinde, ısı geçişinin daha yüksek olmasıdır.

8.2.3 Toprak

Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması diğer sistemlere göre daha pahalıdır. Toprak altına gömülen borulardan doğrudan soğutucu akışkan veya daha ucuz olması bakımından

genellikle, salamura geçirilir. Toprak ısı değiştircileri, yatay ve dikey olmak üzere iki şekilde dōřenebilirler (Kavanaugh, 1998).

Toprağın bileşimi, yoğunluğu, iğerdiği nem miktarı ve gōmme derinliği, toprak ısı değiştircisinin seğimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi projelendirmede gūçlük yaratan sebeplerden birisidir. Aynı biğimde ısı pompası da ęalıřtırıldıęı andan itibaren toprağın özelliklerini etkiler. Őrnek olarak, ısı pompası ile ısıtma yapıldığında toprak ısı değiştircisine yakın bōlgelerde toprak sıcaklığı dūřer. Dolayısıyla bu bōlgede nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Salamuranın buharlaştırıcıya giriş sıcaklığı da aynı sebeple dūřer, bu ise ısı pompası kapasitesi ve ısıtma tesir katsayısını doğrudan etkiler. Soęuk bōlgelerde ısıtma yapıldığı süre iğinde toprağa yeteri miktarda ısı girişi olmazsa kış aylarında topraktan sūrekli ęekilen ısı nedeniyle, toprağın donma tehlikesi mevcuttur.

Toprak sıcaklığının havaya gōre genellikle daha uygun sıcaklıklarda ve sıcaklık değişiminde bulunması ayrıca salamura-soğutucu akışkan ısı değiştircilerinin, hava-soğutucu akışkan ısı değiştircilerine gōre daha az bir sıcaklık farkında ęalıřabilmeleri, toprak kaynaklı ısı pompalarının hava kaynaklı ısı pompalarına gōre daha avantajlı bir konuma getirmektedir.

Toprak kaynaklı ısı pompaları, buharlaştırıcısında topraktan ęekilen ısıyı kullanan ısı pompalarıdır. Toprakla olan ısı alışverişi, toprağa yatay veya dikey olarak gōmūlmūř toprak ısı değiştircileriyle geręekleřtirilir. Su veya salamura, toprak ısı değiştircisini oluşturan borulardan geğirilerek elde edilen ısı enerjisi, ısı pompasındaki buharlaştırıcıda soğutucu akışkana aktarılır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında ısı kaynağı toprak ise de, ısı topraktan sıvı akışkan vasıtası ile ęekildięinden kullanılan ısı pompaları su (salamura) / hava, su (salamura) / su ısı pompalarıdır.

8.2.4 Gūneř

Isı kaynaęı olarak gūneř enerjisinden yararlanmanın en būyūk avantajı, ısı pompası buharlařtırıcı sıcaklıęının yūkselme sine imkanı vermesidir. Bu suretle ısıtma tesir katsayısı yūkselmiř olur. Gūneř enerjisinden yararlanan ısı pompası sistemleri, daha dūřuk toplayıcı sıcaklıęında ęalıřtıklarından, toplayıcı verimi dięer gūneř enerjisi sistemlerinde olduęundan yūksektir.

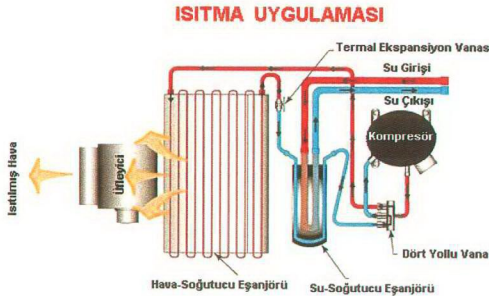
Kaynak olarak güneş enerjisinden yararlanıldığında iki temel sistem söz konusudur. Bunlar direkt ve indirekt sistemlerdir. Direkt sistemlerde toplayıcılar buharlaştırıcı görevi görür. İndirekt sistemlerde ise toplayıcıdan su veya su buharı geçirilerek kaynak olarak bu akışkanlardan yararlanılır. Ancak, hava kaynağında olduğu gibi, ısı ihtiyacının yüksek olduğu günlerde güneş enerjisi de az olduğundan; ek bir ısıtma tesisatına veya ısının depolanmasına gerek vardır. Bu da pahalı olan sistemin maliyetini arttırmaktadır.

8.3 Çalışma Prensiplerine Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması

8.3.1 Hava Kaynaklı Isı Pompaları

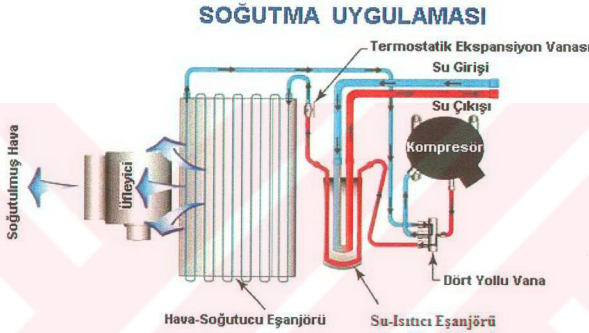
Bu tip ısı pompalarında ısının emildiği ve atıldığı ortamın her ikisi de havadır. Bunlara en iyi örnek pencere ve split tip ısı pompası klimalardır. Isıtma çalışmasında dış ortamdaki havanın enerjisi alınarak bu enerji iç ortamda sirküle eden havaya verilirken tam tersine soğutma uygulamasında iç ortamdan çekilen enerji yüksek sıcaklıkta dış ortam havasına verilir.

Isı pompası taze hava veya egzost havası şartlandırılabilir. Cihaz iç ortama konulduğunda hava kanalı bağlantısı yapılmalıdır. Dış hava cihaza kanalla ulaştırılıp, kullanılmış hava cihazdan tekrar dışarı kanalla taşınmalıdır. Hava hareketini sağlayan fan, cihazın entegre bir elemanıdır ve performans değerleri hesaplanırken bu fan da göz önüne alınmalıdır. Cihazdan geçen havadan çekilen ısı, kapalı sıcak sulu ısıtma devresinde dolaşan suya aktarılır. Sıcak sulu ısıtma devresinde su sıcaklığı 55°C değerinin üzerine çıkamaz. Bu nedenle ısı pompalarının kullanıldığı sıcak sulu ısıtma sistemleri düşük sıcaklık ısıtma sistemleri olmak zorundadır. Bu amaca en uygun çözüm yerden ısıtma sistemleridir (Küçükçalı).



Şekil 8.1 Hava kaynaklı ısı pompasında ısıtma uygulaması [1]

Konutlar ve küçük ticari uygulamalardaki ısı pompalarında hava üniversal kaynak/kuyu vazifesi görür. Hava sıcaklığı -18°C ile 24°C arasında kabul edilebilir. Cihaz çalışma aralığı -8°C ile 35°C değerindedir. Soğutucu akışkan sıcaklığı ısıtma modunda dış hava sıcaklığından 6°C ile 11°C daha soğuk olmaktadır. Hava kaynaklı ısı pompalarında dış hava sıcaklığı ve buz oluşumu en önemli iki tasarım parametresidir. Hava sıcaklığı düştükçe ısıtma uygulamasında pompanın verimi ve kapasitesi düşer. Optimum cihaz boyutları açısından seçilecek denge sıcaklığı çok önemlidir. Isıtma uygulamasında denge sıcaklığının altındaki dış hava sıcaklığında ek bir ısıtıcı devreye girer. Bu ısıtıcı genellikle elektrikli ısıtıcıdır.



Şekil 8.2 Hava kaynaklı ısı pompasında soğutma uygulaması [1]

Cihaz kışın ısıtma yükünü belli oranda karşılarken, yazın soğutma modunda aşırı büyük kalmamalıdır. Isı pompasının bina ısı yükünün tamamını karşıladığı dış sıcaklık değerine denge sıcaklığı denir.

Dış hava sıcaklığı $5,5^{\circ}\text{C}$ mertebesinde iken dış serpantin yüzey sıcaklığı 0°C olmaktadır. Bu sıcaklığın altında eşanjörde buzlanma yapar. Oluşan buzun eritilmesi için defrost yapılır. Hava kaynaklı ısı pompaları mevsim geçişlerinde ve ılıman iklimlerde avantajlıdır.

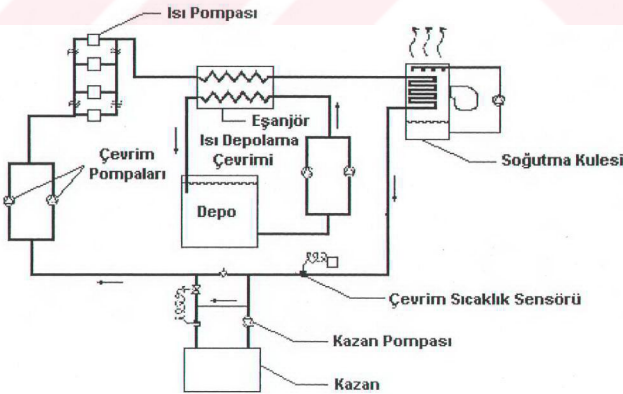
8.3.2 Su kaynaklı Isı Pompaları

Su kaynaklı ısı pompaları binalarda 1962'den bu yana kullanılmakta bina içerisinde ısıtma ve soğutma proseslerini gerçekleştirmektedirler. Enerji geri kazanım sistemi ile su kaynaklı ısı pompaları bina içerisinde eş zamanlı olarak ısıtma ve soğutma uygulamasını gerçekleştirebilirler. Bu sistem mahallere yerleştirilecek su-hava ısı pompaları, çevrim suyu

pompası, sistemden ısının uzaklaştırılacağı bir soğutma kulesi veya atmosferik ısı değiştirici ve sisteme ısı ilavesi yapacak bir kazan veya su ısıtıcısından oluşmaktadır (Eley, 1994) .

Su kaynaklı ısı pompaları ticari bina uygulamalarında büyük kabul ve pazar pay bulmaktadır. Sistem ısıtma ve soğutma proseslerini eş zamanlı olarak gerçekeştirdiği durumlarda termal dengelemeyi sağlamakta ve sağladığı ısı geri kazanım fonksiyonu ile enerji tasarruf imkanı sunmaktadır.

Su çevrimli ısı pompası uygulamasında çevrim suyu sıcaklığı $16^{\circ}\text{C} \div 32^{\circ}\text{C}$ arasında tutulmaktadır. Soğutma uygulamasında çevrim suyu sıcaklığı sistemden ısı soğutma kulesi yardımıyla atılarak 32°C 'nin altında tutulmaya çalışılır. Isıtma uygulamasında ise soğutma uygulamasının tersi olarak çevrim suyu sıcaklığı gerekli olması durumunda bir ısıtıcı ile enerji takviyesi yapılarak 16°C 'nin üstünde tutulmaya çalışılır. Su kaynaklı ısı pompası sistemi sıvının verimli ve güvenilir bir çalışma için kabul edilebilir akışkan sıcaklık değerlerini sağlayacak enerji kaynak/çukur uygulaması üzerine kurulmuştur. Sistemde iki sıvı akış yolu tipi tanımlanmuştur. Açık çevrim akış yolunda çevre ortamdan gelen sıvı ısı pompaları vasıtasıyla tekrar çevredeki mahallere gönderilir. Kapalı çevrim akış yolunda ise sıvı kapalı bir sistem içinde bulunmakta ve ısı pompaları arasında sürekli olarak sirküle edilmektedir. Genel olarak kabul edilen kapalı çevrim kaynak/çukur uygulamaları, yer altı devresi ve çevre su kaynaklarıdır. (Yüzey ve yer altı su kaynakları)



Şekil 8.3 Su çevrimli ısı pompası tesisat şeması (Eley, 1994)

Şekil 8.3'de tipik bir su çevrimli ısı pompası sistemi görülmektedir. Sistem, ayrı mahallerde bağımsız su kaynaklı ısı pompalarından oluşmakta ve paralel bağlanmış iki pompa vasıtasıyla kapalı devre içerisinde su sirküle edilmektedir (Kush, 1990). Su tanklarında ısı depolaması yapılarak ısı geri kazanım değeri artırılmakta veya ısıtma pik yüklerde ısıtma sistemi devre dışı bırakılabilmektedir. Bütün ısı pompaları ortak bir çevrim hattına bağlı olup bu çevrim soğutma uygulaması için ısı çukur yada ısıtma uygulaması için ısı kaynağı vazifesi görür.

Su kaynaklı ısı pompalarının kapasite ve verimlilikleri her iki çalışma modunda su giriş sıcaklığının önemli bir fonksiyonudur. Çevrim suyu sıcaklığı düştükçe soğutma performansı artmaktadır. Su sıcaklığındaki düşüş ile COP-C değerindeki artış soğutma kapasitesindeki artışın yaklaşık üç katı olmaktadır. Aynı biçimde çevrim suyu sıcaklığının artışı ile birlikte ısıtma performansı artmaktadır. Isıtma çalışmasında ise ısıtma kapasitesindeki artış COP-H değerindeki artışın yaklaşık 2,5 katı olmaktadır (Eley, 1994).

Temel sistemde çeşitli varyasyonlar bulunmaktadır. Kazansız sistemlerde çevre mahallerde bulunan ısı pompalarıyla ılıman iklim şartlarında kullanılan rezistanslarla ısı yedeklemesi yapılmaktadır. Akışkan ısı pompaları arasında sirküle edilir. Isı geri kazanımını arttırmak için sistemde ısı depolama vazifesi gören likit tankları mevcuttur. Burada diğer bir amaç da su tüketimini azaltmaktır. Ilıman iklimlerde sistemde sadece su dolaşırken soğuk havalarda sistemde su-antifriz çözeltisi dolaştırılmalıdır. Kapalı çevrimde sirkülasyonu sağlayan ve su kaynaklı ısı pompalarında su kaybını önleyen iki adet pompa bulunmaktadır.

Su kaynaklı ısı pompası sisteminde her cihaz bir hava soğutucu evaporatör, evaporatör fanı, su soğutmalı kondenser, kompresör ve pano içerir. Cihaz ortam isteğine göre soğutma yaptığımda kondenser hattı suyu ısınır, ortama ısıtma yaptığımda ise kondenser hattı suyu soğur. Kondenser suyu tek boru hattı ile tüm ünite kondenserlerini dolaşır. Cihazların çoğu soğutmaya çalıştığımda kondenser hattını kule devreye girip soğutur, cihazların çoğunluğu ısıtmaya çalıştığımda ise kondenser hattını kazan devreye girerek ısıtır. Bu suretle kondenser hattındaki su sıcaklığı sürekli 16°C ile 32°C arasında tutulur.

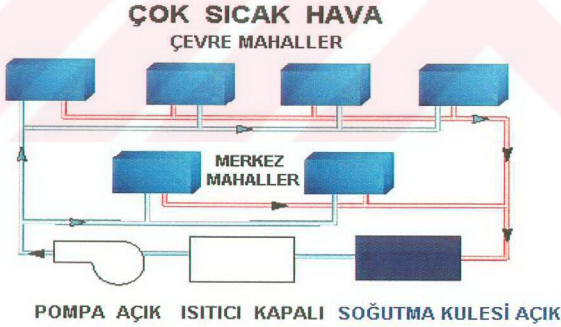
Su kaynaklı ısı pompalı sistemde her cihaz istenilen şekilde hem ısıtma hem soğutma yapabilir. Yüksek verimde çalışan cihazlarla kışın dış hava soğukluğundan da hiçbir şekilde etkilenmeden, yüksek COP ile ortam ısıtılır soğutma ihtiyacı olan mahaller ise soğutulur. Sistemdeki kazan ve soğutma kulesiyle çevrimdeki su sıcaklığı belirli bir aralıkta tutulabilirken bazı sistemlerde su kaynaklı ısı pompaları su dağıtım sistemi ile yangın koruma

sistemleri (sprinkler sistemi) entegre olarak çalışabilmektedir. Bu ise sistem maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Bina otomasyonu sayesinde; her odanın sıcaklık kontrolü, ısıtma, soğutma, cihaz hava giriş çıkışları, cihaz su giriş çıkışları, kondenser suyu fan kontrolü, voltaj koruması, yoğuşma tavası taşması, kompresör ve fan çalışma saatleri, çeşitli alarmlar, birden fazla ünitenin tek termostattan takibi, jeneratör ile sadece fan çalışması ve birçok diğer nokta takip ve kontrol edilebilir.

8.3.2.1 Sadece Soğutma Uygulaması

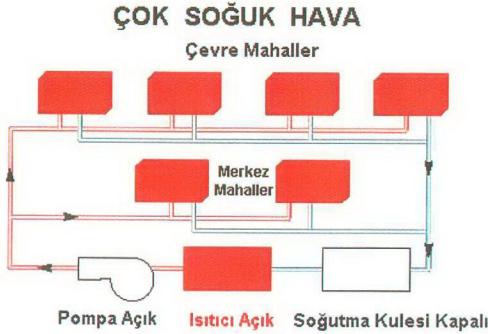
Soğutma uygulamasında mahallerden çekilen ısı, ısı pompaları tarafından çevrim suyu üzerine yüklenir ve çevrim suyu sıcaklığı artar. Sistemde kullanılan soğutma kulesi ile çevrim suyu sıcaklığı maksimum seviye olan 32°C 'nin altında tutulur. Soğutma kulesi tarafından harcanan enerji kule fan motorları ve sprej pompa motorlarının çektiği enerjiden oluşmaktadır. Bu enerji ısı pompalarının harcadığı enerjinin yanında genellikle ihmal edilebilecek mertebededir. Dizayn şartlarında soğutma kulesinin çektiği güç ısı pompasının çektiği güç değerinin %5'i mertebesinde olmalıdır.



Şekil 8.4 Su çevrimli ısı pompası soğutma uygulaması [1]

8.3.2.2 Sadece Isıtma Uygulaması

Isıtma uygulamasında mahalleri ısıtmak için gerekli olan ısı enerjisi ısı pompaları ile çevrimden çekilir ve çevrim suyu sıcaklığı düşer. Çevrim suyu sıcaklığının minimum çevrim sıcaklığı seviyesi olan 16°C 'nin altına düşmemesi için sistemde bir ısıtıcı kullanılır.

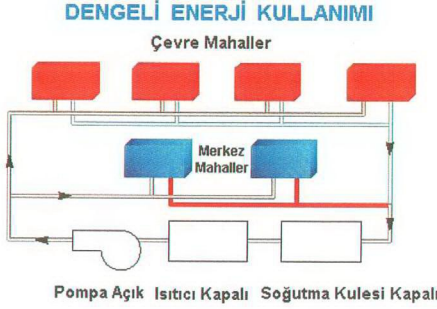


Şekil 8.5 Su çevrimli ısı pompası ısıtma uygulaması [1]

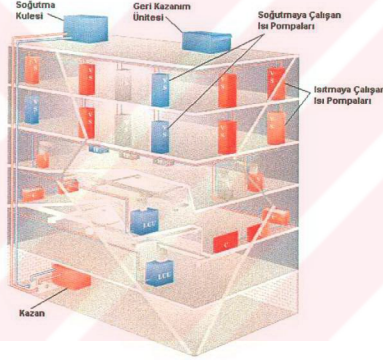
8.3.2.3 Eş Zamanlı Olarak Isıtma ve Soğutma Uygulaması:

Bu çalışmada bazı ısı pompaları ısıtma modunda iken diğerleri soğutma modunda çalışmaktadır. Soğutma modundaki ısı pompaları tarafından çevrime atılan ısı enerjisi bu esnada ısıtma modunda olan ısı pompalarına ısı kaynağı olarak enerji sağlar. Soğutma modundaki ısı pompaları tarafından çevrime verilen enerji değeri ısıtma modunda çalışan ısı pompaları tarafından çevrimden çekilen enerji değerinden büyük oluyorsa fazla olan enerji soğutma kulesi ile atmosfere atılır. Tam tersi durumda ise soğutma modunda çalışan ısı pompaları tarafından çevrime verilen enerji değeri ısıtma modunda çalışan ısı pompaları tarafından çevrimden çekilen enerji değerinden küçük oluyorsa çevrime sistemdeki bir ısıtıcı vasıtasıyla ısı enerjisi girişi yapılır. Isıtıcı, yakıt olarak gaz veya yağ kullanan bir kazan, elektrikli bir ısıtıcı veya yer altı kaynaklı bir enerji kaynağı olabilir. (Düşük sıcaklıklı jeotermal kaynak.)

Su çevrimli ısı pompası sistemi, yukarıda bahsedilen özellikleri ile birlikte bina içerisinde soğutma uygulaması gerektiren alanlardan (genel olarak merkez bölgeler) eş zamanlı olarak ısıtma uygulaması gerektiren alanlara (genellikle çevre bölgelerdeki mahaller) ısı enerjisinin transfer edildiği yada enerji dengelemesi yapıldığı birçok ticari ve kamuya ait binalarda sağladığı enerji tasarrufu ile de daha etkileyici, tercih edilen bir konuma ulaşmaktadır. Eş zamanlı olarak ısıtma ve soğutma uygulamasının yapıldığı çalışma şartında enerji tasarruf ve sistem performans karakteristikleri geleneksel sistemlerinkinden farklı olmaktadır.



Şekil 8.6 Su çevrimli ısı pompası eşzamanlı ısıtma ve soğutma uygulaması [1]

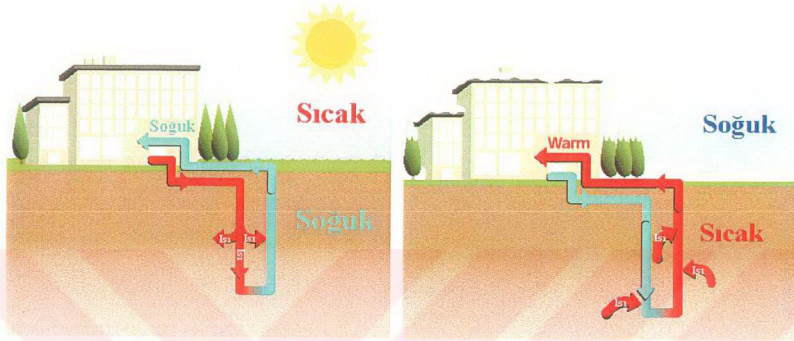


Şekil 8.7 Çok katlı bir binada su çevrimli ısı pompası uygulaması [1]

8.3.3 Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Mevcut ısı pompalarından farklı çalışmayan toprak kaynaklı ısı pompalarında toprak altına yerleştirilmiş içlerinde ısı taşıyıcı akışkan dolaşan borular toprakla olan ısı alışverişini sağlar. Elektrik beslemeli sirkülasyon pompası ısı taşıyıcı akışkanı ısı çukuru olarak adlandırılan toprak altındaki borular içinde dolaştırır. Isı çukurundan alınan ısı enerjisi buharlaştırıcıya ulaşır. Buharlaştırıcıya ulaşan ısı enerjisi sayesinde soğutucu akışkan buharlaşır. Soğutucu akışkan kapalı bir devre içinde ve basınç altında dolaştırılır. Gaz halinde kompresöre ulaşan soğutucu akışkan sıkıştırılarak basıncı ve dolayısıyla sıcaklığı artırılır. Kompresörden çıktıktan sonra yoğuşturucuya giren soğutucu akışkan ısınsının büyük bir kısmını ısıtma tesisatı

çevrimine aktarır. Soğuyan akışkan akışkan yoğuşur ve sıvı faza geçer. Daha sonra genişleme valfinden basıncı düşürülür ve düşük sıcaklıktaki soğutucu akışkan çevrimin başına dönmüş olur. Bu çevrimin tam tersi soğutma çevrimi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 8.8 Toprak kaynaklı ısı pompası yaz ve kış uygulaması [2]

Toprak sıcaklığı kış aylarında üzerindeki havadan daha sıcak yaz aylarında ise üzerindeki havadan daha soğuk olur. Yazın toprak kaynaklı ısı pompası binadan ısı çekerek bu ısıyı toprak sistem çevrimindeki sirkülasyon akışkanları ile daha soğuk olan toprağına transfer eder. Su çevrimli ısı pompalarında kullanılan kazan ve soğutma kulesinin yerini toprak kaynaklı ısı pompalarında toprak ve toprak altına döşenmiş olan eşanjör veya yer altı suyu almaktadır. Kışın toprak çevrim sistemindeki sirkülasyon akışkanını topraktan ısı absorbe ederek bu ısıyı toprak kaynaklı ısı pompasına taşır. Toprak kaynaklı ısı pompası akışkandan ısıyı alarak sıcaklığını artırır ve bina içine dağıtır. Sistemde ısı alış verişini toprak içerisine gömülmüş bir eşanjör ile gerçekleştirilir (Kavanaugh, 1998). Toprak kaynaklı sistemlerin uygulanabilmesi için uygun büyüklük ve kalitede bir kaynağına ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın karşılanmasına yönelik olarak kaynak kullanım ve düzeni ayarlanmalıdır.

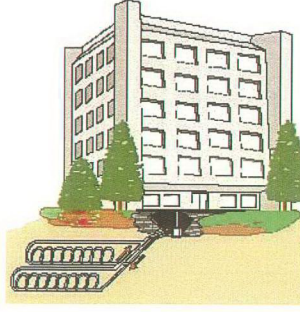
Toprak kaynaklı ısı pompalı sistemlerde atık ısının atıldığı veya gerekli ısı enerjisinin çekildiğı ısı çukurunun tasarımı sistem verimi açısından büyük rol oynar. Uygulamada farklı sistemler söz konusu olup temelde açık ve kapalı çevrim olmak üzere iki ana kısımda inceleme yapılabilir.

Yatay kapalı çevrimler genellikle alan sıkıntısının olmadığı küçük montajlarda uygulanmaktadır. Yatay sistemler tek bir hendek veya birbirine yakın hendekler içine, bir veya birden fazla borunun yerleştirilmesiyle oluşturulur. Borular yaklaşık 1,5 m derinliğinde bir hendek boyunca yerleştirilir. Borular arası yaklaşık olarak 30 cm ve her bir hendek birbirinden 3,6÷4,5 m uzaklıkta olacak şekilde, tek bir hendekte altı boruya kadar uygulama yapılabilir. Kapalı devre toprak ısı değiştiricileri, salamuranın akış yollarına göre seri veya paralel tipte olabilir. Seri tipte tek bir akış yolu, paralel tipte ise birkaç akış yolu mevcuttur. İyi bir akış dağılımı sağlamak amacıyla, paralel borulamada besleme hattı boru çapları dönüş borularının çaplarından küçük olmalıdır. Yatay ısı değiştiricilerinin iyilik derecesi, ısıtma ve soğutma mevsimleri boyunca yağmur, kar ve diğer yüzeyde etki bırakabilecek iklimsel olaylar nedeniyle, ısı değiştiricisinin yüzeye yakınlığı ile orantılı olarak değişir.



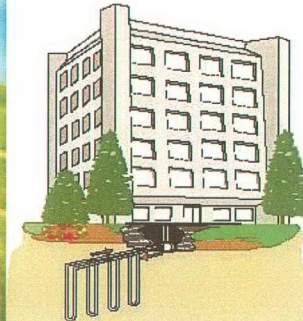
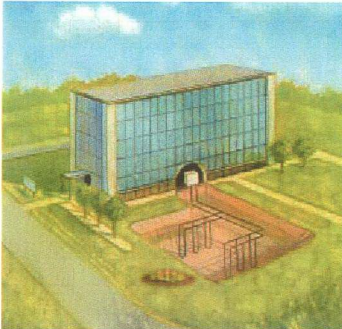
Şekil 8.9 Toprak kaynaklı ısı pompası yatay kapalı çevrim [3]

Boruların üst üste bindirilmesinden oluşan ve literatürde “Slinky” tipi olarak anılan yerleştirmeye birim hendek başına daha fazla boru dönebilir. Bu suretle her bir hendeğin ısı transfer oranları artırılmış olur. Geleneksel yatay döşeme sistemine nazaran Slinky tipi uygulamalarda gerekli olan ton başına ısıl enerji için daha fazla boru kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Boruların toprak altına döşenmesinde boruların ve dolgu malzemesinin yakın temasının sağlanması önemli bir husustur.



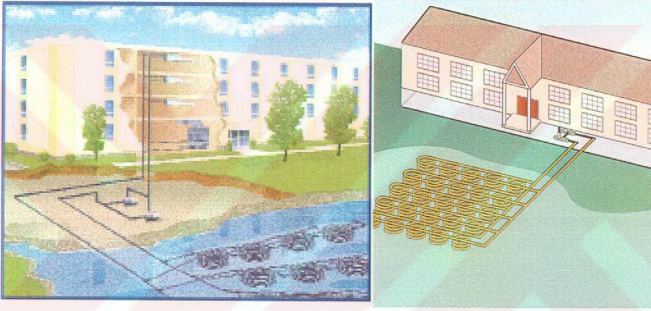
Şekil 8.10 Toprak kaynaklı yatay kapalı çevrim (slinky) [3]

Dikey kapalı çevrimler çoğunlukla ısı değiştirici boruların yerleştirileceği alanın kısıtlı olduğu okul ve ticari uygulamalarda tercih edilmektedir. Dikey çevrim uygulamalarında boruların döneceği toprak tabakasının ince olması istenir. Uygulamada gerçekleşen delme derinlikleri 30÷120 m arasında değişir. Her bir çukur içinde tek bir çevrim borusu bulunmalıdır. Sisteme yerleştirilecek çevrim sayısı toprak şartlarına, ısıtma-soğutma yüklerine ve her bir çukurun derinliğine bağlıdır. Toprak, kaya ve yer altı koşullarına bağlı olarak 15 m'lik bir çevrim 1 kW ısı değişimi sağlar. Dikey ısı değiştiricisinin genellikle, yatay ısı değiştiricisine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Dikey tiplerde, boruların büyük bir bölümü toprağın düşük ısı direnç gösteren bölümündedir. (toprak altındaki sulu bölge) Yer altı sularının hareketleri ısı değiştiricisinin verimini yükseltir. Ancak dönüş ve besleme borularını aynı deliğe yerleştirme zorunluluğu da, ısı geçişi bakımından kısa devreye sebebiyet verebileceğinden, dikey tiplerin yerleştirilmesinde bu noktaya dikkat edilmelidir.



Şekil 8.11 Toprak kaynaklı dikey kapalı çevrim [3]

Tipik jeotermal sistemlerden biri de göl içerisinde çevrimini tamamlayan yüzey sulu kapalı sistemdir. Suyun önde gelen ısı transfer özelliklerinden ötürü bu sistem yer altı kaynaklı ısı pompası sistemleri arasında oldukça ekonomik bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir önceki sistemde toprak altına gömülen ısı değiştirici devreler bu sistemde suyun altına daldırılmaktadır. Sistem bu suretle en az kazı ve en yüksek verimliliği sağlamaktadır. Yüzey suyunun yeterli derinlikte ve miktarda olduğu yerlerde, kapalı boru serpantini açılan delik içine konur. Dolaşan akışkan çevredeki su ile mükemmel bir ısı alışverişinde bulunur. Yüzey sulu kapalı çevrimler diğer çevrimlere göre daha verimlidir. Bu kapalı su devresine çok sayıda ısı pompası bağlıdır. Klasik kapalı su devreli su-su ısı pompası sistemindeki soğutma kulesi/kazan çifti yerine su kuyusu (göl) gelmiştir.



Şekil 8.12 Göl kaynaklı ısı pompası kapalı çevrim [3]

Borular içerisinde donma olasılığına karşı su antifriz karışımı dolaşmaktadır. Burada toprak ısı kaynak/çukur vazifesi görmekte ve çevrim suyu tarafından topraktan ısı çekilmekte veya toprağa ısı verilmektedir. Topraktan sisteme su girişi bulunmamaktadır. Bina içerisinde su hava ısı pompaları bir su çevrimine bağlanmış ve sirkülasyon pompası ile döngü sağlanmaktadır. Isı geri kazanımı için gerekli olan likit tanklarına bu uygulamada ihtiyaç yoktur. Bunun nedeni toprak kaynağının büyük bir depo etkisi yaratmakta olmasıdır. Soğutucu ile toprak arasında su ısı transfer işlemini gerçekleştirdiği için bu sistem ikincil sıvılı toprak kaynaklı ısı pompası olarak anılır. Çok az kullanılan diğer bir sistem ise direkt genişlemeli toprak kaynaklı ısı pompalarıdır. Bu tip uygulamada soğutucunun dolaştığı borular dikey veya yatay olarak toprak altına gömülür. Sistemde soğutucu gaz dolaştığı için ikincil ısı taşıyıcı akışkan ve ısı değiştirici devre dışı kalmıştır. İkinci bir akışkan yerine direkt soğutucunun toprak ile ısı transferinde bulunması daha yüksek bir verim elde etme ihtimali oluşturmasına karşın büyük miktarlarda soğutucu gaz ihtiyacı doğmakta bu da sistemin

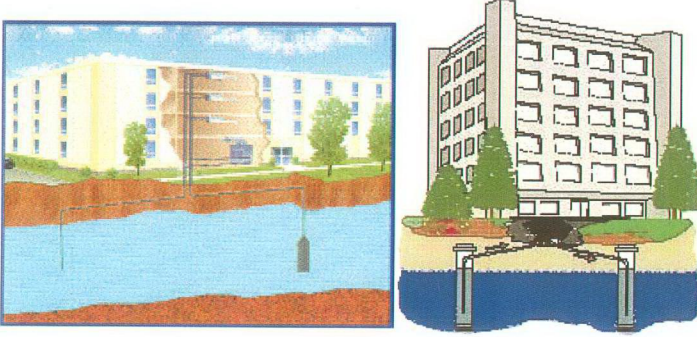
güvenirliliğini azaltmaktadır. Bugünün şartlarında direkt genişmeli toprak kaynaklı ısı pompalarının geleceği çevresel kaygılardan ötürü belirsizdir.

Bu sistem jeotermal ısı pompası, akışkan sirkülasyon pompası ve yeraltına gömülü plastik borulu çevrim ısı eşanjöründen oluşmaktadır. En popüler kapalı çevrim ısı eşanjörü konfigürasyonları dik, yatay, gizli, havuz yada göl çevrim montajlarıdır.

Yazın jeotermal ısı pompası binadan ısı çekerek bu ısıyı toprak sistem çevrimindeki sirkülasyon akışkanları ile daha soğuk olan toprağa transfer eder (Çanakçı ve Hepbaşlı, 2001). Kışın toprak çevrim sistemindeki sirkülasyon akışkanı topraktan ısı absorbe ederek bu ısıyı jeotermal ısı pompasına taşır. Jeotermal ısı pompası akışkandan ısıyı alarak sıcaklığını artırır ve bina içine dağıtır.

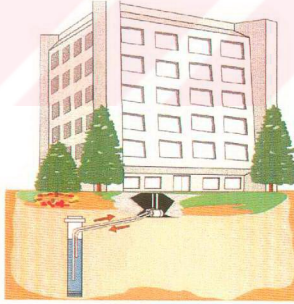
8.3.3.1 Toprak Kaynaklı Açık Çevrim Isı Pompası Sistemleri

Açık çevrimli sistemler konstrüksiyon olarak çok basittir. Sistem iki kuyu, bu kuyulara daldırılabilir pompalar ve pompaları kısa devreden koruyacak yeterli hacme sahip genişleme tank veya tanklardan oluşmaktadır. Açık çevrimli sistemlerde su bir kuyu veya gölden kuyu içi pompa vasıtasıyla alınır, ısı pompası ısı değiştiricisinden geçer ve tekrar aynı veya yakınındaki bir kaynağa deşarj edilir. Sistemin ısı çekmesi yada sistemden ısı atılması durumuna göre deşarj edilen su kaynak suyuna nazaran daha soğuk veya sıcak olur. İdeal olarak her bir kuyu istenilen maksimum yer altı su akışını sağlayabilmelidir. Bütün pompalar sisteme paralel bağlanmıştır. Açık çevrimli sistemler villa ısıtması gibi küçük uygulamalarda kullanılır. Bu sistemlerde yer altı suyu sıcaklıkları yıl içerisinde göreceli olarak sabit olduğundan, kullanıma izin verilen yerlerde bu sistem öncelikli olarak düşünülmelidir. Verimli ve ucuz olan sistemde ısı değiştiricilerin sürekli olarak temizlenmesi kirlenmeyi önleyici kimyasal maddelerin ilavesi gerekmektedir. Sistemin bir diğer dezavantajı ise kalitesi ve bol suya ihtiyaç duyulmasıdır. Su kalitesi istenen mertebelerde olmazsa ısı değiştiricilerde kireçlenme ve bu ise pompa enerjisinde artışa sebep olmakta dolayısıyla su kalitesi bu sistemin dizaynında göz önünde bulundurulacak çok önemli bir parametredir.



Şekil 8.13 Toprak kaynaklı açık çevrim ısı pompası sistemi [3]

Uygun olması durumunda açık çevrimli sistemler dikey tek kuyulu olarak ta uygulanabilmektedir. Bu tarz uygulamada ısı kaynağı olarak kullanılan kuyu çapı 16 cm olmaktadır. Kuyu içerisine suyun atıldığı ve emildiği borular daldırılır. Kuyudan su dibe daldırılmış boru ile çekilip binadaki ısı pompalarına sevk edilir. Sistemde mahallerden toplanan su tekrar kuyunun üst tarafına deşarj edilir. Bu sistemin güvenilir bir biçimde çalışabilmesi için bina içerisindeki su sütunu oluşturulacak kadar yeterli yer altı suyuna ihtiyacı vardır. Kuyu derinliği sistem yükü ve dizaynına göre değişecektir.



Şekil 8.14 Toprak kaynaklı tek kuyulu açık çevrim ısı pompası [3]

8.3.3.2 Hibrid Sistemler

Hibrid sistemlerde toprak eşanjörüne ilave olarak sistemde bir soğutma kulesi bulunur. Bazı dizayn şartlarında toprak kaynaklı ısı pompasının ilk yatırım maliyetlerinin (su çevrimi ve kurulum) azaltılmasına yönelik bir uygulamadır. Sistemde soğutma yükü ısıtma yükünden

daha büyük olduğu çok sıcak hava şartlarında sisteme ilave edilen soğutma kulesi fazla ısının atılmasına yardımcı olmaktadır. Soğutma kulesi kullanılmaması durumunda toprağa ısı belirli bir sistem sıcaklığına ulaşıldıktan sonra atılamayacak ve bu da eşanjörün verimliliğini düşürecektir. Bu amaçla ilave olarak eklenen soğutma kuleleri çevrim suyu sıcaklığını stabil bir değere ulaştırıp gerekli toprak eşanjörü ebatlarını küçültecektir. Genel olarak hibrid sistemler soğutma yükleri büyük olan yapılarda uygulanmaktadır. Eklenen soğutma kulesi ile pik yükler için yer altı eşanjörünü boyutlandırma ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Bakım maliyetleri açısından bakıldığında soğutma kulesi masrafları arttırmasına karşın toprak kaynaklı sistemin getirdiği avantajlar göz önüne alındığında bu masraflar karşılanabilmektedir.



Şekil 8.15 Hibrid sistemler [3]

8.3.3.3 Toprak Kaynaklı Kapalı Çevrim Isı Pompası Sistemleri

Toprak kaynaklı ısı pompaları yakın zaman içerisinde artan bir ivmeyle gelişmektedir. Sistem güvenilirliği, yüksek konfor imkanı, düşük bakım işletme giderleri ile piyasada önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Günümüz koşulları içerisinde toprak kaynaklı ısı pompaları öncelikli olarak ısıtma uygulamasının ihtiyaç duyulduğu kırsal oturma alanlarında uygulanmaktadır. Yakın zaman içerisinde ısı pompası teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak sistem uygulamaları büyük yerleşim alanlarına ve ticari binalara girmeye başlamıştır.

Bugün ısıtma ve soğutma ihtiyaçları için toprağın doğal ısı depolamasından ana kaynak olarak yararlanılması ile bu sistem enerji verimi yüksek, çevre dostu ve ekonomik bir çözümdür. Artan çevrim sıcaklıklarına bağlı olarak ARI 330 standartlarında toprak kaynaklı kapalı çevrim ısı pompalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kapalı çevrimde su veya salamura, toprağa gömülü bir boru içinde dolaştırılır. Borunun çapı ve uzunluğu, iklimlendirme için gerekli olan

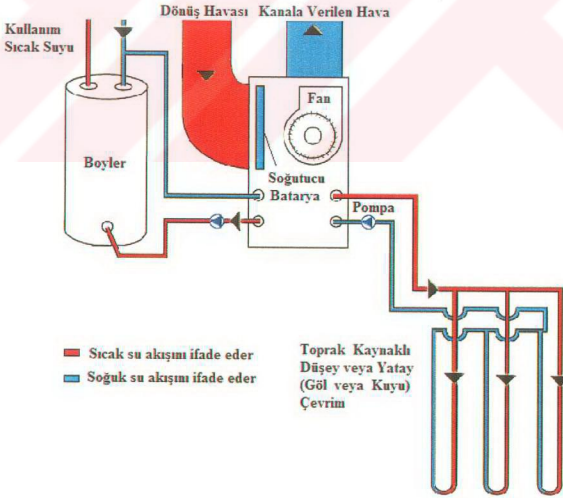
ısıtma ve soğutma miktarına, toprağın sıcaklığına, toprağın nemine, toprağın ısı iletim katsayısına ve sistemin ısı tasarımına bağlıdır. Toprak kaynaklı ısı pompası eşanjör hesabı karmaşıktır. Isı geçiş katsayısı toprağın nem ve yer altı suyuna göre değişmektedir. Nem değeri yüksek olan topraklar veya yer altı su seviyeli alanlarda toprak serpantin sisteminin boyu azalmaktadır. Kullanılan boru, normal olarak yüksek yoğunluklu polietilen borudur. Boru bağlantıları orijinal borudan daha iyi bir bağlantı sağlayan ısı fizyon tekniği ile yapılır. Isı değiştirici boruları toprağa son gömme işleminden önce, boruların içi temizlenir, hava kabarcıkları yok edilir ve sızıntılara karşı test edilir. Optimum sistem tasarımının elde edilmesinde, uygun tasarım ve montaj en kritik noktalaradır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları; yer altı kaynaklı ısı pompaları, jeotermal ısı pompaları, kapalı çevrimli ısı pompaları ve solar enerji ısı pompaları olarak anılmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompaları aynı zamanda yer altı sulu ve göl kaynaklı ısı pompaları da bünyesinde toplamaktadır. Açık çevrimde kaynak suyu kalitesinin çok önemli bir parametre olmasına karşın kapalı çevrimde eşanjörün içersine yerleştirileceği suyun kalitesi önemli değildir. Kapalı çevrim içerisinde dolaşacak olan suyun kalitesinin iyi olması yeterlidir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının diğer ısı pompalarına göre en önemli farkı ısı pompalarının kapalı bir çevrim ağına bağlı ve boruların yer altına gömülmüş olmasıdır. Toprak kaynaklı ısı pompaları için en yaygın boru yerleşimi yatay veya dikey olarak sıcaklığa dayanıklı plastik borularla yapılmaktadır. Yatay yerleştirmede toprak kolektörü, toprak 1-2 m kaldırılarak borular serpantin halinde yatay olarak toprağa serilir ve tekrar üstü kapatılır. Bu durumda topraktaki sıcaklık dış hava sıcaklık değişimlerinden belirli ölçüde etkilenmektedir. Dikey yerleşimde ise dar bir sondaj deliği delinerek ısı değiştirici borular toprağa dikey olarak yerleştirilir. Sondaj derinliği 100 m mertebelerinde olabilir. Derin toprakta sıcaklık yaklaşık yıl boyunca 15°C civarında sabit kalır. Kaynak sıcaklığın göreceli olarak sabit kalması nedeniyle kapasite yıl boyu fazla değişmez ve defrost sorunu yoktur. Bu nedenle bütün yıl boyunca ısıtma ihtiyacını tek başına karşılayacak şekilde seçilirler. Kışın ısıtmaya ihtiyaç duyulduğunda toprağın sıcak, yazın soğutmaya ihtiyaç duyulduğunda toprağın soğuk olması ideal bir ısı kaynak/çukuru olmasını sağlar. Bu nedenle toprağın sahip olduğu bu termal enerji evlerde rahatlıkla ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılabilir. Toprak kaynaklı ısı pompaları enerji kullanım verimlerinin daha yüksek olmasında dolayı geleneksel ısıtma soğutma sistemlerine göre daha ekonomiktir.

9. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA ENERJİ ÇEVİRİMLERİ

9.1 Soğutma Çevrimi

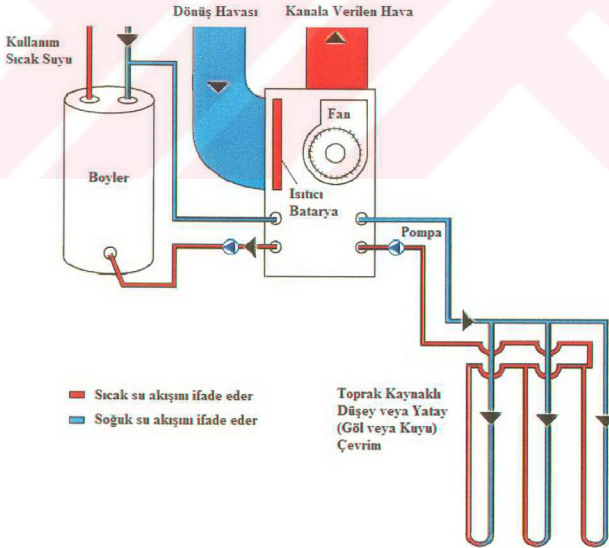
Soğutma çevrimi bina içerisindeki havanın ısı enerjisinin dış ortama atılması ile sağlanmaktadır. Bu işlem evaporasyon, kompresyon, kondenzasyon ve genişleme proseslerinden oluşan bir çevrimi gerektirir. Isı transferi soğutucu akışkan ile yapılır. Çevrim kompresörün soğutucuyu, su-soğutucu eşanjörüne sevk etmesiyle başlar. Soğutucunun enerjisi düşük enerjili kaynağa (toprak kaynaklı çevrim akışkanı veya kuyu suyu) aktarılır. Enerjisi alınmış olan soğutucu soğutucu-hava eşanjörüne geçer. Kanaldan dönen nemli ve ılık hava soğuk hava bataryası üzerinden geçirilir. Nemi alınmış olan soğuk hava kanaldan geçerek bina içerisine dağıtılır. Isı pompasına ılık dönüş havası ile ısı transferi yapan soğutucu, absorbe ettiği enerji ile gaz fazına geçer. Isınmış olan soğutucu gaz tekrar kompresöre girer ve sürekli olarak aynı işlemler yinelenir. Kompresöre dönen soğutucu ile gelen sıcak dönüş havasının enerjisinin bir kısmı kullanım sıcak su üretimi yapan başka bir soğutucu devresine yönlendirilir.



Şekil 9.1 Toprak kaynaklı ısı pompası soğutma çevrimi [4]

9.2 Isıtma Çevrimi

Isıtma çevriminde toprağın enerjisi alınarak bina içerisindeki havaya transfer edilir. Bu işlem evaporasyon, kompresyon, kondenzasyon ve genişleme proseslerinden oluşan bir çevrimi gerektirir. Isı transferi soğutucu akışkan ile yapılır. Isıtma çevrimi soğuk, sıvı soğutucunun su-soğutucu eşanjöründen geçmesi ve düşük sıcaklıklı kaynaktan (toprak kaynaklı çevrim akışkanı veya kuyu suyu) enerji absorbe etmesi ile başlar. Soğutucu buharlaşarak gaz fazına geçer. Gaz halindeki kompresöre giren ve basıncı artırılan soğutucu gazın sıcaklığı $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerine çıkar (Kavanaugh, 1998). Kompresörden çıkan sıcak gaz bir soğutucu-hava eşanjöründen geçirilir. Bu suretle soğutucunun enerjisi kanaldan dönen soğuk havaya transfer edilir. Ünitelikteki fan vasıtasıyla ısınmış olan hava bina içerisindeki mahallere sevk edilir. Enerjisini kanaldan dönen havaya veren soğutucu yoğunlaşır. Sıvı haldeki soğutucu tekrar su soğutucu eşanjörüne sevk edilerek çevrim sürekli olarak yenilenir. Kompresöre dönen soğutucu ile gelen düşük sıcaklıklı kaynağın enerjisinin bir kısmı kullanım sıcak su üretimi yapan başka bir soğutucu devresine yönlendirilir.



Şekil 9.2 Toprak kaynaklı ısı pompası ısıtma çevrimi [4]

10. DÜNYA ÜZERİNDE TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARI

Toprak kaynaklı ısı pompaları geçtiğimiz yarım yüzyıl içerisinde kış sezonunun uzun ve sert geçtiği Kuzey Avrupa, İskandinavya Kanada ve Kuzey Amerika'da avantajları ve yüksek konfor özelliklerinden ve çok yönlü kullanılabilir olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Süreç içinde Kuzey Avrupa ülkeleri tarafından AR-GE'ye verilen önem sayesinde mükemmel bir teknolojiye sahip olmuştur. Enerji politikaları ve petrol ürünlerinin birim fiyatlarındaki beklenmedik artışlar ısı pompasını ön plana almış çevre faktörü de eklendiğinde tek sistem olduğu ortaya çıkmıştır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları alternatif sistemlere nazaran ürettiği enerjinin 1/3'ü bedel karşılığı düşünülürse sadece tüketicinin değil, devletlerinde dış kaynaklı enerji alım politikalarında büyük bir avantaj sağlayacağı ispatlanmış ve bu sayede ısı pompası teknolojisi devletler tarafından teşvik ve destek görmektedir.

11 TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ SEÇİMİ

Isı kaynağı olarak topraktan yararlanılmasının düşünülmesi halinde, toprak özellikleri, bina ısıtma ve soğutma yükleri hesaplandıktan sonra, tasarımcı toprak ısı değiştiricisi özelliklerini seçmeye hazırdır. Isı değiştiricisi tipi, şekli, boru malzemesi, boru çap ve et kalınlıkları ve boru uzunluğu belirlenmelidir. Yatay ve dikey yerleşim sisteminin seçilmesinde yöresel iklimsel ve ekonomik etkenler önemlidir (Hepbaşlı, 1983).

11.1 Yöresel Etkenler

Topraktan ısı kaynağı olarak yararlanılmasına karar verilirken yöresel etkenler önemli rol oynar. Öncelikle elektrik tesisatının uygun ve güvenilir olması kesin bir gerekliliktir ve elektrik birim fiyatı diğer tüm alternatif yakıtlarla karşılaştırıldığında ekonomik olmalıdır. Yörede uygun delme ve hafriyat makinelerinin bulunması da bir gerekliliktir. Bazı çok sapa bölgelerde topraktan yararlanma mümkün olmayabilir. Yüzeyle sert kayaların bulunması topraktan yararlanmayı güçleştirir. Yerleşim bölgelerinde ise yeterli alan bulunmamasından dolayı ısı değiştiricilerinin yatay döşenmesi uygun olmayabilir.

11.2 Ekonomik Etkenler

Ekonomik etkenler tüm iklimlendirme sistemlerinde olduğu gibi toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin projelendirilmesinde de önemlidir. Fuel oil, doğal gaz, kömür gibi alternatif yakıtların fiyatlarının elektrik fiyatları ile kıyaslanmalıdır. Delme ve hafriyat masrafları yöresel olarak az da olsa değişkendir ve öngörülen sistemin uygunluğunu belirler.

İlk yatırım masrafları yüksek olan ısı pompası sistemleri, küçük, iyi yalıtılmış yapılar için ekonomik olmayabilir. Bu nedenden ötürü toprak kaynaklı ısı pompası tesisleri elektrik birim fiyatlarının uygun olduğu yerlerde, genellikle ısı kaybının yüksek olduğu binalarda ekonomiktir. İlk yatırım ve işletme maliyetleri arasında bir denge kurulmalıdır. İlk yatırım maliyetlerini en çok toprak ısı değiştiricilerinin maliyetleri etkiler. Isıtma ve soğutma yükleri hesaplandıktan sonra verilecek en önemli karar, toprak ısı değiştiricilerinin tahmini boyu yerleştirme ve düzenleme şeklidir. Dikey veya yatay şekil; seri veya paralel düzenleme; küçük veya büyük çap ve boru malzemesi seçimlerinin her biri maliyet üzerinde etkilidir. Ayrıca ısı yükü ve kaybının, iklim ve toprak şartlarının yöreye ve bina şartlarına göre değişken olması da hesapların çeşitli çözümler dikkate alınarak yapılmasını gerekli kılar.

12. TOPRAK KAYNAKLI SİSTEMLERİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

12.1 Avantajları

- Alternatif ısıtma ve soğutma sistemlerine nazaran işletme, bakım masrafları daha az olmakta sağladığı konforlu iklimlendirme ile sistem güvenilirliği artmaktadır.
- Cihazın dış ortam ile temasta bulunan parçası bulunmamaktadır.
- Yer altı kaynaklı sistemler sonradan kolay ve düşük maliyette ekleme veya yeni modelleme yapılabilecek esnek sistemlerdir.
- Ticari uygulamalarda iç mahallerden gelen atık ısının binadaki çevre mahallere yönlendirilmesi sağlanarak sistem enerji ve parasal tasarruf sağlamakta kullanılmayan mahallerde ise iklimlendirme durdurularak bu mahallerin diğer mahallerden izole edilebilir.
- Isı pompalarının verimi öncelikli olarak bina içi ile çevre arasındaki sıcaklık farkıyla ilgilidir. Eğer bu fark azaltılabilirse ısı pompasının verimliliği dolayısıyla da kapasite artacaktır. Yer altı sıcaklıkları çoğunlukla oda sıcaklığına havaya nazaran daha yakın olmakta dolayısıyla da yer altı kaynaklı üniteler eğer yer altı devresi doğru tasarlandığına

dış havayı ısı kaynak/çukuru olarak kullanan ünitelere göre daha yüksek verimlilikte olmaktadır.

- Çevrimdeki boruda suyun konveksiyon ile ısı transferi havaya nazaran daha iyi olduğundan yer altına döşenen bataryaların ısı transfer yüzeyleri daha küçük ve ısı transferinde daha verimli olacaktır.
- Konvansiyonel sistemlerle kıyaslandığında ek güç ihtiyacı önemli ölçüde azalmaktadır. Su havaya nazaran daha az enerji ile sirküle edilebilmektedir. Su havadan daha ağır olmasına karşın verilen bir hacim için 3500 kat daha fazla termal kapasiteye sahiptir. Bu suretle pompa motorları konvansiyonel havalı sistemlerde kullanılan dış hava fan veya kule fan motorlarından daha küçük olmaktadır.
- Bedelsiz termal enerjinin değerlendirilmesi
- Konvansiyonel enerji kaynakları tüketiminin minimuma indirilmesi
- Kullanılan enerjinin yalnız 1/3'ü bedel ödenerek satın alınır. Kompresör ve sirkülasyon pompalarının çalışmasını sağlayan elektrik enerjisi dışındaki kısım topraktan bedelsiz olarak sağlanır
- Karbondioksit atığı oluşturmaması %100 çevreci
- Baca ve yakıt deposu gibi diğer ısıtma sistemlerinde varolan unsura gerek kalmayışı ve bunların yaratacağı bakım giderlerinin bulunmayışı
- Yakıt depolama ihtiyacı olmadığından enerjiyi kullanmadan önce ödeme gereğinin olmayışı
- Tamamen sessiz çalışma ve estetik dizayna sahip bulunuşu nedeniyle yerleştirileceği alan konusunda seçenek sağlaması
- İlk yatırımını 3-6 yıl içinde amorte eder. Ülkemizde yeni uygulamaya giren çift tarife birim fiyat uygulama sistemi ile yatırımın dönüşüm süresi iki (2) yıla kadar düşmektedir.

12.2 Dezavantajları

- Yer altı kaynaklı çevrimlerin öncelikli olarak ısı değiştirici boruların toprak altına yerleştirilmesi için büyük miktarda ilk yatırım maliyetleri oluşmaktadır.
- Yer altı çevrimi için yeterli kurulum alanı bulunmalıdır.
- Soğuk havalarda çevrimde dolaşan suyun donmaması için antifriz ve yedek ısı kaynakları bulunmalıdır.

- Bina içerisinde bulunan mahallere çevrimin ulaştırılması ve doğru kurulumun yapılması çok önemlidir. Bu noktada mimar, mekanik ve yapı tasarımcılarının dikkatli olmaları gerekmektedir.

13. SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPALARINDA YAPILAN OPSİYONEL DİZAYN İŞLEMLERİ

13.1 Değişken Hızlı Pompalama

Su kaynaklı ısı pompası çevriminde değişken hızlı akış kontrolü uygulaması yapılması durumunda pompalama enerjisi önemli miktarda azalmaktadır. Bina içi kullanım oranlarının değişken olduğu oteller, birbirinden bağımsız ofislerin bulunduğu binalar bu sistemin uygulanabileceği en uygun binalardır. Bu yapılarda gün içerisinde mahallerin bir kısmı kullanılmakta buna karşılık ısı pompalarının bir kısmı çalışması gerekmektedir. Değişken akış hızlı sistemi, bir pompa hız kontrolörü (frekans kontrol motorlu pompa), çevrim basınç sensörü ve her bir ısı pompası için iki yönlü tecrit vanasından oluşmaktadır.

13.2 Termal Depolama

Düşük sıcaklıklı termal depolamanın ($15^{\circ}\text{C} \div 40^{\circ}\text{C}$) ticari binalarda su çevrimli ısı pompalarının öncelikli olarak soğutma modunda çalıştığı ılıman iklimlerde bir çok pratik uygulaması bulunmaktadır (Eley, 1994). Isı pompalarının sistemden çekilen enerji daha sonraki kullanım durumları için depolanır. Termal depolamanın kullanıldığı uygulamalar sabah ilk ısıtma yapılması, pik yük şartları ve kullanım suyu ısıtması olarak sayılabilir. Termal depo kazan dönüşüne yerleştirilmelidir. Bu suretle kazan ilk etapta termal depo yerine çevrim suyunu ısıtacaktır.

13.3 Yangın Söndürme Sprinkler Sistemi

Su çevriminin sprinkler sistemi ile entegrasyonunun sağlanması önemli ölçüde pompalama masraflarını düşürecektir. Dizayn aşamasında tescilli lisanslı uygulamalar göz önüne alınmalıdır.

14. TİCARİ BİNA UYGULAMALARI

Toprak kaynaklı ısı pompaları sıklıkla daha geniş uygulama alanı bulmuş olan su kaynaklı ısı pompaları ile karıştırılmaktadır. Bina içerisindeki borulama ve çevrim aynı olmasına karşın

iki uygulama arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Su kaynaklı ısı pompalarında ısı pompaları bina içersine yerleştirilmiş mahallerdeki sıcaklık kontrolü geleneksel on-off termostatlar ile yapılmaktadır. Cihazlar direkt mahal içersine yerleştirildiği için kanal işleri azalmıştır. Çevrim suyu sıcaklığı $16^{\circ}\text{C} \div 32^{\circ}\text{C}$ aralığında tutulmaktadır. Sistemde dolaşan suyu sıcaklığını bu aralıkta stabil tutmak için çevrimde bir kazan ve soğutma kulesi bulunmaktadır. Su kaynaklı ısı pompaları, dış yüzey ve infiltrasyon ile ısı kaybını bina içi yükleriyle dengeleyebildiği durumlarda çok verimli olmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında kazan ve soğutma kulesinin yerini toprak altına gömülmüş olan toprak eşanjörü almaktadır.

Su çevrimli ısı pompaları $16^{\circ}\text{C} \div 32^{\circ}\text{C}$ dar sıcaklık aralığında çalışmak üzere dizayn edilmişlerdir. Bu ısı pompaları toprak kaynaklı bir sistemde istenen performansı sağlayamazlar. Toprak kaynaklı sistemlerde daha geniş sıcaklık aralığında çalışabilen ısı pompaları kullanılması gerekmektedir. Bazı üretici firmalar geniş aralıkta çalışabilen ısı pompalarını sabit ayarlı genişleme vanası yerine termostatik genişleme vanası kullanarak yapmaktadırlar. Diğer üreticiler ise bu değişikliğe ilave olarak kompresörü iyileştirmekte ısı pompasına fanlar, kontrol elemanları, hava ve su bataryaları ilave etmektedirler. Bu alınan önlemler ile cihazlar konvansiyonel su kaynaklı ısı pompalarına nazaran $16^{\circ}\text{C} \div 32^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığı dışında da yüksek verimlilikte çalışmaktadırlar.

15. SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPALARINDA TEMEL DİZAYN PROSESİ

Taahhüt ve inşaat işleri yapan müteahhit ve proje hazırlayan mühendislik firmaları dizayn uygulamalarında sırayla aşağıdaki işlemleri yaparlar.

- Termal alanlar tespit edilir.
- Mahallerdeki ısıtma ve soğutma yükü tespit edilir.
- Su çevrim hattı yerleşim planı üzerine yerleştirilir.
- Döngüdeki su debisi tespit edilir.
- Çevrim sıcaklığı belirlenir.
- Cihaz verimlilikleri değerlendirilir.
- Cihaz seçimi yapılır.
- Soğutma kulesi seçimi yapılır.
- Kazan seçimi yapılır.
- Pompa ve boru ebat hesapları yapılır.

- Sirkülasyon pompası seçimi yapılır.
- Drenaj hattı dizaynı yapılır.
- Havalandırma sistemi dizaynı yapılır.
- Kontrol sistemi seçilir.

16. SU ÇEVİRİMLİ ISI POMPASI ÇEVİRİM SUYU SICAKLIK ARALIĞI

Isı pompası giriş sıcaklıkları tecrübeler ile elde edilmiş değerlere göre tespit edilmekte bu değerler ise seçilen ısı pompasının konfigürasyon ve coğrafi konumuna bağlıdır. ARI'nın su kaynaklı ısı pompaları için iki test standardı vardır. ARI 320 standardı su çevrimli ısı pompalarında, ARI 325 açık çevrimli yer altı su kaynaklı veya su tarafı ekonomizerli su çevrimli ısı pompası sistemi için uygulanmaktadır (Pietsch, 1991). Su sıcaklığı ARI test performansı $70^{\circ}\text{C} \div 85^{\circ}\text{C}$ arasında ve ARI 330 test performansında $32^{\circ}\text{C} \div 77^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Isı pompalarını seçer ve boyutlandırırken ünitenin ARI sertifika gerekliliklerine uygun ve tespit edilen su giriş çıkış sıcaklık aralığında verimli olarak çalışabilirliğine dikkat edilmesi gerekmektedir.

17. SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ SİSTEMİNİN AVANTAJLARI

- Su kaynaklı ısı pompası sistemi kurulum maliyetleri merkezi ünitelere göre daha düşüktür.
- Isı pompası hizmet verdiği alana yakın monte edilir bu nedenle minimum boru hattı döşenmesi sağlanır.
- Tamir gerektiği zamanlarda tamirat tüm sistemi etkilemeden gerçekleştirilebilir.
- Bireysel sıcaklık kontrolü
- Uzun servis süresi
- İşletme maliyetleri paket ve hava soğutmalı merkezi sistemlere kıyasla daha düşük mertebededir. Eş zamanlı ısıtma ve soğutma prosesinin yapılacağı durumlarda su soğutmalı chiller gruplarına göre sistem önemli ölçüde verimli çalışmaktadır.
- Su kaynaklı ısı pompaları geniş dizayn esnekliğine sahiptir. Mahallere cihaz eklemesi yapmak çok kolaydır. Sistemdeki kanal dağıtım işi çok azdır.

Çizelge 18.1 Kullanılan ısı pompası kaynaklarının karşılaştırması

Isı kaynağı	Hava	Su			Toprak	Güneş enerjisi
		Şehir suyu	Kuyu suyu	Yüzey suyu		
Kaynak sınıflandırması	Birincil	Birincil veya yardımcı	Birincil	Birincil	Birincil veya yardımcı	Yardımcı
İsminin atılması için uygunluğu	İyi	İyi	İyi	İyi	Genellikle zayıf	Isıyı havaya atmada kullanılabilir
Bulunabilirlik (yöre)	Üniversal	Şehirler	Belirsiz	Nadir	Yaygın	Üniversal
Bulunabilirlik (zaman)	Sürekli	Yöresel kesintiler hariç sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Tahmin edilemez
İlk yatırım maliyeti	Düşük	Genellikle En Düşük	Kuyu maliyetine göre değişmekte	Düşük	Değişken	Yüksek
İşletme maliyetleri	İzafi olarak düşük	Yüksek	Düşük-orta	İzafi olarak düşük	İzafi olarak orta	Yardımcı kaynak olarak işletme maliyetlerini düşürür
Sıcaklık seviyesi	Uygun	Genellikle tatmin edici	Tatmin edici	Tatmin edici	Aşırı miktarda ısı çekilmediği sürece iyi	Çok iyi

Isı Kaynağı	Hava	Su			Toprak	Güneş enerjisi
		Şehir suyu	Kuyu suyu	Yüzey suyu		
Sıcaklık değişimi	Aşırı	Yöreye göre değişmekte	Düşük	Orta	Derinliğe göre değişmekte ancak havadan düşük	Aşırı
Ekipmanların boyutları	Orta	Küçük	Kuyu ekipmanlarının haricinde küçük	Küçük	Toprak ısı değiştiricileri haricinde küçük	Sadece bazı yöreler için elverişli

19. UYGULAMA PROJESİ

İstanbul Etiler'de bulunan 12 katlı Maya Tower iş merkezinin eş zamanlı ısıtma-soğutma proseslerinin gerçekleştirilebilmesi için kurulmuş bulunan WSHP sisteminde enerji ve ekserji analizi yapılacaktır.

19.1 Proje Verileri

- Proje uygulaması yapılacak bina İstanbul Etiler'de (Maya Tower) bulunmaktadır. Altıgen bir forma sahip olan bina 12 normal kat ve 1 çatı katından oluşmaktadır.
- Binada mahallerin ihtiyaçlarına göre gün içerisinde eş zamanlı ısıtma ve soğutma yapılacaktır.
- Binaya kurulmuş bulunan klima sistemi su kaynaklı ısı pompası, kazan, su soğutma kulesi ve kapalı devre su çevriminden oluşmaktadır.
- Sistemde dolaşan çevrim suyu sıcaklığı kazan ve kule sistemiyle 16÷35 °C arasında tutulacaktır.

19.2 Projenin Amaçları

- Bina ısı kaybı ve kazancını tespit ederek yıl içerisinde mahallerde iklimlendirmenin sağlanabilmesi için gerekli enerji yüklerini tespit etmek.
- Tespit edilen enerji yükleri ışığı altında mahallere konulacak cihazların seçimini yapmak.
- Seçimleri, yaz ve kış aylarında çevrim suyu sıcaklığını minimum enerji harcamı ilkesinden hareketle 16÷35 °C arasında olacak şekilde tutmak.
- Sistemin ekserji analizini yapmak.

19.3 Enerji Hesapları

19.3.1 Yapılan Kabuller

- Normal kat içerisinde, mahaller birbirlerinden paravanlarla ayrılmış olup açık ofis tipi yerleşim bulunmaktadır. Mahallerde yapılan soğutma ve ısıtma enerji yükü hesabında sadece dış ortamla temasta bulunan yüzeylerden ısı transferi olduğu kabul edilmiş ve hesaplar bu doğrultuda yapılmıştır.

- Binada normal katlar çok benzer mimari projeye sahip olup normal katlar için enerji ve ekserji hesapları bir defaya mahsus olarak yapılmıştır.
- İş merkezinde giydirmeye cam kullanılmıştır. Mahallere sürekli cebri hava girişi olmakta ve mahaller sürekli pozitif basınç altında bulunmaktadır. Mahallerde bulunan pozitif basınç nedeniyle sistemde infiltrasyon meydana gelmediği kabulü yapılmış, enerji ve ekserji hesaplarında infiltrasyon ihmal edilmiştir.
- Hesaplama aydınlatma yükü 20 W/m² alınmıştır.
- Hesaplama mahaldeki insan sayısı 10 m²/insan olarak kabul edilmiştir.

19.3.2 Hesap Yöntemi

Enerji yükü hesaplarında ısı transfer katsayıları ısı yönetmeliğine uygun olarak seçilmiştir. Isı transfer katsayıları hesaplar bölümünde çıkarılmıştır. Mahaller için enerji yük değerleri Carrier firmasının Block Load yazılımı kullanılmak suretiyle hesaplanmış olup hesap sonuç verileri ekte sunulmuştur.

19.3.3 Isı Transfer Katsayısı Hesabı

Dış Duvar Isı Geçirme Katsayısı

Çizelge 19.1 Dış duvar yapı malzemeleri, kalınlık ve ısı iletkenlik değerleri

Yapı Malzemesi	λ (Kcal/mh°C)	d (mt.)
Seramik, cam mozaik kaplama	0,85	0,010
Fiber özel sıva	0,60	0,030
Dış sıva	1,20	0,030
İzotugla	0,190	0,195
İç sıva	0,75	0,020
Taşıyünü	0,04	0,050

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{\alpha_{dış}} \quad (\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{Kcal}) \quad (19.1)$$

$$\alpha_{iç} = 7 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{dış} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{7} + \frac{0,01}{0,85} + \frac{0,03}{0,60} + \frac{0,03}{1,20} + \frac{0,195}{0,190} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{20} = 2,582 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{Kcal} \quad (19.2)$$

$$K = 1 / 2,582 = 0,387 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$K = 0,387.1,163 = 0,45 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Üzeri Çatı ile Örtülü Tavan Isı Geçirme Katsayısı

Çizelge 19.2 Çatı örtülü tavan yapı malzemeleri, kalınlık ve ısı iletkenlik değerleri

Yapı Malzemesi	λ (Kcal/mh $^\circ$ C)	d (mt.)
Sıva iç	0,750	0,02
Eğim Betonu	1,200	0,05
Styropor	1,500	0,15
Suya Karşı Yalıtım Kaplama	0,170	0,01
Betonarme	0,035	0,05

$$\alpha_{iç} = 7 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{dış} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

(19.1) eşitliği, $\alpha_{iç}$ ve $\alpha_{dış}$ değerleri kullanılarak çatı ile örtülü tavanın ısı geçirme katsayısı,

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,05}{1,20} + \frac{0,15}{1,50} + \frac{0,01}{0,17} + \frac{0,050}{0,035} + \frac{1}{20} = 1,85 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/Kcal} \quad (19.3)$$

$$K = 1 / 1,85 = 0,54 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$K = 0,54.1,163 = 0,63 \text{ W/m}^2\text{C}$$

olarak bulunur.

Cam ve İç Duvar Isı Geçirme Katsayısı

$$K_{cam} = 1,74 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$K_{içduvar} = 2 \text{ W/m}^2\text{C}$$

olarak ısı yönetmeliğine uygun olarak seçilmiştir.

19.3.4 Cihaz Seçimi

Cihaz seçimi, Block Load hesap programı ile hesaplanan enerji yükleri doğrultusunda, binada kurulu bulunan Climate Master cihazları için kullanılan cihaz seçim programı ile yapılmış olup katlara ve mahallere göre yapılan seçim sonuç verileri ekte sunulmuştur.

19.4 Sistem Akış Şeması ve İşleyiş Prensibi

19.4.1 Kış Aylarında Su Çevrimli Isı Pompasının Çalışma Prensibi

Kazanda ısınan su, ısıtıcı plakalı eşanjörüne girer. Eşanjörün diğer tarafında çevrim suyu dolaşmaktadır. Kazan sistemi 60/40 °C aralığında çalışmaktadır. Kış uygulamasında çevrim suyu sıcaklığının 13÷18°C arasında tutulması gereklidir. Kazanda sıcaklığı artırılan su enerjisini bu eşanjörde çevrimde dolaşan suya verir.

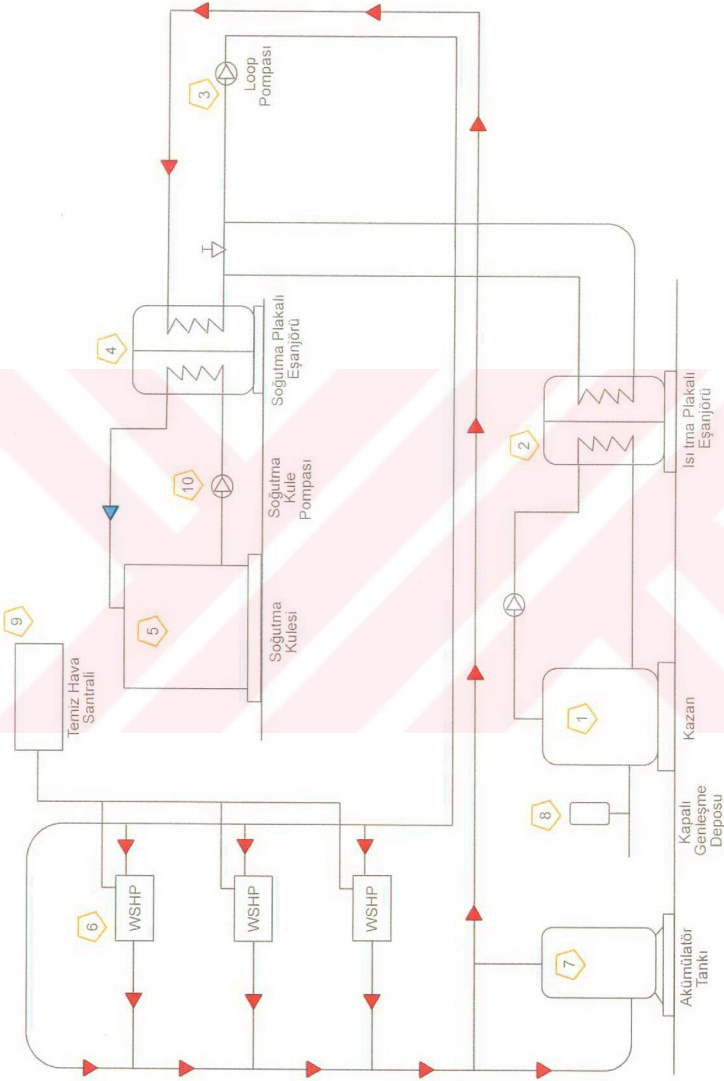
Şekil 19.1'de 2 numaralı ısıtıcı plakalı eşanjöre 13°C'de giren çevrim akışkanı eşanjörden ısınarak 18°C'de çıkar. Çevrimde dolaşan akışkan Şekil 19.1'de 3 numaralı çevrim pompası vasıtasıyla basınçlandırılarak mahallerdeki su kaynaklı ısı pompalarına sevk edilir. Isı pompasına 18°C'de giren çevrim suyu enerjisini, ısı pompasının evaporatörüyle ısı transferi yaparak soğutucu akışkana verir ve soğutucunun buharlaşmasını sağlar. Soğuyan çevrim suyu 13°C'de ısı pompasından çıkar. Isıtma uygulamasında ısı pompasının evaporatörü su soğutucu gibi çalışırken kondenser ise yoğuşma prosesi esnasında enerjisini ortam havasına vererek ısıtma uygulamasını gerçekleştirir. Şekil 19.1'de 7 numara ile gösterilen akümülatör tankı çevrimde herhangi bir kaçak olması durumunda çevrime su takviyesi yapar. Bu suretle sistemin herhangi bir su kaçağı durumunda susuz kalması önlenmiş olur. Isı pompasından soğuyarak çıkan çevrim suyu tekrar 2 numaralı (Şekil 19.1) ısıtma plakalı eşanjörüne döner. Geri dönen su eşanjörde ısınarak tekrar mahallerdeki ısı pompalarına (Şekil 19.1 no:6) sevk edilir.

19.4.2 Yaz Aylarında Su Çevrimli Isı Pompasının Çalışma Prensibi

Yaz uygulamasında çevrim suyu sıcaklığının 32÷37°C arasında tutulması gereklidir. Soğutma uygulamasında çevrim suyu ısı pompasına 32°C'de girer. Cihaza giren su cihazdaki kondenserdan atılan (mahalden çekilen ısı enerjisi) enerjiyi alarak 37°C de çevrime geri döner. Isı pompasının kondenseri su soğutmalı kondenser gibi vazife görmektedir. Soğutma prosesi ısı pompasının evaporatörü vasıtasıyla sağlanır. Mahallerdeki cihazlardan gelen ısınmış çevrim suyu soğutulmak üzere Şekil 19.1'de 4 no'lu soğutma plakalı eşanjörüne gönderilir. Soğutma plakalı eşanjörün diğer tarafında soğutma kulesinde soğutulmuş su dolaşmaktadır. Soğutma kulesinden gelen suyun eşanjörde sirkülasyonu Şekil 19.1'de 10 no'lu kule pompası ile sağlanır. Kulede soğuyan su çevrim suyundan enerji alarak ısınır ve bu

suretle çevrim suyu sıcaklığı 32°C'ye düşürülür. Soğutma plakalı eşanjöründen çıkan çevrim suyu mahallerden çekilen enerjiyi üzerine almak için tekrar cihazlara gönderilir. Sistemde 9 numara ile gösterilen temiz hava santrali vasıtasıyla su çevrimli ısı pompalarından temiz hava geçirilerek ortama egzost havası oranında taze hava verilir.





Şekil 19.1 Maya ısı pompası sistemi akış şeması

20. EKSERJİ ANALİZİ

20.1 Tanım

Enerji tüm proses ve cihazlarda korunur, yıkılmaz. Tek başına enerji korunumu yasası enerji kaynaklarından ne oranda faydalanılabildiği konusunda yetersiz kalmaktadır. İçerisinde bol miktarda hava ile çevrelenmiş, yakıt tankı bulunan izoleli bir sistem düşünelim. Yakıtın yakılması sonucunda izole edilmiş bölgede ılık yanma gazları ve hava karışımı oluşacaktır. Sistemde meydana gelen proses sonucunda enerji korunmasına rağmen yanma öncesi ilk durumdaki yakıt-hava bileşkesi son durumdaki ısınmış yakıt-hava bileşkesine göre ekonomik değeri daha yüksek olup daha faydalıdır. Yakıt tek başına elektrik üretimi veya buhar üretimi için birçok cihazda kullanılabilirken ılık yanma gazı ürünlerinin kullanım alanı çok daha sınırlıdır. Sonuç olarak sistem ilk durumda son duruma nazaran daha büyük bir potansiyel enerjiye sahiptir denilebilir. Elde edilen ısınmış yanma ürünleri ile birlikte bu potansiyelin büyük bir kısmı kaybedilmiştir. İlk potansiyel değeri tersinmez yanma prosesi sonucunda yıkılmıştır. Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında ekserji kullanılabilecek potansiyel olarak tanımlanabilir. Meydana gelen tersinmez olay sonucunda enerji korunmuş olmasına rağmen ekserji korunmamıştır. (Moran, Shapiro, 2000)

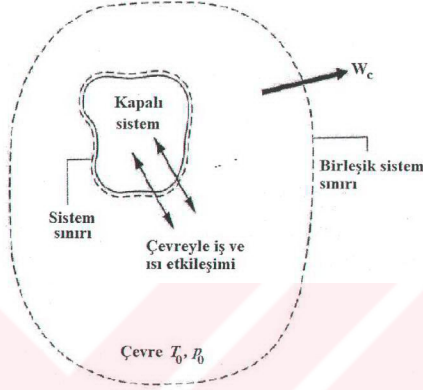
Ekserji, tersinmez süreçler sonunda sadece yıkılmayıp bununla birlikte bir sisteme yada sistemden transfer edilebilir. Enerji kaynaklarının verimli kullanımını sağlamak incelenen sistemdeki ekserji yıkımı ve/veya kayıpları azaltma yolunda yapılacak çalışmalarla gerçekleştirilebilir. Ekserjinin içeriği termodinamiğin ikinci yasasının içerisinde tanımlanmaktadır. Farklı iki haldeki sistem denge haline gelene kadar bu sistemlerden iş elde edilebilir. Sistemlerden biri ekserji referans ortamı olarak tanımlandığında ekserji, diğer sistemin ekserji referans ortamı ile denge haline gelene kadar elde edilebilecek maksimum teorik iş olarak tanımlanabilir. (Moran, Shapiro, 2000)

20.2 Ekserjinin Değerlendirilmesi

Tanımlanan bir durum için bir sistemin ekserjisi;

$$E = (E - U_0) + p_0(V - V_0) - T_0(S - S_0) \quad (20.1)$$

Denklemdede $E(=U+KE+PE)$, V ve S sırasıyla enerji, sistemin hacim ve entropisini ifade eder. U_0 , V_0 ve S_0 ise denge durumundaki sistemin iç enerji, hacim ve entropi değerlerini belirtir. (20.1) eşitliği incelendiğinde enerji ve ekserji birimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 20.1 Kapalı sistem ve çevresinden oluşan birleşik sistem

Şekil 20.1'de kapalı bir sistem ve bu sistemi çevreleyen ortamdaki birleşik bir sistem görülmektedir. Kapalı sistem çevresiyle denge haline gelmişse ekserji bu birleşik sistem tarafından yapılabilecek maksimum teorik işi ifade eder. Kapalı sistem bu durumda çevresiyle denge durumuna ulaşmıştır. Amaç birleşik sistem tarafından üretilecek maksimum işi değerlendirmek olduğu için birleşik sistemin sınırı sadece iş transferi olacak şekilde belirlenmelidir. Bu birleşik sistem tarafından üretilen işin ısı transferinden etkilenmemesini ve ısı transferini etkilememesini sağlar. Birleşik sistem tarafından üretilen işi değerlendirebilmek için enerji dengesi uygulanırsa; (Moran, Shapiro, 2000)

$$\Delta E_c = Q_c^0 - W_c \quad (20.2)$$

W_c Birleşik sistem tarafından oluşturulan işi ΔE_c ise birleşik sistemdeki enerji değişimini ifade eder. Meydana gelen iş kapalı sistem ve çevresinde meydana gelen enerji değişimlerinin toplamına eşittir. Kapalı sistemin enerjisi ilk anda E olarak ifade edilmiş olup sistemin kinetik, potansiyel ve iç enerji değerlerini içermektedir. Kinetik ve potansiyel enerji kapalı sistemin çevresine bağlı olduğundan denge durumunda kapalı sistemin enerjisi sadece iç enerji U_0 olacaktır. Buna göre ΔE_c ; (Moran, Shapiro, 2000)

$$\Delta E_c = (U_0 - E) + \Delta U_e \quad (20.3)$$

(20.3) eşitliğinde

$$\Delta U_e = T_0 \Delta S_c - p_0 \Delta V_e \quad (20.4)$$

yerine yazılırsa W_c :

$$W_c = (E - U_0) - (T_0 \Delta S_c - p_0 \Delta V_e) \quad (20.5)$$

olarak elde edilir. Birleşik sistemin toplam hacmi sabittir. Ortam hacmindeki bir değişme büyüklük olarak kapalı sistemdeki değerle aynı olup ters işaretlidir. $\Delta V_e = -(V_0 - V)$

ΔV_e (20.5)'de yerine konulursa;

$$W_c = (E - U_0) + p_0(V - V_0) - T_0 \Delta S_c \quad (20.6)$$

elde edilir. Bu denklem kapalı sistemin çevresiyle denge durumuna gelirken birleşik sistem tarafından oluşturulan işi verir. (Moran, Shapiro, 2000)

20.2.1 Entropi Dengesi

Birleşik sistem için entropi dengesi sistemde ısı transferi bulunmadığı için;

$$\Delta S_c = \sigma_c \quad (20.7)$$

olarak elde edilir. σ_c değeri, kapalı sistemin çevresiyle denge haline gelirken tersinmez proseslerden dolayı oluşan entropi üretimini ifade eder. ΔS_c birleşik sistemin entropi değişimidir. Bu değer sırasıyla kapalı sistem ve çevresindeki entropi değişimlerinin toplamına eşittir. (Moran, Shapiro, 2000)

$$\Delta S_c = (S_0 - S) + \Delta S_e \quad (20.8)$$

(20.8) eşitliğinde S_0 ve S sırasıyla kapalı sistemin denge ve ilk başlangıç halindeki entropisini verir. (20.7) ve (20.8) eşitlikleri birleştirilerek;

$$(S_0 - S) + \Delta S_e = \sigma_c \quad (20.9)$$

elde edilir. (20.6) ve (20.9) eşitliklerinde ΔS_e elimine edilerek W_c :

$$W_c = \frac{(E - U_o) + p_o(V - V_o) - T_o(S - S_o) - T_o \sigma_c}{\quad} \quad (20.10)$$

elde edilir. (2.10)'de altı çizili ifade kapalı sistemde başlangıç ve denge durumları arasında yazılmıştır. Bu değerler meydana gelen prosesten bağımsızdırlar. Kapalı sistem denge durumuna ulaşırken $T_o \sigma_c$ meydana gelen prosesin doğasına bağlıdır. Termodinamiğin II. yasasıyla bağlantılı olarak tersinmez proseslerin bulunması durumunda $T_o \sigma_c$ pozitif değer alır. $T_o \sigma_c$ değeri negatif olamaz. Birleşik sistemde maksimum teorik iş (2.10) eşitliğinde $T_o \sigma_c$ 'yi sıfıra eşitleyerek elde edilebilir. (Moran, Shapiro, 2000)

20.2.2 Özgül Ekserji ve Ekserji Değişimi

Ekserji, bir sistemin çevre durumu şartlarına ulaşmasının bir ölçüsüdür. Ekserji dolayısıyla hem sistem hem de çevre koşullarının özelliklerine bağlıdır. Ekserji negatif değer alamaz. Herhangi bir sistem denge koşullarına erişmek için mevcut şartlarına değiştirir. Denge şartına ulaşıldığında sistemin bu eğilimi sonlanır. Denge şartına ulaşılırken meydana gelen değişimi etkilememek için herhangi bir iş yapılmamalıdır. (Moran, Shapiro, 2000)

Ekserji, proses sonunda enerji gibi korunmaz. Tersinmez proseslerden dolayı ekserji yıkılır. Ekserji çevreyle etkileşim sonucu ilk durumdan denge haline ulaşılırken birleşik sistemden elde edilebilecek maksimum teorik iş olarak tanımlanabileceği gibi sistemi denge durumundan ilk başlangıç durumuna getirebilmek için gerekli minimum teorik iş girişi olarak ta tanımlanabilir. (Moran, Shapiro, 2000)

Birim kütle başına olan özgül ekserji değeri e ;

$$e = (e - u_o) + p_o(v - v_o) - T_o(s - s_o) \quad (20.11)$$

olarak elde edilir. Eşitlikte e , v ve s sırasıyla özgül enerji, özgül hacim ve özgül entropiyi ifade ederken u_o , s_o ve v_o denge şartındaki özgül özellikleri temsil eder.

$e = u + V^2 / 2 + gz$ özgül enerji ifadesi (20.11)'de yerine yazılırsa spesifik ekserji;

$$e = (u - u_0) + p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) + V^2/2 + gz \quad (20.12)$$

elde edilir. Kapalı bir sistemin iki hali arasındaki ekserji değişimi (20.1) eşitliği kullanılarak;

$$E_2 - E_1 = (E_2 - E_1) + p_0(V_2 - V_1) - T_0(S_2 - S_1) \quad (20.13)$$

elde edilir. Eşitlikteki T_0 ve p_0 değerleri çevre halinin şartlarıdır. Bir sistem denge şartındayken çevresiyle termal ve mekanik denge içerisindeyken ekserji değeri sıfırdır.

20.3 Kapalı Sistem Ekserji Dengesi

Bir sistem çevresiyle ısı ve iş alışverişinde bulunarak ilk durumundan yeni bir hale ulaşabilir. Yeni haldeki ekserji değeri ilk durumdaki değerden farklı olacaktır. Sistemdeki ekserji değişimi net ekserji transferine eşit olması gerekmez. Proses esnasında tersinmez süreçler nedeniyle ekserji kayıpları olacaktır. (Moran, Shapiro, 2000)

Kapalı bir sistemin ekserji dengesi, sistemin enerji ve entropi denge eşitliklerini birleştirilerek elde edilir. Kullanılacak enerji ve entropi eşitlikleri sırasıyla; (Moran, Shapiro, 2000)

$$E_2 - E_1 = \int_1^2 \delta Q - W \quad (20.14)$$

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b + \sigma \quad (20.15)$$

dir. W ve Q sırasıyla sistem ve çevresi arasındaki iş ve ısı transferidir. Entropi dengesindeki T_b sınırından δQ ısısının alındığı ve içerisinde tersinmezlikler sonucu üretilen entropinin bulunduğu sistem sınırının sıcaklığını ifade eder. Ekserji dengesini elde etmek için entropi eşitliği T_0 ile çarpılıp elde edilen eşitlik enerji dengesinden çıkarılır. Ekserji dengesi;

$$(E_2 - E_1) - T_0(S_2 - S_1) = \int_1^2 \delta Q - T_0 \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_b - W - T_0 \sigma \quad (20.16)$$

olarak elde edilir.

(20.13) ve (20.16) eşitlikleri kullanılarak;

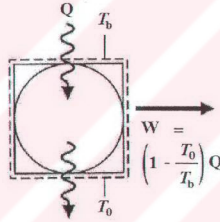
$$(E_2 - E_1) - p_0(V_2 - V_1) = \int_1^2 \left(1 - \frac{T_0}{T_b}\right) \delta Q - W - T_0 \sigma \quad (20.17)$$

ekserji değişimi ifadesi oluşturulur. Eşitlik düzenlenip ekserji değişimi denklemin sol tarafına alınırsa eşitlik; (Moran, Shapiro, 2000)

$$E_2 - E_1 = \int_1^2 \left(1 - \frac{T_0}{T_b}\right) \delta Q - [W - p_0(V_2 - V_1)] - T_0 \sigma \quad (20.18)$$

ekserji değişimi ekserji transferleri ekserji yıkımı

halini alır. (20.18) eşitliği enerji ve entropi denge eşitliklerinin farkından elde edilmiş olup bağımsız bir sonuç değildir. Bu denklem entropi dengesi yerine termodinamiğin II. Kanunu gibi ifadesi gibi kullanılabilir. (Moran, Shapiro, 2000)



Şekil 20.2 Kapalı sistemde ısı transfer ekserjisi

Ekserji değişimi eşitliğinde;

$\left(1 - \frac{T_0}{T_b}\right) \delta Q$ Isı transferinden dolayı oluşan ekserji transferini,

$[W - p_0(V_2 - V_1)]$ İş nedeniyle oluşan ekserji transferini,

$T_0 \sigma$ Sistemdeki tersinmezlikler nedeniyle oluşan ekserji yıkımını (E_d) ifade eder.

Termodinamiğin II. yasasına bağlı olarak tersinmez süreçler nedeniyle ekserji yıkımı pozitif değer alır. (Moran, Shapiro, 2000)

$$E_d : \begin{cases} > 0 & \text{Sistemde tersinmez süreç mevcut} \\ = 0 & \text{Sistemde tersinmez süreç yoktur} \end{cases} \quad (20.19)$$

Ekserji yıkımı değeri hiçbir zaman negatif olamaz. Diğer değişkenler gibi ekserji bir özellik olup ekserjideki bir değişim pozitif, negatif veya sıfır değeri alabilir.

$$> 0$$

$$E_2 - E_1 : = 0 \quad (20.20)$$

$$< 0$$

Termal sistemlerin büyük bir çoğunluğuna direkt veya dolaylı fosil yakıtlarının yakılması sonucu olarak ekserji girişi olur. Ekserji yıkım ve kayıpları yanma sonucu atık kaynaklar neticesinde oluşur. Bu kayıpları azaltmak için yakıttan daha üst düzeyde faydalanma yolları aranmalıdır. Ekserji dengesi, atık enerji kaynaklarının yerlerini, tiplerini ve büyüklüklerini tanımlama imkanı verir. Ekserji kayıp ve yıkımlarının irdelenmesi daha verimli yakıt kullanımı için stratejiler geliştirmede bizlere önemli ipuçları verir. (Moran, Shapiro, 2000)

20.4 Akış Ekserjisi

Seçilen bir kontrol hacminde kütle ve iş akışı meydana geldiğinde bu geçişlerden dolayı bir ekserji transferi oluşur. Her iki akış ekserjisinin toplamında oluşan özgül akış ekserjisi;

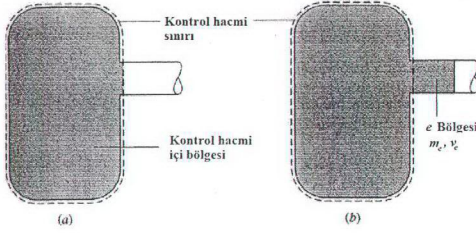
$$e_f = h - h_0 - T_0(s - s_0) + \frac{V^2}{2} + gz \quad (20.21)$$

olarak ifade edilir. (20.21)'de, yapılan incelemeye göre h ve s sırasıyla giriş veya çıkış özgül entalpi ve entropi değerlerini, h_0 ve s_0 ise sırasıyla denge durumundaki özgül entalpi ve entropi değerlerini ifade etmektedir. (Moran, Shapiro, 2000)

20.4.1 İş Akışı Sonucu Oluşan Ekserji

Kontrol hacminin giriş veya çıkışında meydana gelen tek boyutlu akışta kütle akışından ötürü birim zamanda yapılan iş $m(pv)$ dir. Burada m kütleli debiyi, giriş veya çıkıştaki p basıncı ve v ise özgül hacmi ifade etmektedir. Birim zamanda iş akışından ötürü oluşan ekserji transferi; (Moran, Shapiro, 2000)

$$W = m(pv - p_0v) \text{ olarak ifade edilir.} \quad (20.22)$$



Şekil 20.3 Akış ekserjisi

Şekil 20.3' de (a) t ve (b) t+Δt zamanı sonunda farklı alanlara sahip bir kontrol hacmi gösterilmektedir. Δt zaman aralığında bir miktar kütle kontrol hacmi dışında kontrol hacmine ilave olarak bir e bölgesine çıkmıştır. Δt zaman aralığında meydana gelen hacim artışı e bölgesine eşittir. Yapılan iş hacim değişikliğinden meydana gelmektedir. Yapılan işe karşılık gelen ekserji transferi; (Moran, Shapiro, 2000)

$$W - p_0 \Delta V \quad (20.23)$$

olmaktadır. ΔV Sistemdeki hacim değişimidir. Sistemin hacim değişimi e'ye eşittir. Hacim değişimi ΔV = m_ev_e olarak yazılabilir. m_e, e bölgesindeki kütle ve v_e ise özgül hacmi ifade etmektedir. (20.23) eşitliğinde ΔV hacim değişim değeri yerine yazılırsa ekserji transferi;

$$W - m_e (p_0 v_e) \quad (20.24)$$

olarak elde edilir. (20.24)'de elde edilen ekserji transferi birim zaman için düşünüldüğünde, her iki ifade Δt'ye bölünüp limitleri alınırsa Δt zaman aralığı sıfıra giderken birim zamandaki ekserji transferi; (Moran, Shapiro, 2000)

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{W}{\Delta t} \right) - \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{m_e}{\Delta t} (p_0 v_e) \right] \quad (20.25)$$

elde edilir. Δt sıfıra giderken kapalı sistem ve kontrol hacimleri çıkarılır. Bu anda kapalı sistem ve kontrol hacmindeki birim zamanda yapılan enerji transferleri aynı değerli alır. Δt → 0 iken (20.25)'in sol tarafındaki ifade; (Moran, Shapiro, 2000)

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{W}{\Delta t} \right) = \left[m_e (p_e v_e) \right] \quad (20.26)$$

değerini alırken sağ taraftaki ifadede;

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{m_e(p_0 v_e)}{\Delta t} \right] = \dot{m}_e(p_0 v_e) \quad (20.27)$$

değerini alır. (20.26) eşitliğinden (20.27) eşitliği çıkarılırsa (20.25) eşitliği;

$$\dot{m}_e(p_e v_e) - \dot{m}_e(p_0 v_e) = \dot{m}_e(p_e v_e - p_0 v_e) \quad (20.28)$$

olarak elde edilir.

20.4.2 Kütle Akışı Sonucu Oluşan Ekserji

Kontrol hacmi sınırında geçen kütle transferi karşılık gelen enerji transferi;

$$\dot{m}e = \dot{m} \left(u + \frac{V^2}{2} + gz \right) \quad (20.29)$$

e inceleme durumuna göre çıkış veya giriş özgül enerji ifadesidir. Sisteme kütle girişi veya çıkışı olduğunda kütle transferinden kaynaklanan ekserji değişimi meydana gelir. Bu değer;

$$\dot{m}e = \dot{m} \left[(e - u_0) + p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) \right] \quad (20.30)$$

e değeri inceleme durumuna göre giriş veya çıkış özgül ekserji değeridir. (20.29) ve (20.30) eşitlikleri yazılırken tek yönlü akış olduğu varsayılmıştır. Kontrol hacminde kütle giriş veya çıkışlarında kütle akışından kaynaklanan ekserji transferine ilave olarak iş akışı nedeniyle de ekserji transferi meydana gelir. İş akışında meydana gelen ekserji transferi (20.22) eşitliğinde ifade edilmiştir. (20.22) ve (20.30) eşitlikleri kullanılarak kontrol hacminin kütle giriş veya çıkış bölgelerinde kütle akış ve iş akış ekserji transferleri tek denklemde aşağıdaki eşitlikte elde edilir. (Moran, Shapiro, 2000)

$$\dot{m} \left[e + (pv - p_0 v) \right] = \dot{m} \left[(e - u_0) + p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) + (pv - p_0 v) \right] \quad (20.31)$$

(20.31) eşitliğinde altları çizili ifadeler sırasıyla birim kütle için kütle akış ve iş akış ekserji transferi değerleridir. Altı çizili ifadelerin toplamı özgül akış ekserji değeri olan e_f 'yi verir.

$$e_f = (e - u_0) + p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) + (pv - p_0v) \quad (20.32)$$

(20.31) eşitliğinde enerji değeri $e = u + V^2/2 + gz$ yerine yazılırsa;

$$e_f = \left(u + \frac{V^2}{2} + gz - u_0\right) + (pv - p_0v_0) - T_0(s - s_0)$$

$$e_f = (u + pv) - (u_0 + p_0v_0) - T_0(s - s_0) + \frac{V^2}{2} + gz \quad (20.33)$$

olarak elde edilir. (20.33) eşitliğinde $(u + pv)$ yerine h ve $(u_0 + p_0v_0)$ yerine h_0 entalpi değerleri yazılabilir. (Moran, Shapiro, 2000)

20.5 Kontrol Hacimleri için Ekserji Oranı Dengesi

20.5.1 Kontrol Hacmine Uygulanacak Genel Ekserji Oranı Dengesi

$$\frac{dE_{cv}}{dt} = \sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) Q_j - (W_{cv} - p_0 \frac{dV_{cv}}{dt}) + \sum_i \dot{m}_i e_{fi} - \sum_i \dot{m}_e e_{fe} - \dot{E}_d \quad (20.34)$$

ekserji
değişimi

ekserji
transferi

ekserji
yıkımı

Eşitlikte alt indis i harfi kontrol hacmine girişleri, e harfi ise kontrol hacminden çıkışları ifade eder. Denklemden Q_j anlık sıcaklığın T_j olduğu, birim zamanda sınır bölgede gerçekleşen ısı transfer oranını temsil eder. Bu ısı transferine karşılık gelen ekserji transfer değeri

$\left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) Q_j$ olarak ifade edilir. W_{cv} terimi, akış işinden farklı olarak birim zamanda

gerçekleşen iş nedeniyle yapılan enerji transferini ifade eder. Bu işe karşılık gelen ekserji transferi $(W_{cv} - p_0 \frac{dV_{cv}}{dt})$ dir. dV_{cv}/dt ifadesi birim zamandaki hacim değişimini belirtir.

$\dot{m}_i e_{fi}$ ve $\dot{m}_e e_{fe}$ sırasıyla kontrol hacmine giriş ve çıkıştaki kütle ve iş akışlarından kaynaklanan ekserji transferini ifade eder. (20.34) eşitliği, kontrol hacminde tek yönlü akış (kütle giriş ve

çıkışı) olduğu varsayımıyla elde edilmiştir. Son olarak E_d terimi ise tersinmez prosesler nedeniyle kontrol hacmi dahilinde meydana gelen ekserji kayıp değerini ifade eder.

20.5.2 Sürekli Rejimde Kontrol Hacmine Uygulanacak Ekserji Oranı Dengesi

Sürekli rejimde E_{cv} ve V_{cv} değerleri sabit değerler olacağından türevleri sıfıra eşit olacaktır.

$$\frac{dE_{cv}}{dt} = \frac{dV_{cv}}{dt} = 0 \text{ Bu durumda eşitlik;}$$

$$0 = \sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) Q_j - W_{cv} + \sum_i m_i e_{fi} - \sum_i m_i e_{fe} - E_d \quad (20.35)$$

Kontrol hacmine ekserji giriş ve çıkışı olacaktır. İki değer arasındaki fark tersinmez prosesler sonucu yıkılan ekserjiyi verir. Sürekli rejim için kontrol hacminde tek kütle giriş ve çıkışı mevcut ise ekserji oranı denklemi; (Moran, Shapiro, 2000)

$$0 = \sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) Q_j - W_{cv} + m(e_{f1} - e_{f2}) - E_d \quad (20.36)$$

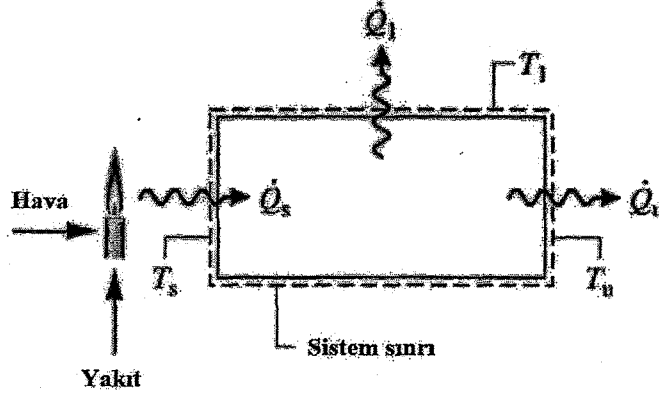
halini alır. $e_{f1} - e_{f2}$ ifadesi (20.21) eşitliği,

$$e_{f1} - e_{f2} = (h_1 - h_2) - T_0(s_1 - s_2) + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} + g(z_1 - z_2) \quad (20.37)$$

olarak elde edilir.

20.6 Ekserjik Verim

Mahal ısıtma, endüstriyel fırın ısıtma veya buhar üretim prosesleri çoğunlukla kömür, yağ veya doğal gaz gibi yakıtların yakılması ile gerçekleştirilir. Yanma sonucu oluşan gaz sıcaklıkları elde edilmek istenen sıcaklıklara göre önemli ölçüde büyük ise kullanılan kaynaktan faydalanma verimliliği düşer. Şekil 20.4'de T_s sıcaklığındaki bir kaynaktan birim zamanda \dot{Q}_s ısı transferini alan ve T_u kullanım sıcaklığında \dot{Q}_u ısıyı transfer eden bir kapalı sistem görülmektedir. (Moran, Shapiro, 2000)



Şekil 20.4 Ekserjik verim hesabı için incelenen kapalı sistem

Kapalı sistemde T_l sıcaklığındaki yüzeylerden \dot{Q}_l ısı T_0 çevreye atılmakta ve kaybolmaktadır. Şekildeki sistemde sürekli rejimde ve hiç iş değeri bulunmaması kabulü ile kapalı sistemin enerji ve ekserji denklemleri sırayla; (Moran, Shapiro, 2000)

$$0 = \frac{dE}{dt} = (\dot{Q}_s - \dot{Q}_u - \dot{Q}_l) - \dot{W}^0 \quad (20.38)$$

$$0 = \frac{dE}{dt} = \left[\left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right) \dot{Q}_s - \left(1 - \frac{T_0}{T_u}\right) \dot{Q}_u - \left(1 - \frac{T_0}{T_l}\right) \dot{Q}_l \right] - \left[\dot{W}^0 - P_0 \frac{d\dot{K}^0}{d\dot{K}} \right] - E_d \quad (20.39)$$

Eşitlikler düzenlenerek aşağıdaki biçimde yazılabilir.

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_u + \dot{Q}_l \quad (20.40)$$

$$\left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right) \dot{Q}_s = \left(1 - \frac{T_0}{T_u}\right) \dot{Q}_u + \left(1 - \frac{T_0}{T_l}\right) \dot{Q}_l + E_d \quad (20.41)$$

Sistemdeki enerji transferleri göz önüne alındığında enerji verimliliği;

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_s} \quad (20.42)$$

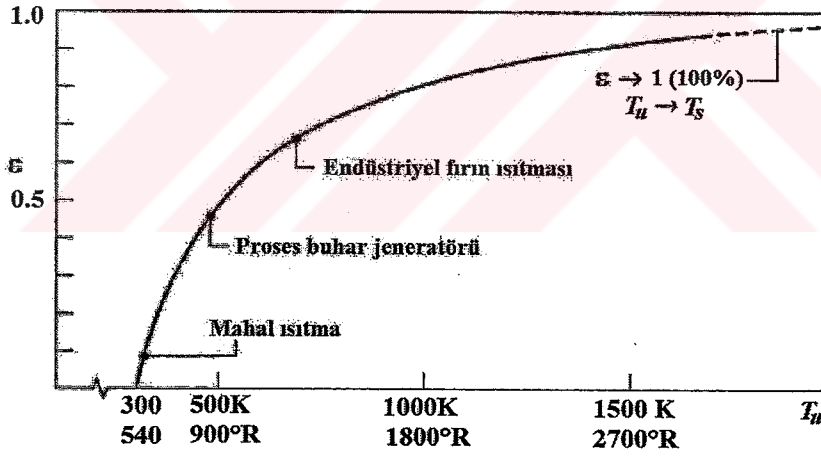
olarak bulunur. Kaynaktan gelen enerjiden faydalanma verimliliği izolasyon ile kayıpları azaltmak suretiyle sağlanabilir. Limit değer olarak kayıp ısı sıfır olduğunda verim maksimum değerine ulaşacaktır. Sistemdeki ekserjik verim (Moran, Shapiro, 2000)

$$\varepsilon = \frac{(1-T_0/T_u)\dot{Q}_u}{(1-T_0/T_s)\dot{Q}_s} \quad (20.43)$$

olarak ifade edilir. (20.42) eşitliğindeki enerji verimi ifadesi (20.43) eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$\varepsilon = \eta \frac{(1-T_0/T_u)}{(1-T_0/T_s)} \quad (20.44)$$

olarak elde edilir. η ve ε değerleri sisteme giriş değerlerinin hangi oranda faydalı ürüne dönüştüğünü gösterir. Bu verimliliği η enerji verimliliği boyutunda gösterirken ε ise ekserji boyutundaki verimliliği ifade eder. $\eta=1$ olsa dahi ε değeri genellikle daha küçük olmaktadır. Ekserji verimliliğinde sıcaklığın en önemli role sahip olduğunu görebilmek için (20.44) eşitliğinin grafiğini incelemek gerekir. (Moran, Shapiro, 2000)



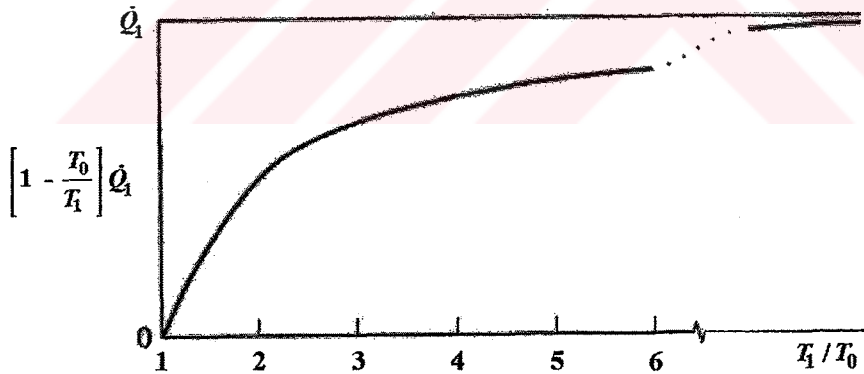
Şekil 20.5 ε ekserjik verim değerinde T_u sıcaklığının etkisi ($T_s=2200$ K, $\eta=100\%$)

Şekil 20.5'de eğri $T_s=2200$ K kaynak sıcaklığı için ekserji verimi ε ve kullanım sıcaklığı T_u 'ye göre çizilmiştir. Şekil 20.5'deki eğri ekserji veriminin maksimum (100%) değerine kullanım sıcaklığının kaynak sıcaklığına eşit olduğu noktada ulaştığını göstermektedir. Pratikte çoğu prostedeki kullanım sıcaklığı kaynak sıcaklığının altında kalmaktadır. Şekil 20.5'de üç uygulama için verimlilik değerleri gösterilmektedir. Mahal ısıtma kullanım sıcaklığı $T_u=320$ K, proses buhar jeneratörlerinde $T_u=480$ K ve endüstriye fırın ısıtma

proseslerinde $T_u=700$ K olmaktadır. Şekil 20.5’de görülen ekserji verimleri yakıtın, yüksek kullanım sıcaklıklı uygulamalarda nispeten daha düşük kullanım sıcaklıklı sistemlere nazaran daha verimli kullanıldığını göstermektedir. Mahal ısıtma prosesinin düşük ekserji verimli olmasının nedeni yakılan yakıtla sadece ılık hava şartları sağlanmasının gerekli ve yeterli olmasıdır. Şekil 20.5’deki eğride ekserji verimleri $\eta=1$ kabul edildiği için değer olarak yüksek görünmektedir. Ekserji kayıp ve yıkımı yanma prosesine ilgili olduğu için yakıt girişinden son noktaya kadar toplam verimlilik eğride gösterilen değerlerden çok daha düşük olacaktır. (Moran, Shapiro, 2000)

20.7 Isı Kaybından Kaynaklanan Ekserji Kaybı

Sistemde meydana gelen ısı kaybı \dot{Q}_l bu değere karşılık gelen ekserji kaybı ise $(1 - \frac{T_0}{T_1})\dot{Q}_l$ dir. Bu ifade ısı kaybının gerçek termodinamik değerini verir. Şekil 20.6’daki eğride T_1/T_0 sıcaklık oranının, ısı transferiyle ilgili olarak ekserji kaybı üzerindeki etkisi görülmektedir. (Moran, Shapiro, 2000)



Şekil 20.6 T_1/T_0 oranının ısı transferi ile ilgili ekserji kaybı üzerindeki etkisi

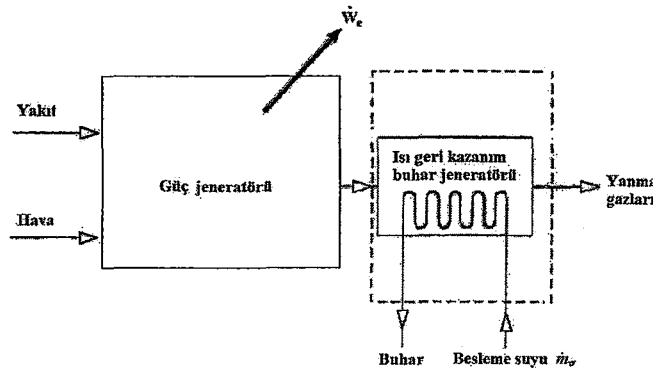
Isı kaybının termodinamik değeri kaybın meydana geldiği sıcaklığa bağlıdır. Şekil 20.6 incelendiğinde düşük T_1 sıcaklıklarında kayıp daha az, yüksek T_1 sıcaklıklarında ise daha fazla olmaktadır. (Moran, Shapiro, 2000)

20.8 Ekserjik Verimin Kullanımı

Ekserji verimi termodinamik olarak daha verimli olan enerji kaynaklarını tanımlama imkanı verir. Ekserjik verim aynı zamanda termal sistemlerin performanslarını arttırmak için sistemde yapılması gereken iyileştirmeler hakkında fikir verir. Pratikte %100 ekserjik verim elde edilemez. Teorik verime sistemde ekserji yıkım ve kayıpları olmaması durumunda ulaşılabilir. Pratik uygulamalarda çalışmalar toplam harcamaları azaltıcı yönde yapılır. Yakıt tüketimini azaltmak adına verimlilikte artış sağlamak başka bir tabirle yakıt tüketimini daha verimli hale getirmek normal olarak ekstra harcama ve işlemleri gerektirir. Toplam harcamalarda meydana gelecek bir artış yapılan verimlilik artışının yetersiz kalmasına sebep olabilir. Verimlilik elde etmek için yapılan yatırımlarla bu yatırımlar sonucu elde edilecek performans artışı arasında optimizasyona gidilmelidir. Enerji kullanım verimliliğini arttırmak için çeşitli metotlar denenmektedir. Bu metotlara kojenarasyon, güç ve atık ısı geri kazanımı örnek olarak verilebilir. (Moran, Shapiro, 2000)

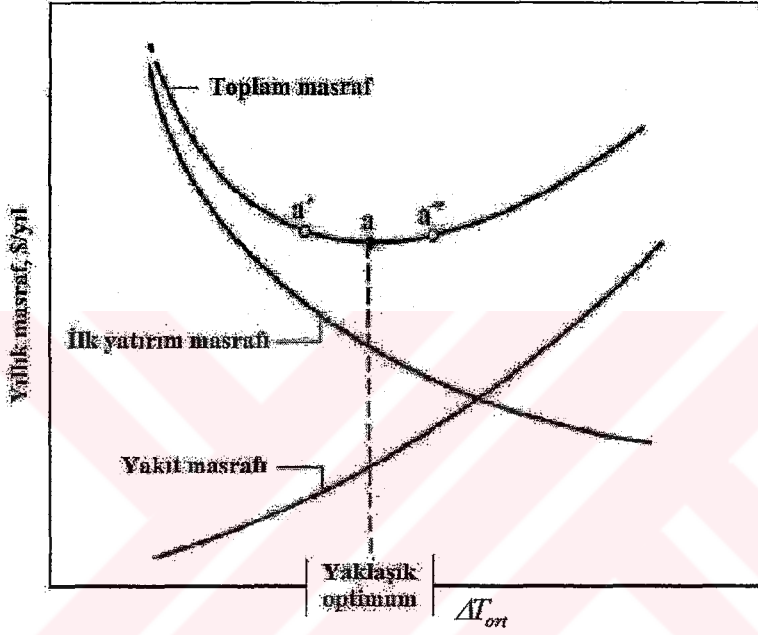
20.9 Dizayn Aşamasında Ekserji Kullanımı

Dizayn aşamasında ekserji kullanımını daha iyi anlayabilmek için Şekil 20.7'deki güç jeneratörü ve ısı geri kazanım buhar jeneratöründen oluşan termal sistemi incelenecektir. Güç jeneratörü bir elektrik güç çıkışı üretir. Bu esnada ortaya çıkan yanma gazları ısı geri kazanım ünitesine girer. Isı geri kazanım ünitesine m_w debisinde su girişi olur. Üniteye giren su ısı transferi yoluyla yanma gazlarında ekserji alır ve gerekli proseslerde kullanılma üzere buhar olarak eşanjörü terk eder. Buhar jeneratörüne giren yanma gazlarının ekonomik bir değeri vardır. Yanma ürününün ekserjisinin kaynağı güç jeneratörüne olan yakıt girişidir. Yanma ürününün ekonomik değeri sisteme giren yakıtın maliyetidir. (Moran, Shapiro, 2000)



Şekil 20.7 Dizayn aşamasında ekserjinin kullanımı

Termodinamiğin II. yasasına göre ısı eşanjöründen geçen iki akışkan arasındaki ortalama sıcaklık farkı ΔT_{ort} tersinmezliğin bir ölçüsüdür. Isı transferindeki tersinmezlik sıcaklık farkı sıfıra ulaşınca sonlanır. Isı geri kazanım jeneratöründe ekserji yıkımı yakıt yakılması ile sağlanır. Şekil 20.8’de yıllık yakıt harcaması ile ΔT_{ort} ’nin fonksiyonu olarak ısı eşanjöründeki tersinmezliğin değişimi görülmektedir. Yakıt harcamaları ΔT_{ort} artışı ile artar. Bunun nedeni tersinmezliğin direkt olarak sıcaklık farkı ile ilgili olmasıdır. (Moran, Shapiro, 2000)



Şekil 20.8 Isı değiştirici için maliyet eğrileri

Isı transferi çalışmalarından biliyoruz ki ΔT_{ort} ile gerekli ısı transferi alanı arasında ters orantı bulunmaktadır. Büyük ısı transfer alanına sahip bir eşanjör ilk yatırım maliyetlerini arttırır. Şekil 20.8’de aynı zamanda ΔT_{ort} ’nin fonksiyonu olarak ilk yatırım maliyet değeri görülmektedir. İlk yatırım maliyeti ΔT_{ort} arttıkça azalmaktadır. (Moran, Shapiro, 2000)

Toplam maliyet ilk yatırım ve yakıt maliyetinin toplamına eşittir. Toplam maliyet eğrisi Şekil 20.8’de a noktası ile gösterilen bir minimum noktaya ulaşır. Minimum noktasının yakın uçlarında eğri, yaklaşık olarak düze yakın bir eğri formundadır. (Şekil 20.8) Bu suretle eğri üzerinde a’ ve a’’ arasında ΔT_{ort} ’lik bir aralıkta toplam maliyet değeri yaklaşık olarak optimum olarak değerlendirilir. Sistemimizde yakıt maliyetlerini azaltmak ön planda ise a’ noktasında bir dizayn yapılabilir. İlk yatırım maliyetleri ilk etapta ön planda ise sistem dizaynı

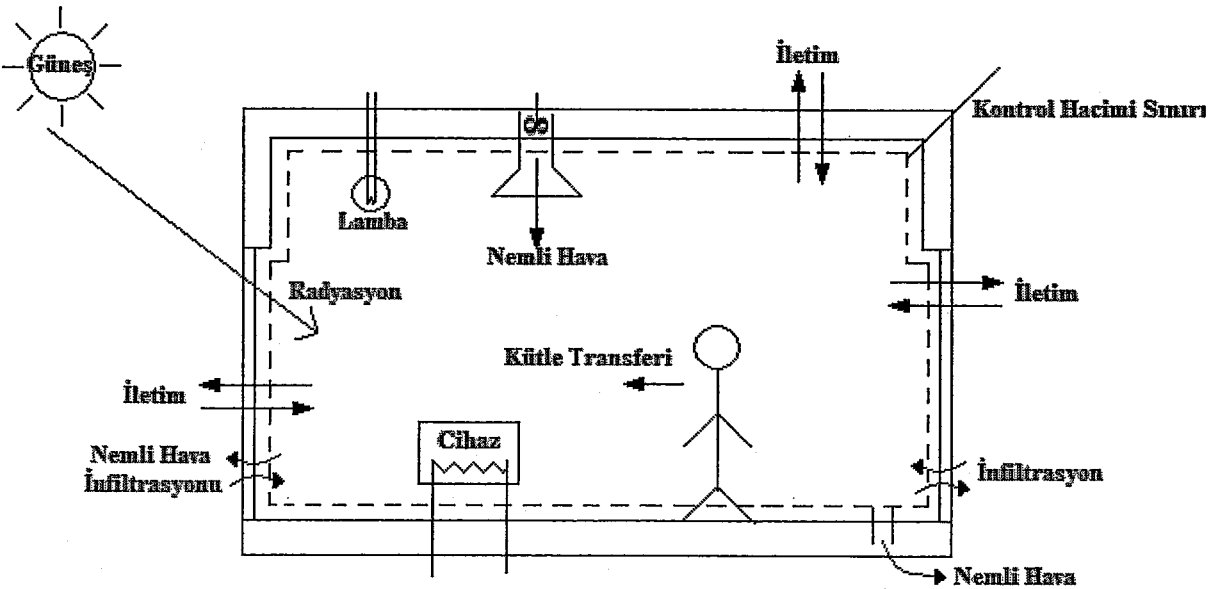
a" noktası için yapılabilir. Ancak unutulmamalıdır ki maliyet değerlerini eğrilerle tanımlamak her zaman doğru olmamakta maliyetler birçok değişkene bağlı olarak değişmektedir. Sistemlerde optimizasyona gidilirken birden fazla dizayn değişkeni göz önünde bulundurulmalı ve optimizasyon bu değişkenlere göre eş zamanlı olarak yapılmalıdır.

20.10 Sonuç

Kütle, enerji ve entropi gibi ekserji de sistem sınırından transfer olabilen bir özelliktir. Ekserji transferi ısı transferi, iş ve kütle akışına bağlı olarak gerçekleşebilir. Enerji korunumunun tersine entropi gibi ekserji de korunmaz. Sistem içinde meydana gelen tersinmez prosesler sonucu ekserji yıkımı gerçekleşir. Entropi üretimi ekserji yıkımına karşılık gelir.

21. KLİMATİZE EDİLEN BİR MAHALDE EKSERJİ MODELİ

Şekil 21.1'de klimatize edilen bir mahalde kontrol hacmi içerisinde alınmış bir sistem görülmektedir. Sistem dahilinde iletim ve radyasyonla ısı transferi meydana gelmektedir. Kontrol hacmi sınırı içerisinde enerji harcayarak iş yapan bir cihaz ve lamba bulunmaktadır. Kontrol hacminde gerçekleşen kütle transferi, mahalde bulunan insanlardan, mahale verilen şartlandırılmış nemli hava ve infiltrasyon havasından ibaret olup kütle ve enerji transferlerinin, ekserji analizini pratik olarak gerçekleştirmek için tek yönlü gerçekleştiği kabul edilmiştir. Oda içerisinde T_0 ekserji hesaplarını yaparken kullanılacak denge durumundaki referans sıcaklığını ifade etmektedir.



Şekil 21.1 Klimatize edilen bir mahalin sistem şeması

Ekserji hesapları oda içerisinde sürekli rejim için yapılacaktır.

21.1 Ekserji Hesabı

• Isı Transferi Ekserji Hesabı :

- **Radyasyon Isı Transferi Ekserjisi Hesabı** : Cam ve diğer yüzeylerden gelen radyasyon enerjisi ile meydana gelen ekserji:

$$Q_{\text{radyasyon}} = Q_1 \text{ (} T_1 \text{ Sıcaklığında)} \quad (21.1.1)$$

(21.1.1) Eşitliğinde :

$Q_{\text{radyasyon}}$ = T_1 sıcaklığındaki kaynaktan transfer olan radyasyon enerjisi (kW)

$$E_{\text{rad}} = \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right) \cdot Q_{\text{rad}} \quad (21.1.2)$$

(21.1.2) Eşitliğinde :

T_0 = Referans sıcaklığı (K)

T_1 = Radyasyon kaynağı sıcaklığı (K)

E_{rad} = Radyasyon transferi nedeniyle oluşan ekserji (kW)

- **İletimle Isı Transferi Ekserjisi Hesabı** : Cam, duvar ve kapılardan gelen iletim enerji transferi ile meydana gelen ekserji:

$$Q_{\text{iletim}} = Q_2 \text{ (} T_2 \text{ Duvar, cam veya kapı sıcaklığında)} \quad (21.1.3)$$

(21.1.3) Eşitliğinde :

Q_{iletim} = T_2 sıcaklığındaki duvarlardan (cam-kapı) iletimle olan ısı transfer enerjisi (kW)

$$E_{iletim} = \left(1 - \frac{T_0}{T_2}\right) \cdot Q_{iletim} \quad (21.1.4)$$

(21.1.4) Eşitliğinde :

T_0 = Referans sıcaklığı (K)

T_2 = Duvar yüzey sıcaklığı (K)

E_{iletim} = İletim ısı transferi nedeniyle oluşan ekserji (kW)

- **İnsanlardan Gelen Duyulur Isı Transferi Ekserjisi Hesabı** : İnsanlardan gelen ısı transferi ile meydana gelen ekserji:

$$Q_{insan} = Q_3 \quad (21.1.5)$$

(21.1.5) Eşitliğinde :

Q_{insan} = Odada bulunan insanlardan gelen enerji transferi (kW)

$$E_{insan} = \left(1 - \frac{T_0}{T_3}\right) \cdot Q_{insan} \quad (21.1.6)$$

(21.1.6) Eşitliğinde :

T_0 = Referans sıcaklığı (K)

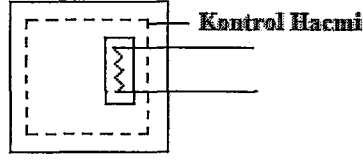
T_3 = Vücut sıcaklığı (K)

E_{insan} = İnsanlardan gelen ısı transferi nedeniyle oluşan ekserji (kW)

• **Sistemde Yapılan İş Nedeniyle Meydana Gelen Ekserji Hesabı** :

- **Kontrol Hacmi İçersinde Bulunan Tüm Cihazlar, Elektrik ile Beslenen Tüm Aydınlatma Ekipmanları için Ekserji Hesabı** :

$$E_{is} = W \text{ (Sistemde hareketli sınır işi yoktur.)} \quad (21.1.7)$$



Şekil 21.2 Kontrol hacmi sınırı içerisinde elektrikli cihaz

Aydınlatmadan Kaynaklanan Isı Transferi Nedeniyle Oluşan Ekserji Hesabı:

$$Q_{\text{Aydınlatma}} = Q_4 \quad (21.1.8)$$

(21.1.8) Eşitliğinde :

$Q_{\text{Aydınlatma}}$ = Odada bulunan aydınlatma ekipmanlarından gelen enerji transferi (kW)

$$E_{\text{Aydınlatma}} = \left(1 - \frac{T_0}{T_4}\right) \cdot Q_{\text{Aydınlatma}} \quad (21.1.9)$$

(21.1.9) Eşitliğinde :

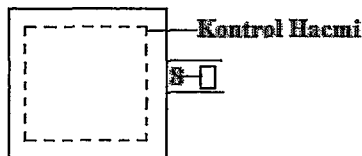
T_0 = Referans sıcaklığı (K)

T_4 = Aydınlatma cihazı yüzey sıcaklığı (K)

$E_{\text{Aydınlatma}}$ = Aydınlatma ısı transferi nedeniyle oluşan ekserji (kW)

- Kontrol Hacmi Dışında Bulunan Elektrik ile Beslenen Cihazlar için Ekserji Hesabı

$$Q_5 = Q_{is1} \text{ (} T_5 \text{ Yüzey veya akışkan sıcaklığı)} \quad (21.1.10)$$



Şekil 21.3 Kontrol hacmi sınırı dışında elektrikli cihaz

• **Kütle Transferi Ekserji Hesabı :**

- **Oda İçerisine Cebri Verilen ve Atılan Nemli Hava Ekserji Hesabı**

$$e = (h_{\phi} - h_0) - T_0(s_{\phi} - s_0) + \frac{V^2}{2} + gz \quad (21.1.11)$$

(21.1.11) Eşitliğinde :

e = Oda içerisine giren birim kütledeki nemli havanın ekserjisi (kJ/kg)

h_{ϕ} = Odayı terk eden birim kütledeki nemli havanın entalpisi (kJ/kg)

h_0 = Referans sıcaklığındaki denge şartında nemli havanın entalpisi (kJ/kg)

s_{ϕ} = Odayı terk eden birim kütledeki nemli havanın entropisi (kJ/kg K)

s_0 = Referans sıcaklığındaki denge şartında nemli havanın entropisi (kJ/kg K)

$\frac{V^2}{2}$ = Oda içerisine giren nemli havanın kinetik enerjisi (kJ/kg)

gz = Oda içerisine giren nemli havanın potansiyel enerjisi (kJ/kg)

Birim zamanda cebri olarak odaya verilen kütle için ekserji hesabı :

$$E_{\text{kütle}} = m e \quad (21.1.12)$$

- **Oda İçerisine İnfiltrasyon ile Gelen ve Çıkan Nemli Hava Ekserji Hesabı**

$$e = (h_{\phi} - h_0) - T_0(s_{\phi} - s_0) + \frac{V^2}{2} + gz \quad (21.1.13)$$

(21.1.13) Eşitliğinde;

e = Oda içerisine giren birim kütledeki infiltrasyon havasının ekserjisi (kJ/kg)

h_{ϕ} = Odayı terk eden birim kütledeki infiltrasyon havasının entalpisi (kJ/kg)

h_0 = Referans sıcaklığındaki infiltrasyon havasının entalpisi (kJ/kg)

s_{ϕ} = Odayı terk eden birim kütledeki infiltrasyon havasının entropisi (kJ/kg K)

s_0 = Referans sıcaklığındaki infiltrasyon havasının entropisi (kJ/kg K)

$$\frac{V^2}{2} = \text{Oda içerisine giren infiltrasyon havasının kinetik enerjisi (kJ/kg)}$$

$$gz = \text{Oda içerisine giren infiltrasyon havasının potansiyel enerjisi (kJ/kg)}$$

Birim zamanda giren infiltrasyon havası için ekserji hesabı :

$$E_{\text{infiltrasyon}} = \dot{m}_{\text{infiltrasyon}} e_{\text{infiltrasyon}} \quad (21.1.14)$$

Isı transferi, iş ve kütle transferleri nedeniyle oluşan ekserji değerleri toplanarak ekserji dengesi :

$$\sum (1 - \frac{T_0}{T_k}) \dot{Q}_k - \dot{W} + \sum \dot{m}_g e_g - \sum \dot{m}_\varphi e_\varphi - \dot{E}_{\text{yıkılan}} = \frac{dE_{\text{cv}}}{dT} \quad (21.1.15)$$

olarak yazılabilir.

(21.1.15) Eşitliğinde :

$$T_0 = \text{Referans sıcaklığı (K)}$$

$$T_k = \text{Her bir enerji kaynağı için anlık sıcaklık (K)}$$

$$\dot{Q}_k = T_k \text{ anlık sıcaklığında sınır bölgede gerçekleşen ısı transferi (kW)}$$

$$\dot{W} = \text{Kontrol hacmi dahilinde yapılan iş (kW)}$$

$$\dot{m}_g = \text{Kontrol hacmine birim zamanda giren kütle miktarı (kg/s)}$$

$$e_g = \text{Kontrol hacmine giren birim kütle için ekserji değeri (kJ/kg)}$$

$$\dot{m}_\varphi = \text{Kontrol hacminden birim zamanda çıkan kütle miktarı (kg/s)}$$

$$e_\varphi = \text{Kontrol hacminden çıkan birim kütle için ekserji değeri (kJ/kg)}$$

$$\dot{E}_{\text{yıkılan}} = \text{Tersinmez prosesler nedeniyle kontrol hacmi dahilinde meydana gelen ekserji kaybı (yıkımı) (kW)}$$

$$\frac{dE_{\text{cv}}}{dT} = \text{Sabit kontrol hacminde zamana göre ekserji değişimi}$$

olarak elde edilir. Sürekli rejimde birim zamanda kontrol hacmi içerisinde ekserji değişimi sabit olacaktır. Dolayısıyla sürekli rejimde ekserji dengesi denklemi (21.1.15) sifıra eşit olacaktır. Bu durumda ekserji kaybı (yıkımı) değeri :

$$\dot{E}_{\text{yıkılan}} = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_k}\right) \dot{Q}_k - \dot{W} + \sum \dot{m}_g e_g - \sum \dot{m}_\varphi e_\varphi \quad (21.1.16)$$

olarak elde edilir.

21.2 Maya Tower İş Merkezi Ekserji Hesapları

Klimatize edilen mahalde yıkılan ekserji değeri (21.1.16) eşitliği kullanılarak elde edilir. Mahal pozitif basınç altında olduğu için ekserji hesabında infiltrasyon ihmal edilmiştir. Isı transferi nedeniyle oluşan ekserji hesabında; duvar ve camlardan iletim ile olan ısı transferi cam ve duvar yüzeylerinden gelen radyasyon ile ısı transferi, aydınlatma ile meydana gelen ısı transferi ve mahaldeki insanlardan gelen ısı transferi dikkate alınmıştır. Mahal içerisinde herhangi bir iş yapan cihaz bulunmamaktadır. Kütle transferi ile olan ekserji hesabında insanların solunumu ile gelen su buharı ve mahale verilen besleme havası dikkate alınmıştır.

Sistem Dataları:

$$T_0 \text{ (Referans sıcaklığı)} = 24 \text{ }^\circ\text{C} = 24 + 273,15 = 297,15 \text{ K}$$

$$T_s \text{ (Güneş radyasyon ısı transfer sıcaklığı)} = 5780 \text{ K}$$

$$T_A \text{ (Aydınlatma kaynağı sıcaklığı)} = 2000 \text{ K}$$

$$T_{KT} \text{ (İstanbul kuru termometre sıcaklığı)} = 32,8 \text{ }^\circ\text{C} = 32,8 + 273,15 = 305,95 \text{ K}$$

$$T_v \text{ (İnsan vücut sıcaklığı)} = 36,5 \text{ }^\circ\text{C} = 36,5 + 273,15 = 309,65 \text{ K}$$

Ekserji dengesinde hesabındaki ısı transfer değerleri, mahale sevk edilen havanın duyulur/gizli ısı değerleri ve insanlardan gelen duyulur/gizli ısı transferi değerleri ekte verilen, Carrier Block Load seçim programı ile hesaplanmış seçim hesap çıktılarından alınmıştır. Hesap çıktılarındaki ısı transferi değerleri (21.1.16) eşitliğinde yerine konularak ekserji yıkımı hesap edilir.

$$\begin{aligned} E_d = & \left(1 - \frac{T_0}{T_{KT}}\right) \cdot \dot{Q}_{\text{Il.Duv.}} + \left(1 - \frac{T_0}{T_{KT}}\right) \cdot \dot{Q}_{\text{Il.Cam}} + \left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right) \cdot \dot{Q}_s + \left(1 - \frac{T_0}{T_A}\right) \cdot \dot{Q}_A + \left(1 - \frac{T_0}{T_v}\right) \cdot \dot{Q}_{\text{I.D.}} + \dot{Q}_{\text{I.G.}} + \dot{Q}_{\text{Ü.D.}} \\ & + \dot{Q}_{\text{Ü.G.}} \end{aligned} \quad (21.1.17)$$

(21.1.17) eşitliğinde:

$Q_{il.Duv.}$: Mahalin dış duvarlarından iletim ile meydana gelen ısı transferi

$Q_{il.Cam}$: Mahalin cam yüzeylerinden iletim ile meydana gelen ısı transferi

Q_S : Güneşten ısı transferi ile gelen ısı transferi

Q_A : Aydınlatma ile gelen ısı transferi

$Q_{i.D.}$: Mahalde bulunan insanlardan gelen duyulur ısı transferi

$Q_{i.G.}$: Mahalde bulunan insanlardan gelen gizli ısı transferi

$Q_{ü.D.}$: Mahale üflenen havadan gelen duyulur ısı transferi

$Q_{ü.G.}$: Mahale üflenen havadan gelen gizli ısı transferi

değerlerini ifade ederler.

Ekteki Block Load seçim programı hesap çıktılarından alınan, yukarıda belirtilmiş ısı transfer değerleri ve (21.1.17) eşitliği ile hesaplanan ekserji yıkımı değerleri tüm mahaller için Çizelge 21.1'de verilmiştir.

Çizelge 21.1 Tüm mahaller için hesap edilen ısı transfer ve ekserji değerleri

Oda No	$Q_{il.Duv.}$ (kW)	$Q_{il.Cam}$ (kW)	Q_S (kW)	Q_A (kW)	$Q_{i.D.}$ (kW)	$Q_{i.G.}$ (kW)	$Q_{ü.D.}$ (kW)	$Q_{ü.G.}$ (kW)	E_d (kW)
1101	8.976	69	255	324	105	67	153	352	1354,15
1102	4.059	32	67	581	118	120	132	389	1321,67
1103	2.255	32	67	444	118	120	132	383	1147,13
1104	7.059	115	367	436	104	120	231	392	1672,90
1105	10.937	75	288	793	104	120	247	378	2014,31
1106	8.477	87	390	290	55	60	107	175	1207,41
1107	6.625	38	204	489	114	120	174	347	1447,11
1108	10.230	58	350	321	173	180	217	1.520	2825,21
1201	11.838	72	375	1.213	386	246	518	1.310	3820,65
1202	25.250	386	1.228	2.125	320	360	161	1.131	5376,43
1203	12.891	72	399	826	401	282	796	1.387	3935,81
1204	5.373	83	500	557	116	120	145	346	1721,15
1205	10.401	113	431	974	110	70	132	395	2141,98
1206	4.059	40	84	803	110	70	132	392	1479,72

22. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su kaynaklı ısı pompalarında enerji ve ekserji analizi tezimde ilk etapta klima ve ısı pompası sistemleri ve gelişimi hakkında geniş bilgi verilmiştir. Isı pompası sisteminin termodinamik çalışma esasları incelenmiştir. Isı pompaları çalışma ve kullandıkları kaynaklara göre sınıflandırılarak birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Uygulama bölümünde ekserji hesapları için ekserji analizi incelenerek klimatize edilen bir mahal için ekserji modeli oluşturulmuştur. Uygulama bölümünde Maya iş merkezinde kurulu bulunan WSHP sistemi ve akış şeması incelenmiş inceleme yapılan mahaller için enerji ve ekserji kazancı hesapları yapılmıştır.

Bu tezin amacı iş merkezinde WSHP ile şartlandırılan mahalde enerji ve ekserjinin korunup korunmadığını görmek ve sonuçlarını değerlendirmektir. Bölümlere ayrılan klimatize edilmiş mahaller için hesaplar oluşturulan ekserji modeli çerçevesinde yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda sistem dahilinde meydana gelen tersinmez prosesler neticesinde sistem enerjisinin korunmasına rağmen ekserji büyüklüğünün korunmadığı, ekserjinin gerçekleşen prosesler neticesinde yıkıldığı ve kaybolduğu gözlenmiştir.

Hesaplama sonucunda ekserji kazancının sırasıyla en çok mahale üflenen havadan gelen gizli ısı transferi, aydınlatma enerjisi, radyasyonla ısı transferi, dış duvarlardan iletimle gelen ısı transferi, üflenen havadan gelen duyulur ısı transferi, insanlardan gelen gizli ve duyulur ısı transferi ve camlardan gelen iletim ısı transferi nedeniyle meydana geldiği görülmektedir. Bu kapsamda ekserji kazançlarını önleyebilmek için ekserji kazancının en çok olduğu bölgelerde iyileştirme çalışmaları yapmak, kaynak ve kullanım sıcaklıkları arasındaki farkı azaltacak biçimde verimli yakıt tüketim stratejileri geliştirmek gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen ekserji kazançlarını azaltmak için en büyük kazancın olduğu noktalardan başlayarak yapılacak iyileştirme çalışmaları;

- Üfleme havası sıcaklığı enerji tüketimi ve ekserji kazancı arasında optimizasyon çalışması yapılarak düşürülmelidir.
- Birim alan için gerekli olan aydınlatma gücü kullanım yer ve saatleri dikkate alınarak azaltılmalıdır.

- Radyasyon ısı transferini azaltmak amacıyla açık renkli ve yansıtıcı özelliği fazla olan dış yüzey malzemeleri tercih edilmelidir.
- Dış duvar malzeme yapısında ısı transfer geçişini azaltacak izotuğla ve izolasyon uygulamaları tercih edilmelidir.
- Üfleme havasının bağıl nem değeri, konfor şartları içerisinde insanlardan gelecek gizli ısı kazancı ve ekserji değerini minimuma indirecek şekilde seçilmelidir.

$E_{d \text{ II.Duv.}}$: Dış duvarlardan iletim ısı transferi ile oluşan ekserji kazancı (kW) (1)

$E_{d \text{ II.Cam.}}$: Cam yüzeylerinden iletim ısı transferi ile oluşan ekserji kazancı (kW) (2)

$E_{d \text{ S}}$: Radyasyon ısı transferi ile oluşan ekserji kazancı (kW) (3)

$E_{d \text{ A}}$: Aydınlatma ısı kazancı ile oluşan ekserji kazancı (kW) (4)

$E_{d \text{ I.D.}}$: İnsanlardan gelen duyulur ısı kazancı ile oluşan ekserji kazancı (kW) (5)

$E_{d \text{ I.G.}}$: İnsanlardan gelen gizli ısı kazancı ile oluşan ekserji kazancı (kW) (6)

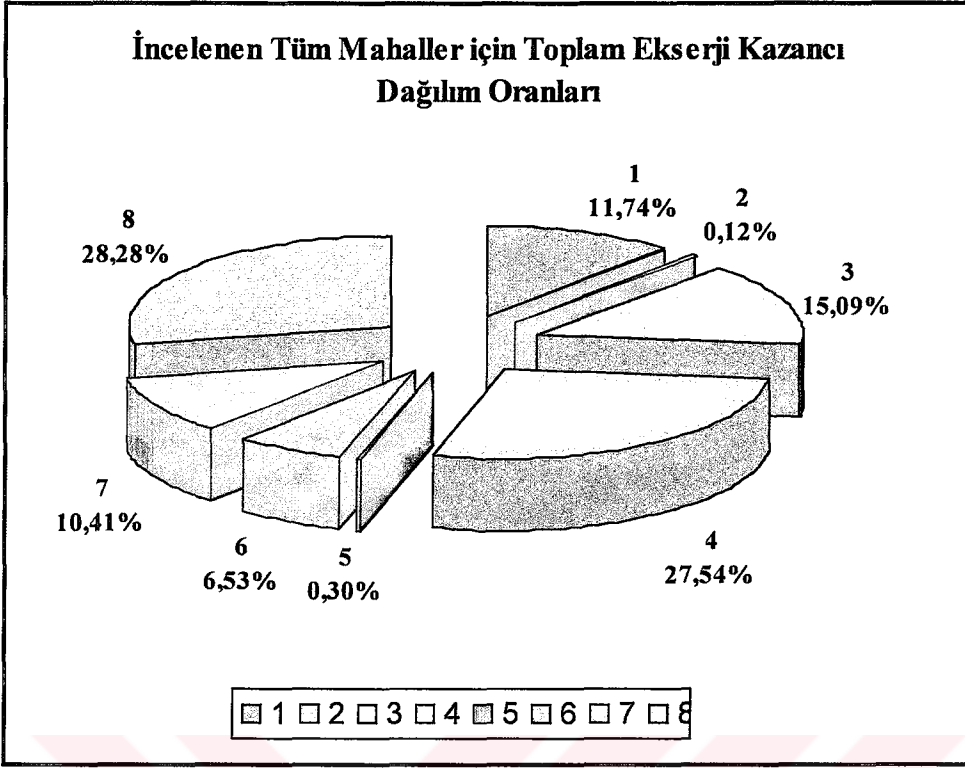
$E_{d \text{ Ü.D.}}$: Üflenen havadan gelen duyulur ısı nedeniyle oluşan ekserji kazancı (kW) (7)

$E_{d \text{ Ü.G.}}$: Üflenen havadan gelen gizli ısı nedeniyle oluşan ekserji kazancı (kW) (8)

E_d : Toplam ekserji kazancı (kW)

Çizelge 22.1 Hesap edilen tüm mahaller için ekserji kazancı değerleri

Grafik No	1	2	3	4	5	6	7	8
Oda No	$E_{d \text{ II.Duv.}}$ (kW)	$E_{d \text{ II.Cam.}}$ (kW)	$E_{d \text{ S}}$ (kW)	$E_{d \text{ A}}$ (kW)	$E_{d \text{ I.D.}}$ (kW)	$E_{d \text{ I.G.}}$ (kW)	$E_{d \text{ Ü.D.}}$ (kW)	$E_{d \text{ Ü.G.}}$ (kW)
1101	258,18	1,9846	241,89	275,86	4,2387	67	153	352
1102	116,75	0,9204	63,556	494,68	4,7634	120	132	389
1103	64,86	0,9204	63,556	378,03	4,7634	120	132	383
1104	203,04	3,3077	348,13	371,22	4,1983	120	231	392
1105	314,58	2,1572	273,19	675,18	4,1983	120	247	378
1106	243,82	2,5024	369,95	246,91	2,2202	60	107	175
1107	190,55	1,093	193,51	416,35	4,602	120	174	347
1108	294,24	1,6682	332,01	273,31	6,9837	180	217	1520
1201	340,49	2,0709	355,72	1032,8	15,582	246	518	1310
1202	726,26	11,102	1164,9	1809,3	12,918	360	161	1131
1203	370,78	2,0709	378,49	703,28	16,188	282	796	1387
1204	154,54	2,3873	474,29	474,24	4,6827	120	145	346
1205	299,16	3,2502	408,84	829,29	4,4405	70	132	395
1206	116,75	1,1505	79,682	683,69	4,4405	70	132	392
TOPLAM	3694,0	36,6	4747,7	8664,1	94,2	2055,0	3277,0	8897,0



Şekil 22.1 Hesap edilen tüm mahaller için toplam ekserji kazancı dağılım oranı

KAYNAKLAR

- Ataman, H., (1991), Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompası Tesisinin Tasarımı ve Optimizasyonu, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, (Mak. UZ138).
- Çanakçı, C., Özgeber, Ö., ve Hepbaşlı, A., (2001), Jeotermal Isı Pompaları ve Uygulamaları, Termoklima, Sayı 108.
- Domanski, E.Ph.D. TSAROS T.L. ve Gaggioli, R.A. Ph.D. (1987), Exergy Analysis of Heat Pumps. ASHRAE Transactions.
- Eley, C., ve Hydemen, M., (1994), Water-Loop Heat Pump Systems.
- Hepbaşlı, A., (1983), Isı Pompası Sistemleri ve Konut Isıtılması, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hepbaşlı, A., Prof.Dr., “Türkiye Binalarında Toprak Kaynaklı (Jeotermal) Isı Pompası Uygulamaları, Enerji Verimliliği Değerlendirmesi”, TTMD.
- Howell, R.H., Ph.D., ve Zaidi, J.H., Ph.D., (1991), “Heat Recovery in Buildings Using Water-Loop Heat Pump Systems: Part I-Energy Requirements and Savings”, ASHRAE Transactions.
- Howell, R.H., Ph.D., ve Zaidi, J.H., Ph.D., (1991), “Heat Recovery in Buildings Using Water-Loop Heat Pump Systems: Part II – Sensitivity Analysis”, ASHRAE Transactions.
- Hughes, P.J., (1990), “Survey of Water-Source Heat Pump System Configurations in Current Practice”, ASHRAE Transactions.
- Kavanaugh, S., Ph.D., “Ground-Coupling with Water Source Heat Pumps”, The University of Alabama Tuscaloosa, Alabama.
- Kavanaugh, S., Ph.D., “Ground Source Heat Pumps”, ASHRAE JOURNAL.
- Kıncay. O.Doç.Dr., Selvi, U., Mak.Yük.Müh., (2003) “Avrupa Isı Pompası Pazarı ve Türkiye”. Y.T.Ü. Makine Fakültesi İstanbul.
- Kush, E.A., (1990), “Detailed Field Study of a Water-Loop Heat Pump System”. ASHRAE Transactions.
- Küçükçalı, R., Mak.Yük.Müh., “Isı Pompalarının Isıtmada Kullanımının Olabilirliği”. Isısan Çalışmaları:285.
- MORAN Micheal J., SHAPIRO Howard N., (2000), “Fundamentals of Engineering Thermodynamics”.
- Pietsch, J.A., (1991), “Optimization of Loop Temperatures in Water-Loop Heat Pump Systems”. ASHRAE Transactions.
- Takahashi, H., ve Bilgen, E., (2002), “Exergy Analysis and Experimental Study of Heat Pump Systems”. www.exergyonline.com

Takahashi, H., ve Bilgen, E., (2002), "Exergy Analysis and Experimental Study of Heat Pump Systems". www.exergyonline.com

Xinguo, L., (1996), "Thermal Performance and Energy Saving Effect of Water-Loop Heat Pump Systems With Geothermal", Pergamon.

INTERNET

[1] www.climatemaster.com

[2] www.exergyonline.com

[3] www.fhp-mfg.com

[4] www.geoexchange.com



EKLER

- Ek 1 Carrier Block Load Isıtma, Soğutma Yüğü Hesap Çıktıları
- Ek 2 Climate Master Cihaz Seçim Çıktıları
- Ek 3 Climate Master Cihaz Katalogları
- Ek 4 Maya Sitesi Çatı ve 11.Normal Kat Proje Teknik Resimleri



SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 8
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1102

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	9.700 W	Load Occurs	June 20:00
Sensible Coil Load	9.282 W	Outdoor Db/Wb	28,6/22,9 C
Total Zone Sensible	9.129 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	23,2/17,5 C
Supply Air (Actual)	843 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/14,0 C
Supply Air (Standard)	840 L/s	Apparatus Dewpoint	14,00 C
Ventilation Air	23 L/s	Bypass Factor	0,000
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	57, %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	9,70 kW
Floor Area	19 sqm	Sensible Coil Load	9,28 kW
Overall U-Value	28,177 W/sqm/K	sqm/kW	1,96
Vent Air	1,20 L/s/sqm	Cooling	510,55 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	44,37 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	12.831 W	Heating	675,30 W/sqm
Ventilation Load	658 W	Heating	44,37 L/s/sqm
Total Zone Load	12.172 W	Floor Area	19 sqm
Ventilation Airflow	23 L/s	Overall U-Value	28,177
Supply Airflow	843 L/s	Vent Air	1,20 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 8	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	23,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	23,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,0 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,000		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 8
Location: Istanbul, Turkey
Prepared by: Blue

Block Load 3.00
January 04, 2004
Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) June 20:00	9,28	9,70	6) May 20:00	8,14	8,49
2) July 20:00	9,15	9,56	7) June 18:00	7,63	8,05
3) June 19:00	8,53	8,95	8) July 18:00	7,63	8,03
4) July 19:00	8,46	8,86	9) August 19:00	7,61	8,01
5) August 20:00	8,10	8,51	10) May 19:00	7,43	7,78

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
1102	9.129	843	June 20:00	12.172	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	June 20:00
Db/Wb Temp	28,6/ 22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	7 sqm	255	-	-
Wall Transmission	11 sqm	8.376	-	11.880
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	7 sqm	69	-	292
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	324	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	105	67	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		9.129	67	12.172
Ventilation Load	23 L/s	153	352	658
Supply Fan Load	843 L/s	0	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		9.282	419	12.831

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	11	8.376	-	11.880
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	7	69	255	292
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 2
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1103

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	5.498 W	Load Occurs	June 20:00
Sensible Coil Load	4.989 W	Outdoor Db/Wb	28,6/22,9 C
Total Zone Sensible	4.857 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,3/17,8 C
Supply Air (Actual)	404 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	402 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,4 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	5,50 kW
Floor Area	34 sqm	Sensible Coil Load	4,99 kW
Overall U-Value	31,689 W/sqm/K	sqm/kW	6,18
Vent Air	0,71 L/s/sqm	Cooling	161,70 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	11,87 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	10.580 W	Heating	311,18 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	11,87 L/s/sqm
Total Zone Load	9.887 W	Floor Area	34 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	31,689
Supply Airflow	404 L/s	Vent Air	0,71 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 2	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 2
Location: Istanbul, Turkey
Prepared by: Blue

Block Load 3.00
January 04, 2004
Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) June 20:00	4,99	5,50	6) June 18:00	4,70	5,21
2) July 20:00	4,98	5,48	7) July 17:00	4,59	5,08
3) July 19:00	4,88	5,37	8) June 17:00	4,54	5,05
4) June 19:00	4,85	5,36	9) August 20:00	4,46	4,95
5) July 18:00	4,75	5,25	10) August 19:00	4,45	4,94

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
1103	4.857	404	June 20:00	9.887	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	June 20:00
Db/Wb Temp	28,6/ 22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	4 sqm	67	-	-
Wall Transmission	9 sqm	4.059	-	9.720
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	4 sqm	32	-	167
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	581	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	118	120	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		4.857	120	9.887
Ventilation Load	24 L/s	132	389	693
Supply Fan Load	404 L/s	0	-	-
Pleum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Pleum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Pleum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		4.989	509	10.580

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	9	4.059	-	9.720
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	4	32	67	167
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 3
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1104

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	3.552 W	Load Occurs	June 20:00
Sensible Coil Load	3.048 W	Outdoor Db/Wb	28,6/22,9 C
Total Zone Sensible	2.916 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,5/18,1 C
Supply Air (Actual)	243 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	242 L/s	Apparatus Dewpoint	13,45 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,8 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	3,55 kW
Floor Area	26 sqm	Sensible Coil Load	3,05 kW
Overall U-Value	25,773 W/sqm/K	sqm/kW	7,32
Vent Air	0,92 L/s/sqm	Cooling	136,60 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	9,32 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	6.260 W	Heating	240,77 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	9,32 L/s/sqm
Total Zone Load	5.567 W	Floor Area	26 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	25,773
Supply Airflow	243 L/s	Vent Air	0,92 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 3	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 3
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) June 20:00	3,05	3,55	6) June 18:00	2,93	3,43
2) July 20:00	3,05	3,54	7) July 17:00	2,87	3,36
3) July 19:00	3,01	3,49	8) June 17:00	2,84	3,34
4) June 19:00	2,99	3,49	9) July 16:00	2,76	3,25
5) July 18:00	2,96	3,45	10) August 19:00	2,76	3,25

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling</i>	<i>Design Airflow</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating</i>	<i>Design Flow</i>
	<i>Sensible</i>	<i>Rate</i>		<i>Load</i>	<i>Rate</i>
	<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>		<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>
1104	2.916	243	June 20:00	5.567	-



TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	June 20:00
Db/Wb Temp	28,6/ 22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	4 sqm	67	-	-
Wall Transmission	5 sqm	2.255	-	5.400
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	4 sqm	32	-	167
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	444	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	118	120	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		2.916	120	5.567
Ventilation Load	24 L/s	132	383	693
Supply Fan Load	243 L/s	0	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		3.048	503	6.260

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	5	2.255	-	5.400
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	4	32	67	167
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 4
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1105

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	8.825 W	Load Occurs	June 14:00
Sensible Coil Load	8.312 W	Outdoor Db/Wb	32,0/23,8 C
Total Zone Sensible	8.081 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,3/17,6 C
Supply Air (Actual)	672 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	669 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,1 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	8,82 kW
Floor Area	28 sqm	Sensible Coil Load	8,31 kW
Overall U-Value	25,336 W/sqm/K	sqm/kW	3,17
Vent Air	0,86 L/s/sqm	Cooling	315,17 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	23,99 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	14.071 W	Heating	502,52 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	23,99 L/s/sqm
Total Zone Load	13.378 W	Floor Area	28 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	25,336
Supply Airflow	672 L/s	Vent Air	0,86 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 4	THERMOSTAT SETPOINTS	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 4
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) June 14:00	8,31	8,82	6) July 15:00	8,12	8,62
2) June 15:00	8,28	8,80	7) July 14:00	8,10	8,60
3) June 13:00	8,25	8,76	8) July 16:00	8,10	8,60
4) June 16:00	8,22	8,73	9) July 17:00	8,06	8,55
5) June 17:00	8,14	8,65	10) June 18:00	8,01	8,52

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
1105	8.081	672	June 14:00	13.378	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	June 14:00
Db/Wb Temp	32,0/ 23,8 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	10 sqm	367	-	-
Wall Transmission	12 sqm	7.059	-	12.960
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	10 sqm	115	-	418
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	436	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	104	120	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		8.081	120	13.378
Ventilation Load	24 L/s	231	392	693
Supply Fan Load	672 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		8.312	513	14.071

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	12	7.059	-	12.960
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	10	115	367	418
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 6
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1106

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	12.942 W	Load Occurs	July 14:00
Sensible Coil Load	12.444 W	Outdoor Db/Wb	32,5/23,8 C
Total Zone Sensible	12.196 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,2/17,5 C
Supply Air (Actual)	1.014 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	1.010 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52, %
Reheat Required	0 W		
Floor Area	51 sqm	Total Coil Load	12,94 kW
Overall U-Value	32,022 W/sqm/K	Sensible Coil Load	12,44 kW
Vent Air	0,47 L/s/sqm	sqm/kW	3,94
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	253,76 W/sqm
		Cooling	19,88 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	16.064 W	Heating	314,97 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	19,88 L/s/sqm
Total Zone Load	15.371 W	Floor Area	51 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	32,022
Supply Airflow	1.014 L/s	Vent Air	0,47 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 6	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 6
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>		<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1)	July 14:00	12,44	12,94	6)	June 13:00	12,15	12,67
2)	June 14:00	12,38	12,90	7)	July 16:00	12,06	12,56
3)	July 15:00	12,33	12,83	8)	June 16:00	11,95	12,47
4)	June 15:00	12,25	12,76	9)	August 14:00	11,91	12,41
5)	July 13:00	12,18	12,67	10)	August 15:00	11,84	12,34

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling</i>	<i>Design Airflow</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating</i>	<i>Design Flow</i>
	<i>Sensible</i>	<i>Rate</i>		<i>Load</i>	<i>Rate</i>
	<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>		<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>
1106	12.196	1.014	July 14:00	15.371	-



TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	July 14:00
Db/Wb Temp	32,5/ 23,8 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	6 sqm	288	-	-
Wall Transmission	14 sqm	10.937	-	15.120
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	6 sqm	75	-	251
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	793	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	104	120	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		12.196	120	15.371
Ventilation Load	24 L/s	247	378	693
Supply Fan Load	1.014 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		12.444	498	16.064

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	14	10.937	-	15.120
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	6	75	288	251
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 5
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1110

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	9,642 W	Load Occurs	September 16:00
Sensible Coil Load	9,407 W	Outdoor Db/Wb	31,4/23,3 C
Total Zone Sensible	9,299 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,1/17,5 C
Supply Air (Actual)	773 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	770 L/s	Apparatus Dewpoint	13,47 C
Ventilation Air	12 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	51,9 %
Reheat Required	0 W		
Floor Area	18 sqm	Total Coil Load	9,64 kW
Overall U-Value	25,773 W/sqm/K	Sensible Coil Load	9,41 kW
Vent Air	0,67 L/s/sqm	sqm/kW	1,87
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	535,68 W/sqm
		Cooling	42,94 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	11,480 W	Heating	637,81 W/sqm
Ventilation Load	346 W	Heating	42,94 L/s/sqm
Total Zone Load	11,134 W	Floor Area	18 sqm
Ventilation Airflow	12 L/s	Overall U-Value	25,773
Supply Airflow	773 L/s	Vent Air	0,67 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 5	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 5
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>		<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1)	September 16:00	9,41	9,64	6)	August 17:00	8,94	9,19
2)	September 15:00	9,35	9,58	7)	August 14:00	8,86	9,11
3)	August 15:00	9,19	9,44	8)	September 14:00	8,85	9,09
4)	August 16:00	9,18	9,43	9)	September 18:00	8,70	8,94
5)	September 17:00	9,14	9,38	10)	August 18:00	8,59	8,84

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling</i>	<i>Design Airflow</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating</i>	<i>Design Flow</i>
	<i>Sensible</i>	<i>Rate</i>		<i>Load</i>	<i>Rate</i>
	<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>		<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>
1110	9.299	773	September 16:00	11.134	-



TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	September 16:00
Db/Wb Temp	31,4/ 23,3 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	8 sqm	390	-	-
Wall Transmission	10 sqm	8.477	-	10.800
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	8 sqm	87	-	334
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	290	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	1 People	55	60	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		9.299	60	11.134
Ventilation Load	12 L/s	107	175	346
Supply Fan Load	773 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		9.407	235	11.480

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	10	8.477	-	10.800
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	8	87	390	334
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 1
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1111

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	8.112 W	Load Occurs	September 18:00
Sensible Coil Load	7.644 W	Outdoor Db/Wb	30,0/22,9 C
Total Zone Sensible	7.470 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,2/17,6 C
Supply Air (Actual)	621 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	619 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,1 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	8,11 kW
Floor Area	29 sqm	Sensible Coil Load	7,64 kW
Overall U-Value	29,269 W/sqm/K	sqm/kW	3,62
Vent Air	0,82 L/s/sqm	Cooling	275,91 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	21,12 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	8.420 W	Heating	286,40 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	21,12 L/s/sqm
Total Zone Load	7.727 W	Floor Area	29 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	29,269
Supply Airflow	621 L/s	Vent Air	0,82 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 1	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 1
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) September 18:00	7,64	8,11	6) October 19:00	7,47	7,88
2) October 18:00	7,69	8,11	7) September 20:00	7,10	7,57
3) September 17:00	7,51	7,98	8) September 16:00	7,10	7,57
4) October 17:00	7,55	7,96	9) October 16:00	7,10	7,51
5) September 19:00	7,49	7,96	10) October 20:00	6,99	7,40

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
1111	7.580	630	October 18:00	7.727	-



Zone Names: 1111

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	September 18:00
Db/Wb Temp	30,0/ 22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	4 sqm	204	-	-
Wall Transmission	7 sqm	6.625	-	7.560
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	4 sqm	38	-	167
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	489	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	114	120	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Fulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		7.470	120	7.727
Ventilation Load	24 L/s	174	347	693
Supply Fan Load	621 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		7.644	467	8.420

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	7	6.625	-	7.560
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	4	38	204	167
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 7
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1113

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	12.050 W	Load Occurs	September 19:00
Sensible Coil Load	11.350 W	Outdoor Db/Wb	29,0/22,6 C
Total Zone Sensible	11.132 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,2/17,6 C
Supply Air (Actual)	925 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	922 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	36 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,1 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	12,05 kW
Floor Area	19 sqm	Sensible Coil Load	11,35 kW
Overall U-Value	28,177 W/sqm/K	sqm/kW	1,58
Vent Air	1,89 L/s/sqm	Cooling	634,24 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	48,69 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	13.212 W	Heating	695,36 W/sqm
Ventilation Load	1.040 W	Heating	48,69 L/s/sqm
Total Zone Load	12.172 W	Floor Area	19 sqm
Ventilation Airflow	36 L/s	Overall U-Value	28,177
Supply Airflow	925 L/s	Vent Air	1,89 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	System 7	THERMOSTAT SETPOINTS	
System Type	Ctg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: System 7
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>		<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1)	September 19:00	11,35	12,05	6)	July 20:00	10,58	11,32
2)	August 20:00	11,24	11,98	7)	August 18:00	10,42	11,16
3)	September 20:00	11,23	11,93	8)	July 19:00	10,33	11,07
4)	August 19:00	11,10	11,84	9)	October 19:00	10,30	10,93
5)	September 18:00	10,73	11,43	10)	June 20:00	10,06	10,83

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
1113	11.132	925	September 19:00	12.172	-



TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	September 19:00
Db/Wb Temp	29,0/ 22,6 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	7 sqm	350	-	-
Wall Transmission	11 sqm	10.230	-	11.880
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	7 sqm	58	-	292
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	321	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	3 People	173	180	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Fulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		11.132	180	12.172
Ventilation Load	36 L/s	217	520	1.040
Supply Fan Load	925 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		11.350	701	13.212

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	11	10.230	-	11.880
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	7	58	350	292
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati3
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: c1201

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	16.229 W	Load Occurs	July 20:00
Sensible Coil Load	14.672 W	Outdoor Db/Wb	29,1/22,9 C
Total Zone Sensible	14.154 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,4/17,8 C
Supply Air (Actual)	1.177 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	1.172 L/s	Apparatus Dewpoint	13,45 C
Ventilation Air	84 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,2 %
Reheat Required	0 W		
Floor Area	71 sqm	Total Coil Load	16,23 kW
Overall U-Value	28,520 W/sqm/K	Sensible Coil Load	14,67 kW
Vent Air	1,18 L/s/sqm	sqm/kW	4,37
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	228,58 W/sqm
		Cooling	16,57 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	16.962 W	Heating	238,90 W/sqm
Ventilation Load	2.426 W	Heating	16,57 L/s/sqm
Total Zone Load	14.536 W	Floor Area	71 sqm
Ventilation Airflow	84 L/s	Overall U-Value	28,520
Supply Airflow	1.177 L/s	Vent Air	1,18 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	cati3	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati3
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) July 20:00	14,67	16,23	6) August 19:00	13,55	15,10
2) June 20:00	14,51	16,13	7) May 20:00	13,45	14,81
3) August 20:00	14,15	15,71	8) July 18:00	12,64	14,19
4) July 19:00	13,86	15,41	9) June 18:00	12,39	14,00
5) June 19:00	13,65	15,26	10) May 19:00	12,60	13,96

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling</i>	<i>Design Airflow</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating</i>	<i>Design Flow</i>
	<i>Sensible</i>	<i>Rate</i>		<i>Load</i>	<i>Rate</i>
	<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>		<i>(W)</i>	<i>(L/s)</i>
c1201	14.154	1.177	July 20:00	14.536	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	July 20:00
Db/Wb Temp	29,1/22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	8 sqm	375	-	-
Wall Transmission	13 sqm	11.838	-	14.040
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	8 sqm	72	-	334
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	27 sqm	270	-	162
Lighting	20,00 W/sqm	1.213	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	7 People	386	246	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		14.154	246	14.536
Ventilation Load	84 L/s	518	1.310	2.426
Supply Fan Load	1.177 L/s	1	-	-
Pleum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Pleum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Pleum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		14.672	1.557	16.962

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	13	11.838	-	14.040
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	8	72	375	334
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati4
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: c1202

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	12.737 W	Load Occurs	June 20:00
Sensible Coil Load	12.272 W	Outdoor Db/Wb	28,6/22,9 C
Total Zone Sensible	12.140 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,1/17,5 C
Supply Air (Actual)	1.009 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	1.006 L/s	Apparatus Dewpoint	13,47 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	51,9 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	12,74 kW
Floor Area	57 sqm	Sensible Coil Load	12,27 kW
Overall U-Value	24,812 W/sqm/K	sqm/kW	4,48
Vent Air	0,42 L/s/sqm	Cooling	223,46 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	17,70 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	18.624 W	Heating	326,73 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	17,70 L/s/sqm
Total Zone Load	17.931 W	Floor Area	57 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	24,812
Supply Airflow	1.009 L/s	Vent Air	0,42 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	cati4	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Stafic Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati4
Location: Istanbul, Turkey
Prepared by: Blue

Block Load 3.00
January 04, 2004
Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) June 20:00	12,27	12,74	6) May 20:00	10,63	11,02
2) July 20:00	12,11	12,56	7) June 18:00	10,38	10,85
3) June 19:00	11,39	11,86	8) July 18:00	10,38	10,83
4) July 19:00	11,31	11,75	9) August 19:00	10,16	10,61
5) August 20:00	10,71	11,16	10) May 19:00	9,80	10,19

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
c1202	12.140	1.009	June 20:00	17.931	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	June 20:00
Db/Wb Temp	28,6/ 22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	14 sqm	431	-	-
Wall Transmission	16 sqm	10.401	-	17.280
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	14 sqm	113	-	585
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	11 sqm	110	-	66
Lighting	20,00 W/sqm	974	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	110	70	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Fulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		12.140	70	17.931
Ventilation Load	24 L/s	132	395	693
Supply Fan Load	1.009 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		12.272	465	18.624

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	12	8.597	-	12.960
N	4	1.804	-	4.320
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	10	81	364	418
N	4	32	67	167
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati5
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: c1203

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	5,881 W	Load Occurs	June 20:00
Sensible Coil Load	5,419 W	Outdoor Db/Wb	28,6/22,9 C
Total Zone Sensible	5,286 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,3/17,7 C
Supply Air (Actual)	439 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	438 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,1 %
Reheat Required	0 W		
Floor Area	47 sqm	Total Coil Load	5,88 kW
Overall U-Value	29,550 W/sqm/K	Sensible Coil Load	5,42 kW
Vent Air	0,51 L/s/sqm	sqm/kW	7,99
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	125,13 W/sqm
		Cooling	9,35 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	10,736 W	Heating	228,42 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	9,35 L/s/sqm
Total Zone Load	10,043 W	Floor Area	47 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	29,550
Supply Airflow	439 L/s	Vent Air	0,51 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	cati5	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati5
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) June 20:00	5,42	5,88	6) June 18:00	5,14	5,60
2) July 20:00	5,41	5,86	7) July 17:00	5,01	5,46
3) July 19:00	5,31	5,75	8) June 17:00	4,97	5,43
4) June 19:00	5,28	5,74	9) August 20:00	4,89	5,33
5) July 18:00	5,18	5,63	10) August 19:00	4,87	5,32

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Design Airflow</i>		<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Design Flow</i>	
	<i>Sensible (W)</i>	<i>Rate (L/s)</i>		<i>Load (W)</i>	<i>Rate (L/s)</i>
c1203	5.286	439	June 20:00	10.043	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	June 20:00
Db/Wb Temp	28,6/ 22,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	5 sqm	84	-	-
Wall Transmission	9 sqm	4.059	-	9.720
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	5 sqm	40	-	209
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	19 sqm	190	-	114
Lighting	20,00 W/sqm	803	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	110	70	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Fulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/00 %	0	0	0
Total Zone Loads		5.286	70	10.043
Ventilation Load	24 L/s	132	392	693
Supply Fan Load	439 L/s	0	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		5.419	462	10.736

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	9	4.059	-	9.720
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	5	40	84	209
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati6
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: 1204

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	32.042 W	Load Occurs	July 15:00
Sensible Coil Load	30.551 W	Outdoor Db/Wb	32,8/23,9 C
Total Zone Sensible	29.788 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,3/17,6 C
Supply Air (Actual)	2.476 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	2.468 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	72 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52, %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	32,04 kW
Floor Area	134 sqm	Sensible Coil Load	30,55 kW
Overall U-Value	25,336 W/sqm/K	sqm/kW	4,18
Vent Air	0,54 L/s/sqm	Cooling	239,12 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	18,48 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	41.552 W	Heating	310,09 W/sqm
Ventilation Load	2.079 W	Heating	18,48 L/s/sqm
Total Zone Load	39.473 W	Floor Area	134 sqm
Ventilation Airflow	72 L/s	Overall U-Value	25,336
Supply Airflow	2.476 L/s	Vent Air	0,54 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	cati6	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type		Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati6
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) July 15:00	30,55	32,04	6) August 15:00	29,87	31,36
2) July 14:00	30,32	31,81	7) June 16:00	29,73	31,27
3) July 16:00	30,27	31,76	8) July 17:00	29,71	31,20
4) June 15:00	30,08	31,62	9) August 16:00	29,71	31,20
5) June 14:00	29,95	31,49	10) August 14:00	29,41	30,90

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Design Airflow</i>		<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Design Flow</i>	
	<i>Sensible (W)</i>	<i>Rate (L/s)</i>		<i>Load (W)</i>	<i>Rate (L/s)</i>
1204	29.788	2.476	July 15:00	39.473	-

TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	July 15:00
Db/Wb Temp	32,8/ 23,9 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	30 sqm	1.228	-	-
Wall Transmission	36 sqm	25.250	-	38.880
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	30 sqm	386	-	1.253
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	30 sqm	479	-	-660
Lighting	20,00 W/sqm	2.125	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	6 People	320	360	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		29.788	360	39.473
Ventilation Load	72 L/s	761	1.131	2.079
Supply Fan Load	2.476 L/s	2	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		30.551	1.492	41.552

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	12	6.859	-	12.960
E	12	9.267	-	12.960
SE	12	9.124	-	12.960
S	0	0	-	0
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	10	129	330	418
E	10	129	460	418
SE	10	129	438	418
S	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: catil
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: c1206

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	17.803 W	Load Occurs	September 17:00
Sensible Coil Load	16.136 W	Outdoor Db/Wb	30,9/23,1 C
Total Zone Sensible	15.339 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,5/17,9 C
Supply Air (Actual)	1.275 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	1.270 L/s	Apparatus Dewpoint	13,45 C
Ventilation Air	96 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,2 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	17,80 kW
Floor Area	52 sqm	Sensible Coil Load	16,14 kW
Overall U-Value	30,580 W/sqm/K	sqm/kW	2,92
Vent Air	1,85 L/s/sqm	Cooling	342,38 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	24,52 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	18.634 W	Heating	358,35 W/sqm
Ventilation Load	2.772 W	Heating	24,52 L/s/sqm
Total Zone Load	15.862 W	Floor Area	52 sqm
Ventilation Airflow	96 L/s	Overall U-Value	30,580
Supply Airflow	1.275 L/s	Vent Air	1,85 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	catil	THERMOSTAT SETPOINT:	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	9 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Stafic Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cat1
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) September 17:00	16,14	17,80	6) September 15:00	14,06	15,72
2) October 17:00	16,08	17,54	7) August 16:00	13,64	15,42
3) September 16:00	15,34	17,00	8) October 15:00	13,75	15,20
4) October 16:00	15,20	16,66	9) August 15:00	12,58	14,35
5) August 17:00	14,31	16,09	10) July 17:00	12,51	14,28

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
c1206	15.545	1.292	October 17:00	15.862	-



TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	September 17:00
Db/Wb Temp	30,9/ 23,1 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	7 sqm	399	-	-
Wall Transmission	14 sqm	12.891	-	15.120
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	7 sqm	72	-	292
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	75 sqm	749	-	450
Lighting	20,00 W/sqm	826	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	8 People	401	282	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0,00 %	0	0	0
Total Zone Loads		15.339	282	15.862
Ventilation Load	96 L/s	796	1.387	2.772
Supply Fan Load	1.275 L/s	1	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		16.136	1.668	18.634

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	14	12.891	-	15.120
SW	0	0	-	0
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	7	72	399	292
SW	0	0	0	0
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati2
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 1

Zone Names: c1207

TABLE 1. SIZING DATA (COOLING)

Total Coil Load	7.240 W	Load Occurs	September 19:00
Sensible Coil Load	6.774 W	Outdoor Db/Wb	29,0/22,6 C
Total Zone Sensible	6.628 W	Coil Conditions:	
Supply Temperature	14,0 C	Entering Db/Wb	24,2/17,7 C
Supply Air (Actual)	551 L/s	Leaving Db/Wb	14,0/13,7 C
Supply Air (Standard)	549 L/s	Apparatus Dewpoint	13,46 C
Ventilation Air	24 L/s	Bypass Factor	0,050
Direct Exhaust Air	0 L/s	Resulting Zone RH	52,2 %
Reheat Required	0 W		
		Total Coil Load	7,24 kW
Floor Area	33 sqm	Sensible Coil Load	6,77 kW
Overall U-Value	19,814 W/sqm/K	sqm/kW	4,56
Vent Air	0,73 L/s/sqm	Cooling	219,40 W/sqm
Vent Air	12,00 L/s/Person	Cooling	16,69 L/s/sqm

TABLE 2. SIZING DATA (HEATING)

Heating Coil Load	7.351 W	Heating	222,75 W/sqm
Ventilation Load	693 W	Heating	16,69 L/s/sqm
Total Zone Load	6.658 W	Floor Area	33 sqm
Ventilation Airflow	24 L/s	Overall U-Value	19,814
Supply Airflow	551 L/s	Vent Air	0,73 L/s/sqm
		Vent Air	12,00 L/s/Person

TABLE 3. INPUT DATA (WEATHER)

Location	Istanbul, Turkey		
Data Source	User Defined	Summer Dry-Bulb	32,8 C
Latitude	41,0 Degree	Coincident Wet-Bulb	23,9 C
Elevation	28,0 m	Daily Range	7,8 K
Atmospheric Clearness #	1,00	Winter Dry-Bulb	-3,3 C

TABLE 4. INPUT (HVAC SYSTEM)

System Name	cati2	THERMOSTAT SETPOINT	
System Type	Clg and Warm Air Ht	Cooling (Occ.)	24,0 C
System Start	9:00	Cooling (Unocc.)	24,0 C
Duration	12 hrs	Heating	21,0 C
SIZING SPECIFICATIONS		RETURN AIR PLENUM	No
Supply	14,0 C	FAN	
Ventilation	12,00 L/s	Configuration	Blow-Thru
Exhaust	0,00 L/s	Static Pressure	0,4 Pa.
FACTORS			
Coil Bypass	0,050		
Safety (Sens)	0 %		
Safety (Latent)	0 %		
Heating Safety	0 %		

SYSTEM SIZING SUMMARY

System: cati2
 Location: Istanbul, Turkey
 Prepared by: Blue

Block Load 3.00
 January 04, 2004
 Page: 2

TABLE 5. TOP TEN COOLING COIL LOADS

<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>	<i>Time</i>	<i>Sensible kW</i>	<i>Total kW</i>
1) September 19:00	6,77	7,24	6) August 18:00	6,35	6,85
2) August 20:00	6,69	7,18	7) July 20:00	6,32	6,81
3) September 20:00	6,68	7,15	8) July 19:00	6,22	6,71
4) August 19:00	6,64	7,14	9) October 19:00	6,18	6,59
5) September 18:00	6,48	6,95	10) June 20:00	6,03	6,54

TABLE 6. ZONE SIZING DATA

<i>Zone Name</i>	<i>Max. Cooling Sensible (W)</i>	<i>Design Airflow Rate (L/s)</i>	<i>Design Time</i>	<i>Max. Heating Load (W)</i>	<i>Design Flow Rate (L/s)</i>
c1207	6.628	551	September 19:00	6.658	-



TABLE 1. CALCULATION INFORMATION

Design Load:	September 19:00
Db/Wb Temp	29,0/ 22,6 C
Winter Design Temp	-3,3 C

TABLE 2. LOAD COMPONENT SUMMARY

Load Component	Details	Design Cooling Sensible (W)	Loads Latent (W)	Design Heating (W)
Solar Loads	10 sqm	500	-	-
Wall Transmission	4 sqm	5.373	-	6.240
Roof Transmission	0 sqm	0	-	0
Glass Transmission	10 sqm	83	-	418
Skylight Transmission	0 sqm	0	-	0
Partitions	0 sqm	0	-	0
Lighting	20,00 W/sqm	557	-	-
Other Electric	0,00 W/sqm	0	-	-
People	2 People	116	120	-
Infiltration		0	0	0
Miscellaneous		0	0	-
Slab	0 sqm	-	-	0
Pulldown/Warm-Up		0	-	-
Safety Factor	0/0/0 %	0	0	0
Total Zone Loads		6.628	120	6.658
Ventilation Load	24 L/s	145	346	693
Supply Fan Load	551 L/s	0	-	-
Plenum Load thru Wall	0 %	0	-	-
Plenum Load thru Roof	0 %	0	-	-
Plenum Load - Lights	0 %	0	-	-
Reheat Load		0	-	-
Total Coil Loads		6.774	467	7.351

TABLE 3. WALL AND GLASS BREAKDOWN

Component	Total Net Area (sqm)	Cooling Transmission (W)	Cooling Solar Load (W)	Heating Transmission (W)
Walls : NE	0	0	-	0
E	0	0	-	0
SE	0	0	-	0
S	0	0	-	0
SW	4	5.373	-	6.240
W	0	0	-	0
NW	0	0	-	0
N	0	0	-	0
Glass : NE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SW	10	83	500	418
W	0	0	0	0
NW	0	0	0	0
N	0	0	0	0
Hor	0	0	0	0



Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location 1102

Unit Model Description		Entering Air			Equipment Performance										Elect and Physical Data											
Qty	Model	Voltage	Fan Speed Sheave/ RPM/ Turns	Cooling Htg	EAT	EAT	DB	DB	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	Unit	Unit	Max	Water			
				EAT	EAT	WB	DB	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	FLA	CA	Fuse	Conn			
1	GRH042-5022	360-420/50/3	MED	24.1	17.6	20.0																				
				Water Flow	ESP	Air Flow	Max PD	Tot Cig	Sens Cig	Cig kW	Ht of Rel	Cig kW	EER	LAT DB	LAT WB	Cig LWT	Htg Cap	Htg kW	Ht of Abs	COP	LAT DB	Htg LWT	Amp	Amp		
				l/s	Pa	l/s	Pa	kW	kW	kW	Pa	kW	W/W	degC	degC	degC	kW	kW	degC	degC	degC	degC	6.0	7.1	15	1

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location 1103

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance										Elect and Physical Data														
Qty	Model	Voltage	Fan Speed Sheave/ RPM/ Turns	Cooling Htg		Water Flow	ESP	Air Flow	Max PD	Tot Cig	Sens Cig	Cig kW	Ht of Cig	Rej EER	Cig W/W	degC	LAT DB	LAT WB	LAT degC	Htg Cap	Htg kW	Ht of Abs	COP	Htg DB	LAT degC	Htg LWT	Unit FLA	Unit CA	Max Fuse	Water Conn
1	GRV024-5022	220-240/50/1	MED	24.3	17.8	20.0	86	306.8	25.0	5.4	4.0	1.62	7.1	3.36	13.6	12.5	35.9	6.8	1.62	5.2	4.20	38.4	15.6	10.4	12.6	20	3/4			

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.

Global System Information

Clg EWT 30.0 degC Min EER 2.93 WW AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location 1105

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance												Elect and Physical Data								
Qty	Model	Voltage	Fan Speed	Shear/ RPM/ Turns	Water Flow	ESP Pa	Air Flow	Max PD	Cooling		Heating		Cooling		Heating		Unit FLA	Max Fuse	Water Conn							
					l/s	Pa	l/s	Pa	Tot Clg kW	Sens Clg kW	Ht of Ref kW	Cig kW	EER	LAT DB degC	LAT WB degC	Cig LWT degC	Htg COP kW	Htg Abs kW	Htg of Htg kW	LAT DB degC	LAT WB degC	Cig LWT degC	Amp	Amp	Amp	cm
1	GRV036-5022	220-240/50/1	MED		0.429	73	437.07	13.0	8.0	6.0	2.29	10.3	3.50	12.9	12.0	35.7	10.3	2.46	7.9	4.19	39.6	15.6	17.2	20.8	35	3/4

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.

Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 WW AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location 1106

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance										Elect and Physical Data														
Qty	Model	Voltage	Fan Speed	Sheave/ RPM/ Turns	EAT	EAT	EAT	DB	WB	DB	Cooling		Heating				Unit	Max	Water											
					degC	degC	degC	degC	degC	degC	Tot Cig	Sens Cig	Clg KW	Ht of Clg	Rej EER	LAT DB	LAT WB	LWT	Htg Cap	Htg KW	Ht of Abs	COP	DB	LAT	Htg LWT	FLA	CA	Fuse	Amp	cm
1	GRV060-502Z	380-420/50/3	MED		24.2	17.5	20.0	20.0	20.0	20.0	14.2	10.7	4.00	4.00	18.2	3.56	13.0	12.0	36.1	17.4	3.81	13.6	4.57	38.3	15.4	9.9	11.8	15	1	

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



Global System Information

Clg EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location 1110

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance												Elect and Physical Data											
Qty	Model	Voltage	Sheave/ RPM/ Turns	Fan Speed	EAT DB degC	EAT WB degC	EAT DB degC	Htg degC	Water Flow l/s	ESP Pa	Air Flow l/s	Max PD Pa	Tot Clg kW	Sens Clg kW	Cig kW	Ht of Rej kW	EER	LAT DB degC	LAT WB degC	Cig LWT	Htg Cap kW	Htg kW	Ht of Abs kW	COP	LAT DB degC	Htg LWT	Unit UnitM FLA CA	Max Fuse Amp	Water Conn
1	GRV042-502	380-420/50/3	MED		24.3	17.6	20.0	0.498	54	530.06	17.2	9.5	7.1	2.71	12.2	3.52	13.2	12.1	35.9	12.0	2.71	9.2	4.42	38.7	15.6	6.0	7.1	15	1

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



CLIMATEMASTER
www.climatemaster.com

Global System Information

Clg EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location 1111

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance										Elect and Physical Data																
Qty	Model	Voltage	Fan Speed	Sheave/ RPM/ Turns	Water Flow	ESP Pa	Air Flow	Max PD Pa	Tot Clg kW	Sens Clg kW	Clg kW	Ht of Rej kW	EER	Clg W/W	degC	LAT DB	LAT WB	Clg LWT	Htg Cap kW	Htg Abs kW	Ht of COP	LAT DB	LAT WB	Htg LWT	Unit FLA	Unit CA	Max Fuse	Water Conn	Amp	Amp	Amp	cm
1	GRH036-5022	220-240/50/1	MED		0.429	73	437.07	13.0	8.0	6.0	2.29	10.3	3.50	12.9	12.0	35.7	10.3	2.46	7.9	4.19	39.6	15.6	17.2	20.8	35	3/4						

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.

Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 WW Antifreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m Antifreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location C1201

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance												Elect and Physical Data																		
Qty	Model	Voltage	Fan Speed Sheave/ RPM/ Turns	Water Flow l/s	ESP Pa	Air Flow l/s	Max PD Pa	Tot Cig kW	Sens Cig kW	Cooling	Cooling				Heating				Unit	Max	Water															
											EAT	EAT	DB	WB	DB	EER	DB	LAT	WB	LMT	Cig	LMT	Htg	Cap	Htg	Abs	COP	DB	LAT	Htg	FLA	CA	Fuse	Amp	cm	
1	GRH060-5022	380-420/50/3	HI	0.713	78	790.13	50.9	15.2	11.2	4.01	19.2	3.78	14.3	13.5	36.4	17.4	3.81	13.6	4.57	36.3	15.4	9.9	11.8	15	1											

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.

Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript

Location C1202

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance												Elect and Physical Data												
Qty	Model	Voltage	Fan Speed Sheave/ RPM/ Turns	EAT DB	EAT WB	EAT DB	EAT WB	degC	degC	Water Flow l/s	ESP Pa	Air Flow l/s	Max PD Pa	Tot Cig kW	Sens Cig kW	Cig kW	Ht of Rej kW	Cig EER	LAT DB	LAT WB	Cig LWT	Htg Cap kW	Htg Abs COP	Htg DB	LAT DB	Htg LMT	Unit Unit#	Max Fuse	Water Conn	
1	GRV060-5022	380-420/50/3	MED	24.3	17.7	20.0	20.0	degC	0.713	38	790.13	50.9	14.4	10.6	4.00	18.4	3.59	13.2	12.2	36.2	17.4	3.81	13.6	4.57	38.3	15.4	9.9	11.8	15	1

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W Antifreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript Location C1204- 4CIHAZ

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance												Elect and Physical Data								
Qty	Model	Voltage	Fan Speed	Sheave/RPM/Turns	Cooling Htg				Cooling				Heating				Physical Data									
			EAT	EAT	EAT	DB	WB	DE	Tot Cig	Sens Cig	Cig kW	Ht of Cig	Rej EER	Cig W/W	Htg Cap	Htg kW	Ht of Abs	COP	DB	LAT	Htg LWT	Unit	Unit	Max	Water	
			degC	degC	degC	degC	degC	degC	kW	kW	kW	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	FLA	CA	Fusa	Conn	cm
1	GRH036-5022	220-240/50/1	24.3	17.6	20.0	8.0	5.9	2.29	10.3	3.51	12.9	12.1	35.8	10.3	2.45	7.9	4.19	39.6	15.6	17.2	20.8	35	3/4			

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



CLIMATEMASTER®

www.climatemaster.com

Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W AntiFreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m AntiFreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / Descript Location C1206

Unit Model Description		Entering Air				Equipment Performance										Elect and Physical Data																
Qty	Mod-Id	Voltage	Fan Speed Sheave/ RPM/ Turns	Water Flow l/s	ESP Pa	Air Flow l/s	Max PD Pa	Tot Cig kW	Sens Cig kW	Cig kW	Ht of Cig kW	Rej kW	EER	DB degC	LAT degC	WB degC	LWT degC	Cig degC	Htg Cap kW	Htg kW	Ht of Htg kW	COP	DB degC	LAT degC	Htg LWT degC	Unit UnitM	Max Water	FLA CA	Fuse Conn	Amp	Amp	cm
1	GRH060-5022	380-420/50/3	MED	0.713	38	790.13	50.9	15.2	11.2	4.01	19.2	3.78	14.3	13.5	36.4	17.4	3.81	13.6	4.57	38.3	15.4	9.9	11.8	15	1							

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



Global System Information

Cig EWT 30.0 degC Min EER 2.93 W/W Antifreeze Type: Water
 Htg EWT 20.0 degC Altitude: 0 m Antifreeze Percent: 0 % by Vol

Tag # / I/Descriptor Location C1207

Unit Model Description		Entering Air										Equipment Performance										Effect and Physical Data										
Qty	Model	Voltage	Fan Speed Sheave/ RPM/ Turns	Cooling					Heating					Cooling					Heating					Unit	Max	Water						
				EAT	EAT	DB	WB	DB	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	degC	FLA	CA	Fuse	Amp	Amp	cm
1	GRH036-5022	220-240/50/1	MED	24.2	17.7	20.0	0.429	73	437.07	13.0	8.0	5.9	2.29	10.3	3.51	12.9	12.1	35.8	10.3	2.46	7.9	4.19	39.6	15.6	17.2	20.8	35	3/4				

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result the design and specification of each product at the time of order maybe changed without notice and may not be as described herein. The user assumes all responsibility.



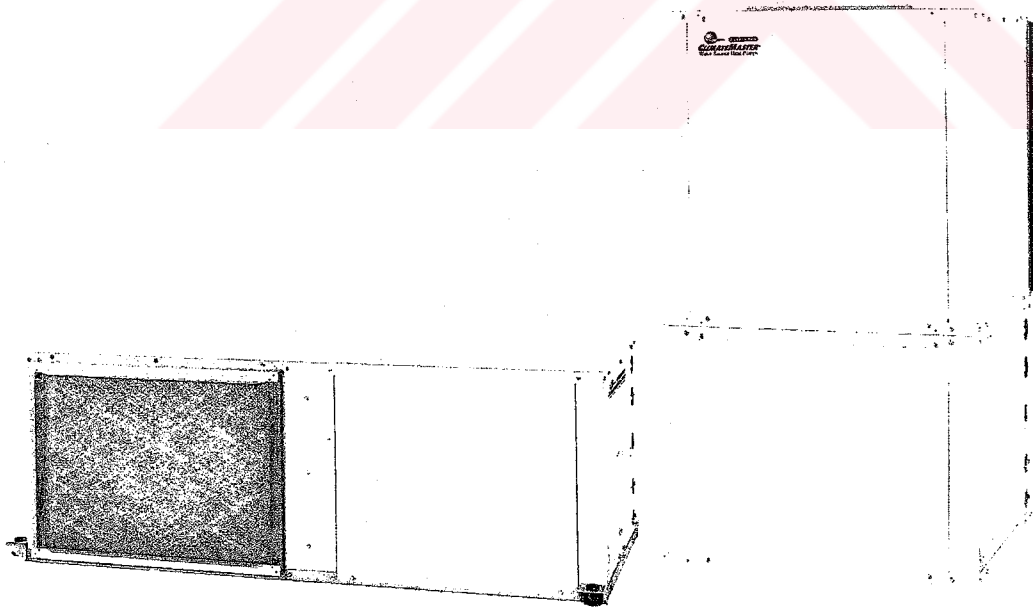
GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

SERIES:	GR - R22
HZ:	50
UNIT OF MEAS:	SI
LANGUAGE:	ENGLISH

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Genesis - GR Series Submittal Data Models 006 thru 060 50Hz - R22 English Language/SI Units

RELEASE: 04/16/02



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-805-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Data is presented in accordance with, but not certified by ARI/ISO/ASHRAE 13256-1

ARI/ASHRAE/ISO 13256-1
Metric (SI) Units

Model	Liquid Flow (l/s)	Air Flow (l/s)	Water Loop Heat Pump				Ground Water Heat Pump				Ground Loop Heat Pump			
			Cooling 30°C EWT		Heating 20°C EWT		Cooling 15°C EWT		Heating 10°C EWT		Cooling 25°C EWT		Heating 0°C EWT	
			Capacity Watts	EER (W/W)	Capacity Watts	COP (W/W)	Capacity Watts	EER (W/W)	Capacity Watts	COP (W/W)	Capacity Watts	EER (W/W)	Capacity Watts	COP (W/W)
GRH006	0.071	81	1,578	3.4	1,851	4.0	1,754	5.4	1,596	3.6	1,630	4.0	1,373	3.3
GRV/H009	0.107	113	1,992	3.2	2,492	4.0	2,373	5.1	2,028	3.5	2,109	3.7	1,670	3.1
GRV/H012	0.145	140	2,995	3.4	3,599	3.8	3,376	4.6	2,896	3.3	3,142	3.7	2,321	2.8
GRV/H015	0.164	212	3,701	3.7	4,241	4.5	4,141	5.3	3,538	4.0	3,848	4.2	2,939	3.5
GRV/H018	0.215	264	4,832	3.6	5,983	4.4	5,887	5.4	4,781	4.0	5,154	4.1	3,689	3.5
GRV/H024	0.284	307	5,792	3.6	6,752	4.1	6,759	5.3	5,111	3.6	6,144	4.1	3,770	3.2
GRV/H030	0.347	349	7,226	4.0	8,102	4.5	7,944	5.6	6,519	4.0	7,461	4.4	5,263	3.7
GRV/H036	0.428	437	8,626	3.9	10,190	4.3	9,740	5.3	8,109	3.9	9,066	4.3	6,340	3.5
GRV/H042	0.498	530	10,267	3.9	11,802	4.5	11,967	5.7	9,839	4.2	10,882	4.5	7,864	3.8
GRV/H048	0.568	630	12,119	3.9	14,580	4.4	13,819	5.5	11,503	4.0	12,588	4.3	9,189	3.6
GRV/H060	0.713	790	15,392	3.9	17,228	4.6	16,770	5.1	14,238	4.0	15,891	4.3	11,700	3.5

Cooling capacities based upon 27°C DB, 19°C WB entering air temperature
Heating capacities based upon 20°C DB, 15°C WB entering air temperature
All air flow is rated on high speed
All ratings based upon operation at lower voltage of dual voltage rated models

Rev.: 04/09/02 B

ARI/ASHRAE/ISO 13256-1
English (IP) Units

Model	Liquid Flow (gpm)	Air Flow (cfm)	Water Loop Heat Pump				Ground Water Heat Pump				Ground Loop Heat Pump			
			Cooling 86°F EWT		Heating 68°F EWT		Cooling 59°F EWT		Heating 50°F EWT		Cooling 77°F EWT		Heating 32°F EWT	
			Capacity Btuh	EER Btuh/W	Capacity Btuh	COP	Capacity Btuh	EER Btuh/W	Capacity Btuh	COP	Capacity Btuh	EER Btuh/W	Capacity Btuh	COP
GRH006	1.1	172	5,383	11.7	6,317	4.0	5,983	18.4	5,447	3.6	5,563	13.5	4,683	3.3
GRV/H009	1.7	240	6,797	11.1	8,503	4.0	8,097	17.2	6,903	3.5	7,197	12.7	5,697	3.1
GRV/H012	2.3	297	10,220	11.4	12,280	3.8	11,520	15.8	9,880	3.3	10,720	12.7	7,920	2.8
GRV/H015	2.6	449	12,629	12.6	14,471	4.5	14,129	18.1	12,071	4.0	13,129	14.2	10,029	3.5
GRV/H018	3.4	559	16,486	12.2	20,414	4.4	20,066	18.4	16,314	4.0	17,586	13.9	12,586	3.5
GRV/H024	4.5	650	19,762	12.2	23,038	4.1	23,062	18.2	17,438	3.6	20,962	14.0	12,862	3.2
GRV/H030	5.5	739	24,656	13.5	27,644	4.5	27,106	19.1	22,244	4.0	25,456	15.1	17,956	3.7
GRV/H036	6.8	926	29,432	13.3	34,768	4.3	33,232	18.2	27,668	3.9	30,932	14.8	21,632	3.5
GRV/H042	7.9	1123	35,031	13.4	40,269	4.5	40,831	19.6	33,569	4.2	37,131	15.3	26,831	3.8
GRV/H048	9.0	1335	41,351	13.3	49,749	4.4	47,151	18.7	39,249	4.0	42,951	14.8	31,351	3.6
GRV/H060	11.3	1674	52,519	13.3	58,781	4.6	57,219	17.5	48,581	4.0	54,219	14.7	39,919	3.5

Cooling capacities based upon 80.6°F DB, 66.2°F WB entering air temperature
Heating capacities based upon 68°F DB, 59°F WB entering air temperature
All air flow is rated on high speed
All ratings based upon operation at lower voltage of dual voltage rated models

Rev.: 04/09/02 B

cfm*0.472 = l/s
gpm*0.0631 = l/s
in wg*2.49 = pascals
ft of hd *2.990 = pascals



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-406-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

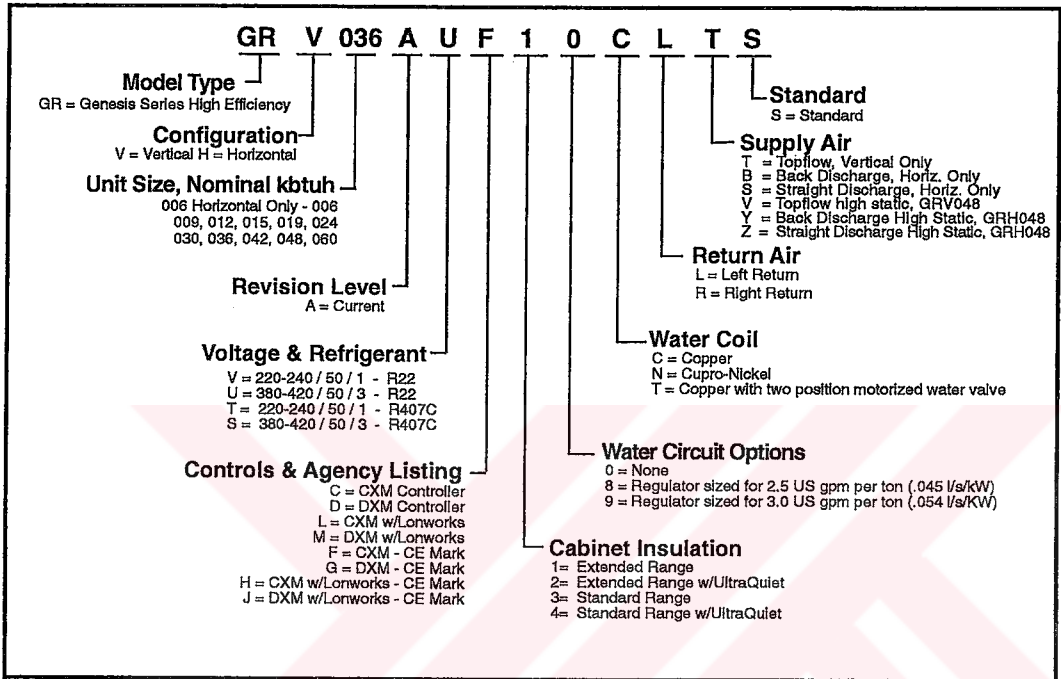
Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-800-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page ____ of ____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

81 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.047	6.0											
	0.071	8.7											
	0.095	14.4							1.3	0.39	0.9	33.2	3.27
0	0.047	6.0	1.9	1.3	0.70	0.20	2.1	9.4	1.3	0.43	0.9	33.5	3.10
	0.071	8.4	1.9	1.3	0.69	0.19	2.1	10.1	1.3	0.42	0.9	33.8	3.24
	0.095	14.1	2.0	1.3	0.68	0.18	2.2	11.0	1.4	0.41	1.0	34.4	3.47
5	0.047	5.7	1.8	1.3	0.70	0.24	2.1	7.4	1.5	0.44	1.0	35.0	3.33
	0.071	8.1	1.8	1.3	0.70	0.23	2.1	7.9	1.5	0.43	1.1	35.3	3.48
	0.095	13.5	1.9	1.3	0.70	0.22	2.1	8.4	1.6	0.42	1.1	35.9	3.71
10	0.047	5.4	1.8	1.2	0.70	0.29	2.0	6.0	1.6	0.46	1.1	35.9	3.43
	0.071	7.8	1.8	1.3	0.70	0.28	2.1	6.4	1.6	0.45	1.2	36.5	3.64
	0.095	13.2	1.8	1.3	0.70	0.27	2.1	6.8	1.7	0.43	1.3	37.2	3.94
15	0.047	5.4	1.7	1.2	0.71	0.34	2.0	5.0	1.7	0.46	1.2	37.3	3.65
	0.071	7.5	1.7	1.2	0.71	0.32	2.1	5.3	1.8	0.45	1.3	37.9	3.86
	0.095	12.6	1.8	1.2	0.70	0.31	2.1	5.6	1.8	0.44	1.4	38.5	4.08
20	0.047	5.1	1.6	1.2	0.73	0.39	2.0	4.2	1.8	0.47	1.3	38.5	3.86
	0.071	7.2	1.7	1.2	0.70	0.37	2.0	4.5	1.9	0.46	1.4	39.1	4.07
	0.095	12.0	1.7	1.2	0.71	0.35	2.0	4.9	1.9	0.45	1.5	39.7	4.29
25	0.047	4.8	1.6	1.1	0.72	0.43	2.0	3.6	1.9	0.49	1.4	39.7	3.96
	0.071	6.9	1.6	1.1	0.71	0.41	2.0	3.9	2.0	0.48	1.5	40.3	4.17
	0.095	11.7	1.6	1.2	0.72	0.39	2.0	4.1	2.1	0.46	1.6	40.9	4.45
30	0.047	4.8	1.5	1.1	0.71	0.48	2.0	3.1	2.1	0.50	1.6	41.1	4.11
	0.071	6.9	1.6	1.1	0.70	0.46	2.0	3.4	2.1	0.49	1.6	41.8	4.36
	0.095	11.7	1.6	1.1	0.71	0.44	2.0	3.5	2.2	0.48	1.7	42.4	4.59
35	0.047	4.5	1.4	1.1	0.73	0.52	2.0	2.8	Operation Not Recommended				
	0.071	6.4	1.5	1.1	0.74	0.50	2.0	2.9					
	0.095	11.2	1.5	1.1	0.73	0.48	2.0	3.1					
40	0.047	4.3	1.4	1.0	0.74	0.57	1.9	2.4					
	0.071	6.1	1.4	1.0	0.73	0.55	2.0	2.6					
	0.095	10.8	1.4	1.1	0.73	0.53	2.0	2.7					
45	0.047	4.1	1.3	1.0	0.76	0.60	1.9	2.2					
	0.071	5.9	1.4	1.0	0.73	0.59	1.9	2.3					
	0.095	10.5	1.4	1.0	0.74	0.57	1.9	2.4					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

113 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.071	8.3							1.5	0.52	1.0	30.9	2.84
	0.107	12.4											
	0.139	24.5											
0	0.071	8.1	2.7	1.9	0.70	0.34	3.0	7.9	1.6	0.52	1.0	31.4	2.99
	0.107	12.0	2.8	1.9	0.70	0.32	3.1	8.5	1.6	0.53	1.1	32.0	3.09
	0.139	23.9	2.8	2.0	0.70	0.31	3.1	9.0	1.7	0.55	1.2	32.4	3.10
5	0.071	7.8	2.5	1.8	0.72	0.39	2.9	6.6	1.8	0.54	1.2	32.9	3.28
	0.107	11.7	2.6	1.9	0.72	0.37	3.0	7.0	1.8	0.56	1.3	33.5	3.32
	0.139	23.3	2.7	1.9	0.71	0.35	3.0	7.5	1.9	0.57	1.4	34.2	3.43
10	0.071	7.5	2.4	1.8	0.73	0.44	2.9	5.5	2.0	0.55	1.4	34.4	3.56
	0.107	11.1	2.5	1.8	0.73	0.42	2.9	5.9	2.1	0.57	1.5	35.0	3.59
	0.139	22.4	2.5	1.8	0.72	0.40	3.0	6.4	2.2	0.58	1.6	35.9	3.73
15	0.071	7.2	2.3	1.6	0.72	0.48	2.8	4.7	2.2	0.58	1.6	36.1	3.76
	0.107	10.8	2.3	1.8	0.75	0.46	2.8	5.1	2.3	0.59	1.7	36.7	3.87
	0.139	21.5	2.4	1.8	0.74	0.44	2.8	5.4	2.4	0.61	1.8	37.6	3.92
20	0.071	6.9	2.2	1.7	0.77	0.54	2.7	4.0	2.4	0.60	1.8	37.6	4.01
	0.107	10.5	2.2	1.7	0.76	0.52	2.7	4.3	2.5	0.61	1.9	38.4	4.13
	0.139	20.9	2.3	1.7	0.76	0.49	2.8	4.7	2.6	0.63	2.0	39.3	4.17
25	0.071	6.6	2.1	1.6	0.79	0.58	2.6	3.5	2.6	0.62	2.0	38.9	4.19
	0.107	10.2	2.1	1.6	0.79	0.56	2.6	3.7	2.7	0.63	2.1	39.9	4.31
	0.139	20.3	2.1	1.7	0.78	0.53	2.7	4.0	2.9	0.65	2.2	41.0	4.43
30	0.071	6.6	1.9	1.6	0.82	0.63	2.5	3.0	2.8	0.64	2.2	40.4	4.39
	0.107	9.9	2.0	1.6	0.81	0.61	2.6	3.2	2.9	0.66	2.3	41.5	4.49
	0.139	20.0	2.0	1.6	0.81	0.58	2.6	3.4	3.1	0.68	2.4	42.5	4.57
35	0.071	6.1	1.8	1.5	0.85	0.68	2.5	2.6	Operation Not Recommended				
	0.107	9.5	1.8	1.6	0.85	0.66	2.5	2.8					
	0.139	18.9	1.9	1.6	0.84	0.63	2.5	3.0					
40	0.071	5.8	1.7	1.5	0.88	0.73	2.4	2.3					
	0.107	9.2	1.7	1.5	0.88	0.71	2.4	2.4					
	0.139	18.3	1.8	1.5	0.87	0.68	2.4	2.6					
45	0.071	5.6	1.5	1.4	0.92	0.78	2.3	2.0					
	0.107	8.9	1.6	1.4	0.92	0.75	2.3	2.1					
	0.139	17.6	1.6	1.5	0.91	0.72	2.3	2.2					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-408-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

140 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.095	19.7											
	0.145	42.5											
	0.189	68.2							2.1	0.70	1.3	32.1	2.92
0	0.095	19.1	3.6	2.7	0.75	0.48	4.1	7.5	2.2	0.71	1.5	32.8	3.05
	0.145	41.3	3.7	2.8	0.75	0.46	4.1	8.1	2.3	0.72	1.6	33.5	3.16
	0.189	66.1	3.8	2.8	0.74	0.44	4.2	8.6	2.4	0.74	1.7	34.2	3.25
5	0.095	18.5	3.5	2.6	0.76	0.54	4.0	6.5	2.5	0.74	1.8	34.7	3.37
	0.145	40.1	3.6	2.7	0.75	0.52	4.1	6.8	2.6	0.76	1.9	35.4	3.44
	0.189	64.0	3.7	2.8	0.76	0.50	4.2	7.4	2.8	0.78	2.0	36.3	3.54
10	0.095	17.9	3.4	2.6	0.76	0.61	4.0	5.6	2.8	0.77	2.0	36.5	3.63
	0.145	38.9	3.5	2.7	0.76	0.58	4.1	6.0	2.9	0.79	2.1	37.3	3.72
	0.189	61.9	3.5	2.7	0.77	0.56	4.1	6.3	3.1	0.81	2.3	38.5	3.85
15	0.095	17.3	3.3	2.5	0.77	0.66	3.9	5.0	3.1	0.80	2.3	38.4	3.90
	0.145	37.7	3.3	2.6	0.77	0.64	4.0	5.2	3.3	0.83	2.5	39.4	3.98
	0.189	59.8	3.4	2.6	0.77	0.61	4.0	5.6	3.5	0.85	2.6	40.4	4.09
20	0.095	16.7	3.2	2.5	0.79	0.72	3.9	4.4	3.5	0.84	2.6	40.4	4.11
	0.145	36.2	3.2	2.5	0.78	0.70	3.9	4.6	3.6	0.86	2.8	41.5	4.25
	0.189	57.7	3.3	2.6	0.78	0.67	4.0	4.9	3.8	0.88	2.9	42.5	4.32
25	0.095	16.1	3.0	2.4	0.80	0.79	3.8	3.8	3.8	0.87	2.9	42.3	4.35
	0.145	35.3	3.1	2.5	0.79	0.76	3.9	4.1	4.0	0.89	3.1	43.6	4.48
	0.189	56.2	3.2	2.5	0.80	0.73	3.9	4.4	4.2	0.92	3.2	44.6	4.52
30	0.095	16.1	2.9	2.4	0.82	0.85	3.7	3.4	4.1	0.90	3.2	44.2	4.53
	0.145	34.7	3.0	2.4	0.81	0.81	3.8	3.6	4.3	0.93	3.4	45.5	4.65
	0.189	55.0	3.0	2.5	0.81	0.77	3.8	4.0	4.5	0.95	3.6	46.7	4.74
35	0.095	15.1	2.8	2.3	0.82	0.91	3.7	3.1	Operation Not Recommended				
	0.145	33.0	2.9	2.3	0.82	0.87	3.7	3.3					
	0.189	52.5	2.9	2.4	0.81	0.83	3.8	3.5					
40	0.095	14.6	2.7	2.2	0.84	0.98	3.6	2.7					
	0.145	31.9	2.8	2.3	0.84	0.94	3.7	2.9					
	0.189	50.8	2.8	2.3	0.82	0.89	3.7	3.2					
45	0.095	14.1	2.5	2.2	0.86	1.03	3.6	2.5					
	0.145	30.9	2.6	2.2	0.85	0.99	3.6	2.6					
	0.158	49.1	2.7	2.2	0.84	0.94	3.6	2.9					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

212 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.114	17.3											
	0.164	33.8											
	0.221	57.4							2.6	0.78	1.9	30.3	3.37
0	0.114	16.7	4.5	3.4	0.76	0.56	5.0	8.0	2.7	0.78	1.9	30.7	3.51
	0.164	32.6	4.5	3.5	0.77	0.54	5.1	8.4	2.9	0.79	2.1	31.2	3.64
	0.221	55.9	4.6	3.6	0.78	0.51	5.1	9.0	3.0	0.81	2.2	31.8	3.75
5	0.114	16.1	4.3	3.3	0.77	0.64	5.0	6.8	3.1	0.81	2.3	32.0	3.81
	0.164	31.7	4.4	3.4	0.77	0.61	5.0	7.2	3.2	0.82	2.4	32.6	3.91
	0.221	53.8	4.5	3.5	0.78	0.58	5.0	7.7	3.4	0.84	2.6	33.3	4.03
10	0.114	15.5	4.2	3.2	0.77	0.71	4.9	5.9	3.4	0.84	2.6	33.4	4.06
	0.164	30.5	4.2	3.3	0.78	0.68	4.9	6.3	3.6	0.85	2.8	34.1	4.23
	0.221	52.3	4.3	3.3	0.78	0.64	4.9	6.7	3.8	0.87	2.9	34.8	4.34
15	0.114	15.0	4.0	3.1	0.76	0.78	4.8	5.2	3.8	0.87	2.9	34.7	4.33
	0.164	29.3	4.1	3.2	0.78	0.75	4.8	5.4	4.0	0.89	3.1	35.5	4.47
	0.221	50.5	4.1	3.2	0.78	0.71	4.8	5.8	4.1	0.91	3.2	36.2	4.57
20	0.114	14.7	3.9	3.0	0.76	0.86	4.8	4.5	4.1	0.90	3.2	35.9	4.52
	0.164	28.7	3.9	3.0	0.77	0.82	4.7	4.8	4.3	0.92	3.4	36.8	4.67
	0.221	48.7	4.0	3.1	0.77	0.78	4.8	5.1	4.5	0.94	3.6	37.6	4.79
25	0.114	14.4	3.7	2.8	0.76	0.94	4.7	4.0	4.4	0.93	3.5	37.3	4.75
	0.164	27.8	3.8	2.9	0.77	0.90	4.7	4.2	4.7	0.96	3.7	38.2	4.86
	0.221	47.5	3.8	3.0	0.78	0.85	4.7	4.5	4.9	0.98	3.9	39.1	5.01
30	0.114	14.1	3.6	2.7	0.76	1.03	4.6	3.5	4.8	0.96	3.8	38.7	4.96
	0.164	27.2	3.6	2.8	0.77	0.98	4.6	3.7	5.0	0.98	4.0	39.6	5.10
	0.221	46.3	3.7	2.8	0.78	0.93	4.6	4.0	5.3	1.01	4.3	40.6	5.21
35	0.114	13.4	3.4	2.6	0.75	1.11	4.5	3.1					
	0.164	26.0	3.5	2.7	0.76	1.06	4.5	3.3					
	0.221	44.5	3.5	2.7	0.78	1.01	4.5	3.5					
40	0.114	13.0	3.3	2.5	0.75	1.20	4.5	2.7					
	0.164	25.2	3.3	2.5	0.76	1.15	4.5	2.9					
	0.221	43.1	3.3	2.6	0.77	1.09	4.4	3.1					
45	0.114	12.7	3.1	2.3	0.75	1.26	4.4	2.5					
	0.164	24.4	3.2	2.4	0.76	1.21	4.4	2.6					
	0.221	41.7	3.2	2.5	0.77	1.16	4.3	2.8					

Operation Not Recommended

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-409-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

264 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	GOP W/W
-5	0.142	13.2											
	0.215	23.6											
	0.284	46.9							3.2	0.97	2.2	30.1	3.32
0	0.142	12.9	6.2	4.2	0.68	0.85	7.0	7.3	3.5	0.99	2.5	31.0	3.52
	0.215	23.0	6.4	4.3	0.67	0.82	7.2	7.8	3.6	1.02	2.6	31.4	3.57
	0.284	45.4	6.6	4.4	0.66	0.79	7.4	8.4	3.8	1.05	2.8	32.0	3.64
5	0.142	12.3	6.1	4.1	0.68	0.94	7.0	6.5	4.0	1.07	3.0	32.7	3.78
	0.215	22.4	6.3	4.2	0.67	0.91	7.2	6.9	4.2	1.11	3.1	33.3	3.83
	0.284	44.0	6.5	4.3	0.66	0.87	7.4	7.5	4.5	1.14	3.3	34.0	3.92
10	0.142	12.0	5.9	4.0	0.68	1.03	6.9	5.8	4.6	1.15	3.5	34.4	4.00
	0.215	21.5	6.1	4.1	0.67	1.00	7.1	6.2	4.8	1.19	3.6	35.2	4.07
	0.284	42.5	6.3	4.2	0.67	0.96	7.3	6.6	5.1	1.22	3.9	35.9	4.16
15	0.142	11.4	5.6	4.0	0.71	1.12	6.7	5.0	5.2	1.23	4.0	36.3	4.21
	0.215	20.9	5.8	4.0	0.69	1.08	6.9	5.4	5.5	1.27	4.2	37.1	4.29
	0.284	41.3	6.0	4.1	0.68	1.04	7.1	5.8	5.7	1.31	4.4	37.9	4.36
20	0.142	11.1	5.3	3.9	0.73	1.21	6.5	4.4	5.7	1.31	4.4	38.0	4.39
	0.215	20.3	5.5	3.9	0.72	1.17	6.7	4.7	6.0	1.35	4.7	39.0	4.47
	0.284	39.8	5.7	4.0	0.70	1.12	6.8	5.1	6.3	1.39	4.9	39.8	4.55
25	0.142	10.8	5.0	3.7	0.75	1.30	6.3	3.8	6.3	1.39	4.9	39.8	4.53
	0.215	19.7	5.1	3.8	0.74	1.26	6.4	4.1	6.6	1.43	5.2	40.8	4.64
	0.284	38.6	5.3	3.9	0.73	1.21	6.5	4.4	6.9	1.48	5.5	41.8	4.71
30	0.142	10.8	4.6	3.6	0.78	1.39	6.0	3.3	6.9	1.47	5.4	41.5	4.67
	0.215	19.1	4.8	3.6	0.76	1.34	6.1	3.6	7.2	1.51	5.7	42.6	4.77
	0.284	37.7	4.9	3.7	0.75	1.29	6.2	3.8	7.6	1.55	6.0	43.8	4.88
35	0.142	10.0	4.3	3.4	0.80	1.48	5.8	2.9	Operation Not Recommended				
	0.215	18.5	4.5	3.5	0.78	1.43	5.9	3.1					
	0.284	36.1	4.6	3.5	0.77	1.37	6.0	3.3					
40	0.142	9.7	4.0	3.3	0.80	1.57	5.6	2.6					
	0.215	17.9	4.2	3.3	0.80	1.52	5.7	2.8					
	0.284	35.0	4.3	3.4	0.78	1.46	5.8	3.0					
45	0.142	9.4	3.7	3.2	0.88	1.66	5.4	2.2					
	0.215	17.4	3.9	3.2	0.84	1.60	5.5	2.4					
	0.284	33.8	4.0	3.3	0.83	1.54	5.5	2.6					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____

10/11/15
 2/1/15
 2/1/15



CLIMATEMASTER
 PERFORMANCE DATA
 GRH/GRV 024

GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____ P.O.: _____
 Engineer: _____
 Project Name: _____ Unit Tag: _____

307 l/s Nominal Airflow

Total cooling
 sensible

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.189	14.4											
	0.284	29.6											
	0.379	49.3							3.5	1.12	2.4	29.4	3.12
0	0.189	13.8	7.5	5.2	0.70	0.95	8.5	7.9	3.6	1.15	2.5	29.7	3.13
	0.284	28.7	7.6	5.3	0.69	0.91	8.5	8.4	3.7	1.17	2.5	30.0	3.16
	0.379	47.8	7.7	5.3	0.69	0.87	8.6	8.9	3.8	1.19	2.6	30.3	3.21
5	0.189	13.2	7.2	5.2	0.73	1.11	8.3	6.5	4.2	1.25	3.0	31.4	3.37
	0.284	27.8	7.3	5.3	0.73	1.06	8.4	6.9	4.3	1.27	3.1	31.7	3.42
	0.379	46.0	7.4	5.4	0.72	1.02	8.4	7.3	4.5	1.30	3.2	32.1	3.45
10	0.189	12.6	6.9	5.1	0.74	1.22	8.1	5.6	5.0	1.37	3.7	33.6	3.67
	0.284	26.9	7.0	5.2	0.74	1.17	8.1	6.0	5.2	1.40	3.8	34.0	3.72
	0.379	44.9	7.1	5.2	0.73	1.12	8.2	6.3	5.3	1.43	3.9	34.4	3.74
15	0.189	12.3	6.6	4.9	0.75	1.32	7.9	5.0	5.9	1.49	4.4	35.9	3.95
	0.284	25.7	6.7	5.0	0.74	1.26	7.9	5.3	6.1	1.52	4.5	36.4	3.98
	0.379	43.4	6.8	5.0	0.74	1.20	8.0	5.6	6.2	1.55	4.7	36.9	4.02
20	0.189	11.7	6.3	4.7	0.75	1.42	7.7	4.4	6.6	1.59	5.0	37.9	4.17
	0.284	25.1	6.4	4.7	0.74	1.36	7.7	4.7	6.8	1.62	5.2	38.4	4.20
	0.379	41.9	6.5	4.8	0.74	1.30	7.8	5.0	7.0	1.65	5.4	38.9	4.23
25	0.189	11.4	5.9	4.6	0.77	1.55	7.5	3.8	7.1	1.66	5.4	39.1	4.27
	0.284	24.5	6.1	4.6	0.76	1.49	7.6	4.1	7.3	1.69	5.6	39.7	4.31
	0.379	40.7	6.2	4.7	0.76	1.42	7.6	4.3	7.5	1.72	5.8	40.3	4.35
30	0.189	11.4	5.6	4.5	0.80	1.69	7.3	3.3	7.1	1.67	5.4	39.2	4.25
	0.284	23.9	5.7	4.5	0.79	1.62	7.3	3.5	7.4	1.70	5.7	39.9	4.32
	0.379	39.8	5.8	4.6	0.79	1.55	7.4	3.7	7.6	1.74	5.8	40.4	4.35
35	0.189	10.5	5.3	4.5	0.84	1.83	7.2	2.9					
	0.284	22.9	5.4	4.5	0.83	1.76	7.2	3.1					
	0.379	38.1	5.5	4.5	0.82	1.68	7.2	3.3					
40	0.189	10.1	5.1	4.4	0.85	1.95	7.1	2.6	Operation Not Recommended				
	0.284	22.1	5.2	4.4	0.85	1.87	7.1	2.8					
	0.379	37.0	5.2	4.4	0.84	1.78	7.0	2.9					
45	0.189	9.8	4.7	4.1	0.87	2.04	6.8	2.3					
	0.284	21.4	4.8	4.2	0.86	1.98	6.8	2.4					
	0.379	35.8	4.9	4.2	0.86	1.88	6.8	2.6					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-800-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

349 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.237	10.2											
	0.347	17.6											
	0.473	27.8							4.6	1.43	3.2	31.0	3.23
0	0.237	9.9	9.8	7.6	0.77	1.22	11.0	8.0	5.0	1.48	3.5	31.8	3.36
	0.347	17.0	10.2	7.8	0.76	1.18	11.3	8.6	5.1	1.50	3.6	32.2	3.43
	0.473	26.9	10.5	7.9	0.76	1.13	11.6	9.3	5.3	1.53	3.8	32.7	3.48
5	0.237	9.6	8.7	6.9	0.79	1.31	10.0	6.7	5.7	1.58	4.1	33.5	3.61
	0.347	16.4	9.0	7.0	0.78	1.27	10.3	7.1	5.9	1.60	4.3	34.0	3.67
	0.473	26.3	9.3	7.1	0.76	1.22	10.5	7.6	6.1	1.63	4.4	34.4	3.73
10	0.237	9.0	8.0	6.4	0.80	1.43	9.4	5.6	6.4	1.67	4.7	35.2	3.84
	0.347	15.8	8.3	6.5	0.79	1.38	9.7	6.0	6.7	1.70	5.0	35.8	3.91
	0.473	25.4	8.6	6.7	0.78	1.33	9.9	6.4	6.9	1.73	5.2	36.4	3.98
15	0.237	8.7	7.6	6.2	0.81	1.56	9.2	4.9	7.2	1.76	5.4	37.1	4.08
	0.347	15.2	7.8	6.3	0.80	1.50	9.3	5.2	7.4	1.79	5.7	37.7	4.16
	0.473	24.2	8.1	6.4	0.79	1.45	9.5	5.6	7.7	1.83	5.9	38.3	4.21
20	0.237	8.4	7.3	6.0	0.82	1.70	9.0	4.3	8.0	1.85	6.1	38.9	4.30
	0.347	14.7	7.5	6.1	0.81	1.64	9.2	4.6	8.2	1.89	6.4	39.6	4.37
	0.473	23.6	7.8	6.2	0.80	1.58	9.4	4.9	8.5	1.92	6.6	40.2	4.43
25	0.237	8.1	7.1	5.9	0.83	1.84	8.9	3.9	8.7	1.93	6.7	40.6	4.49
	0.347	14.4	7.3	6.0	0.82	1.78	9.1	4.1	9.0	1.97	7.0	41.4	4.56
	0.473	23.0	7.6	6.1	0.81	1.71	9.3	4.4	9.3	2.00	7.3	42.1	4.65
30	0.237	8.1	6.9	5.8	0.85	1.98	8.8	3.5	9.3	2.01	7.3	42.2	4.66
	0.347	14.1	7.1	5.9	0.83	1.91	9.0	3.7	9.7	2.05	7.7	43.0	4.74
	0.473	22.4	7.3	6.0	0.82	1.84	9.2	4.0	10.0	2.08	7.9	43.8	4.83
35	0.237	7.4	6.5	5.6	0.86	2.13	8.7	3.1	Operation Not Recommended				
	0.347	13.3	6.8	5.7	0.85	2.05	8.8	3.3					
	0.473	21.4	7.0	5.9	0.84	1.98	9.0	3.5					
40	0.237	7.1	6.0	5.4	0.89	2.27	8.3	2.7					
	0.347	12.8	6.2	5.5	0.88	2.18	8.4	2.9					
	0.473	20.7	6.4	5.6	0.87	2.10	8.5	3.1					
45	0.237	6.8	5.8	5.2	0.90	2.39	8.2	2.4					
	0.347	12.4	5.9	5.3	0.89	2.31	8.2	2.6					
	0.473	20.0	6.1	5.4	0.88	2.23	8.3	2.7					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-408-746-2000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or recommendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

437 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.284	8.1											
	0.426	15.5											
	0.568	24.8							5.5	1.77	3.7	30.4	3.09
0	0.284	7.8	10.4	7.6	0.74	1.60	12.0	6.5	6.0	1.83	4.2	31.4	3.30
	0.426	15.0	10.6	7.7	0.73	1.56	12.1	6.7	6.2	1.87	4.3	31.8	3.32
	0.568	23.9	10.7	7.8	0.72	1.51	12.2	7.1	6.4	1.91	4.5	32.2	3.38
5	0.284	7.5	9.9	7.7	0.78	1.69	11.6	5.9	7.0	1.98	5.0	33.3	3.54
	0.426	14.4	10.1	7.8	0.77	1.64	11.8	6.2	7.2	2.02	5.2	33.7	3.58
	0.568	23.3	10.3	7.8	0.76	1.59	11.9	6.5	7.4	2.06	5.4	34.1	3.62
10	0.284	7.2	9.7	7.6	0.79	1.83	11.5	5.3	8.0	2.13	5.9	35.2	3.76
	0.426	13.8	9.8	7.7	0.78	1.78	11.6	5.5	8.2	2.17	6.1	35.6	3.80
	0.568	22.4	10.0	7.7	0.77	1.72	11.7	5.8	8.5	2.21	6.3	36.1	3.86
15	0.284	7.2	9.5	7.4	0.78	1.97	11.4	4.8	9.0	2.27	6.8	37.1	3.97
	0.426	13.5	9.6	7.5	0.78	1.91	11.5	5.0	9.3	2.32	7.0	37.6	4.00
	0.568	21.5	9.8	7.5	0.77	1.86	11.7	5.3	9.6	2.36	7.2	38.2	4.06
20	0.284	6.9	9.2	7.2	0.79	2.11	11.3	4.4	10.0	2.41	7.6	38.9	4.14
	0.426	12.9	9.3	7.3	0.78	2.05	11.4	4.5	10.3	2.46	7.9	39.6	4.19
	0.568	20.9	9.5	7.3	0.77	1.99	11.5	4.8	10.6	2.51	8.1	40.2	4.24
25	0.284	6.6	8.8	7.0	0.80	2.23	11.0	3.9	11.0	2.56	8.4	40.8	4.29
	0.426	12.6	8.9	7.0	0.79	2.17	11.1	4.1	11.3	2.61	8.7	41.5	4.35
	0.568	20.6	9.1	7.1	0.78	2.11	11.2	4.3	11.7	2.66	9.0	42.1	4.39
30	0.284	6.6	8.4	6.8	0.81	2.36	10.7	3.5	12.0	2.70	9.3	42.7	4.43
	0.426	12.3	8.5	6.8	0.80	2.30	10.8	3.7	12.3	2.76	9.6	43.4	4.47
	0.568	20.0	8.6	6.9	0.80	2.23	10.9	3.9	12.7	2.81	9.9	44.1	4.53
35	0.284	6.3	7.9	6.6	0.84	2.50	10.4	3.1					
	0.426	11.7	8.0	6.5	0.82	2.44	10.4	3.3					
	0.568	19.2	8.1	6.7	0.82	2.36	10.5	3.5					
40	0.284	6.1	7.4	6.4	0.86	2.71	10.2	2.7	Operation Not Recommended				
	0.426	11.3	7.6	6.4	0.85	2.63	10.2	2.9					
	0.568	18.6	7.7	6.5	0.84	2.55	10.3	3.0					
45	0.284	5.9	7.3	6.2	0.85	2.77	10.1	2.7	Operation Not Recommended				
	0.426	10.9	7.3	6.2	0.85	2.73	10.1	2.7					
	0.568	18.0	7.5	6.3	0.84	2.65	10.1	2.8					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

530 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.331	10.2											
	0.498	20.3											
	0.663	32.3							6.7	2.01	4.6	30.4	3.31
0	0.331	9.9	12.1	9.0	0.74	1.76	13.9	6.9	7.5	2.12	5.4	31.7	3.54
	0.498	19.7	12.3	9.1	0.74	1.70	14.0	7.2	7.7	2.15	5.6	32.0	3.59
	0.663	31.1	12.4	9.1	0.74	1.65	14.0	7.5	7.9	2.18	5.7	32.4	3.63
5	0.331	9.6	12.2	9.1	0.75	1.93	14.1	6.3	8.6	2.28	6.4	33.5	3.79
	0.498	19.1	12.3	9.2	0.74	1.87	14.2	6.6	8.9	2.31	6.6	33.9	3.85
	0.663	30.5	12.5	9.2	0.74	1.82	14.3	6.8	9.1	2.34	6.8	34.2	3.90
10	0.331	9.3	12.0	9.1	0.75	2.10	14.1	5.7	9.7	2.43	7.3	35.2	4.01
	0.498	18.5	12.2	9.1	0.75	2.03	14.2	6.0	10.0	2.46	7.5	35.6	4.07
	0.663	29.3	12.3	9.2	0.75	1.97	14.3	6.2	10.3	2.49	7.8	36.0	4.11
15	0.331	9.0	11.7	8.9	0.76	2.25	13.9	5.2	10.7	2.55	8.2	36.7	4.20
	0.498	17.6	11.8	8.9	0.76	2.18	14.0	5.4	11.0	2.59	8.4	37.2	4.25
	0.663	28.1	11.9	9.0	0.75	2.11	14.0	5.7	11.3	2.63	8.7	37.6	4.29
20	0.331	8.7	11.2	8.6	0.77	2.42	13.6	4.6	11.6	2.67	9.0	38.2	4.36
	0.498	17.0	11.3	8.7	0.77	2.35	13.7	4.8	12.0	2.71	9.3	38.7	4.42
	0.663	27.5	11.4	8.7	0.76	2.27	13.7	5.0	12.3	2.75	9.5	39.1	4.46
25	0.331	8.4	10.6	8.4	0.79	2.60	13.2	4.1	12.5	2.77	9.7	39.5	4.51
	0.498	16.7	10.7	8.4	0.78	2.52	13.2	4.3	12.8	2.81	10.0	40.1	4.57
	0.663	26.6	10.8	8.4	0.78	2.45	13.3	4.4	13.2	2.85	10.3	40.6	4.62
30	0.331	8.4	10.0	8.0	0.80	2.80	12.8	3.6	13.2	2.86	10.4	40.7	4.64
	0.498	16.4	10.1	8.1	0.80	2.71	12.8	3.7	13.6	2.90	10.7	41.3	4.70
	0.663	26.0	10.2	8.1	0.80	2.62	12.8	3.9	14.0	2.94	11.0	41.8	4.76
35	0.331	7.8	9.3	7.7	0.82	2.99	12.3	3.1	Operation Not Recommended				
	0.498	15.5	9.4	7.7	0.82	2.89	12.3	3.3					
	0.663	24.8	9.6	7.8	0.82	2.80	12.4	3.4					
40	0.331	7.6	8.7	7.4	0.85	3.16	11.9	2.8					
	0.498	14.9	8.8	7.4	0.84	3.06	11.9	2.9					
	0.663	24.0	8.9	7.5	0.84	2.96	11.9	3.0					
45	0.331	7.3	8.6	7.3	0.85	3.32	11.9	2.6					
	0.498	14.4	8.5	7.3	0.86	3.22	11.7	2.6					
	0.663	23.2	8.6	7.3	0.85	3.12	11.7	2.8					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

630 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.379	14.7											
	0.568	27.8											
	0.757	45.4											
0	0.379	14.1	13.3	9.8	0.73	2.08	15.4	6.4	8.8	2.51	6.3	31.6	3.51
	0.568	26.9	13.6	9.7	0.71	2.02	15.6	6.7	9.1	2.56	6.5	31.9	3.53
	0.757	44.0	13.8	9.5	0.69	1.96	15.8	7.0	9.3	2.62	6.6	32.2	3.53
5	0.379	13.8	14.1	10.5	0.74	2.28	16.4	6.2	10.0	2.67	7.4	33.2	3.75
	0.568	26.3	14.3	10.3	0.72	2.22	16.5	6.5	10.3	2.73	7.6	33.5	3.76
	0.757	42.2	14.6	10.2	0.70	2.14	16.7	6.8	10.6	2.79	7.8	33.9	3.78
10	0.379	13.2	14.0	10.6	0.76	2.47	16.4	5.7	11.3	2.86	8.5	34.9	3.97
	0.568	25.4	14.2	10.5	0.74	2.40	16.6	5.9	11.6	2.93	8.7	35.3	3.97
	0.757	41.0	14.5	10.4	0.72	2.32	16.8	6.2	11.9	2.99	8.9	35.7	3.99
15	0.379	12.9	13.5	10.5	0.78	2.65	16.1	5.1	12.8	3.07	9.8	36.9	4.18
	0.568	24.2	13.7	10.3	0.75	2.57	16.3	5.3	13.2	3.14	10.0	37.3	4.19
	0.757	39.8	13.9	10.2	0.73	2.50	16.4	5.6	13.5	3.19	10.3	37.7	4.22
20	0.379	12.3	12.8	10.2	0.79	2.85	15.7	4.5	14.4	3.27	11.1	38.9	4.39
	0.568	23.6	13.0	10.0	0.77	2.76	15.8	4.7	14.7	3.34	11.4	39.3	4.41
	0.757	38.3	13.2	9.9	0.75	2.68	15.9	4.9	15.1	3.41	11.7	39.8	4.43
25	0.379	12.0	12.3	9.8	0.80	3.05	15.3	4.0	15.8	3.48	12.3	40.8	4.55
	0.568	23.0	12.5	9.7	0.78	2.96	15.4	4.2	16.2	3.55	12.7	41.3	4.57
	0.757	37.4	12.7	9.5	0.75	2.87	15.6	4.4	16.6	3.63	13.0	41.9	4.59
30	0.379	11.7	11.8	9.5	0.81	3.26	15.0	3.6	16.9	3.69	13.2	42.2	4.59
	0.568	22.4	12.0	9.3	0.78	3.17	15.2	3.8	17.4	3.77	13.6	42.8	4.61
	0.757	36.5	12.2	9.2	0.76	3.07	15.3	4.0	17.8	3.85	14.0	43.4	4.63
35	0.379	11.1	11.3	9.1	0.81	3.47	14.8	3.3	Operation Not Recommended				
	0.568	21.4	11.5	9.0	0.79	3.37	14.9	3.4					
	0.757	35.1	11.7	8.9	0.76	3.27	15.0	3.6					
40	0.379	10.7	10.6	8.8	0.82	3.68	14.3	2.9					
	0.568	20.7	10.8	8.6	0.80	3.57	14.4	3.0					
	0.757	34.0	11.0	8.5	0.77	3.47	14.5	3.2					
45	0.379	10.4	10.3	8.8	0.85	3.85	14.2	2.7					
	0.568	20.0	10.4	8.5	0.82	3.75	14.2	2.8					
	0.757	33.0	10.6	8.4	0.79	3.65	14.2	2.9					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-746-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

790 l/s Nominal Airflow

Performance capacities shown in thousands of Watts.

EWT °C	FLOW l/s	WPD kPa	COOLING - EAT 27/19 °C						HEATING - EAT 20°C				
			TC kW	SC kW	Sens/Tot Ratio	POWER kW	HR kW	EER W/W	HC kW	POWER kW	HE kW	LAT °C	COP W/W
-5	0.473	34.7											
	0.713	60.4											
	0.947	91.2							10.3	3.25	7.0	30.8	3.16
0	0.473	33.5	14.2	10.6	0.74	2.75	17.0	5.2	11.3	3.29	8.0	31.9	3.44
	0.713	58.3	14.3	10.6	0.74	2.66	16.9	5.4	11.5	3.32	8.2	32.0	3.46
	0.947	88.5	14.3	10.6	0.74	2.57	16.9	5.6	11.7	3.35	8.3	32.2	3.48
5	0.473	32.6	16.0	12.1	0.75	3.00	19.0	5.3	12.7	3.40	9.3	33.4	3.75
	0.713	56.2	16.0	12.1	0.76	2.91	18.9	5.5	12.9	3.43	9.5	33.6	3.77
	0.947	85.5	16.1	12.2	0.76	2.81	18.9	5.7	13.1	3.46	9.7	33.8	3.80
10	0.473	31.4	16.6	12.7	0.77	3.21	19.8	5.2	14.2	3.52	10.7	34.9	4.04
	0.713	54.4	16.7	12.8	0.77	3.11	19.8	5.4	14.4	3.55	10.9	35.1	4.07
	0.947	82.8	16.7	12.8	0.77	3.00	19.7	5.6	14.7	3.58	11.1	35.4	4.10
15	0.473	30.2	16.5	12.8	0.78	3.42	19.9	4.8	15.7	3.65	12.1	36.5	4.31
	0.713	52.6	16.6	12.8	0.78	3.31	19.9	5.0	16.0	3.69	12.3	36.8	4.34
	0.947	80.1	16.6	12.9	0.78	3.20	19.8	5.2	16.3	3.72	12.5	37.1	4.37
20	0.473	29.3	16.1	12.7	0.79	3.63	19.8	4.4	17.2	3.78	13.4	38.0	4.54
	0.713	50.8	16.1	12.7	0.79	3.52	19.7	4.6	17.4	3.81	13.6	38.3	4.57
	0.947	77.1	16.2	12.7	0.78	3.40	19.6	4.8	17.7	3.85	13.9	38.6	4.60
25	0.473	28.4	15.7	12.4	0.79	3.87	19.5	4.0	18.3	3.89	14.5	39.2	4.72
	0.713	49.3	15.7	12.4	0.79	3.74	19.4	4.2	18.6	3.92	14.7	39.5	4.76
	0.947	75.3	15.7	12.5	0.79	3.62	19.3	4.3	18.9	3.96	14.9	39.8	4.78
30	0.473	27.8	15.1	12.1	0.80	4.14	19.3	3.7	19.1	3.95	15.1	40.0	4.83
	0.713	48.4	15.2	12.1	0.80	4.01	19.2	3.8	19.3	3.98	15.4	40.3	4.86
	0.947	73.3	15.2	12.2	0.80	3.87	19.1	3.9	19.6	4.02	15.6	40.6	4.88
35	0.473	26.4	14.6	11.8	0.81	4.46	19.1	3.3					
	0.713	46.1	14.7	11.9	0.81	4.31	19.0	3.4					
	0.947	70.4	14.7	11.9	0.81	4.17	18.9	3.5					
40	0.473	25.5	14.0	11.5	0.82	4.82	18.8	2.9	Operation Not Recommended				
	0.713	44.6	14.0	11.5	0.82	4.66	18.7	3.0					
	0.947	68.1	14.0	11.6	0.82	4.50	18.5	3.1					
45	0.473	24.7	14.4	11.9	0.83	4.87	19.3	3.0					
	0.713	43.2	14.1	11.7	0.83	4.80	18.9	2.9					
	0.947	65.9	14.1	11.8	0.83	4.64	18.7	3.0					

Interpolation is permissible, extrapolation is not.

Rev: 04/09/02 B

All entering air conditions are 27°C DB and 19°C WB in cooling and 20°C DB in heating

All performance data is based upon the lower voltage of dual voltage rated units

Operation below 15°C EWT requires optional insulated water circuit

Operation below 5°C EWT is based on 15% antifreeze solution.

See performance correction tables for operating conditions other than those listed above.

Table does not reflect fan or pump power ISO corrections



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-406-745-5000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Air Flow Correction Table

Airflow % of Nominal	Cooling				Heating		
	Total Cap	Sens Cap	Power	Heat of Rej	Htg Cap	Power	Heat of Ext
75%	0.954	0.863	0.961	0.954	0.971	1.045	0.956
81%	0.966	0.897	0.971	0.967	0.979	1.029	0.969
88%	0.980	0.937	0.982	0.980	0.988	1.015	0.982
94%	0.992	0.968	0.990	0.992	0.994	1.007	0.992
100%	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
106%	1.007	1.031	1.009	1.007	1.005	0.995	1.007
113%	1.015	1.065	1.019	1.016	1.011	0.992	1.012

Rev.: 01/10/02 b

Entering Air Correction Table

Heating Corrections			
Ent Air DB °C	Htg Cap	Power	Heat of Ext
15	1.002	0.989	1.008
17	1.001	0.993	1.005
20	1.000	1.000	1.000
22	0.999	1.012	0.997
24	0.997	1.014	0.988
26	0.995	1.018	0.988

Cooling Corrections											
Ent Air WB °C	Total Clg Cap	Sens Clg Cap Multiplier - Entering Air DB °C								Power	Heat of Rej
		21	23	25	27	29.5	32	35			
15	0.910	0.864	1.007	1.132	1.200	*	*	*	0.984	0.923	
17	0.956	0.718	0.858	1.002	1.142	1.284	*	*	0.992	0.963	
19	1.000	0.575	0.715	0.856	1.000	1.176	*	*	1.000	1.000	
21	1.073		0.570	0.710	0.851	1.031	1.208	1.391	1.011	1.063	
23	1.128			0.563	0.704	0.878	1.059	1.274	1.019	1.110	
25	1.192				0.554	0.730	0.907	1.127	1.026	1.164	

* Sensible Capacity equals total capacity

Rev.: 4/9/02 b



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Model	Rated Voltage	Voltage Min/Max	Compressor		Fan Motor	Total Unit	Min Circ	Max Fuse/
			RLA	LRA	FLA	FLA	Amp	HACR
006	220-240/50/1	197/254	2.5	15.0	0.4	2.8	3.5	15
009	220-240/50/1	197/254	3.3	18.8	0.9	4.2	5.0	15
012	220-240/50/1	197/254	4.2	22.2	0.9	5.1	6.2	15
015	220-240/50/1	197/254	5.4	27.0	0.9	6.3	7.7	15
019	220-240/50/1	197/254	8.1	44.0	0.9	9.0	11.0	15
024	220-240/50/1	197/254	8.8	55.0	1.6	10.4	12.6	20
030	220-240/50/1	197/254	9.8	58.0	1.7	11.5	13.9	20
036	220-240/50/1	197/254	12.2	83.0	2.7	14.9	18.0	30
042	380-420/50/3	342/462	4.3	40.0	1.7	6.0	7.1	15
048	380-420/50/3	342/462	5.7	42.0	1.8	7.5	8.9	15
060	380-420/50/3	342/462	7.4	59.6	2.5	9.9	11.8	15

Rev.: 04/16/02 n



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-746-6300 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page ____ of ____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Airflow in Litres/sec (l/s) with wet coil and clean air filter.

Model	Nominal l/s	Min l/s	Fan Speed	External Static Pressure (Pa)					
				0	25	50	75	100	125
006	81	61	HI	133	123	112	89	78	
			MED	110	99	87	68	0	
			LO	98	90	75	60	0	
009	113	85	HI	165	151	142	118	99	
			MED	160	146	127	113	94	
			LO	151	137	123	109	90	
012	140	104	HI	170	165	151	137	123	109
			MED	165	151	142	127	118	
			LO	146	137	127	118	104	
015	212	160	HI	345	316	288	250	198	
			MED	321	302	274	241	189	
			LO	293	278	255	222	179	
019	264	198	HI	326	311	283	250	203	
			MED	302	288	260	227	189	
			LO	293	269	245	217	179	
024	307	231	HI	396	368	335	302	260	
			MED	387	359	326	297	255	
			LO	368	340	311	278	231	
030	349	264	HI	529	496	463	425	378	330
			MED	510	477	448	415	368	326
			LO	458	439	406	378	340	297
036	437	326	HI	614	576	519	463	415	373
			MED	580	543	488	434	392	349
			LO	505	472	429	387	349	
042	530	396	HI	743	691	629	566	501	435
			MED	637	593	539	485	429	
			LO	498	463	421			
048	630	472	HI	793	738	672	604	535	464
			MED	777	723	658	592	524	455
			LO	762	709	645	580	514	446
060	790	595	HI	896	866	833	796	755	710
			MED	818	803	779	747	707	658
			LO	748	731	709	683	653	618

Rev.: 04/09/02 b

Units factory shipped on medium speed. Other speeds require field selection.

All airflow is rated at lowest Voltage if unit is dual Voltage rated, i.e. 220V for 220-240V units.

All units ARI/ISO/ASHRAE 13256-1 rated on high speed.



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Model	006	009	012	015	019	024	030	036	042	048	060
Compressor (1 each)	Rotary					Recip					Scroll
Factory Charge R22, oz [kg]	12 [0.34]	15 [0.43]	15 [0.43]	30 [0.85]	30 [0.85]	30 [0.85]	41 [1.16]	44 [1.25]	46 [1.30]	54 [1.53]	80 [2.26]

PSC Fan Motor & Blower											
Fan Motor Type/Speeds	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3	PSC/3
Fan Motor - hp [W]	1/25 [30]	1/10 [75]	1/10 [75]	1/6 [124]	1/5 [150]	1/3 [250]	1/2 [373]	3/4 [560]	3/4 [560]	3/4 [560]	1 [746]
Blower Wheel Size (Dia x W), in. [mm]	5 x 5 [127 x 127]	5 x 5 [127 x 127]	6 x 5 [152 x 127]	9 x 7 [229 x 178]	9 x 7 [229 x 178]	9 x 7 [229 x 178]	9 x 7 [229 x 178]	10 x 10 [254 x 254]	10 x 10 [254 x 254]	10 x 10 [254 x 254]	11 x 10 [279 x 254]

Water Connection Size											
FPT - in [mm]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	3/4" [19.1]	3/4" [19.1]	3/4" [19.1]	3/4" [19.1]	3/4" [19.1]	1" [25.4]	1" [25.4]	1" [25.4]

HWG Water Connection Size											
FPT - in [mm]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]	1/2" [12.2]

Vertical											
Air Coil Dimensions (H x W), in. [mm]	10 x 16 [254 x 406]	10 x 16 [254 x 406]	10 x 16 [254 x 406]	16 x 16 [406 x 406]	16 x 16 [406 x 406]	16 x 16 [406 x 406]	20 x 20 [508 x 508]	20 x 20 [508 x 508]	28 x 20 [711 x 508]	28 x 20 [711 x 508]	28 x 25 [711 x 635]
Air Coil Total Face Area, ft2 [m2]	1.11 [0.103]	1.11 [0.103]	1.11 [0.103]	1.8 [0.165]	1.8 [0.165]	1.8 [0.165]	2.8 [0.285]	2.8 [0.285]	3.9 [0.361]	3.9 [0.361]	4.9 [0.451]
Air Coil Tube Size, in [mm]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]
Air Coil Distance between fins, in [mm]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.106 [2.7]
Air Coil Number of rows	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Filter Standard - 25.4mm Throwaway, in [mm]	10 x 20 [254 x 508]	10 x 20 [254 x 508]	10 x 20 [254 x 508]	16 x 20 [406 x 508]	16 x 20 [406 x 508]	16 x 20 [406 x 508]	20 x 24 [508 x 610]	20 x 24 [508 x 610]	28 x 24 [711 x 610]	28 x 24 [711 x 610]	28 x 30 [711 x 762]
Weight - Operating, lb [kg]	110 [50.0]	112 [50.9]	121 [55.0]	147 [66.8]	169 [76.8]	193 [87.7]	219 [99.5]	229 [104.1]	257 [116.8]	267 [121.4]	323 [146.8]
Weight - Packaged, lb [kg]	120 [54.5]	122 [55.5]	131 [59.5]	157 [71.4]	179 [81.4]	203 [92.3]	231 [105.0]	241 [109.5]	269 [122.3]	279 [126.8]	338 [153.6]

Horizontal											
Air Coil Dimensions (H x W), in. [mm]	10 x 16 [254 x 406]	10 x 16 [254 x 406]	10 x 16 [254 x 406]	16 x 16 [406 x 406]	16 x 16 [406 x 406]	16 x 16 [406 x 406]	18 x 22 [457 x 559]	18 x 22 [457 x 559]	18 x 31 [457 x 787]	18 x 31 [457 x 787]	20 x 35 [508 x 889]
Air Coil Total Face Area, ft2 [m2]	1.11 [0.103]	1.11 [0.103]	1.11 [0.103]	1.8 [0.165]	1.8 [0.165]	1.8 [0.165]	2.8 [0.285]	2.8 [0.285]	3.9 [0.361]	3.9 [0.361]	4.9 [0.451]
Air Coil Tube Size, in [mm]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]	3/8 [9.5]
Air Coil Distance between fins, (mm)	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]	0.087 [2.2]
Air Coil Number of rows	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Filter Standard - 25.4mm Throwaway, qty- in [mm]	10 x 20 [254 x 508]	10 x 20 [254 x 508]	10 x 20 [254 x 508]	16 x 20 [406 x 508]	16 x 20 [406 x 508]	16 x 20 [406 x 508]	18 x 24 [457 x 610]	18 x 24 [457 x 610]	(2) 18 x 18 [457 x 457]	(2) 18 x 18 [457 x 457]	1 - 12 x 20 [305 x 508] 1 - 25 x 20 [635 x 508]
Weight - Operating, lb [kg]	110 [50.0]	112 [50.9]	121 [55.0]	147 [66.8]	169 [76.8]	193 [87.7]	219 [99.5]	229 [104.1]	257 [116.8]	267 [121.4]	323 [146.8]
Weight - Packaged, lb [kg]	120 [54.5]	122 [55.5]	131 [59.5]	157 [71.4]	179 [81.4]	203 [92.3]	231 [105.0]	241 [109.5]	269 [122.3]	279 [126.8]	338 [153.6]

Notes: All units have spring compressor mountings, TXV expansion devices, and 1/2" [12.2mm] & 3/4" [19.1mm] electrical knockouts. Rev.: 03/25/02 b



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



CLIMATEMASTER®
HORIZONTAL DIMENSIONAL
DATA

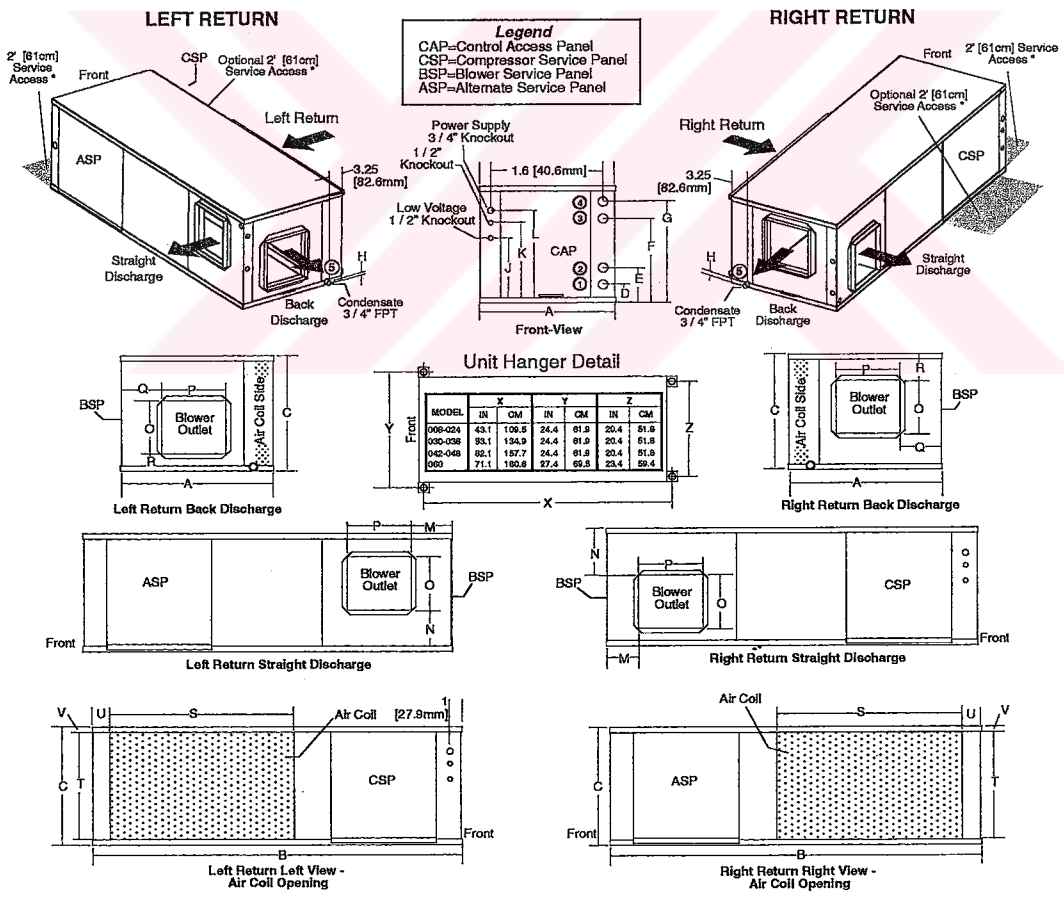
GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____ P.O.: _____
 Engineer: _____
 Project Name: _____ Unit Tag: _____

Horizontal Model	Overall Cabinet			Water Connections							Electrical Knockouts			Discharge Connection duct flange installed (± 0.10 in)					Return Connection using return air opening					
	A	B	C	1	2	3	4	5	Loop	FPT	HWG	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	Width	Depth	Height	In	Out	HWG In	HWG Out	Condensate	Water	FPT	HWG	1/2" cond Low Voltage	1/2" cond Ext Pump	3/4" cond Power Supply			Supply Height	Supply Depth			Return Depth	Return Height		
008-012	in.	22.4	43.1	11.3	2.4	5.4	N/A	N/A	0.6	1/2"	1/2"	3.5	5.5	8.2	5.8	4.0	5.8	8.0	5.8	1.5	17.1	9.3	2.2	1.0
	cm.	56.8	109.5	28.7	6.1	13.7			1.5			8.9	14.0	20.8	14.7	10.2	14.7	20.3	14.7	3.8	43.4	23.6	5.6	2.5
016-024	in.	22.4	43.1	17.3	2.4	4.9	12.4	14.9	0.8	3/4"	1/2"	3.5	7.5	10.2	5.0	5.6	10.4	9.3	5.0	1.5	17.1	15.3	2.2	1.0
	cm.	56.8	109.5	43.9	6.1	12.4	31.5	37.8	1.5			8.9	19.1	25.9	12.7	14.2	26.4	23.6	12.7	3.8	43.4	38.9	5.6	2.5
030	in.	22.4	53.2	19.3	2.4	5.4	13.9	16.9	0.6	3/4"	1/2"	5.7	9.7	12.2	5.0	6.8	10.4	9.3	5.0	2.1	23.1	17.3	2.2	1.0
	cm.	56.8	135.1	49.0	6.1	13.7	35.3	42.9	1.5			14.5	24.6	31.0	12.7	17.3	26.4	23.6	12.7	5.3	58.7	43.9	5.6	2.5
038	in.	22.4	53.2	19.3	2.4	5.4	13.9	16.9	0.6	3/4"	1/2"	5.7	9.7	12.2	2.9	3.8	13.5	13.1	2.9	1.9	23.1	17.3	2.2	1.0
	cm.	56.8	135.1	49.0	6.1	13.7	35.3	42.9	1.5			14.5	24.6	31.0	7.4	9.7	34.3	33.3	7.4	4.8	58.7	43.9	5.6	2.5
042-048	in.	22.4	62.2	19.3	2.4	5.4	13.9	16.9	0.6	1"	1/2"	5.7	9.7	12.2	2.9	3.8	13.5	13.1	2.9	1.9	32.1	17.3	2.2	1.0
	cm.	56.8	158.0	49.0	6.1	13.7	35.3	42.9	1.5			14.5	24.6	31.0	7.4	9.7	34.3	33.3	7.4	4.8	81.5	43.9	5.6	2.5
060	in.	25.4	71.2	21.3	2.4	5.4	15.9	18.9	0.6	1"	1/2"	8.1	11.7	14.2	5.8	5.0	13.6	13.3	5.8	2.9	36.1	19.3	2.2	1.0
	cm.	64.5	180.8	54.1	6.1	13.7	40.4	48.0	1.5			20.6	29.7	36.1	14.7	12.7	34.5	33.8	14.7	7.4	91.7	49.0	5.6	2.5

Condensate is 3/4" FPT copper.
 Horizontal unit shipped with filler bracket only. This bracket should be removed for return duct connection.
 Hanger kit is factory installed.

Rev: 01/20/02 B



* Note: Shaded areas are recommended service areas, not required.

Rev.: 01/20/02 B



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-800-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____

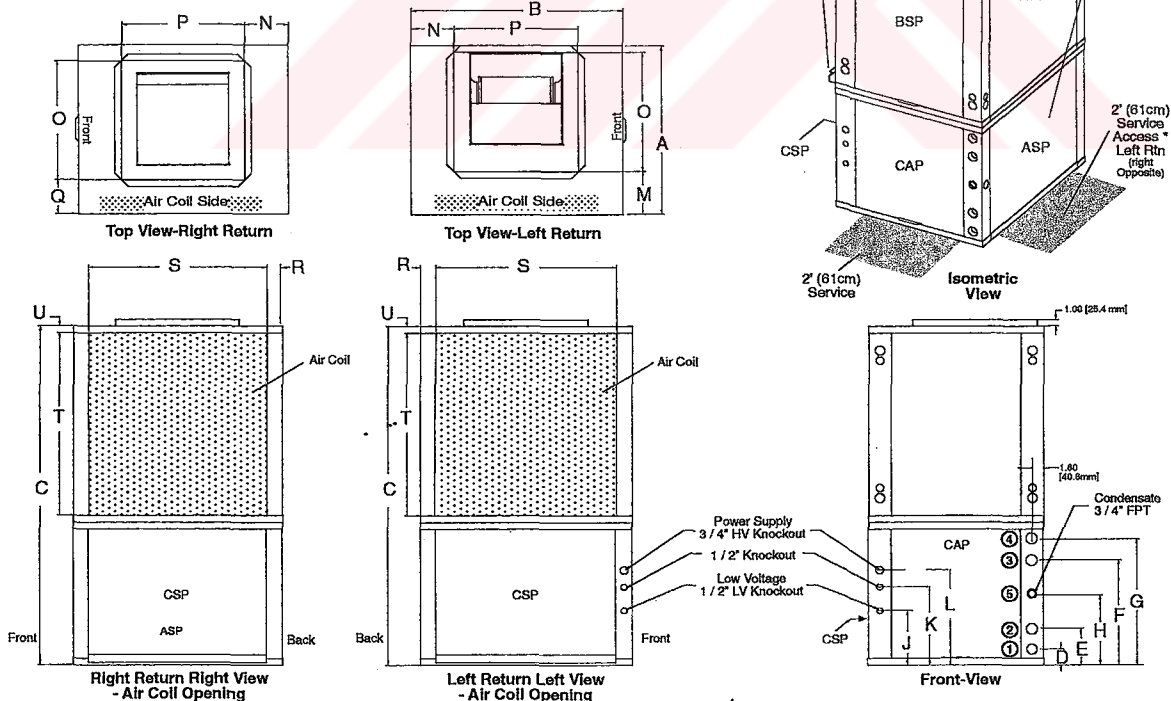
GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____ P.O.: _____
 Engineer: _____
 Project Name: _____ Unit Tag: _____

Vertical Upflow Model	Overall Cabinet			Water Connections							Electrical Knockouts			Discharge Connection duct flange installed (±0.10 in)					Return Connection using return air opening			
	A	B	C	1	2	3	4	5	Loop Water FPT	HWG FPT	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	Width	Depth	Height	In	Out	HWG In	HWG Out	Condensate			1/2" cond Low Voltage	1/2" cond Ext Pump	3/4" cond Power Supply		Supply Width	Supply Depth		Return Depth	Return Height			
009-012	in. 22.4 cm. 56.8	in. 21.6 cm. 54.9	in. 22.6 cm. 57.4	in. 2.6 cm. 6.6	in. 5.4 cm. 13.7	N/A	N/A	in. 7.8 cm. 19.8	1/2"	1/2"	3.5 8.9	5.5 14.0	8.2 20.8	10.6 26.9	6.8 17.3	5.8 14.7	8.0 20.3	8.0 15.2	2.2 5.6	17.1 43.4	9.3 23.6	1.0 2.5
015-024	in. 22.4 cm. 56.8	in. 21.6 cm. 54.9	in. 34.6 cm. 87.9	in. 2.4 cm. 6.1	in. 4.8 cm. 12.2	in. 11.9 cm. 30.2	in. 14.9 cm. 37.8	in. 8.5 cm. 21.6	3/4"	1/2"	3.5 8.9	7.5 19.1	10.2 25.9	7.2 18.3	3.8 9.7	14.0 35.6	14.0 35.6	4.3 10.9	2.2 5.6	17.1 43.4	15.3 38.9	1.0 2.5
030	in. 22.4 cm. 56.8	in. 25.6 cm. 65.1	in. 40.6 cm. 103.1	in. 2.4 cm. 6.1	in. 5.4 cm. 13.7	in. 13.9 cm. 35.3	in. 16.9 cm. 42.9	in. 9.7 cm. 24.6	3/4"	1/2"	5.7 14.5	9.7 24.6	12.2 31.0	7.2 18.3	5.8 14.7	14.0 35.6	14.0 35.6	4.3 10.9	2.2 5.6	21.1 53.8	19.2 48.8	1.0 2.5
036	in. 22.4 cm. 56.8	in. 25.6 cm. 65.1	in. 40.6 cm. 103.1	in. 2.4 cm. 6.1	in. 5.4 cm. 13.7	in. 13.9 cm. 35.3	in. 16.9 cm. 42.9	in. 9.7 cm. 24.6	3/4"	1/2"	5.7 14.5	9.7 24.6	12.2 31.0	7.2 18.3	5.8 14.7	14.0 35.6	14.0 35.6	4.3 10.9	2.2 5.6	21.1 53.8	19.2 48.8	1.0 2.5
042-048	in. 22.4 cm. 56.8	in. 25.6 cm. 65.1	in. 123.4 cm. 313.4	in. 2.4 cm. 6.1	in. 5.4 cm. 13.7	in. 13.9 cm. 35.3	in. 16.9 cm. 42.9	in. 9.7 cm. 24.6	1"	1/2"	5.7 14.5	9.7 24.6	12.2 31.0	7.2 18.3	5.8 14.7	14.0 35.6	14.0 35.6	4.3 10.9	2.2 5.6	21.1 53.8	19.2 48.8	1.0 2.5
060	in. 25.4 cm. 64.5	in. 30.6 cm. 77.8	in. 50.6 cm. 128.5	in. 2.4 cm. 6.1	in. 5.4 cm. 13.7	in. 15.9 cm. 40.4	in. 18.9 cm. 48.0	in. 10.7 cm. 27.2	1"	1/2"	8.1 20.6	11.7 29.7	14.2 36.1	8.2 15.7	6.3 16.0	18.0 45.7	18.0 45.7	5.1 13.0	2.2 5.6	26.1 66.3	27.2 69.1	1.0 2.5

Condensate is 3/4" FPT and is switchable from side to front.
 Vertical unit shipped with filter bracket only extending from unit 2.5". This bracket should be removed when connecting return duct.
 Discharge flange field installed. Rev: 5/31/00 M

Legend
 CAP=Control Access Panel
 CSP=Compressor Service Panel
 BSP=Blower Service Panel
 ASP=Alternate Service Panel



* Note: Shaded areas are recommended service areas, not required. Rev: 01/20/02 B



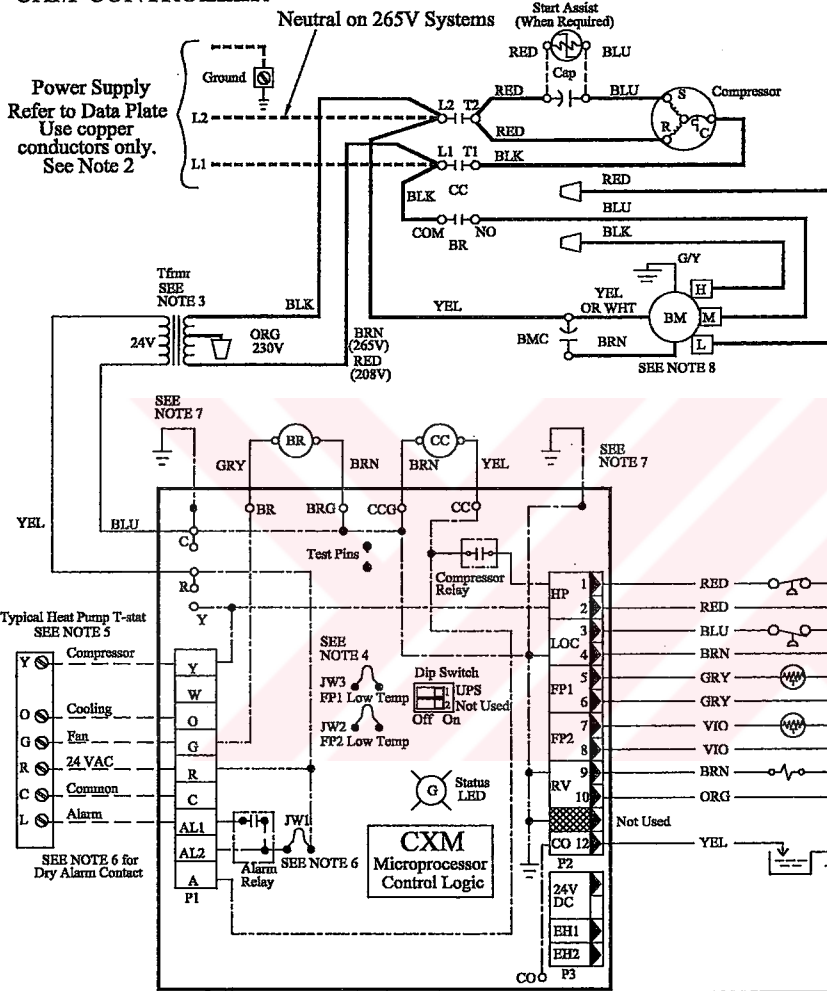
ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.



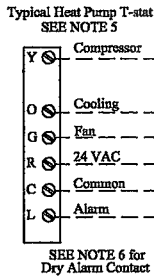
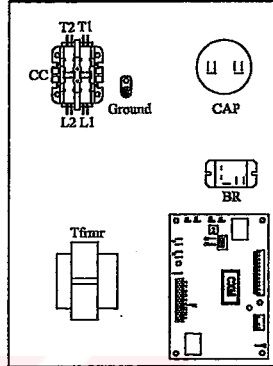
GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

CLIMATEMASTER® TYPICAL WIRING DIAGRAM SINGLE PHASE WIRING DIAGRAM GRH/GRV UNITS WITH CXM CONTROLLER

Contractor: _____ P.O.: _____
 Engineer: _____
 Project Name: _____ Unit Tag: _____



Component Location



- NOTES:**
- Compressor and Blower Motor thermally protected internally.
 - All wiring to the unit must comply with NEC and local codes.
 - Transformer is wired to 265V (BRN) Lead for 265/1/60 units, 230V (ORG) Lead for 220-240/1/50, or 208V (RED) Lead for 208/1/60. For 230/1/60 switch RED & ORG Leads at L1 and insulate RED Lead. Transformer is energy limiting or may have circuit breaker.
 - FP1 Thermistor provides freeze protection for WATER. When using ANTI-FREEZE solutions, cut JW3 jumper.
 - Typical heat pump thermostat wiring shown. Refer to thermostat Installation Instructions for wiring to the unit. T-stat wiring must be "Class 1" and Voltage rating equal to or greater than unit supply voltage.
 - 24V Alarm Signal shown. For Dry Alarm Contact, cut JW1 Jumper and Dry Contact will be available between AL1 and AL2.
 - Transformer secondary ground via CXM board standoffs & screws to Control Box. (Ground available from top two standoffs as shown.)
 - For Hi or Low speed remove BLU wire from BR 'NO' and replace with BLK or RED wire respectively. Tape off unused terminal.

Legend		
----- Field line voltage wiring	AL Alarm Relay Contacts	FP1 Sensor, Water Coil Freeze Protection
- - - - - Field low voltage wiring	BM Blower Motor	FP2 Sensor, Air Coil Freeze Protection
----- Printed Circuit Trace	BMC Blower Motor Capacitor	HP High Pressure Switch
○ Relay / Contactor Coil	BR Blower Relay	JW1 Jumper, Alarm
○ Condensate Pan	Cap Compressor Capacitor	LOC Loss of Charge Pressure Switch
○ Solenoid Coil	CB Circuit Breaker	P1 Field Wiring Terminal Block
○ Thermistor	CC Compressor Contactor	RVS Reversing Valve Solenoid
⊥ Ground	CO Sensor, Condensate Overflow	Tfmr Transformer
△ Wire Nut		



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____

Rev: 6/7/00 m



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

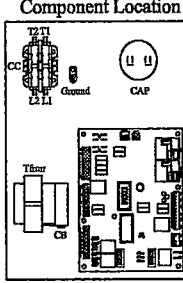
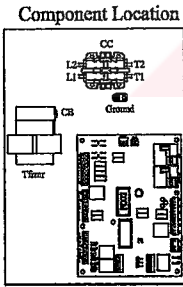
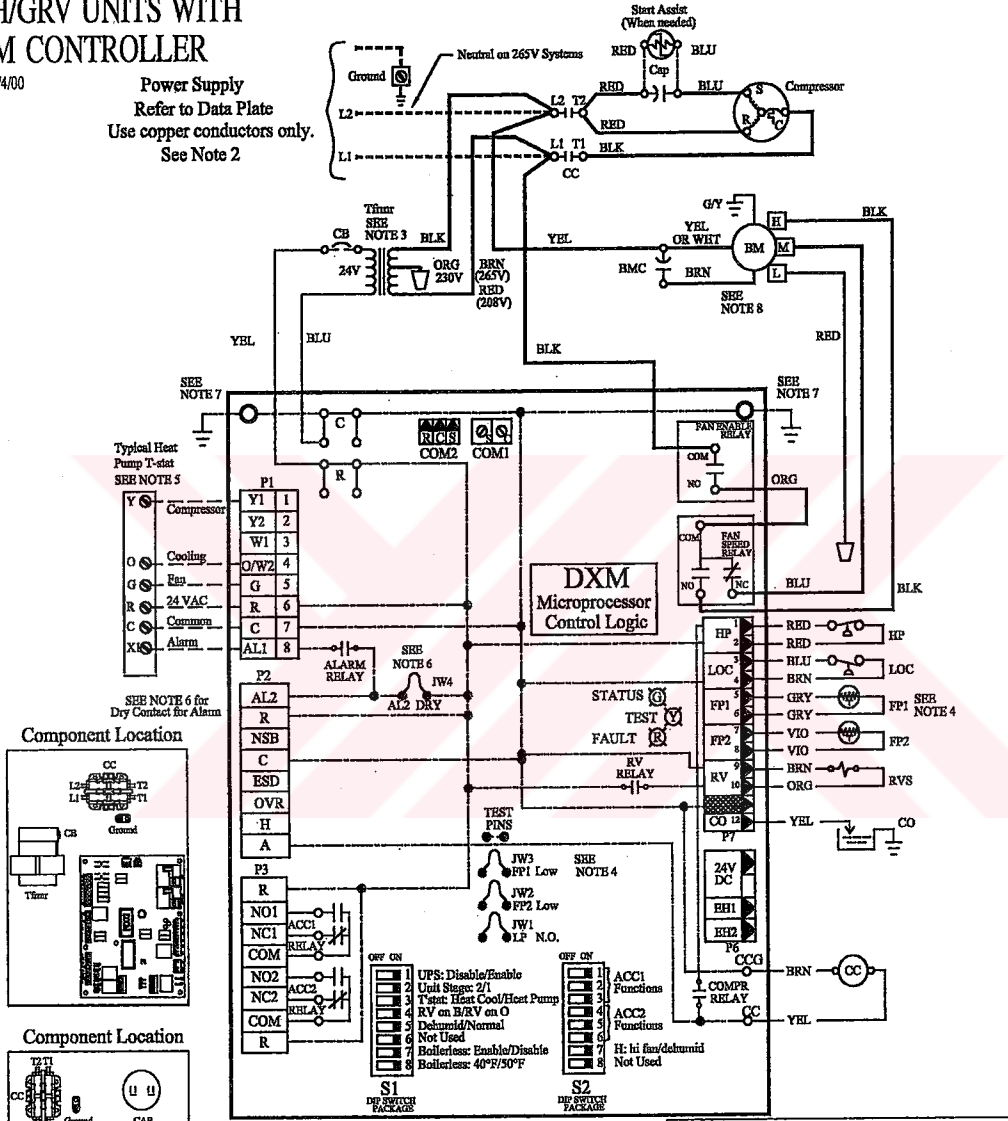
CLIMATEMASTER®

TYPICAL WIRING DIAGRAM SINGLE PHASE WIRING DIAGRAM GRH/GRV UNITS WITH DXM CONTROLLER

Rev. 4/4/00

Power Supply
Refer to Data Plate
Use copper conductors only.
See Note 2

Contractor: _____ P.O.: _____
 Engineer: _____
 Project Name: _____ Unit Tag: _____



Legend	
—	Field line voltage wiring
- - -	Field low voltage wiring
—	Printed Circuit Trace
⊕	Relay / Contactor Coil
⊖	Condensate Fan
⊕	Solenoid Coil
⊕	Thermostat
⊕	Ground
⊖	Wire Nut
AL	Alarm Relay Contacts
BM	Blower Motor
BMC	Blower Motor Capacitor
BR	Blower Relay
Cap	Compressor Capacitor
CB	Circuit Breaker
CC	Compressor Contactor
CCH	Crackcase Heater
CO	Sensor Condensate Overflow
FP1	Sensor, Water Coil Freeze Protection
FP2	Sensor, Air Coil Freeze Protection
HP	High Pressure Switch
JW1	Jumper Wire for Alarm
LOC	Loss of Charge Pressure Switch
PI	Field Wiring Terminal Block
RV	Reversing Valve Solenoid
TRNS	Transformer

- NOTES:**
- Compressor and Blower Motor thermally protected internally.
 - All wiring to the unit must comply with NEC and local codes.
 - Transformer is wired to 265V (BRN) Lead for 265V/160 units, 230V (ORG) Lead for 220-240V/160, or 208V (RED) Lead for 208V/160. For 230V/160 switch RED & ORG Leads at L1 and insulate RED Lead. Transformer is energy limiting or may have circuit breaker.
 - FP1 Thermistor provides freeze protection for WATER. When using ANTI-FREEZE solutions, cut JW3 jumper.
 - Typical heat pump thermostat wiring shown. Refer to thermostat Installation Instructions for wiring to the unit. T-stat wiring must be "Class 1" and Voltage rating equal to or greater than unit supply voltage.
 - 24V Alarm Signal shown. For Dry Alarm Contact, cut AL2 DRY (JW4) Jumper and Dry Contact will be available between AL1 and ALL.
 - Transformer secondary grounded via DXM board standoffs & screws to Control Box. (Ground available from top two standoffs as shown.)
 - Blower Motor is factory wired for Medium and High Speeds. For any other combination of speeds, attach the lower speed wire to Fan Speed Relay N.O. wire.



ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-8000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

LC278

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____

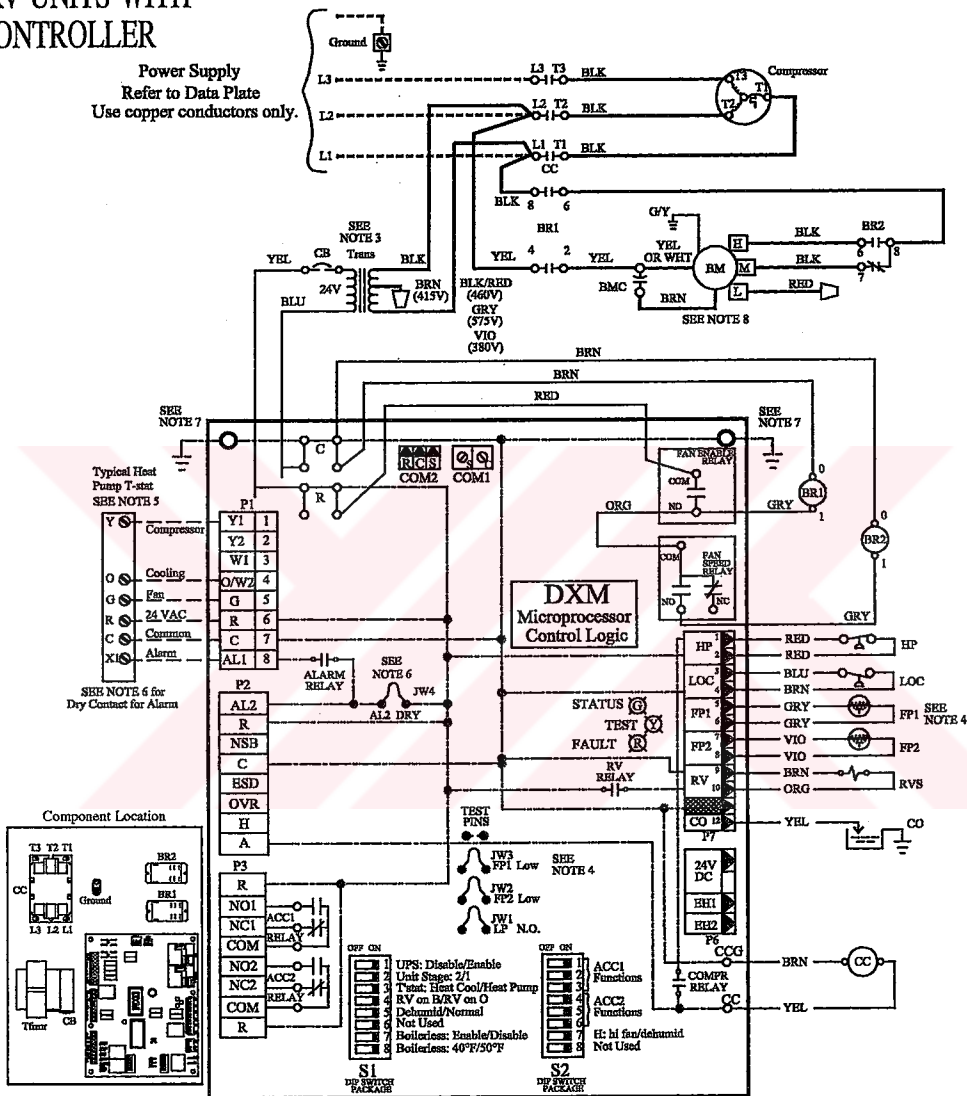
CLIMATEMASTER
 TYPICAL WIRING DIAGRAM
 THREE PHASE WIRING DIAGRAM
 GRH/GRV UNITS WITH
 DXM CONTROLLER

Rev. 4/18/00

GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

Contractor: _____ P.O.: _____
 Engineer: _____
 Project Name: _____ Unit Tag: _____

Power Supply
 Refer to Data Plate
 Use copper conductors only.



- NOTES:**
- Compressor and Blower Motor thermally protected internally.
 - All wiring to the unit must comply with NEC and local codes.
 - Term is wired to 460V (BLK/RED) Lead for 460/3/60 units, 575V (GRY) Lead for 575/3/60, or 380V (VIO) Lead for 380/3/50. For 415/3/50 switch VIO & BRN Leads at L1 and insulate VIO Lead. Transformer is energy limiting or may have circuit breaker.
 - FP1 Thermistor provides freeze protection for WATER. When using ANTI-FREEZE solutions, cut JW3 jumper.
 - Typical heat pump thermostat wiring shown. Refer to thermostat Installation Instructions for wiring to the unit. T-stat wiring must be "Class 1" and Voltage rating equal to or greater than unit supply voltage.
 - 24V Alarm Signal shown. For Dry Alarm Contact, cut AL2 DRY (JW4) Jumper and Dry Contact will be available between AL1 and AL2.
 - Transformer secondary ground via DXM board standards & screws to Control Box. (Ground available from top two standoffs as shown.)
 - Blower Motor is factory wired for Medium and High Speeds. For any other combination of speeds, attach the lower speed wire to BR2 '7' and Higher speed wire to BR2 '6'.
- 575V units have only Two speed (H & M) fan motor
- Legend**
- | | | | |
|-------|---------------------------|-------|--------------------------------------|
| --- | Field line voltage wiring | AL | Alarm Relay Contacts |
| - - - | Field low voltage wiring | BM | Blower Motor |
| --- | Printed Circuit Trace | BMC | Blower Motor Capacitor |
| ○ | Relay / Contactor Coil | BR | Blower Relay |
| ○ | Condensate Pan | CB | Compressor Capacitor |
| ○ | Solenoid Coil | CE | Circuit Breaker |
| ○ | Thermistor | CGH | Compressor Contactor |
| ⊥ | Ground | CH | Check Valve |
| ⊥ | Wire Nut | CO | Condensate Overflow |
| | | FP1 | Sensor, Water Coil Freeze Protection |
| | | FP2 | Sensor, Air Coil Freeze Protection |
| | | HP | High Pressure Switch |
| | | HWTS | High Water (Leaving) Temp Switch |
| | | JW1 | Jumper Wire for Alarm |
| | | LDC | Loss of Charge Pressure Switch |
| | | P1 | Field Wiring Terminal Block |
| | | RVS | Reversing Valve Solenoid |
| | | Trans | Transformer |



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-405-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

CLIMATEMASTER® GENESIS GR SERIES 50 HZ ENGINEERING SPECIFICATIONS

Rev.: 01/22/02 Page 1

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

General

Furnish and install ClimateMaster Water Source Heat Pumps, as indicated on the plans. Equipment shall be completely assembled, piped and internally wired. Capacities and characteristics as listed in the schedule and the specifications that follow.

Horizontal/Vertical Water Source Heat Pumps

Units shall be supplied completely factory built and capable of operation with an entering water temperature range from -6.7° to 49°C (20° to 120°F) as standard. Equivalent units from other manufacturers can be proposed provided approval to bid is given 10 days prior to bid closing. All equipment listed in this section must be rated and certified in accordance with ARI/ISO, NRTL or CSA. The units shall have ARI/ISO, NRTL or CSA labels. Optionally the units shall be CE certified if requested. All units shall be factory run tested under normal operating conditions at nominal water flow rates. This testing shall generate a report card to be shipped with each unit stating performance in both heating and cooling modes. Serial numbers will be recorded by factory and furnished to contractor for ease of unit warranty status. Units tested without water flow ARE NOT acceptable.

Basic Construction

Horizontal Units shall have one of the following air flow arrangements: Right-Discharge/Left-Inlet; Left-Discharge/Right-Inlet; Back-Discharge/Left-Inlet; or Back-Discharge/Right-Inlet as shown on the plans. Units must have the ability to be field convertible from side to back or back to side discharge with no additional parts or unit structure modification. Units will have factory installed hanger brackets and isolation grommets.

Vertical Units shall have one of the following air flow arrangements: Left-Return/Top-Discharge, Right-Return/Top-Discharge, Right-Return/Bottom Discharge or Left-Return/Bottom Discharge as shown on the plans. All vertical units will be supplied from the factory internally trapped.

If units with these arrangements ARE NOT used, the contractor is responsible for any extra costs incurred by other trades. All units (horizontal and vertical) must have a minimum of three access panels for serviceability of compressor compartment. If other arrangements make servicing difficult, the contractor must provide access panels and clear routes to ease service. Architect must approve any changes in layout.

The horizontal heat pumps shall be fabricated from heavy gauge galvanized sheet metal. All interior surfaces shall be lined with 12mm (1/2 inch) thick, 24kg/m³ (1-1/2 lb/ft³.) density acoustic type glass fiber insulation. All fiberglass shall be coated and have exposed edges tucked under flanges to prevent the introduction of glass fibers into the air stream. All insulation must meet US NFPA 90A.

The vertical heat pumps shall be fabricated from heavy gauge galvanized sheet metal. All interior surfaces shall be lined with 12mm (1/2 inch) thick, 24kg/m³ (1-1/2 lb/ft³.) density acoustic type glass fiber insulation. All fiberglass shall be coated and have exposed edges tucked under flanges to prevent the introduction of glass fibers into the air stream. All insulation must meet US NFPA 90A. All vertical heat pumps shall have a powder paint finish. The color will be Polar Ice.

Option: UltraQuiet package shall consist of high technology sound attenuating materials that are strategically applied to the cabinet, in addition to the standard ClimaQuiet system, to further dampen sound.

All units must have an insulated panel separating the fan compartment from the compressor compartment. Units with the compressor in the air stream ARE NOT acceptable. Units shall have a factory installed 1 inch wide filter bracket for filter removal from either side. Units shall have a 1 inch thick throwaway type glass fiber filter. The contractor shall purchase one spare set of filters and replace factory shipped filters on completion of start-up. Filters shall be standard sizes. If units utilize non-standard filter sizes then the contractor shall provide 12 spare filters for each unit.

Option: Contractor shall install 50.8mm (2 inch) filter brackets and 50.8mm (2 inch) glass fiber throwaway filters on all units.

Cabinets shall have separate openings and knockouts for entrance of line voltage and low voltage control wiring. Supply and return water connections shall be copper FPT(US) fittings and shall be securely mounted flush to the cabinet corner post allowing for connection to a flexible hose without the use of a back-up wrench. Water connections that protrude through the cabinet or require the use of a backup wrench SHALL NOT be allowed. All water connections and electrical knockouts must be in the compressor compartment corner post as to not interfere with the serviceability of unit. Contractor shall be responsible for any extra costs involved in the installation of units that do not have this feature. Contractor must ensure that units can be easily removed for servicing and coordinate locations of electrical conduit and lights with the electrical contractor.

Fan and Motor Assembly

Units rated 17.6 kW (80,000 BTUH) and under shall have a direct-drive centrifugal fan. The fan motor shall be 3-speed, permanently lubricated, PSC type with internal thermal overload protection. Blower shall have inlet rings to allow removal of wheel and motor from one side without removing housing. Units supplied without permanently lubricated motors must provide external oilers for easy service. The fan motor shall be isolated from the fan housing by torsionally flexible isolation grommets. The fan and motor assembly must be capable of overcoming the external static pressures as shown on the schedule. CFM/Static pressure rating of the unit shall be based on a wet coil and a clean filter in place. Ratings based on a dry coil and/or no filter SHALL NOT be acceptable.

Refrigerant Circuit

Units shall have a sealed refrigerant circuit including a high efficient scroll, rotary or reciprocating compressor designed for heat pump operation, a thermostatic expansion valve for refrigerant metering, an enhanced aluminum lanced fin and rifled copper tube refrigerant to air heat exchanger, a reversing valve, a coaxial (tube in tube) refrigerant to water heat exchanger, and safety controls including a high pressure switch, a low pressure sensor, and a low water and low air temperature sensor. Access fittings shall be factory installed on high and low pressure refrigerant lines to facilitate field service. Activation of any safety device shall prevent compressor operation via a lockout device. The lockout shall be reset at the thermostat or at the contractor supplied disconnect switch. Units which may be reset only at the disconnect switch only SHALL NOT be acceptable.



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-406-745-6000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____



GR Series 50Hz - R22 Submittal Data Eng/SI

CLIMATEMASTER® GENESIS GR SERIES 50 HZ ENGINEERING SPECIFICATIONS

Contractor: _____	P.O.: _____
Engineer: _____	
Project Name: _____	Unit Tag: _____

Rev.: 01/22/02 Page 3

- e. Dry contact night setback output for digital night setback thermostats.
- f. Ability to work with heat/cool (Y, W) thermostats.
- g. Ability to work with heat pump thermostats using O or B reversing valve control.
- h. Single grounded wire to initiate night setback, or emergency shutdown.
- i. Boilerless system control can switch automatically to electric heat at low loop water temperature.
- j. Control board shall allow up to 3 units to be operated from one thermostat without any auxiliary controls.
- k. A relay to operate an external damper. The control to be such that the damper WILL NOT open until 30 minutes after the unit comes back from unoccupied mode.
- l. Fan speed selection at thermostat.
- m. A relay to restart a central pump or control a 24V motorized water valve.
- n. Intelligent fan speed selection based upon thermostat demand and/or dehumidistat signal.

Option: LonWorks Control System

Units shall have all the features listed above and the control board will be supplied with a LonWorks interface board. This will permit all units to be daisy chain connected by a 2-wire twisted pair shielded cable. The following points must be available at a central or remote computer location:

- a. space temperature.
- b. leaving water temperature.
- c. discharge air temperature.
- d. command of space temperature setpoint.
- e. cooling status.
- f. heating status.
- g. fan "ON/AUTO" position of space thermostat as specified above.
- h. unoccupied/occupied command.
- i. compressor shutdown (load shedding) command.
- j. emergency shutdown command.
- k. cooling command.
- l. heating command.
- m. fan "ON/AUTO" command.

Field Installed Options

Hose Kits

All units 35.2 kW (120,000 BTUH) and below shall be connected with hoses. The hoses shall be 0.62m (2 feet) long, braided stainless steel; fire rated hoses complete with adapters. Only fire rated hoses will be accepted.

Thermostats

Electromechanical Thermostats

Thermostats shall be single-stage manual change-over with HEAT-OFF-COOL system switch and fan ON-AUTO switch.

Electronic Thermostats

Thermostat shall be single-stage, manual changeover with HEAT-OFF-COOL system switch and fan ON-AUTO switch. Thermostat shall have a LCD display with temperature and setpoint indication selectable for °F or °C. Thermostat shall only require 4 wires for connection.

Thermostat shall be single-stage, manual or automatic changeover with HEAT-OFF-COOL-AUTO system settings and fan ON-AUTO settings. Thermostat shall have a back-lit LCD display with temperature, setpoints, mode, and status indication. The temperature indication shall be selectable for °F or °C. A System Test feature shall be provided to simplify troubleshooting. The thermostat shall provide permanent memory of setpoints without batteries. A fault LED shall be provided. Thermostat shall provide optional extended end of cycle fan operation, outdoor air temperature display, heating setpoint range limit, cooling setpoint range limit, and temperature display offset.

Thermostat shall be multi-stage (3H/2C), manual or automatic change over with HEAT-OFF-COOL-AUTO system settings and fan ON-AUTO settings. Thermostat shall have an LCD display with temperature, set-points, mode, and status indication. The temperature indication shall be selectable for °F or °C. A System Test feature shall be provided to simplify troubleshooting. The thermostat shall provide permanent memory of setpoints without batteries. A fault LED shall be provided. Thermostat shall provide optional extended end of cycle fan operation, heating setpoint range limit, cooling setpoint range limit, temperature display offset, temperature display disable, keypad lockout, dead-band range setting, and inter-stage differential settings. Thermostat shall provide capability to average from 1 to 9 remote sensors. Thermostat shall switch to selectable unoccupied setpoints upon signal from DXM control within unit. The thermostat shall revert to occupied setpoints when the Override key is pressed.

Thermostat shall be 7 day programmable, multi-stage (3H/2C), manual or automatic change over with HEAT-OFF-COOL-AUTO system settings and fan ON-AUTO settings. Thermostat shall have an LCD display with temperature, set-points, mode, and status indication. The temperature indication shall be selectable for °F or °C. A System Test feature shall be provided to simplify troubleshooting. The thermostat shall provide permanent memory of setpoints and program without batteries. A fault LED shall be provided. Thermostat shall provide optional extended end of cycle fan operation, heating setpoint range limit, cooling setpoint range limit, temperature display offset, temperature display disable, keypad lockout, dead-band range setting, and inter-stage differential settings. Thermostat shall provide capability to average from 1 to 9 remote sensors.



LC278

ClimateMaster works continually to improve its products. As a result, the design and specifications of each product at the time of order may be changed without notice and may not be as described herein. Please contact ClimateMaster's Customer Service Department at 1-800-748-9000 for specific information on the current design and specifications. Statements and other information contained herein are not express warranties and do not form the basis of any bargain between the parties, but are merely ClimateMaster's opinion or commendation of its products. The latest version of this document is available at www.climatemaster.com.

Rev.: 04/16/02

Page _____ of _____

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 17.12.1977

Doğum yeri Ankara

Lise 1992-1995 Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi

Çalıştığı Kurumlar

2000-2001 Termo-Isı San.ve Tic.A.Ş.
2002-Devam ediyor Ercan Teknik Ltd.Şti.

