

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139828

EVSEL ISITMADA ISI POMPASI
UYGULAMALARI

-139828-

Seyhan TEZEL

FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Esen BOLAT (YTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Mesut Akgün

Doç. Dr. Galip Temir

İSTANBUL, 2003

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. ISI POMPALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	3
2.1 Isı Kaynağının Tipine Göre Isı Pompası Çeşitleri.....	3
2.1.1 Hava Isı Kaynaklı Isı Pompaları	4
2.1.2 Sıvı Isı Kaynaklı Isı Pompaları	8
2.2 Isı Pompası Sistemleri	11
2.2.1 Hava - Hava Tipi Isı Pompası	11
2.2.2 Hava - Sıvı Tipi Isı Pompası	11
2.2.3 Sıvı - Sıvı Tipi Isı Pompası	12
2.2.4 Sıvı - Hava Tipi Isı Pompası	12
2.2.5 Toprak Kaynaklı Isı Pompası.....	13
3. SIVI-HAVA ISI POMPASI SİSTEMİ.....	14
3.1 Sıvı Isı Kaynaklarının Özellikleri.....	15
3.1.1 Su Miktarı.....	15
3.1.2 Su Sıcaklığı.....	16
3.1.3 Su Kalitesi	16
3.2 Sıvı Isı Kaynaklarının ve Kuyularının Tipleri.....	18
3.2.1 Su Kuyuları.....	18
3.2.2 Su Depoları.....	19
3.2.3 Yeraltı Döngü Sistemleri.....	24
3.2.4 Dönüş Suyunun Atılması.....	35
3.3 Sıvı-Hava Isı Pompası Sisteminin Yapısı	40
4. ISI POMPASI UYGULAMASI.....	48
4.1 Şantiye Binasının Tanıtılması.....	48
4.2 Hesaplama Yöntemi.....	49
4.2.1 Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı.....	49
4.2.2 Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı.....	50
4.2.3 Binanın Isı Kazancı.....	52
4.2.4 Kazanç Kullanım Faktörü.....	53
4.2.5 Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı.....	53

4.3	Ekonomik Analiz.....	56
4.3.1	Isı Pompası Maliyet Hesaplaması.....	56
4.3.1.1	Isı Pompası Kurulumu Süresince Eskalasyon Yüğü.....	56
4.3.1.2	Isı Pompası Kurulumu Süresince Faiz Yüğü.....	56
4.3.1.3	Sabit Yıllık Sermaye Masrafı Yöntemine Göre Hesaplama.....	56
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	63
	KAYNAKLAR.....	64
	EKLER.....	65
Ek 1	Thermia Villa Classic 155 Isı Pompası -Teknik Bilgiler.....	66
Ek 2	Thermia Villa Classic 155 Hesaplanan Değerler, Projelendirme Verileri.....	69
Ek 3	Thermia Villa Classic 155 Maliyet Verileri.....	70
Ek 4	Kumköy Evleri Şantiye Binası.....	71
Ek 5	Kavram Listesi.....	72
	ÖZGEÇMİŞ.....	73



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Standart klima çevrimi	5
Şekil 2.2 Soğutma durumunda hava kaynaklı (hava-hava) ısı pompası sistemi	6
Şekil 2.3 Isıtma durumunda hava kaynaklı (hava-hava) ısı pompası sistemi	7
Şekil 2.4 Soğutma durumunda sıvı kaynaklı (sıvı-hava) ısı pompası-sistemi	9
Şekil 2.5 Isıtma durumunda sıvı kaynaklı (sıvı-hava) ısı pompası sistemi.....	10
Şekil 2.6 Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi.....	13
Şekil 3.1 Sistem su devirleri	14
Şekil 3.2 Göl ve yapay göllerdeki sistemlerde kullanılan kuru kuyu.....	20
Şekil 3.3 Toprak kaynaklı ısı pompasının çalışma sistemleri	23
Şekil 3.4 Kapalı başlıklı dikey kuyu	25
Şekil 3.5 Geri dönüş başlıklı kuyu	25
Şekil 3.6 Tekli yatay serme zemin döngü sistemi.....	26
Şekil 3.7 İkili yatay serme zemin döngü sistemi.....	27
Şekil 3.8 Dörtlü yatay serme döngü sistemi.....	28
Şekil 3.9 Seri akışlı U dirsekli dikey sistem	29
Şekil 3.10 Paralel akışlı U dirsekli dikey sistem.....	29
Şekil 3.11 Dönüş suyunun gölete, ırmağa veya göle boşaltma yöntemi.....	37
Şekil 3.12 Kuru kuyu boşaltım.....	37
Şekil 3.13 İki kuyulu dönüşümlü sistem	39
Şekil 3.14 Yüksek yan bölüm.....	40
Şekil 3.15 Ön ve üst bölümü kaldırılmış yüksek yan bölüm	41
Şekil 3.16 Alçak yan bölüm.....	42
Şekil 3.17 Paneli kaldırılmış dikey tip paket bölüm	44
Şekil 3.18 Soğutucu ve su çevrimleri.....	46
Şekil 4.1 Kumköy şantiye binasına ait toprak kaynaklı ısı pompası sistemi.....	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	55
Çizelge 4.2	160metre'lik sondaj yapıldığında inşaat süresince eskalasyon hesabı.....	57
Çizelge 4.3	160metre'lik sondaj yapıldığında inşaat süresince faiz hesabı.....	57
Çizelge 4.4	160metre'lik sondaj yapıldığında inşaat süresince sabit yıllık sermaye masrafı.....	57
Çizelge 4.5	160metre'lik sondaj yapıldığında lineer azalan yıllık sermaye masrafı.....	57
Çizelge 4.6	160metre'lik sondaj yapıldığında inşaat süresince kredi fazilerinin geri ödemesi durumunda lineer azalan yıllık sermaye masrafı.....	58
Çizelge 4.7	80metre'lik iki sondaj yapıldığında inşaat süresince eskalasyon hesabı.....	59
Çizelge 4.8	80metre'lik iki sondaj yapıldığında inşaat süresince faiz hesabı.....	59
Çizelge 4.9	80metre'lik iki sondaj yapıldığında inşaat süresince sabit yıllık sermaye masrafı hesabı	59
Çizelge 4.10	80metre'lik iki sondaj yapıldığında lineer azalan yıllık sermaye masrafı.....	59
Çizelge 4.11	80metre'lik iki sondaj yapıldığında inşaat süresince kredi fazilerinin geri ödenmesi durumunda lineer azalan yıllık sermaye masrafı.....	60
Çizelge 4.12	610m ² lik serme yapıldığında inşaat süresince eskalasyon hesabı.....	61
Çizelge 4.13	610m ² lik serme yapıldığında inşaat süresince faiz hesabı.....	61
Çizelge 4.14	610m ² lik serme yapıldığında inşaat süresince sabit yıllık sermaye masrafı.....	61
Çizelge 4.15	610m ² lik serme yapıldığında lineer azalan yıllık sermaye masrafı.....	61
Çizelge 4.16	610m ² lik serme yapıldığında inşaat süresince kredi fazilerinin geri ödemesi durumunda lineer azalan yıllık sermaye masrafı.....	62

ÖNSÖZ

Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nda tez çalışmam sırasında desteğini ve yardımlarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Esen BOLAT'a, yine çalışmam sırasında teorik ve pratik bilgilerini esirgemeyen Prof. Dr. Olcay KINCA Y'a, tezimin ekonomik analiz bölümünü oluşturmamda yardımcı olan Yeşil Çizgi firması makina mühendislerinden Raziye Yağlıca'ya ve tezimin şekil kazanmasında beni yönlendiren Arş.Gör. Dr. Fatma Karaca'ya teşekkürlerimi sunarım.

Almış olduğum bitirme tezinin verilmesini sağlayan Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Salih DİNÇER'e ve son olarak aileme teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

İnsanoğlu eskiden beri evinde, işyerinde konforlu bir ısı arayışında olmuştur. Günümüzde, en az masraflı, en konforlu ve çevreye en uyumlu ısıyı ısı pompaları vermektedir. Bu nedenle yeni ısıtma sistemi olarak ısı pompası tercih edilmesi olağandışı değildir.

Isı pompası basit olarak elektrikle beslenen ve ısı enerjisini bir ortamdan diğer ortama taşıyan sistemdir. Isı pompaları genel anlamda ısıyı üretmek yerine taşımaya amaçlar. Bunun için ısının alınacağı bir ısı kaynağına ihtiyaç vardır. Isı pompalarında ısı kaynağı olarak su, hava ve topraktan; ayrıca atık ısıdan faydalanılır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında ısı kaynağı olarak toprak kullanılır. Yıl boyunca sıcaklığı çok değişmez. Bunun yanısıra, kışın ısıtmaya ihtiyaç duyulduğunda toprağın sıcak; yazın soğutmaya ihtiyaç duyulduğunda toprağın soğuk olması amacımıza uygun en önemli özelliğidir. Sistem, dış sıcaklıktan bağımsız hale gelir. Bu özelliğinden dolayı, toprak kışın ideal bir ısı kaynağı iken, yazın iyi bir ısı kaynağıdır.

Bu çalışmanın amacı, ısı pompalarının çeşitlerini inceleyip, bunlardan en uygun olanının bir şantiye ofisine uygulanmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Isı pompası, toprak kaynaklı ısı pompası.

ABSTRACT

Mankind has been searching for comfortable heat for their houses and working places throughout the history. Today, heat pumps provide the most economic, comfortable and adaptive heat to the environment. Therefore, the selection of heat pump for a heating system is not unusual.

Heat pump is an electrical system, which carries heat from one place to another. Since heat pumps aim carrying the heat. They need an energy source to withdraw energy. The energy sources are water, air and soil; waste heat may be also used. Soil is used as heat source in heat pumps. Soil heat doesn't change during the year. On the other hand, being warm when heating is needed in winter and being cold when cooling is needed in summer is the soil's most important property. So the system will be independt of outside heat. Because of this property, soil is an ideal heat source in winter and also a good heat sink in summer.

The aim of this study is to examine various heat pump types and apply the most appropriate one to an office.

Keywords:Heat Pumps, soil is used as heat source.

1. GİRİŞ

Bir klima sistemi ile aynı olan ısı pompasında soğutkan sıvının hal değiştirmesi, ısıyı bir yerden (ısı kaynağı) absorplamak ve başka bir yere (ısı kuyusu) aktarmak için kullanılır. Bu işlem, ihtiyaç olan ısı miktarı aktarım hızını elde etmek için, sıvının ısı kaynağının sıcaklığından oldukça düşük bir sıcaklıkta kaynaması sağlanarak yapılır.

Temel kural, soğutma veya klima sistemlerinde olduğu gibi soğutucunun kaynama noktası ile yoğuşma sıcaklığının kontrolüdür. Kontrol, soğutucuyu buharlaştırıcı sarmalına beslemek amacıyla basınç düşürücü cihazlar ve yoğuşma sıcaklığını ısı kuyusunun sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa çıkarmak için kompresör kullanılarak yapılır. Isı pompalarını anlamak için ihtiyacımız olan tek düşünce farklılığı şudur: sistem, ayrı bir ısı kaynağını soğutma girişiminde bulunur, ısıyı kullanılan ve iklimlendirilecek olan bölgeye atar.

Temel olarak, ısıtma çevrimindeki ısı pompası, ters çalışan bir klima sistemidir. Dış kaynaktan ısı alır ve onu ortama verir. Bu tip bir işlemle sisteme verilen elektrik enerjisi ile üretilen ısı enerjisi önce mekanik enerjiye ve sonunda ısı enerjisine dönüştürülür. Bu ısı enerjisi, dış kaynaktan alınan ısıya eklenir ve tümü kullanılan alana aktarılır. Isıtma durumunda, tüm ısı miktarı kullanılan bölgeyi ısıtmak için kullanılır; soğutma durumunda ise, kullanılan bölgeden ve elektrik enerjisinden alınan ısı dış ısı kuyusuna atılır (Miles,1994).

Isıtma durumundaki ısı pompası sistemi için gerekli olan ısı birçok kaynaktan alınabilir: dış hava, su (yerüstü, yeraltı) veya malzeme atıkları. Tek gereken sistemin ihtiyaçlarını karşılayabilecek kadar ısı enerjisi bulunduran sabit bir kaynaktır. Çeşitli ısı kaynağının kullanımı iki tipte sistemle özetlenebilir: hava ısı kaynağı, su ısı kaynağı. Bugün pazarlanan cihazlar genel olarak dört grupta toplanabilir: hava-sıvı, sıvı-sıvı, hava-hava, sıvı-hava.

Isı pompaları proseteki sıvıların sıcaklığlarının kontrolünde de kullanılır. Isı pompası ısı üreten bir makina olduğuna göre kullanım sahası çok geniş olduğu kuşkusuzdur. Dolayısıyla, ısı enerjisinin gerekli olduğu her hal için düşünülebilir. Yani konut ısıtmasıyla sınırlandırılmamalıdır. Genelleştirilirse, konutlardaki tüm sıcak su ihtiyacını ve ısıtma ihtiyacını; endüstriyel tesislerdeki sıcak su ve ısıtma ihtiyaçlarını, ayrıca belirli bir kapasiteye kadar proses ısısı ihtiyaçlarını karşılayabilir(Miles,1994).

Son yıllarda, ısı pompaları geliştirme programları kloroflorokarbon yerine geçebilecek çevreye uyumlu alternatif akışkanlar üzerine yoğunlaşmıştır. Kapalı kompresör tipi ısı

pompalarında çevrimin gerçekleşebilmesi için soğutucu akışkanlara ihtiyaç vardır.

Bunlardan en yaygın olanları ve kullanım sıcaklıkları aşağıda verilmektedir:

CFC-12 Düşük ve orta sıcaklıklarda ($\leq 80^{\circ}\text{C}$)

CFC-14 Yüksek sıcaklıklarda ($\leq 120^{\circ}\text{C}$)

R-502 Düşük ve orta sıcaklıklarda ($<70^{\circ}\text{C}$)

R-500 Orta sıcaklıklarda ($\leq 80^{\circ}\text{C}$)

HCFC-22 Çoğunlukla tüm tersinir ve düşük sıcaklıklı ısı pompalarında ($\leq 55^{\circ}\text{C}$)

CFC: Kloroflorokarbon

R: Soğutucu akışkan

HCFC: Hidrokloroflorokarbon

Kloroflorokarbon (CFC) yapılarında bulunan klor ve kimyasal kararlılıklarından dolayı atmosfer üzerinde sera etkisi yaratarak ozon tabakasına zarar verirler. 1 Ocak 1989 tarihinde yürürlüğe giren Montreal Protokolü kloroflorokarbon serisi akışkanların üretimine ve kullanımına sınırlandırma getirmiştir. Yayınlanan protokolden üç ay sonra da seksen ülkenin imzası bulunan Helsinki Deklarasyonu'nda CFC'lerin üretimine 1995 yılında son verilmesine karar verilerek, alternatif akışkanların geliştirilmesine başlanmıştır.

Fakat CFC sistemleri yerine geçecek alternatif akışkanlar CFC'lar gibi ucuz, güvenilir olmalıdır ve daha önemlisi ısı pompalarının enerji tasarrufunu sağlayan sistemler olma özelliğini devam ettirmelidirler. Kullanılan sistemler de yeni geliştirilecek akışkanlara göre modifiye edilmelidir.

2. ISI POMPALARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

2.1 Isı Kaynağının Tipine Göre Isı Pompası Çeşitleri

Isı pompaları sınıflandırılırken en önemli etkenin kaynak olduğu görülmektedir. Dolayısıyla önce kaynakların saptanması gerekmektedir. Önsözde de kısaca bahsedildiği gibi kaynaklar arasında hava, göl ya da deniz suyu, kuyu suyu ve toprak sayılabilir. Hatta güneş ışını da ilave edilebilir. Önce kaynakların ne denli güvenilir olduğunu incelenmelidir.

Kuyu suyu hariç diğer kaynakların sıcaklıkları aylara göre oldukça değişmektedir. Kuyu suyundan sonra toprak gelmektedir. Kuyu suyu ile beraber toprak da sıcaklığı negatife geçmeyen kaynağımızdır. Bu özellik ısı pompasının tesir katsayısında oldukça az değişiklik göstermesine sebep olur. Kaynağın sıcaklığının 0°C'nin altına indiği hallerde tesir katsayısı oldukça düşüş göstermektedir. Bu ise buharlaştırıcıda buz oluşumundan meydana gelmektedir. Isı aktarımı açısından buz, iyi bir yalıtkan malzemesi durumuna gelmektedir. Bunun sonucu kaynaktan ısı çekilemez hale gelmektedir. Bu söylenen hava için de geçerlidir. Yani hava sıcaklığı çok değişken bir kaynak olduğundan, ısıya ihtiyaç duyulduğunda istenilen kapasiteyi vermez. Aynı şey deniz suyu içinde geçerlidir. Fakat deniz suyu sıcaklığı bizim dünya enlemimizde bulunan ülkelerde sıfırın altına düştüğü çok nadirdir. Yani deniz suyu ya da göller ısı pompaları için iyi birer kaynaktırlar. Fakat bu kaynakların kullanılabilir olmaları açısından bazı engeller vardır. Güneş ışınımı da bir kaynak olarak sayılmıştı. Gerçekten güneş kollektörü ısı pompasının buharlaştırıcısı için oldukça iyi bir kaynaktır. Bunun yanı sıra güneş kollektörünün bir dezavantajı, bulutlu ve soğuk bir kış gününde gündüz olmasına rağmen ve geceleyin güneş ışınımından fazlasıyla yararlanılmamasıdır(Miles,1994).

Isı pompalarının kaynağına göre yapılan sınıflamada dikkati çeken nokta ısı pompalarının doğrudan ya da dolaylı sisteme sahip olabilmesidir. Dolaylı sistemde, ısı, havadan, sudan veya topraktan alınarak bir ara akışkana (salamura, su, hava gibi akışkana) aktarılır ve sonra buharlaştırıcıya gönderilir. Doğrudan sistemde, ısı doğrudan kaynaktan soğutucu akışkana aktarılır ve soğutucu akışkandan da iklimlendirilecek ortama aktarılır(Miles,1994).

2.1.1 Hava Kaynaklı Isı Pompaları

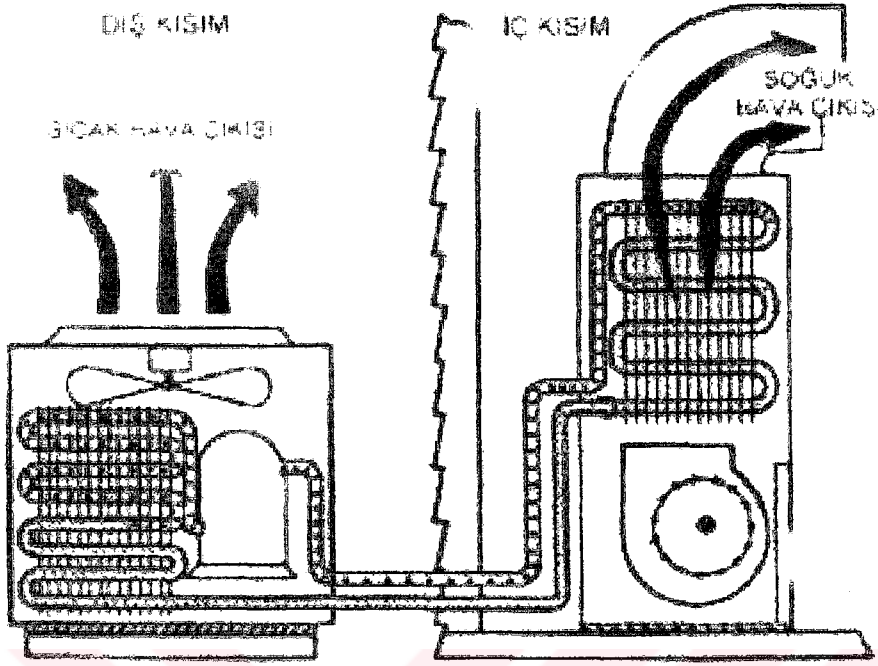
Bir soğutma ya da klima sistemi, ısıyı bir yerden başka bir yere sıvının hal değişimi ile taşır (Miles, 1994).

Isı pompaları soğutucuyu basınç düşürücü cihazdan geçirir ve sonra ısı değiştirici sarmalına aktarılır. Üniteye iki tane sarmal kullanılır (iç ve dış). Her sarmal sistemin işleyiş durumuna göre, buharlaştırıcı ya da yoğuşturucu gibi çalışır. Soğutucu basınç azaltıcı cihazdan geçerken sıvının basıncı ve dolayısıyla kaynama noktası düşer. İstenen ısı aktarım hızının elde edilebilmesi için, ısı değiştiricide soğutulacak ürünün sıcaklığından yeterince düşük olmalıdır. Kaynayan soğutucu ısıyı absorpladığında buharlaşır ve prosesi yeniden başlatmak ve tekrarlamak üzere ısı değiştiriciden dışarı çıkar.

Bu prostedeki ilk adım, buhar üzerindeki basıncı ve ilgili yoğuşma sıcaklığını arttırmaktır. Bu işlem kompresörde veya soğutucu pompasında yapılır. Yüksek basınçlı buhar kompresörden bir başka ısı değiştiriciye beslenir. Burada, yüksek basınçta kızgın buhar, yoğuşma sıcaklığının altında bir sıcaklığa soğutulur ve tekrar orijinal sıvı haline yoğuşur. Proses, sistemin yüksek ve düşük basınç kısımları arasındaki farkı sağladıkça sürekliedir (Miles, 1994).

Şekil 2.1'de soğutucunun basınç düşürücü cihazdan, ısının absorplandığı ısı değiştiriciye (buharlaştırıcı) akışını gösterir. Buhar, buharlaştırıcıdan emme hattından kompresöre geçer. Burada basınç yükselir ya da sıkışma prosesi meydana gelir. Yüksek basınçta buhar daha sonra boşaltma hattından ısının atıldığı ısı değiştiriciye (yoğuşturucu) geçer.

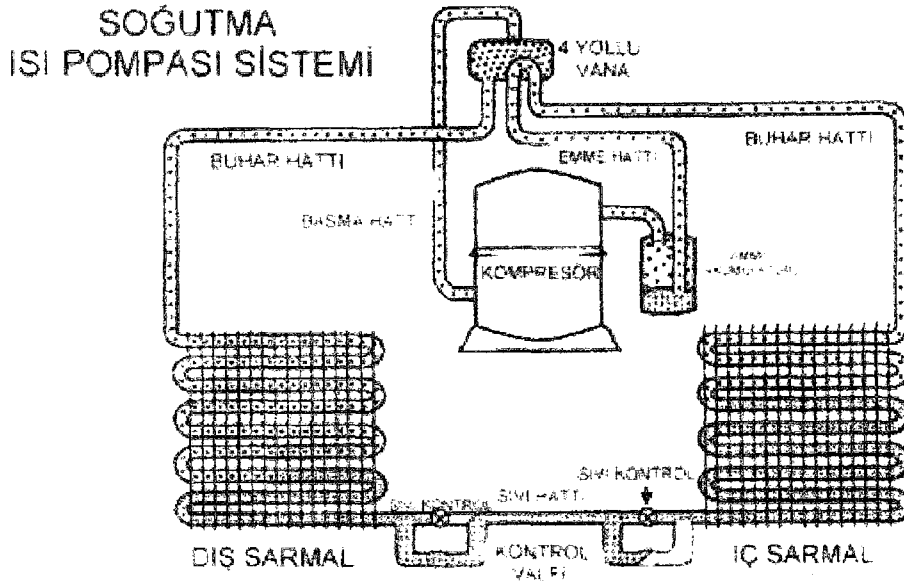
Yoğuşturucuda, yüksek basınçtaki soğutkan buharı yoğuşma sıcaklığının altında bir sıcaklığa soğutularak, sıvıya dönüştürülür. Sıvı soğutkan, yoğuşma sıcaklığının altına soğutulur ya da aşırı soğutulur. Bu işlem, soğutkanın basınç düşürücü cihazdan geçerken sıvı halde kalmasını sağlamak için yapılır.



Şekil 2.1 Standart klima çevrimi (Miles, 1994)

Şekil 2.1'deki sistem ısıyı sadece bir yönde (buharlaştırıcıdan yoğuşturucuya) hareket ettirebilir. Bu çevrim sadece hava-hava ısıtma ısı pompasında kullanılır. Bir sistemden, ısıtma ve soğutma istenirse, soğutucu akışını tersine zorlamak için düzenek gerekir. Kompresörün hareketini tersine çevirmek mümkün değildir. Bu yüzden dört-yollu vana eklenerek kompresörün emme basma bölümlerinin bağlantıları değiştirilir ve soğutucu akışkanın akış yönü ayarlanır (Miles, 1994).

Şekil 2.2'de, dört-yollu vana ve soğutma durumunda olan temel soğutucu çevrimi gösterilmektedir. İç sarmal buharlaştırıcı, dış sarmal ise yoğuşturucudur. İç sarmalda (buharlaştırıcı) alınan ısı ve kompresörü çalıştırmak için gerekli olan elektrik enerjisine karşılık gelen ısı, tüm ısının dış havaya verildiği dış sarmala (yoğuşturucu) akar. İç sarmaldaki buhar kompresörün emme kısmına akar, kompresörün basma kısmındaki buhar dış sarmalına akar.

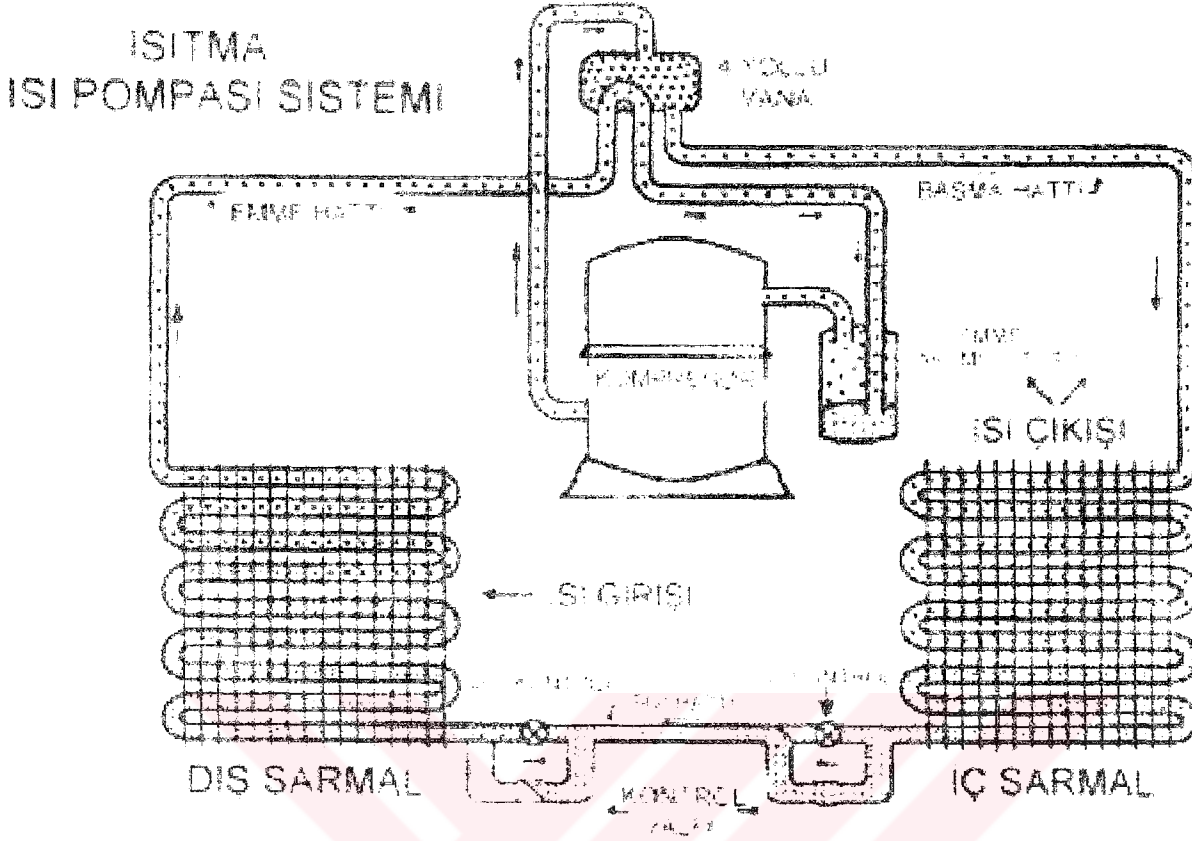


Şekil 2.2 Soğutma durumunda hava kaynaklı (hava-hava) ısı pompası sistemi (Miles, 1994)

Şekil 2.3'te aynı sistemin ısıtma durumunda olan hali gösterilmiştir. Buhar dış sarmaldan (buharlaştırıcıdan) kompresörün emme kısmına ve kompresörün basma kısmından iç sarmala (yoğuşturucu) akar. Klimalandırılacak bölüme verilen ısı, dış havadan alınan ısı ile kompresörün çalışmasında kullanılan elektrik enerjisine eşdeğer ısının toplamına eşittir. Bu sistemin en büyük avantajı, ısı pompasının; kullanılan elektrik enerjisinin ürettiği ısıdan, 2,5 – 3,5 kez fazla ısıyı almasıdır. Isı pompası, kullanılan her kilowatt için direnç ısısından 2,5-3,5 kat fazla ısı üretir. Bu durum performans katsayısı (COP) ile tanımlanır

Sistem ısıtma soğutma durumlarında farklı sıcaklıklarda işlediğinde farklı basınçlar sağlanır. Şekil 2.2 ve 2.3'deki sistemlerde iki basınç düşürücü cihaz gösterilmektedir. Her sarmal, buharlaştırıcı olarak çalıştığında, kendisine uygun basınç düşürücü cihazla işlem görür (Miles, 1994).

Sarmal yoğuşturucu olarak kullanıldığında, basınç düşürücü cihazı devre dışı bırakmak için bir kontrol vanası yerleştirilir. Isıtma durumundaki sistemde iç ısı değiştirici, yoğuşturucudur; ve ona uygun olan basınç düşürücü cihaz kullanılmaz. Sıvı soğutkan, basınç düşürücü cihazın etrafındaki paralel kontrol vanası devresinden sıvı hattına akar. Sıvı soğutkan, dış sarmala ulaştığında (buharlaştırıcı) kontrol vanası kapanır ve sıvı soğutkan basınç düşürücü cihaza gönderilir. Basınçta ve kaynama noktasında istenen azalma sağlanmış olur.



Şekil 2.3 Isıtma durumunda hava kaynaklı (hava-hava) ısı pompası sistemi (Miles, 1994)

Soğutma durumunda, dış sarmal bir yoğuşturucudur. O yüzden ona uygun basınç düşürücü cihaza gerek yoktur. Sıvı soğutkan, kontrol vanasından basınç düşürücü cihazın etrafında sıvı hattının içinden iç sarmalın basınç düşürücü cihazına akar. Burada kontrol vanası kapalıdır ve sıvı soğutkan basınç düşürücü cihazdan akmaya zorlanır. İstenen basınç düşüşü sağlanır, ısı absorplanır ve sarmaldan geçen (buharlaştırıcıdan) hava soğutulur. Buradan, kontrol vanalarının istenen sonuçların alınmasında çevrimin çok önemli parçaları olduğu anlaşılır (Miles, 1994).

Şekil 2.2 ve 2.3'de soğutkan devresine katılan güvenlik cihazı gösterilmektedir. Döndürme vanası ile kompresör emme girişi arasında emme hattına akümülatör olarak adlandırılan bir cihaz yerleştirilir. Bu cihaz, kompresörden veya buharlaştırıcı sarmalından soğutkan akışını engellemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu koruma, çevrim sona erdiğinde veya sistem düşük dış sarmal çalıştığında kritiktir.

2.1.2 Sıvı Kaynaklı Isı Pompaları

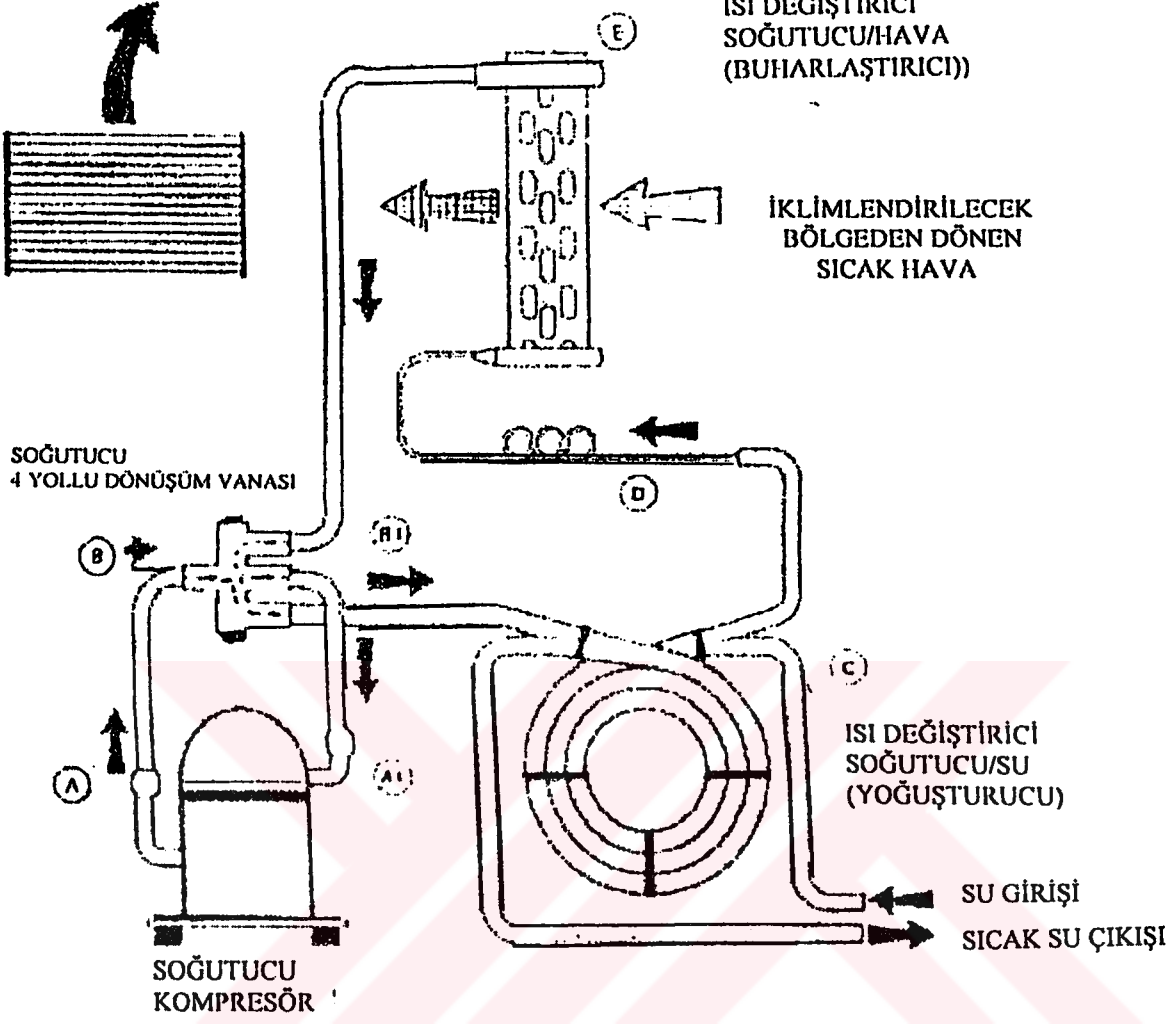
Sıvı kaynaklı ısı pompasında, çift borulu ısı değiştirici kullanılır. Isı kaynağı herhangi bir sıvı olabilir (örneğin; bir antifriz su karışımı, ancak en çok kullanılan sıvı sudur). Su genellikle bir yeraltı kaynağından pompalanır ve tekrar yeraltına verilir; merkezi bir beslemeden de olabilir ve bir kuru kuyuya ya da atık sistemine de verilebilir.

şekil 2.4'de sıvı kaynaklı ısı pompasının soğutkan devresi gösterilmektedir. İ sarmal, havanın iyileştirilmesi için kanatçıklı bir sarmaldır. Dış sarmal ise, su ile soğutkan arasındaki ısı aktarımı için eşeksenli çift borulu bir ısı değiştiricidir. Soğutkan devre her ne kadar "dış" dense de aslında sarmal donmayı engellemek için klimalandırılan ortamda ya da ayrı bir bölümde bulunur.

Isıtma ve soğutma durumlarında, pratikte aynı emme ve basma basınçları ile hem ısıtma hem de soğutma durumlarında, genelde aynı basınç düşürücü cihaz kullanılır. Soğutkan akışının kontrolü için kontrol vanasına ihtiyaç yoktur. İstenen ısıtma veya soğutmanın sağlanabilmesi için, soğutkanın akış yönünün kontrolünde dört yollu vana kullanılır.

şekil 2.4'de soğutma durumu için sıvı-hava sistemi gösterilmektedir. Isı iç sarmalda (buharlaştırıcıda) tutulur ve soğutkan buharı üretilir. Buhar, (B1) vanasından kompresörün emme girişine (A1) gelir. Kompresörde sıkışan sıcak yüksek basınçlı buhar, kompresörü (A) terk eder ve dört yollu vananın yüksek basınç bağlantısına (B) gelir. Vanadan geçen sıcak yüksek basınçlı buhar, çift borulu ısı değiştiricinin dış boru bağlantısına gelir. Buhar ısı değiştiriciden geçerken, ısı iç borudan akan sıvıya verilir. Daha yüksek ısı aktarımı verimi için, soğutkan akışı ve sıvı akışı zıt yönde olmalıdır. Sıcak soğutkan buhardan ısı alındıkça, buhar ısı değiştiriciyi (yoğuşturucuyu) terk etmeden önce yoğuşturulur ve aşırı soğutulabilir(Miles,1994).

İKLİMLENDİRİLECEK BÖLGEYE
VERİLEN SOĞUK HAVA



Şekil 2.4 Soğutma durumunda sıvı kaynaklı (sıvı-hava) ısı pompası sistemi (Miles, 1994)

Aşırı soğutulmuş sıvı soğutkan daha sonra basınç düşürücü cihazdan akar. İstenilen ısı aktarım hızını sağlamak için, soğutkanın basıncı ve kaynama noktası havanınkinden oldukça aşağı bir sıcaklığa düşürülür. Sıvı soğutkan ısıyı absorplar, buharlaşır ve proses tekrarlanır. Çalışma, basınçlar arasındaki farkı sağlamak için kompresör çalıştığı sürece proses sürekli (Miles, 1994).

Şekil 2.5, sıvı-hava sistemi ısıtma durumunda gösterilir. Dört yollu vana soğutkan buharının akışının yönünü döndürmek için kullanılır. Çift borulu ısı değiştirici şimdi buharlaştırıcı olarak kullanılır; ısıyı borudaki sudan absorplar. Soğutkan buhar kompresöre dört yollu vananın orta ve alt bağlantılarından akar, kompresörün orta bağlantısından ve kompresörden

2.2 Isı Pompası Sistemleri

2.2.1 Hava - Hava Tipi Isı Pompası

Düşük sıcaklıktaki ortamlarda bile ısı bulunur. Ancak sadece 10°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtma için yeterli enerji elde edilebilir. Hava sıcaklığının değişim aralığının yüksek olması sistemin kararlılığını kötü etkiler. Havalandırma sonrasında, ev içi ısını 20°C'ye getirebilmek için enerji harcanır. Bu amaçla kullanılan bir hava kaynaklı ısı pompası, dış havadan evin içindeki havaya ısı taşır. Bu teknik, ısının küçük evlerde, küçük ofislerde ve işyerlerinde kullanılması için uygundur. Hava kaynaklı ısı pompası ile sıcak su üretilmez. Buna karşın, tersine çevrilip klima gibi kullanılabilir. Sistemde taze hava kullanılmaz. Ev içindeki havadan yararlanır. Bu nedenle havalandırma, başka bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Havalandırma, kullanışlı bir vantilatör sistemiyle tamamlanabilir. Dolayısıyla bu sistem(hava kaynaklı ısı pompası) evdeki havalandırmayı artırır. Bu da genellikle, küf, rutubet gibi bazı kokuları giderir (Miles, 1994).

2.2.1 Hava - Sıvı Tipi Isı Pompası

Isı pompasına artan ilgiyle birlikte bu endüstrinin çeşitli yan ürünleri geliştirildi. Bu yan ürünlerden biri de, soğutma ilkesi temelinde kullanım suyunun ısıtılmasıdır. Böyle bir ürün ile ilgili ilk çalışma 1960 yılında Milwaukee, Wisconsin'de oldu. Su ısıtıcısı ile birlikte kullanılmak üzere soğutma yapan bir şirket tarafından geliştirildi. Ancak, elektrik enerjisi ucuzdu ve soğutma sistemleri yoluyla yapılan tasarruf, yatırım için yeterince ilgi görmedi. O dönemde ısı pompası endüstrisi gelişme gösteremedi.

Artan elektrik enerjisi fiyatlarıyla, ısı pompası endüstrisi de hızla gelişti ve ürünün gelişmesine yardımcı oldu. 1986'da gaz aletleri üreticileri birliği tarafından onaylanan "Su Isıtıcıları Verim Oranı Artışları Tüketici Rehberi" basıldı. Dokuz üretici, 86 marka "tanksız su ısıtıcısı ısı pompası", altı üretici ise 119 marka " tanklı hava ısıtıcısı ısı pompası" pazarladı. Üreticiler pratik olarak, 197,6-220,4 litreye kadar kapasiteli tanksız su ısıtıcısı ısı pompaları üretir. COP değeri 2.0-2.9 arasındadır. Tanklı su ısıtıcısı ısı pompaları, 190-456 litreye kadar 4 boyutta tank kapasiteli olarak üretilir.

Bu endüstri gelişmeye devam etti. Su ısıtıcısı ısı pompaları, yüzme havuzu gibi yerleri ısıtmak için kullanıldı ve büyük bir endüstri oldu. Bir çok benzersiz uygulama geliştirildi,

özellikle açık yüzme havuzlarında uygulandı (Miles, 1994).

2.2.2 Sıvı - Sıvı Tipi Isı Pompası

Isı pompalarının diğer bir yan ürünü, sıvı kullanan soğutma sistemleriyle ticari ya da evsel kullanım suyun ısıtılmasıdır. Isı sıvıyla ekonomik olarak taşınabilir; bu ise sıvıdan-sıvıya ısı pompası ile sağlanabilir. Yeterli suya ulaşıldığı yerlerde su, içilebilir suyu ısıtmak için ısı enerjisi kaynağı olabilir. Kuzey Florida'daki gibi tuzsuz yer altı suyu, kanalizasyon sistemindeki su ya da restoran mutfaklarındaki ve işyeri çamaşırhanelerindeki sıcak su bile ısı kaynağı olabilir. Bazı üniteler ise deniz suyu için tasarlanır. Isı pompası devre dışı kaldığında, sistemin devam etmesi için acil kaynak olarak elektrikli cihazlar kullanılabilir. Sıvı-sıvı ısı pompaları 3 kategoride sınıflandırılabilir: evsel, ticari yerler ve marinalardır. Bu ısı pompaları özel uygulamalar için de kullanılabilir (Miles, 1994).

2.2.3 Sıvı - Hava Tipi Isı Pompası

Isı pompalarında yıl boyunca sabit sıcaklıkta olan ısı kaynakları tercih edildiğinden aşırı sıcaklık dalgalanmalarının olduğu bölgelerde, daha iyi ısı kaynağı arayışları olmuştur. En çok yıl boyunca sabit sıcaklıkta olan ısı kaynağı tercih edilir.

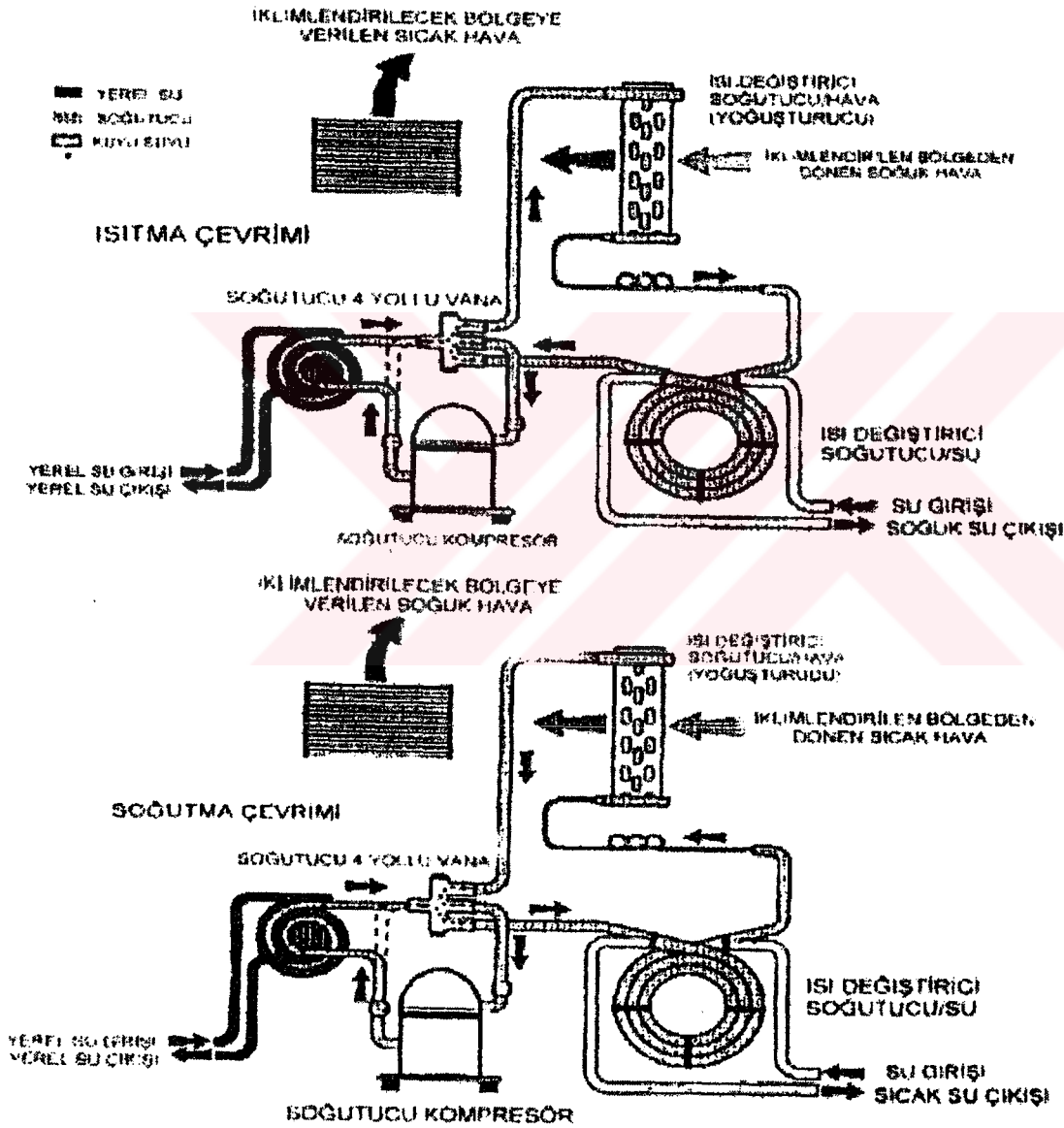
Bunun gibi yerin 15 metre ve altındaki yer altı su kaynaklarının sıcaklığı çok az değişir. Uygun kaynakların olduğu bölgelerde su, ısıtmada ısı kaynağı, soğutmada ise ısı kuyusu olarak kullanılabilir. Ortalama sıcaklık seviyelerindedir. Bundan yararlanmak için, sıvı-hava ısıtma ve soğutma ısı pompaları geliştirilmiştir. Bu tip ısı pompalarında yeraltı suyunu kullanmak için çeşitli yollar geliştirilmiştir: açık ve kapalı devir su kuyuları, gömülü kapalı döngüler ve su depoları (Miles, 1994).

Sıvı-hava ısı pompalarını boyutlandırma kuralları hava-hava ısı pompalarınınki ile aynıdır:

1. Birim soğutma yükünü karşılayabilecek kapasitede olmalıdır.
2. Isı pompası sisteminin bozulması durumunda, sisteme tüm ısı kaybını karşılayabilecek yeterli ek ısı dahil edilmelidir.
3. 41°C ve 43.5°C sıcaklıklarında hava beslemesine rağmen hava dağıtım sisteminde çekim olmamalıdır.
4. Kurma, boşaltma ve besleme, en iyi endüstri uygulamaları ile uyum içinde olmalıdır.

3. SIVI-HAVA ISI POMPASI SİSTEMİ

Şekil 3.1’de sıvı-hava ısı pompasının bölgesel sıcak su ısı değiştiricisinin de içinde bulunduğu ısıtıcı ve soğutucu akış çevrimi gösterilmektedir. Isı değiştirici, kompresör çıkışı ve dönüşüm vanası ile sıcak gaz hattı arasına yerleştirilir. Kompresörden çıkan soğutkan hem ısıtmada hem de soğutmada, sıcak su ısı değiştirici içinden akar. Bu ısı değiştirici, kızgın soğutkan buharının sıcaklığını düşürmek için yoğunlaşmış sıvı oluşumuna neden olmayacak miktarda ısı çekmek için boyutlandırılır. (Miles,1994).



Şekil 3.1 Sistem su devirleri (Miles, 1994)

Sıvı-hava ısı pompası sisteminin önemli bir özelliği, evsel suyu atık su ile ısıtılabilmesidir. Bu, özellikle yazın ısı pompası soğutma durumundayken klimalandırılan ortamdan ısı alınıp

çevreye atıldığında istenen bir uygulamadır. Atık ısının bir kısmı geri kazanılarak evsel suyun ısıtılmasında kullanılır.

3.1 Sıvı Isı Kaynaklarının Özellikleri

Isı pompaları uygulamalarında sudan başka farklı sıvılar da kullanılır (glikol-su çözeltisi gibi). Isı kaynağı çoğunlukla yeraltı sularıdır. Burada yeraltı suları ve gömülü olan borulardaki ısı kaynakları hakkında bilgi verilecektir. Yeraltı suları altı farklı yöntem ile ısı kaynağı olarak kullanılır.

- Depolanmış su,
- Gömülü kuyu - yüzeye geri dönüşümlü,
- Gömülü kuyu - gömülü kuyuya geri dönüşümlü,
- Yeraltında yatay boru döngüsü,
- Yeraltında dikey boru döngüsü,
- Güneş enerjisinin depolanması,

Isı kaynağını seçmeden önce pekçok faktör belirlenmelidir. Bu faktörlerin en önemlileri aşağıda belirtilmiştir.

- Isı pompası için gerekli olan su miktarı dakikada 3,8 litredir. Bu, kaynak olarak seçilen suyun sıcaklığına ve birimin boyutuna bağlıdır.
- Seçilmiş olan suyun, sıcak sezon ve soğuk sezon için tepe değerleri belirlenmelidir,
- Kullanılabilir suyun kalitesi belirlenmelidir.

Bu üç faktör, su kaynağı seçilirken olduğu kadar atma yöntemi seçilirken de gözönüne alınmalıdır.

3.1.1 Su Miktarı

Isı pompasına dakikada gelen ve istenen suyun m^3 cinsinden miktarıdır. Bu, besleme suyunun sıcaklığına ve ünitenin boyutuna bağlıdır. Bütün ısı pompası üreticileri destek sisteminin boyutlandırılmasında kullanılması için, suyun özelliklerini literatürlerinde listelerler. Eğer,

ünite için gerekli olan suyun asıl oranlandırılmış nitelikleri bilinmiyor ise, her $1,26 \cdot 10^3$ kJ ısıtma kapasitesi için dakikada 11.4 litre ya da her $1,26 \cdot 10^3$ kJ soğutma kapasitesi için dakikada 14.44 litre kullanılabilir. Eğer besleme suyu ile yerel su aynı kaynaktan alınıyorsa, binanın ve ısı pompasının istediği suların özellikleri kontrol altına alınmalıdır (Miles, 1994).

3.1.2 Su Sıcaklığı

Bu sıcaklık, ısıtma ve soğutma dönemi için maksimum gereksinimler süresince bulunan besleme suyunun sıcaklığıdır. Sadece Amerika'nın kuzey bölgelerinde nadir bulunan (-12.5°C 'a kadar düşük sıcaklıktaki) besleme suyu, ısıtma çevriminde eşekslenli ısı değiştiricinin içinden aktığından, belirli sistemler için cihazın tipini seçerken gözönüne alınmalıdır. Bazı üreticilerin sattığı üniteler -12.5°C 'den daha düşük sıcaklıktaki su ile çalışmaktadır ve eşekslenli sarmalda 0°C 'nin üzerinde kaynama noktası meydana getirmek için yeterli ısı aktarımı gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu ünitenin, suyun donma noktası sıcaklığına çok yakın çalışması durumunda, sarmal zarar görür. Ekipmanı en iyi şekilde korumak için, bu bölümde kaynama noktasının 0°C 'nin altında olmaması gerekmektedir. Eğer su kaynağı göl, buhar ya da gömülü su ise aşırı dikkat gösterilmelidir.

Sıvı soğutkan ısı değiştiricinin içinden akarken suyun sıcaklığı -9.5°C 'den 15°C 'ye çıkacaktır. Dönen suyun sıcaklığının kaynak suyunun sıcaklığını etkilememesi için üstteki ya da alttaki zemin su depolarının yeterli uzaklıkta olması gerekmektedir (Miles, 1994).

3.1.3 Su Kalitesi

Tüm sular bir miktar mineral madde ve kirlilik içerir; bunlar ısı pompasının performansını etkileyebilir. Su içilebilir ise, bu su, ısı pompası için uygun bir besleme suyudur, içilemiyorsa özel bir su temizleme işlemi gerektirebilir. Su, kum ya da başka parçacıklar içeriyorsa, ısı değiştirici sarmalının aşınmasını ve su akış kontrol vanalarında oluşacak pislikleri önlemek için filtre kullanılmalıdır. Suyun korunması için, dolayısıyla suyun elde edildiği kaynağın tekrar doldurulması için su çekme cihazı tasarlanmalıdır.

Su kalitesinin en ciddi etkisi, suyun içindeki mineral seviyesinin ısı değiştiricinin performansına etkisidir. Su devresinde, mineral kirliliğin değişiminin etkisini en aza indirmek için ilk adım, bakır-nikel su devresi kullanmaktır. Bakır-nikel yüzeyi mineralleri yakalamak ve tutmak için bakırdan daha az bir özelliğe sahiptir. Bu boruların kullanılmasının tek sebebi

de bu değildir. Bakır ve nikelde oluşan su çökeleği çözeltisindeki, boru ve vanaların iç yüzeyindeki mineral artışı, kirliliğe sebep olacaktır. Kirlilikteki artış, boru içinden akışa karşı olan direnci artırır ve ısı değiştiricinin verimini azaltır. Eğer hiçbir şey yapılmaz ise borular tıkanır ve doğal olarak akış durur. Doğrudan alınan suda normal olarak bulunan mineraller ölçüğe biçim verir. Bunlar; suyun içindeki karbondioksitten suyun içine süspansiyon yapılırlar. Eğer suyun sıcaklığı aşırı artıyorsa ya da sudaki basınç düşüyorsa, çözeltiden serbest bırakılan mineraller ve karbonat kirliliği artacaktır (Miles, 1994).

Minimize ölçek ilgisi için 2 önemli şey olmalıdır.

- Su basıncının korunması
- Sıcaklık artışının sınırı

Su basıncının korunması: Devredeki suyun basıncını korumak için bütün kontroller, kapama vanaları v.s. devrenin akış kenarına yerleştirilmelidir. Eğer düzenleme sistemi, akış düzenleme sistemi gibi olursa basıncın düşmesine neden olur. Bu sebeple sistemin dönüş tarafına, yavaş hareketli motorlu vana yerleştirilmelidir. Devredeki basınçta hiçbir fazla basınç değişikliği olmadan yavaş hareketli motorlu vana, basıncı sabit tutar.

Sıcaklık artışının sınırı: Isıtmada, suda yapılan küçük bir ısı değişimi, kirlilik bilgisinde küçük bir etkiye sebep olacaktır. Soğutma sistemleri için de bu kurallar uygulanır. Soğutmada sıcaklık artınca ısı suya eklenir, bu aynı zamanda sudaki mineralleri tutma kabiliyetini artırır. Kirlenmeyi minimuma indirmek için suyun sıcaklığındaki artış -7°C 'yi aşmamalıdır (Miles, 1994).

Sistemde, su ile birlikte alınan bileşikler tarafından, borular, vanalar, ayarlar, vs. gibi parçalar aşınır, erir ve korozyona uğrar. Bunlar, asidik ve bazik olabilir. İkisi içinde borularda aynı etki görülür. Yeraltı suyu çok koroziftir. Korozyona karşı korumak için iki şey yapılmalıdır (Miles, 1994).

- Bakır-nikel sıvı-soğutucu ısı değiştirici kullanılmalıdır.
- Korozyona uğramaması için boru bağlantı ve bağlantı elemanları PVC ve polibütilen olmalıdır.

Galvanik hareketler ise başka bir korozyon sebebidir. Yabancı materyaller katıldığında elektiriksel enerji aktarımı sebebiyle borularda metal yıkımı gözlenir. Bu sebepten dolayı

demir ve galvaniz boru ve bağlantı elemanları kullanılmalıdır. Tercih edilen malzemeler PVC polibütülen, polietilendir. Eğer metal kullanmak zorunlu ise bakır tercih edilmelidir (Miles, 1994).

Borularda oluşan kabuk, portakal kahverengi çamurlu tortunun takviyesidir. Demir bakterileri kabuklanmaya sebep olur ve ısı aktarımının düşmesine neden olur. Demir bakterilerini en aza indirmek için, sabit hat basıncı ve kapalı sistem yardımcı olur. Eğer suyun içinde demir bakterileri var ise, çevrimdeki su döngüsü ve boru döngüsü periyodik olarak temizlenmeli, kontrol edilmelidir. Fosforik asit, demir bakterilerinin tortularını bir çubuk gibi alarak ortamdan uzaklaştırır. Ancak her bakım, boruda korozyona neden olacaktır. Eğer demir bakterileri var ise, maksimum boru ömürlü bakır-nikel sarmallar kullanılmalıdır. Bütün kurulumlarda, en güvenlisi bakır-nikel kullanılmasıdır (Miles, 1994).

3.2 Sıvı Isı Kaynaklarının ve Kuyularının Tipleri

3.2.1 Su Kuyuları

Su kuyuları, açılan kuyular ya da jeotermal kuyular olabilir. Bina ısıtmak amacıyla jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı olarak faydalanılır. Jeotermal kaynağın doğrudan kullanıldığı ısıtma sistemlerinde, bir eşanjör vasıtasıyla jeotermal suyun ısı bina ısıtma tesisatı su devresine aktarılır. Bu tip bir uygulama için jeotermal suyun sıcaklığı 80°C civarında olmalıdır. Bu yüzden sıcaklığı 50°C'nin altındaki kaynaklar böyle bir uygulama için elverişli değildir. Fakat bu kaynaklardan ısı pompası yardımıyla yararlanmak mümkündür. Bunun için bir su-su ısı pompasının buharlaştırıcısında düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaktan ısı absorbe edilip yoğunlaştırıcısında bina ısıtma tesisatı için sıcak temiz su üretilir. Bu tip sistemler "Jeotermal Isı Pompası" olarak adlandırılır. Sonuç olarak jeotermal ısı pompaları düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynakların bina ısıtmada kullanılmasına imkan sağlayan sistemlerdir (Öztürk, H.K. ve Hepbaşı, A, 2000).

Jeotermal kuyularda suyun sıcaklığı derinliğe göre değişmektedir. Sıcaklık değişimi aşağıdaki gibidir.

$$T = 13.6 + 3.5 (H-32)/100 \quad T=\text{sıcaklık (}^{\circ}\text{C)}; \quad H=\text{derinlik} \quad (3.1)$$

(3.1) bağıntısından anlaşıldığı gibi bir jeotermal kuyudan daha sıcak su elde etmek için daha derine inmek yerine yüzeye daha yakın yerlerde bulunan düşük sıcaklıktaki jeotermal suyun

sıcaklığını bir ısı pompası ile yükseltmek daha ekonomik olabilir. Isı pompasının ilk maliyetinin, jeotermal kuyunun maliyetinin 1/3'ü kadar olduğu bilinmektedir.

Jeotermal kaynak sıcaklığının, kuyu derinliğine göre değişimi için literatürde farklı bağıntılar mevcuttur. 3.1 bağıntısından farklı olarak Niess aşağıdaki eşitliği vermektedir.

$$T = 12.8 + 27.4 \times Z \quad \dot{T}=\text{sıcaklık (}^{\circ}\text{C)}; \quad Z=\text{derinlik (km)} \quad (3.2)$$

Evsel ısıtmada jeotermal suyun doğrudan kullanılabilmesi için sıcaklığının 80°C civarında olması gerektiği göz önüne alındığında, (3.2) bağıntısına göre kuyu derinliğinin yaklaşık olarak 2400 metreden fazla olması gerekir. Fakat 35°C sıcaklık için ise yaklaşık 810 metre civarında bir kuyu derinliği gerekmektedir. Aradaki fark kuyu maliyeti açısından önemlidir. Bu nedenle yukarıda belirtildiği gibi maliyeti azaltmak için jeotermal ısı pompası kullanılabilir (Öztürk, H.K. ve Hepbaşlı, A, 2000).

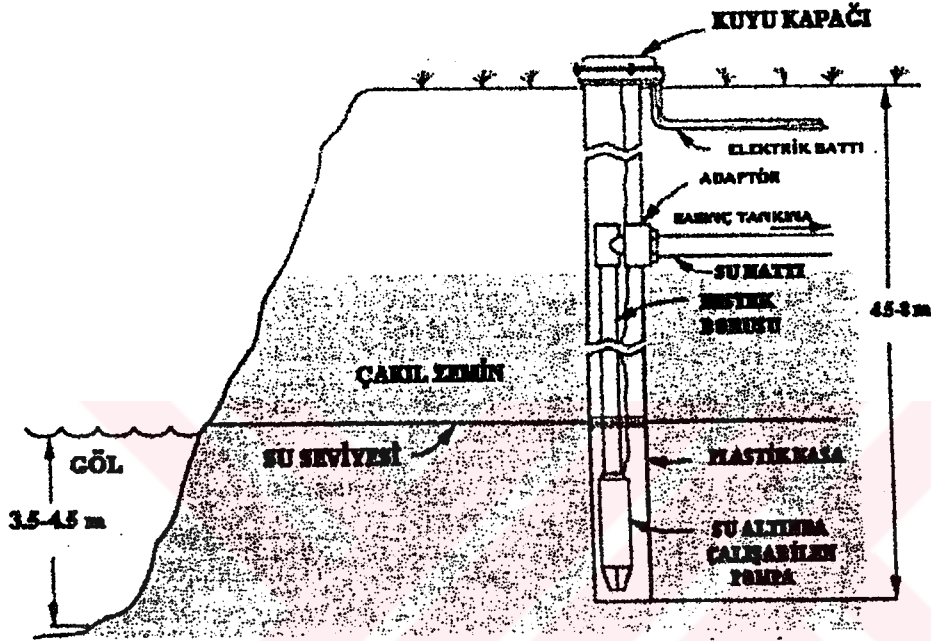
Niess tarafından yapılan bir çalışmada bu konu detaylı olarak incelenmiştir. Daha derin kuyulara alternatif olarak ısı pompası kullanılabilir. Niess çalışmasında, 915 metre derinliğinde, 20 l/s debi ve 38°C sıcaklıktaki bir jeotermal kaynaktan ısı pompası ile ısı absorbe ederek 74°C'de 28 l/s debide sıcak temiz su elde edilmiştir. Eğer jeotermal su doğrudan olarak kullanılsaydı eşdeğer ısı yükü için 76°C sıcaklık, 28 l/s debiye sahip 2347 metre derinlikte bir kuyu kullanılması gerekirdi. Bu iki durum için ekonomik analiz yapıldığında, ilk yatırım maliyeti için ısı pompasının %65 daha ekonomik, işletim maliyeti için ise %88 tasarruf sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Buraya kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuç; bina ısıtmada jeotermal ısı pompası kullanımı, derin kuyulardan elde edilebilen sıcak jeotermal sıcak suyun doğrudan kullanımına göre çok daha ekonomiktir (Öztürk, H.K. ve Hepbaşlı, A, 2000).

3.2.2 Su Depoları

Soğutma ve ısıtma için göller ve yapay göller ucuz kaynak sağlarlar. Suyun, gölün ve yapay gölün dibinden çekilip, doğrudan kullanılması tavsiye edilmez. Algler, bulanık su, sıvı-soğutucu ısı değiştiricisini bozar. Burada, filtrasyondan başka bir sistem kullanılır. Yapay ve doğal göllerin su kaynağı olarak kullanılması için, bunların yanında kuru kuyu kullanılmalıdır. Şekil 3.2 su kaynağı boyunca yerleştirilmiş kuru kuyudan su çekmek için kullanılan, gömülebilir pompa kullanımını gösterir. Çukur, göldeki su basıncından dolayı

göçmeye sebep olmayacak şekilde 4.5 metre-6 metre genişliğinde, suyun gövdesine yakın olarak kazılmalıdır. Suyun kuyuda yükselmesini önlemek için, kuyu yeterli derinlikte kazılmalıdır. Minimum standartlarda, çukurun en altı, göl ya da yapay göldeki alçak su seviyesi 4.5 metre-6 metrenin üstünde olmalıdır. Çakıl ile kasa etrafında yerleştirilen geri doldurma sıralı delikli plastik kasa, çukur kazıldığında kurulur. Su kalitesini arttırmak için, çakıl yatağı süzgeç görevi görecektir (Miles, 1994).



Şekil 3.2 Göl ve yapay göllerdeki sistemlerde kullanılan kuru kuyu (Miles, 1994)

Bir göl yakınında açılan bir kuyudan su sağlamak için bir sistem kurulduğunda aşağıdaki kurallar izlenmelidir:

1. Her $5,26 \cdot 10^4$ kJ soğutma ısı pompası için gölün yüzeyi en az 12.000 m^2 olmalıdır. Soğutulacak yüzey alanının m^3 olarak iki katı, su kaynağının boyutunu bulmak için başka bir yoldur.
2. Ortalama derinlik, bazı alanlardaki su derinliği 4.5 metre ve üstü, bazı alanlarda ise 1.5 metre ve üstü olan alanlar olmalıdır.
3. Dalgıç pompa kullanılmalıdır. Pompalanan sıvı miktarı kapasitenin üstünde ise elektriksel enerji kullanan, jet pompası ve emici pompa kullanılmalıdır.
4. Birim için gereken su miktarına göre boyutlandırılmalıdır. Üreticilerin hesaplamalarına göre, su sıcaklığı ve diğer etkenlere bağlı olarak istenilen suyun GPM'ine kapasitesini karşılayacak şekilde olmalıdır.

5. Basınç tankında, sabit besleme basıncı kullanılmalıdır. Sadece pompa kullanılması kararsız sistem gibi çalışmasına neden olur ve kirlenmeyi yükseltir. Besleme tankında pompayı çalıştırmak için basınç kontrol cihazı kullanılır. Bu bölüm, kirlenme yaparak pompa devresinde problemlerin artmasına neden olacaktır.
6. Sistem içinde sürtünmeden dolayı kaybolan basıncı karşılamak için besleme ve dönen su boru sistemi çok önemlidir. Eğer besleme su sistemi, 60 metre uzunluğunun üstünde olmak zorunda ise özellikle önemlidir.
7. Bütün boru hatları, göl ve yapay gölün minimum su seviyesinin altında olmalıdır. Bu, su pompası sistemi dolduran kadar çevrimin içinden suyun çekilmesini ve baştaki besleme suyunun kaybolmasını engelleyecektir. Su hatları, soğutucu hatların altında kurulmalıdır.
8. Geri dönen boşaltma hattı yeri, kuru kuyu yerinden en az 30 metre uzaklığa yerleştirilmelidir. Metal boru hattı bu uygulamada kullanılmamalıdır.
9. Özellikle donmanın olduğu soğuk bölgelerde en iyi süzülme sağlanmak için dönüş hattı en az 3 metre 60 cm yükseklikte eğimli olacak şekilde kurulmalıdır. Bu soğutucu hattı üzerinde ve dönüş hattı sonunda buzun birikmesini en aza indirecektir.
10. Dönüş hattı sonundaki boşaltma hattı borusunda, suyun birikmesini ve donmasını engellemek için, yüksek su seviyesinin yeterince üstünde kurulmalıdır.
11. Çekimli süzülme sisteminin uygulanamadığı yerel hava koşullarının bulunduğu yerde, göl ve yapay göllerdeki alçak su seviyesinin altında standart plastik boru kurulur ve su kaynağının içinden dönen suyu taşımak için soğutucu hat kullanılabilir.

Buzla kaplı yapay göllerin dibinde, su donma sıcaklığı düşebilir (2.5°C ile 3.5°C). Bu da standart sıvı-hava ısı pompaları için çok soğuktur. Standart bölümler, minimum besleme su sıcaklığının 7.5°C ve üstünün olduğu sıcaklıklara göre tasarlanmıştır (Miles, 1994).

Isının taşınması sırasında ısı pompasında üç ana alt sistem gözlemlenir (Hepbaşlı, A ve Ertöz, A, Ö):

- a) Bina ile yer bağlantısı içinde dolaşan akışkanı taşımak için bir ısı pompası.
- b) Akışkan ile yer arasındaki ısıyı aktarmak için bir yer bağlantısı (toprak – su ısı

değiştiricisi).

c) Binayı ısıtmak için veya soğutmak için gerekli olan alt sistem.

Aynı zamanda bu sistemlerde binanın sıcak su ısıtıcısını desteklemek için bir düzenek (süper olmayan ısıtıcı; kızgın buhar soğutucusu) veya binanın sıcak su ihtiyacının tamamını karşılamak için bir sıcak su üreticisi kullanılır.

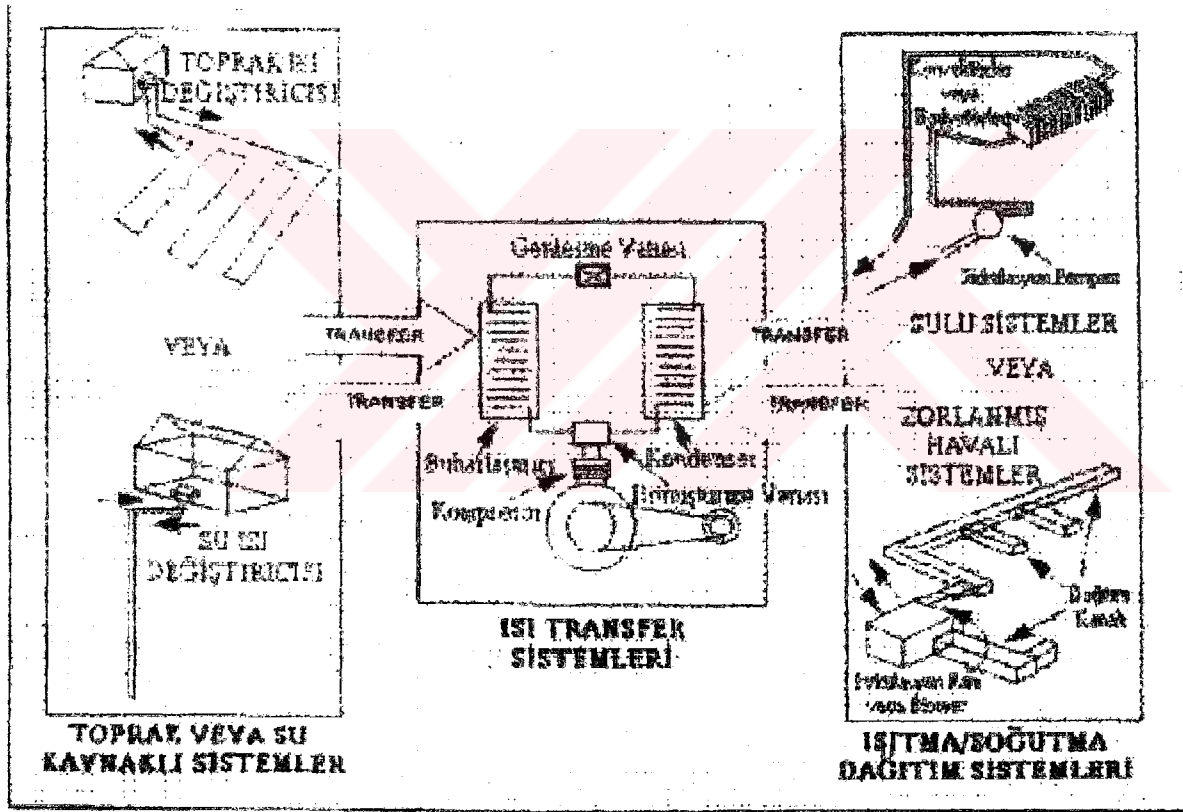
Isıtma durumunda, ısı, toprak kaynaklı ısı pompasıyla, toprak veya ısı değiştiricisine bağlanan devrede dolaşan akışkanlardan çekilir ve genellikle, hava kanalı sistemiyle, eve ya da binaya dağıtılır. Binadan çıkan soğuk hava, toprak kaynaklı ısı pompasına tekrar yollanır. Burada, toprak veya su ısı değiştiricisine giden akışkanı soğutur. Daha sonra, akışkan; toprak veya su ısı değiştiricisi içinden geçerken, tekrar ısınır. Soğutma durumunda ise, işlem ters olarak gerçekleşir. Toprak veya su ısı değiştiricisinden gelen göreceli olarak soğuk akışkan, binadan ısıyı yutar ve bu ısıyı toprağa aktarır.

Toprak kaynaklı ısı pompası tek bir kabin içerisine yerleştirilmiş olup, kompresör, soğutucu akışkan ısı değiştiricisini ve kontrol elemanlarını içerir. Evlerdeki yer kaynaklı ısı pompaları, genellikle bodrum katına, tavan arasına veya küçük odalara konur. Ticari uygulamalarda, asma tavan üstüne asılabilir veya ayrı bir konsola da konabilir (Hepbaşlı, A ve Ertöz, A, Ö).

Toprak veya su ısı değiştiricisi, toprağa gömülmüş veya herhangi bir su kaynağına (kuyu, göl gibi) daldırılmış borulardan oluşur. Bu sistemlerde, ya yatay olarak ya da düşey olarak gömülmüş polietilen boru serpantini kullanılır. Yerden geçerken ısıtılan veya soğutulan alkol/antifriz esaslı bu su eriyiği, borular içinden geçer. Doğrudan genleşmeli sistemler denilen bazı sistemlerde, ısı pompasının soğutucu akışkanı, toprak veya su ısı değiştiricisinin içinden geçer. Böylece, su eriyiği, ilave pompa ve ısı değiştiricisi ihtiyacı gerekmez. Bu doğrudan genleşmeli sistemlerde, bakırdan yapılmış serpantinler kullanılır ve hiçbir ısı değiştiricisi olmadığı için daha fazla verimlidir. Düşey toprak veya su ısı değiştirici sistemin paralel birçok düşey serpantinlerden oluşturulması mümkündür. Bu yerleşimde, daha küçük çapta borular kullanılır ve tek bir düşey sistem gibi daha derin olarak konulmazlar veya yatay bir sistem gibi daha fazla alan gerektirir (Hepbaşlı, A ve Ertöz, A, Ö).

Birçok evsel yer kaynaklı ısı pompası sisteminde, sıcak veya soğuk havayı dağıtmak ve nem kontrolü sağlamak için, alışıl gelmiş hava dağıtım kanalları kullanılır. Birkaç sistemde, bir veya daha fazla fan-sarmal ünitesi, radyatörler veya döşemeden ısıtma sistemi söz konusudur.

Uygun şekilde tasarlanmış, kurulmuş ve sızdırmaz hava kanalları, sistemin veriminin sağlanması için önemlidir. Kanallar yalıtılmalıdır ve mümkün olduğu yerde, yapının ısı sarfı (iklimlendirme hacmi) içinde olmalıdır. Okullar, ofisler gibi büyük ticari yapılardaki sistemlerde sık sık farklı yerleşim kullanılır. Çoklu ısı pompaları (belki her sınıf veya ofis için bir tane), yapının içindeki bir çevrimle aynı toprak ısı değiştiricisine bağlanır. Bu şekilde, yapının her bir alanının ayrı olarak kontrolü yapılabilir. Yapının gölgeli tarafındaki ısı pompaları ısıtma yaparken, güneşli tarafındakiler ise soğutma sağlar. Bu yerleşim çok ekonomiktir. Çünkü; sadece yapının ısıtma ve soğutma ihtiyaçları arasındaki fark için ısı kaynağı veya ısı kuyusu olarak kullanılan toprak ısı değiştiricisiyle, ısı; yalnızca yapının bir alanından diğer alanına aktarılacaktır (Hepbaşlı, A ve Ertöz, A, Ö).



Şekil 3.3 Toprak kaynaklı ısı pompasının çalışma sistemleri (Hepbaşlı, A ve Ertöz, A, Ö 1999)

3.2.3 Yeraltı Döngü Sistemleri

Yeraltı suyunun beslemesinin ya da dönüş suyunun boşalma yeteneği, sıvı-hava ısı pompası uygulamalarında yeterli değildir. Ayrıca kanunlar su yatağının su kaynağı olarak kullanılmasını da yasaklamışlardır. Bu sebeple, yer içine gömülmüş kapalı boru sistemleri içinde dolaşan su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Isı, boruların içindeki sıvı ile onu çevreleyen toprağın sıcaklık farkından dolayı topraktan alınır ve toprağa verilir. Boru sistemi, en iyi ısı aktarımını gerçekleştirmek üzere yeterli derinliğe yatay veya dikey olarak gömülebilir.

•Yeraltı döngü sistemlerinin tipleri

Yeraltı döngüleri genellikle altı tiptedir:

Tekli yatay serme, İkili yatay serme, Dörtlü yatay serme, U dirsekli tek-dikey ve U dirsekli çift-dikey.

• Seri Akışlı Sistem

Seri akışlı sistem gidişte ve dönüşte sürekli olarak devam eden bir boru sistemidir. Bütün suyun pompadan boru sisteminin giriş kısmına akmasından dolayı daha büyük bir akış direnci (basınç düşüşü) oluşmaktadır.

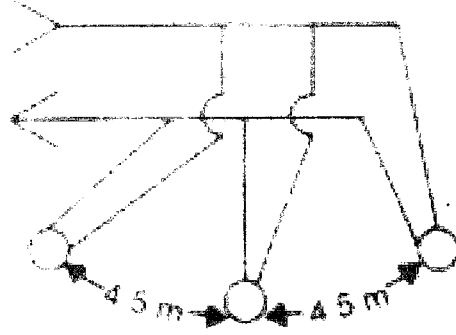
Bu durum dezavantaj oluşturmaktadır (Miles, 1994).

• Paralel Akışlı Sistem

Paralel akışta pompadan gelen su, baş taraftan akarak paralel döngüler arasında ayrılır ve ünitenin dönüş kısmına geri gelir. Her döngü, sadece toplam su akış miktarının döngü sayısına göre değişen oranını taşır. Döngüler arasındaki akışı dengelemek için her döngüdeki basınç düşüşü diğerlerinin %5'i kadar olmalıdır (Miles, 1994).

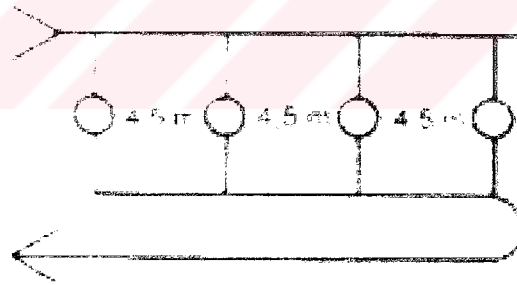
Bu dengeyi kurabilmek için başlangıç düzenlemeleri iki farklı tipte olabilir;

Kapalı başlıklı (enerji alınan suyun düşme yüksekliği): Şekil 3.4'de kapalı başlıklı dikey döngü sisteminin borulama düzenini göstermektedir. Dikey döngüler her birinin arasında en az 4.5 metre boşluk olmak üzere başlığın çevresinde daire içinde gösterilir. Şekilde bağlantılar ayrılmış gibi görünmektedir. Bütün döngü bağlantıları besleme ve dönüş başlıklarına bağlantılıdır. Toplam boru uzunluğu da diğer her bir döngüyle eşit olmalıdır.



Şekil 3.4 Kapalı başlıklı dikey kuyu (Miles, 1994)

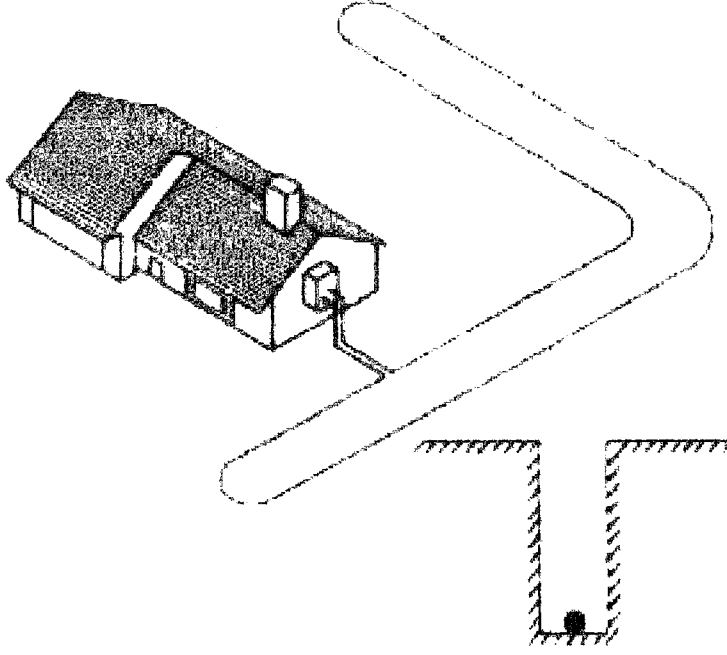
Döndürme başlıklı: Şekil 3.5’de yer alan sistemde ise her dikey döngünün besleme ve dönüşleriyle iki birbirine bağlı başlığı kullanır. Aralarında minimum 4.5 metre mesafe bulunan her dikey döngü eşit boru uzunluğu ve eşit tertibat ile başlıklara bağlıdır. Su, sisteme başlık sisteminin toplam direncini eşitlemek için en yakın olan besleme başlığından sağlanır. Dönüş suyu ise dönüş başlığının en uzak noktasından alınır ve üniteye geri döner. Böylece dikey döngülerde akışlar eşitlenmiş olur (Miles, 1994).



Şekil 3.5 Geri dönüş başlıklı kuyu (Miles, 1994)

• Tekli Yatay Serme

Şekil 3.6’de tekli yatay serme zemin döngüsü gösterilmektedir. Döngü tek bir çukurun içine serilmiş tek bir plastik borudan ibarettir. Döngü tek bir çukurun içine serilmiş tek bir plastik borudan ibarettir. Su tekli serilmiş boru içersinde tek döngüde akar. Isı kaynağı veya kuyusu olan bütün su, bir borunun içinde akar.



Şekil 3.6 Tekli yatay serme zemin döngü sistemi (Miles, 1994)

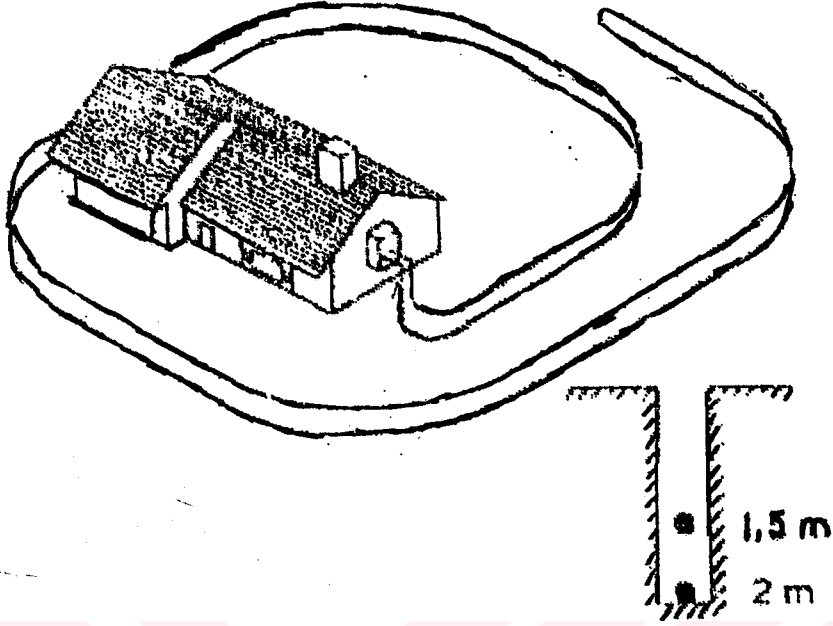
• İkili Yatay Serme

Şekil 3.7'deki ikili yatay serme sisteminde, tekli döngü sistemi aynı çukurun içine iki boru ile döşenir. Bu sistemde çift doldurmaya ihtiyaç duyulur. Boru uzunluğunun yarısı çukurun dibine yerleştirilir. Daha sonra kalan boru ilk doldurmanın üzerine döşenir ve doldurma işlemi tamamlanır.

• Dörtlü Yatay Serme

Boruların ağır ıslak toprağa ve yüksek oranda ısı alışverişi olan yerlere konulması gerekiyorsa dörtlü yatay serme sistemi kurulabilir. Bu sistem bize boru döngülerinin serilmesinde minimum boşluk bırakabilmemizi sağlar.

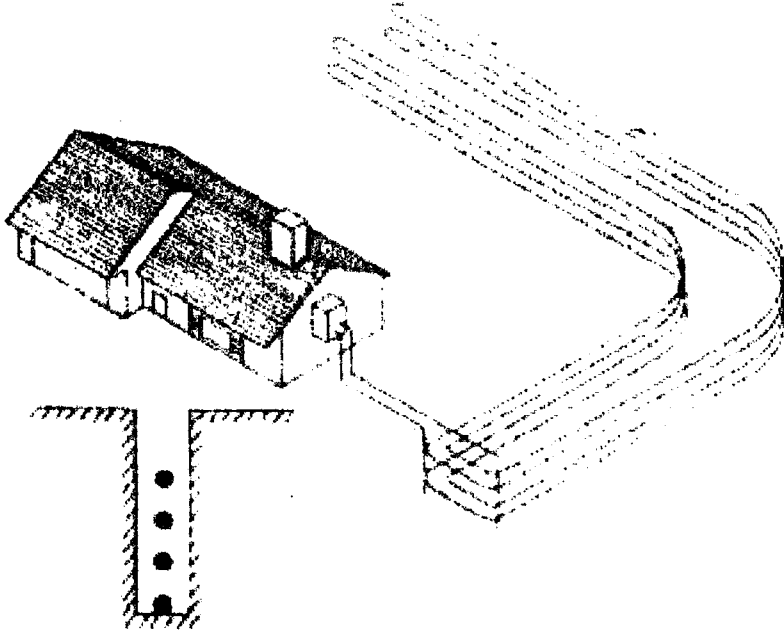
Dörtlü yatay serme döngü sistemlerini, dikey besleme ve dönüş başlıkları ile iki döngü halinde serilmiş hali Şekil 3.8'de yer almaktadır. Her döngü için 2 metre derinliğindeki çukur kullanılarak 2, 1.7, 1.4 ve 1 metre aşağıda kurulmuştur (0.3 m dikey boşluk bırakılarak) (Miles, 1994).



Şekil 3.7 İkili yatay serme zemin döngü sistemi (Miles, 1994)

Başlıklara olan bağlantılarla besleme suyu her döngünün yarısından gidip diğer yarısından dönecek şekilde düzenlenmiştir. Bu sistem havanın temizlenmesini sağlar ve hava birikmelerini önler.

Döngüler genellikle 2 cm-2.5 cm boru ölçüsündedir. Eğer 2 cm'lik boru kullanılıyorsa basınç düşüşünü enazda tutmak için maksimum boru uzunluğu 19 metre olmalıdır (Miles, 1994).

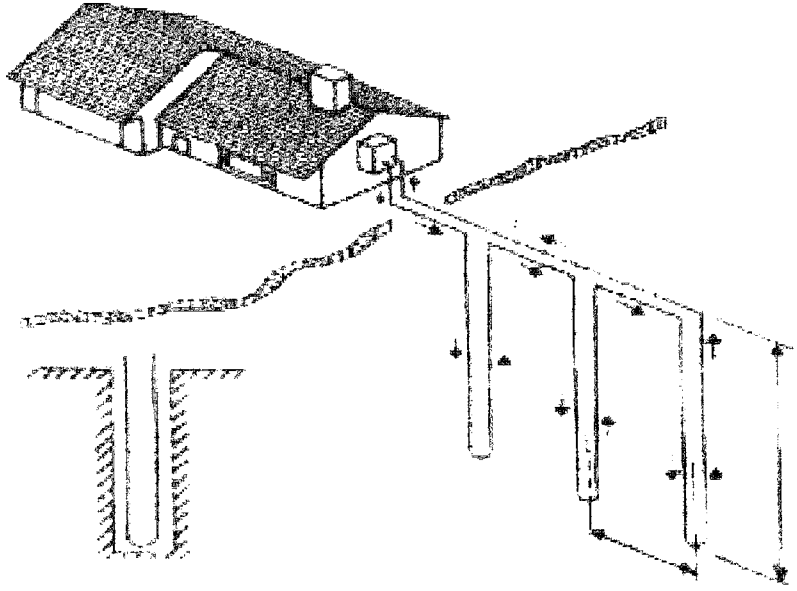


Şekil 3.8 Dörtlü yatay serme döngü sistemi (Miles, 1994)

• U Dirsekli Tek Dikey

Çukur alanının minimum olduğu yerlerde ek boru yüzeyi kazanmak için dikey döngüler kullanılır. Şekil 3.9 üç dikey döngü arasında, seri akışlı, tek U dirsekli dikey sistemi gösterilmektedir.

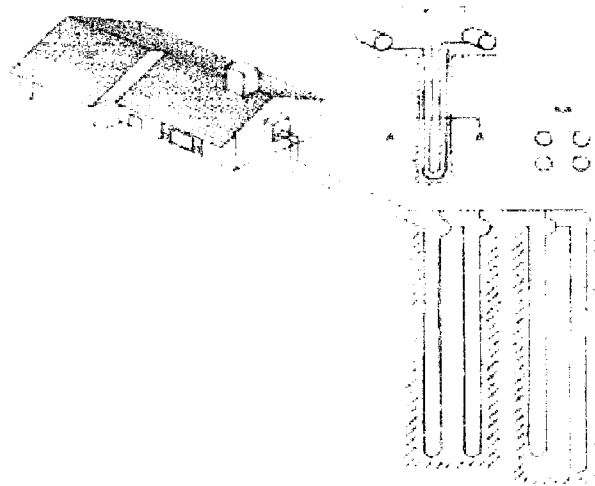
Çukurlar her kaynak sistem kapasitesi için ihtiyaç duyulan derinlikte kazılır. Her $1,26 \cdot 10^4$ kJ'lük soğutma kapasitesi için toplam kaynak derinliği 35-55 metredir (60-110 metre boru uzunluğu için). Karşılaştırılmış yer yüzeyinin tipleri ve maliyet dikkate alınarak kaynakların derinliği ve sayısı belirlenir.. Boru düzeni, seri akış ile düzenlendiği gibi paralel akış içinde düzenlenebilir (Miles, 1994).



Şekil 3.9 Dikey U dirsekli çizgi seri akışlı sistemi (Miles, 1994)

• U Dirsekli Çift Dikey

Şekil 3.10’de gösterildiği gibi her kaynakta iki döngü bulunur. Kaynak sayısının azaltılmasına rağmen her kaynak geniş bir çapa (boru çapının 10 katı) sahiptir. Bu sistem en iyi olarak kaynak derinliği 1.5 metrenin altındaki, ısıyı alıp verme yeteneği yüksek olan ağır sulu topraklarda kullanılır. Kurulması ve dengelenmesi en zor sistemdir (Miles, 1994).



Şekil 3.10 Paralel akışlı U dirsekli dikey sistem (Miles, 1994)

Ayrıca, sistem tipleri kullanılan borulama düzenlerine göre de seri akış ve paralel akış olmak

üzere ikiye ayrılır. Her türlü akışın da kendine göre avantajları ve dezavantajları vardır (Miles, 1994).

• Yer Altı Döngü Sistemlerinin Boyutlandırılması

Zemin döngü sistemleri, sondajla açılmış kuyu sistemlerinden daha farklı çalışır. Sondajla açılmış kuyu sistemlerinde kaynaktaki su, ısı kaynağı malzemesidir. İstenen ısı aktarımını almak, borudan dönen suyun ve toprak arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanmaktadır. Isı pompası 38°C gibi sıcak, 4°C gibi düşük sıvı sıcaklıklarında çalışmaktadır (Miles, 1994).

Bu zemin döngü uygulaması için ısı pompasını seçerken, en önemli olan, bölümün çalışacak olduğu minimum ve maksimum sıcaklık değişimidir. Bazı bölüm modelleri, 7.5°C'den 30°C'ye, 16°C'den 30°C'ye kadar ve daha düşük sıvı sıcaklıklarında çalışabilmektedir. Sıcaklık, yerküre ile ünite arasında, yerkürenin içinde gömülü kapalı bir su döngüsünde transfer olmaktadır. Pompa bu suyu döngüde kullanmaktadır.. Isı aktarım akışkanını taşımak için, dikey delinmiş daireler veya yatay çukurlara yerleştirilmiş plastik borular kullanılır. Yatay borular genellikle kuzey yarımkürede 1-2 metre aşağıya gömülür. Boruları derine gömmek, güneşin kışın kullanılan ısı enerjisini tekrar şarj etme yeteneğini azaltır. Antifriz, sistem içindeki suyu donmaya karşı korumak için ve kazanma kapasitesini arttırmak için yeterli olmayan ısıyı kaldırır. Bu yüzden sığ derinlik kullanılır. Antifriz olarak genellikle propilen glikol ve kalsiyum klorit kullanılır. Güney yarımkürede borular 1.5-3.5 metre toprak altına gömülür. Bu durum , yaz güneşinde ısınan yüksek toprak sıcaklıklarının sisteme olan etkisini azaltacaktır. Dikey delinmiş daireler 92 metre derinliğin üstünde olmalıdır. Bu derinlik, delme çalışmaları sırasında karşılaşılan toprağın tipine bağlı olacaktır. Boru uzunluğu, kullanılan sistemin 3.8 metreden 25.4 metreye kadar birim kapasitesinin her da, pek $1,26 \cdot 10^4$ kJ 'de çok faktöre bağlı olarak değişir (Miles, 1994).

Buna bağlı olarak sistemin;

- UC (soğutma için birim kapasitesi)
- UH (ısıtma için birim kapasitesi)
- COPc (performans katsayısı-soğutma)
- COPh (performans katsayısı-ısıtma)
- Tm (senelik yeraltı sıcaklığı)

- EWTc (giren su sıcaklığı-soğutma)
- EWTh (giren su sıcaklığı-ısıtma)
- Rs (toprak direnci)
- Rp (boru direnci)
- Yeraltı çevrim tipi (ısı değiştirici)
- Yeraltı çevrim derinliği gibi boyutlandırma özellikleri belirlenmelidir.

Isı pompasını yapmadan önce boyutunu ve kapasitesini belirleyen iki önemli faktör vardır.

- Yapı için kullanılan ve kaybedilen ısı miktarı belirlenmelidir. İyi bir sistem için, bu hesaplamaların doğru yapılması gereklidir.
- Yer için, dipteki kapalı döngüde yerleştirilecek minimum ve maksimum yerküre sıcaklığı belirlenmelidir. Bu sistemin çalışacağı su sıcaklığının belirlenmesinde gerekecektir.

Hava-hava ısı pompalarında olduğu gibi gerekli soğutma kapasitesi için yeterli ünite seçilmelidir. Eğer soğutma yükü, ısıtma yükünden az ise, ek ısı kullanılır. Eğer ki; soğutma yükü, ısıtma yükünden fazla olursa ek ısıya gerek duyulmaz. Gerekli ekipmanlar, hava-hava üniteleri gibi sıvı-hava ünitelerinde de uygulanır. Bunun anlamı, binaların, yapıda kaybedilen ısının yani yardımcı ısıyı taşıyabilen bir tasarım ve sistemin yapılmasıdır. Soğutma durumundaki ünitenin hassas çıkış kapasiteleri, hesaplanan toplam ısı yükünden az olmamalı ya da hesaplanan hassas yük miktarını %25 geçmelidir; soğutma bölümündeki gelişmemiş kapasite, hesaplanan toplam gelişmemiş yükten az olmamalıdır. Hassas ekipmanlar ve gelişmemiş kapasiteler üreticilerin özel kataloglarına göre belirlenmelidir. Tasarım durumlarında olduğu gibi beklenen bu kapasiteler, yerel yer altı su sıcaklıklarına bağlı olacaktır (Miles, 1994).

● COP_c (Performans Katsayısı-Soğutma)

Performans katsayısı, soğutma kJ'ünü, kapasitede üretmek için gerekli olan elektriksel enerjisi miktarına bölünerek bulunur. Ünitadaki, soğutma için COP, kJ soğutma kapasitesinin gerekli elektrik enerjisine eşdeğer ısı enerjisinin bölünmesiyle bulunur.

$$\text{Soğutma COP} = J \text{ ünite kapasitesi} / \text{giriş gücü} \times 3.413 \text{ J/watt}$$

Üreticiler, enerji verim oranı metodu ile ünitelerine değer biçerler. Enerji verim oranı, toplam kJ soğutma kapasitesinin, watt olarak enerji miktarına bölünmesi ile bulunur. Enerji verim oranını COP oranına çevirmek, enerji verim oranının 3.413 ile bölünmesi ile olur .

• **COP_h (Performans Ortak Katsayısı-Isıtma)**

Isıtma performans katsayısı, ısıtma kapasitesini, kJ'a eşdeğer giriş gücüne bölünmesi ile bulunur (Miles, 1994)

$$\text{Isıtma COP} = J \text{ ünite kapasitesi} / \text{giriş gücü} \times 3.413 \text{ J/watt}$$

• **T_m (Senelik Yerküre Sıcaklığı)**

Senelik ortalama toprak sıcaklığı, 15.5 metre ile 45.75 metre derinlikteki iyi su sıcaklığına eşit varsayılabilir. Bu, yaklaşık olarak senelik hava sıcaklığına 2°C eklenerek bulunabilir. Senelik yerküre sıcaklığı, sene içinde değişen yerküre sıcaklığının ortalamasıdır. Yüzey sıcaklığı, yerküre sıcaklığından etkilenir fakat en büyük etki güneş ışınlarından gelir. Yerküredeki sıcaklığı nem miktarı da değiştirir. Bu da nemdeki ısıyı alma ve çıkarma yeteneğinden kaynaklanır. Bu yoğunluğa ve yerküredeki materyallerin içerdiği neme bağlı olarak, yerküre materyal difüzyon hızı olarak adlandırılır, yerden mesafesi ile birlikte derinlik artışı da senelik düşüşü etkileyebilir (Miles, 1994).

• **EWT_c (Giren Su Sıcaklığı-Soğutma)**

Cihaza giren su sıcaklığı, yani yerküre döngüsünden ayrılan su sıcaklığı, normal yerküre su sıcaklığından daha yüksek olacaktır. Bu, yerkürede dolaşan sudan beklenen atık ısıdır. Isı aktarımının olması için sıcaklık farkı gereklidir. Bu sıcaklık farkının miktarı, boru yüzeyine aktarılacak ısı miktarı ile birlikte atık ısıya bağlı olacaktır. Minimum boru uzunluğunu korumak ve su sıcaklıkları limitlerini geçmeden istenen ısı aktarım oranını alabilmek için, bu iki faktör dengeye ulaşabilmelidir (Miles, 1994).

• **EWT_h (Giren Su Sıcaklığı-Isıtma)**

Isıtma durumunda da (soğutma durumunda olduğu gibi) aynı etki vardır. Kesinlikle ısı miktarları arasındaki farka dayanır. Ancak bütün etkenler dikkate alındığında bu uygulanmaz (Miles, 1994).

• Rs (Toprak Direnci)

Toprak direnci, toprağın içindeki ısıya karşı olan dirençtir. Hafif kuru toprak, sık nemli toprak gibi ısıyı hızlı taşıyamayacaktır. Buna ek olarak, yerin altındaki borunun derinliği, borular arasındaki mesafe, boyut ve boru sayısı, yer çevrimindeki toprak direncini etkiler.

Örnek olarak tek çevrim sistemi 0.3 metre boyutta 1 metrelik derinlikte, ağır nemli toprak için toprak direnci (Rs) 0.97 ,ağır kuru toprak veya hafif nemli toprakta ise 1.32 olur. Eğer aynı boru 1.2 metre derinliğe gömülürse, Rs direnci ağır nemli toprak için 1.02'ye çıkar ve ağır kuru ya da hafif nemli toprak için 1.37'ye çıkar. Son hesaplamalarda boru buyutu için hata payı 100 metrede 3 cm alabilir (Miles, 1994).

• Rp (Boru Direnci)

Endüstri uzmanları, yer çevrimindeki gömülü boru çevrimi için tavsiye edilen tiplerde malzemeler kullanarak imal ederler. Plastik malzemeler uzun boru ömrü ve topraktaki malzemelerin korozyon etkisine karşı dayanıklı olduğu için kullanılır. Yer çevrimi sistemleri için üreticilerin kullandığı dört farklı boru malzemesi sıralanmıştır.

- Polietilen-plan 40
- Polietilen-plan 11
- Polibutilen-plan 17
- Polibutilen-plan 13,5

Rp'ye, yatay boru pozisyonu için ve dikey boru pozisyonu için 2 farklı direnç verilir. Bu faktörler, yer sıvı ısı değiştiricisi için gerekli olan boru uzunluğu için formüllerdeki hesaplamalarda kullanılır (Miles).

-Yeraltı Çevrim Tipi

Yeryüzü çevrim tipi, gereken boru uzunluğunu etkileyecektir. Çukurda sadece bir boru kullanırken, buradaki her bir 0.3 metrede en yüksek ısı aktarım oranı gerçekleşir. Şekil 3.9 tipik yatay seri sistemde kullanılan sürekli tek borulu çukuru göstermektedir.

Tek döngü sisteminde tavsiye edilen maksimum ısı pompası boyutu $6,3 \cdot 10^4$ kJ 'u, bu da maksimum boru uzunluğunun 762.5 metre olacağı anlamına gelir. Sadece tek borulu çukurda, kuzey ikliminde 1 metre, güney ikliminde 2 metre derinliğe gömülmelidir (Miles, 1994).

Şekil 3.7 tipik yatay seri sistemde kullanılan çift geri döngülü, çift borulu çukuru göstermektedir. İstenen ısı aktarımını elde etmek için daha uzun boru gerekir çünkü aynı çukurda çift boru kullanmak toprak boru direncini artırır. Bu durumda, boru uzunluğu artışı her $1,26 \cdot 10^4$ kJ için 105 metre ve 155 metreden; için $1,26 \cdot 10^4$ kJ için 130 metre ve 185 metreye artmaktadır. Çukur uzunluğu, tek borulu çukurlarda her $1,26 \cdot 10^4$ kJ için 64 metre ve 90 metreye azalır. İki boru derinliği tavsiye edilir. Kuzeyde 1 metre ve 1.5 metre, güneyde ise 1.25 metre ve 2 metredir.

3. Tip ise toplam seviye ya da paralel yatay sistemdir. Örnekte 4 boru dar çukura yığılmış bir şekilde gösterilir. Toprak direnci, aynı zamanda geniş çukurun her kenarındaki derinlikleri 4 borulu ve çift katlı gösterir. Katlı dar çukurda boru derinlikleri, kuzey bölgede 2 m, 1.5 m ve 1 metre, güney bölgede ise 2.2 m, 2 m, 1.5 m ve 1.25 m olur. Çift kanatlı ve daha geniş çukurlarda, boru derinliği tek, çift geri döngü sisteminde olduğu gibi kuzey bölgede 1 m ve 1.5 m, güney bölgede 1.25 m ve 2 m olmalıdır (Miles, 1994).

Dikey aralık boru katlar arasında 30 cm ve 60 cm'den az olmamalıdır. Şekil 3.10, sürekli çevrim serisini kullanan dikey seri sistemini gösterir. Her $1,26 \cdot 10^4$ kJ için sık ya da delinmiş toplam delik uzunluğu, 30 metreden 50 metreye çıkar, bu da 60 metreden 105 metreye gerektirir. Yaklaşık olarak her $1,26 \cdot 10^4$ kJ için 43 metre boru kullanılır. Tek boru derinliği 90 metreden fazla olmamalıdır. Sık delikler arasındaki enaz boşluk, ağır ıslak toprak için 3 m ve ağır kuru ya da hafif ıslak toprak için 4.5 m olur. Sık delikler arasındaki enaz boşluk geçilmemelidir, geçtiği durumda boru uzunluğunu artar ve daha uzun borudaki gereksiz akış direncine neden olur (Miles, 1994).

Şekil 3.10 dikey döngülerden akan paralel akışlı dikey sistemi gösterir. Sıklık ve boru uzunlukları hemen hemen eşittir. Paralel sistemin avantajı, her bir döngüdeki daha düşük akış oranıdır. Bundan dolayı daha az ısı aktarım direnci elde etmek için, daha ince duvarlar ve daha küçük borular kullanılabilir. En küçük çalışma verimini elde etmek için, bu tasarımda döngülerde eşit akış oranı olmalıdır (Miles, 1994).

- Yeraltı Çevrim Derinliği

Çevrim planının her bir tipinin örneklerinde, ortalama toprak derinlikleri verilir. Ancak bazı durumlarda, cihaza giriş suyu sıcaklıklarında üretici tavsiyelerinden sapmak gereklidir. Bu durum, özellikle de ısıtma durumundaki kuzey bölgelerde, sistemdeki çalışma için su sıcaklıkları kritik olabilir. Pratik olarak, bütün ısı pompası üreticilerinin ünitelerde ki

maksimum sıcaklık değerleri için, soğutma durumunda 7.5°C'den 32.5°C'ye, ısıtma durumunda ise minimum sıcaklık 7.5°C'den 27°C'ye kadardır. Bazı üreticiler aynı üniteler ya da daha düşük sıcaklık üniteleri için minimum sıcaklık -4°C ile çalışmaktadır. Yüksek sıcaklık ünitesinin minimum sıcaklığının -4°C'de çalıştırmak için iki kısıtlama uygulanmaktadır (Miles, 1994).

1. Eğer düşük basınç için sabit ayar kontrol anahtarı kullanılıyorsa bu kaldırılmalı, daha düşük şalter ayarlarına ulaşmak için, ayarlanabilir yedek anahtar olmalıdır.
2. Donmadan dolayı meydana gelen zarardan korunmak için, ünitelerdeki kapalı döngü sistemlerinde ve soğutucu sıvı ısı değiştirici çevriminde su ve antifriz kullanılmalıdır. Eğer döngüde kullanılan su sıcaklığında 1.7°C'nin altına düşme olasılığı var ise, antifriz çözeltisi katılmalıdır.

Eğer döngü sisteminde %20 propilen-glikol antifriz çözeltisi kullanılıyor ise aynı ısı transferini elde etmek için seçilen ısı pompasında minimum su akış oranını elde etmek için %40 arttırılmalıdır. Örneğin 22.8 lt su için akış oranına ihtiyaç var ise 6 x 1.4 ya da 27,36 lt akış oranı için %20 antifriz karışımından kullanılıyor alınmalıdır (Miles, 1994).

Boru akış direnci ya da boru tesisatındaki kayıplar, kullanılan antifriz oranı da aynı anda artırılır. %20 propilen-glikol çözeltisi akış oranını %36 'ya arttırır.

Su akış direnci x 1,36 = çözelti için akış direnci

Çevrim için gereken boru derinliğini belirlemek için, tahmin edilen yer suyu sıcaklıkları belirlenmelidir. Ünitelerde kullanılan suyun maximum ve minimum giriş sıcaklıkları giriş su sıcaklıkları, o yer için yıllık yer küre sıcaklığı, sıcaklık eğrileri değişir ve bunlar çeşitli grafiklerde gösterilir. Isıtma durumu için ıslak toprakta 2.5 metre derinlik, kuru toprakta 1.2 metre derinlik ve ortalama toprak da 1.85 metre derinlik gerekir. Soğutma yüklemesi büyük yüklemesidir. Soğutma derinlik şartları kullanılmalıdır (Miles,1994).

3.2.4 Dönüş Suyunun Atılması

Sudaki tek değişme, ekipmanların içinden geçen suyun sıcaklığının değişmesidir. Bu yüzden su kaynağına dönen su ile su kaynağından gelen su insanların tüketimi için önemlidir. Sağlık tehlikesi olmayacak şekilde, su kaynağına girerek, kaynak içine boşaltılabilir. Eğer sıvı-soğutkan ısı değiştiricisinde sızıntı olursa dönüş suyu sistemine girmek, soğutkan yağı ile

mümkün olacaktır. Kullanılan yağ, insan tüketimi için kullanılan mineral yağından daha düşük düzeyli katkıların bulunduğu ve ileri derecede arıtılmış mineral yağdır. Isı pompasında kullanılan soğutkan, kararlı, korozif olmayan, zehirli olmayan, yanmayan ve U.L. standartlarında insan yapımı soğutkandır (Miles, 1994).

Isı pompasından geçen yeraltı suyunun sadece sıcaklığı değişmiştir. Buna bağlı olarak dönüş suyu, çevre düzenlemelerine göre boşaltılmalıdır. Besleme suyunun üç faktörü; nitelik, sıcaklık ve kalite dönüş suyuna da uygulanmalıdır. Su boşaltımının en popüler yöntemi; geniş uygulama alanı, suyu doğrudan tedarik edilen kaynağa geri gönderilmesidir. Bu su boşaltma yöntemi, “geri basma” diye adlandırılır ve bu yöntem dönüş suyu kavramını ortaya çıkarmıştır. Bunun dışında değişik su boşaltma yöntemleri vardır. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Miles, 1994).

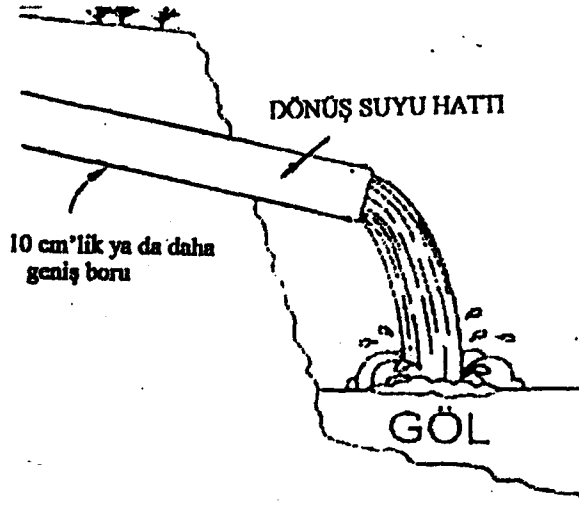
- **Yüzeğe Su Boşaltımı**

Şekil 3.11 dönüş suyunun havuza, gölete, göle veya ırmağa boşaltma yöntemini gösterir. Boşaltma borusu minimum sürtünme kayıpları gözönüne alınarak ölçülendirilmiş olmalıdır. 120 cm çapında ya da daha geniş olmalı ve 60 cm’den düşük veya 3 metreden daha yüksek bir seviyeden boşaltma sahasına düşmemelidir.

Boşaltma borusunun ucu, suyun boru içinden yukarı çıkmasını ve donmasını engellemek için, havuzu ve nehrin içindeki maksimum su seviyesinden yeterince yüksekte olmalıdır. Ayrıca kurbağa, alg vb.. şeylerin kanal girmesin önlemek için boru sonuna bir perde konmalıdır (Miles, 1994).

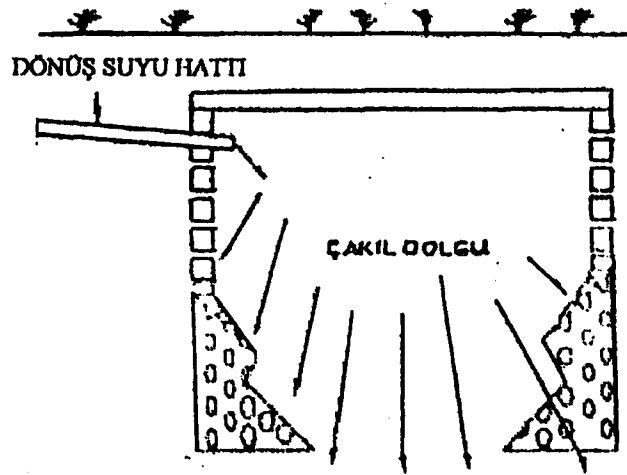
- **Kuru Kuyuya Boşaltım**

Şekil 3.12 dönüş suyu boşaltım için kuru kuyuların tipik yapılarını gösterir. Kuru kuyu en oldukça gözenekli olan kum ve çakıl (sert olmayan oluşum) için kısıtlanmıştır.



Şekil 3.11 Dönüş suyunun gölete, ırmağa veya göle boşaltma yöntemi (Miles, 1994)

Bu modelin tesisatında daha, yoğun sert olmayan oluşumlar (toprak, yumuşak kil vb.. gibi) suyu istenen oranda kaynaktan taşımayacaktır. Kuru kaynak kullanımına karar vermeden önce yerin süzme ve filtre testlerine tabi tutulması gereklidir.



Şekil 3.12 Kuru Kuyuya Boşaltım (Miles, 1994)

- **Döşenmiş Tuğlaya Boşaltım**

Delikli plastikten yapılmış döşenmiş tuğla genellikle su boşaltımı için uygun yerler yeterli olduğunda kullanılır. Ağır killi topraklarda bu yöntem en iyisidir. Tuğla dolma çizgisinin 1 ile 2.5 metre aşağısına gömülür. Bu boşaltım yöntemi ile dönüşüm suyu tuğlaya boşaltılır. Buradan da nihayet su yatağına taşınacağı alana sızar. Delikli plastik döşenmiş tuğlanın yerleştirileceği derinlik yeryüzünün suyu absorplama yeteneğine göre değişir (Miles, 1994).

- **Dönüş Kuyusuna Boşaltım**

Dönülen kaynak terste besleme kaynağıdır. Bu şekilde iki kaynak kullanılan sistemlerin tesisatı yapılırken bir çok şeye dikkat edilmelidir.

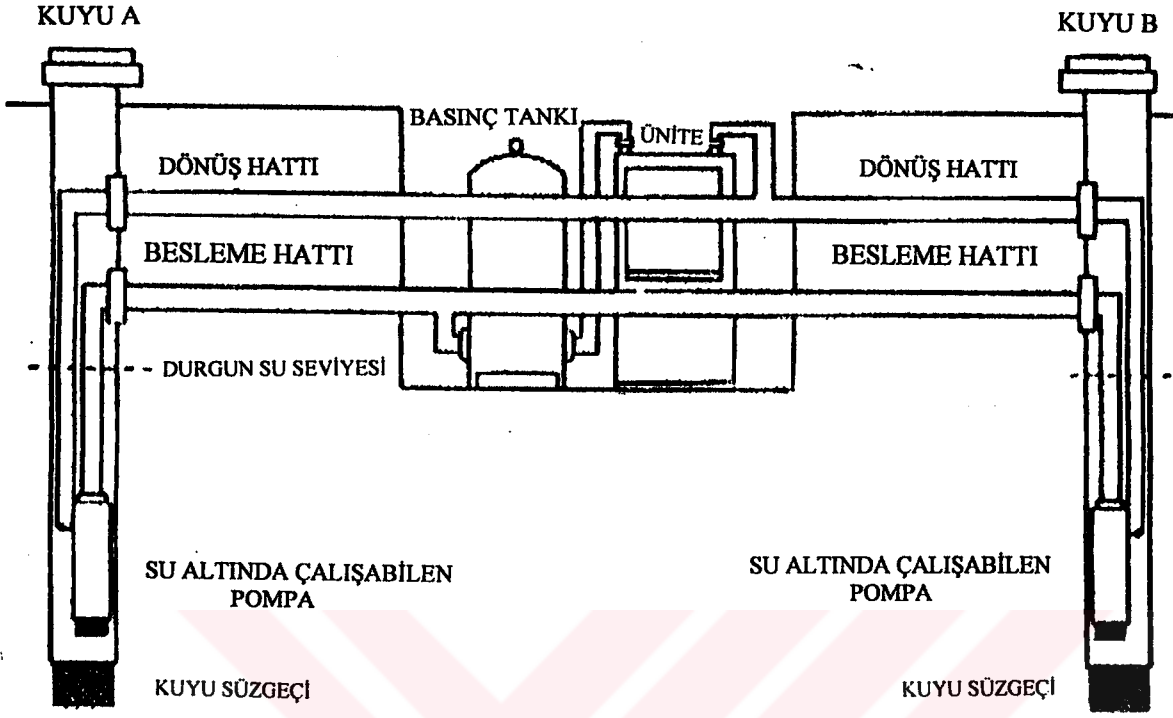
- Kaynakların birbirlerini etkileme ihtimalini azaltacak uzaklıkta bulunmalıdırlar(dönüş suyu sıcaklığı kaynak suyu sıcaklığını etkilememelidir). Bu ayırma, su yatağının su tutma kapasitesine dayandığı kadar malzemenin cinsine de bağlıdır.Kaynaklar arasındaki kabul edilebilir mesafe 30 metre ya da daha fazla uzaklık bulunmasıdır.
- Dönüş kaynağının ölçüsü besleme kaynağından daha büyük olmalıdır. Genellikle ölçüler 2'ye 1 şeklindedir. Dönüş kaynağı ölçüsü besleme kaynağından 2 katı fazla olur.
- Her kaynak için perde ölçüsü 2:1 ölçülerindedir. Dönüş kaynağı besleme kaynağına göre iki kez fazla serbest perde alanına sahiptir.
- Havanın suyun içine girmesini önlemek amacıyla dönüş borusunun sonu, kılıflı boru içinde durgun su seviyesinin altında olmalıdır (Miles, 1994).

- **İki Kuyulu Dönüşümlü Sistem**

Kuyu suyunun yüksek miktarda bulunduğu kum ve bunun gibi malzemelerde, dönüş kuyusundaki perde, bu katı malzemelerden dolayı kolayca tabakalanabilir. Bu ulaşım sorunu iki kuyulu dönüşümlü sistem ile aşılabılır. İki adet dalgıç pompa ve her kuyudaki besleme ve dönüş akımlarını kullanarak akış sağlanır.

Şekil 3.13'de bu sistemin düzeneği görülmektedir. İki pompa her kaynağın kendisini temizlemesine izin vererek akışı ters çevirmek için kullanılır. Örneğin ısıtma durumunda kaynak A besleme kaynağı, kaynak B ise dönen kaynak olabilir. Soğutma durumunda kaynak

B besleme kaynağı, kaynak A dönen kaynak olabilir (Miles, 1994).



Şekil 3.13 İki kuyulu dönüşümlü sistem (Miles, 1994)

Bu tip bir operasyonla şu faydalar sağlanabilir.

- Soğutma durumunda bir sıcaklık sağlanmış ve bu ısıtma durumunda kaynak kuyusu olduğunda çalışma verimini artırır.
- Ters harekette ayrıca soğutma durumunda besleme kaynağı soğutulur (ısıtma durumundaki ısı pompası ile).
- Su yatağına dönen su daha verimli olur (dönüş yeri her sene yeniden gelişir).
- Kuyular birbirlerine daha yakınlaşırlar.
- Her kuyu dönüş kuyusu gibi düşünülerek ölçülendirilir.

Sistemi ters çevirirken bazı önlemler alınmalıdır. Her ters çevirme işlemi yapıldığında ilk 10 dakika su akışı atık yere atılmalıdır. Bu dönüş kaynağındaki perdeyi (şimdiki besleme kaynağı) yıkamak için ve kum ile diğer parçaları temizlemek içindir. Bu kontrol vanalarına ısı değiştiricilerine ve su içinde bulunan diğer sistemlere gelebilecek hasarları önler.

İki kaynaklı dönüşebilir sistemi üniteye eklerken pompalama ve vana düzenlemeleri (elle ya

da otomatik şekilde) pompanın kullanıldığı gibi üniteye aldırılmadan aynı su akış yönünde tasarlanmalıdır (Miles, 1994).

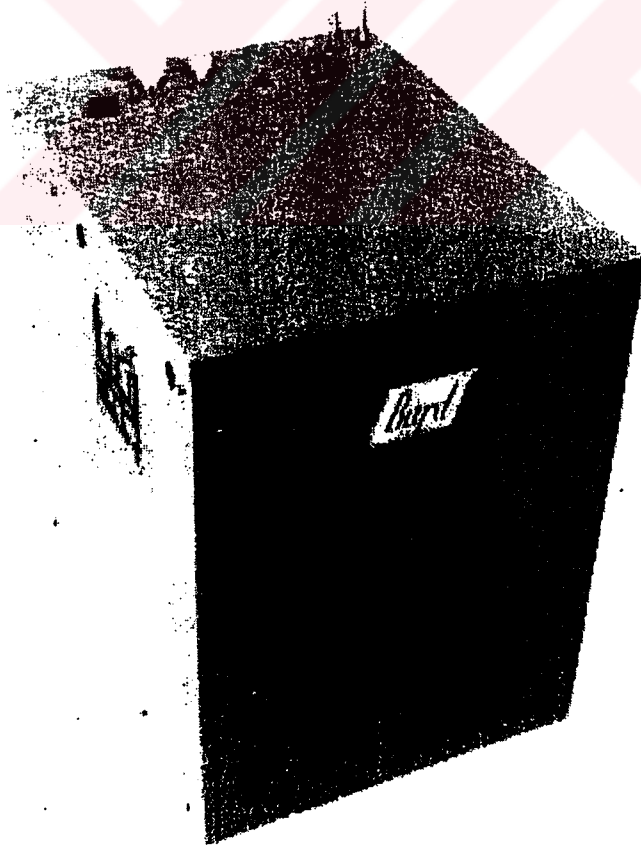
3.3 Sıvı-Hava Isı Pompası Sisteminin Yapısı

Sıvı-hava ısı pompaları, hava-hava ısı pompaları ile aynı yapıdadır. Soğutkan hatları alçak ve yüksek yan bölümlerden oluşan ayrı sistemler ile bağlanır ve paket sistemler halinde pazarlanır (Miles, 1994).

• Ayrık Sistemler

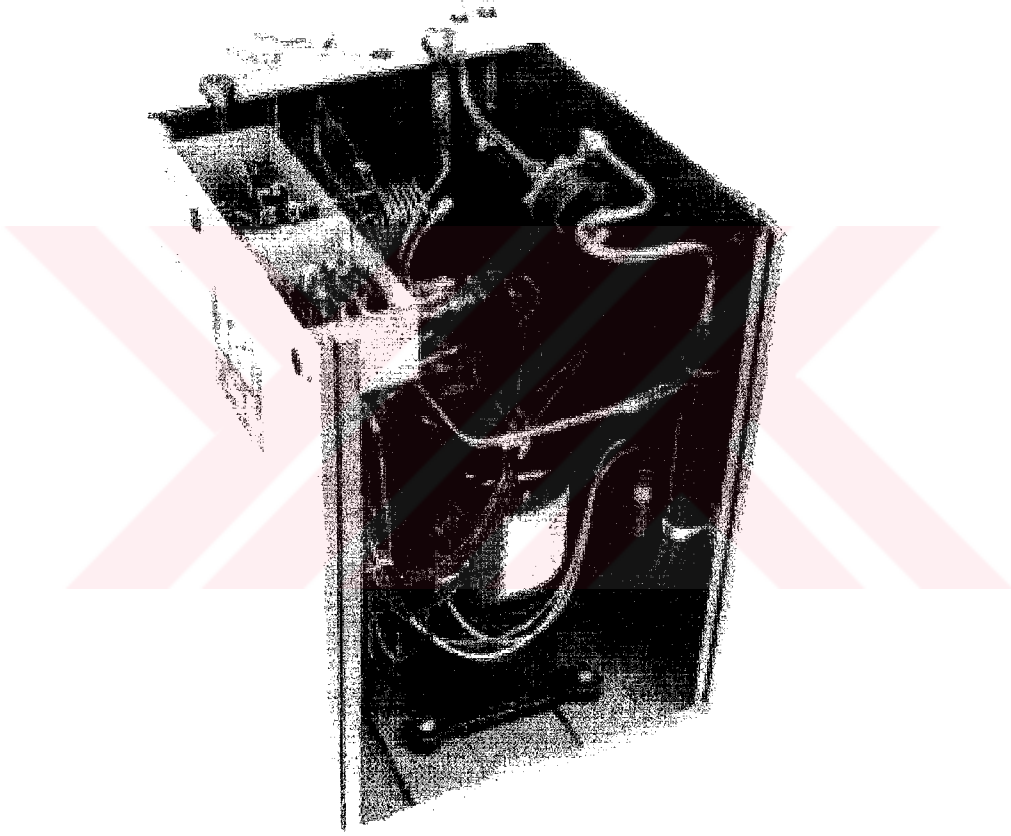
- Yüksek Yan Bölüm

Şekil 3.14'de yüksek yan bölüm eki gösterilmiştir. Erişim panelleri kabinin ön tarafını kapatır. Üstte kapatılmayan kısım sıvı buhar hatlarının, besleme, boşaltma ve yerel su ısıtıcısının bağlandığı yerlerdir. Soğutma döneminde havalandırma alanından alınan atık ısı üste atılır, bu özellikle istenir. Bu atık ısı, sıcak su kaynağını ısıtmak içindir (Miles,1994).



Şekil 3.14 Yüksek yan bölüm (Miles, 1994)

Şekil 3.15’de ön ve üst panelleri kaldırılmış yan bölümün içi gösterilmiştir. Doğrudan etki yapan kompresör dönüştürücü vanadır. Arkadaki dönüştürücü vana, yani basınç düşürücü cihaz ve kontrol vanası, sıvı soğutucu ısı değiştiricisine monte edilmiştir. Boru tipi ısı değiştiricisinde, karşı akış çalışmasının olması için sarmal içine devreler bağlanır.



Şekil 3.15 Ön ve üst bölümü kaldırılmış yüksek yan bölüm (Miles, 1994)

Yüksek işletme verimi, sıvı ile soğutucu arasındaki en yüksek ortalama sıcaklık farkı ile sağlanır. Boru içinde boru tipi ısı değiştirici, kompresör motorunun sağına ayrı olarak monte edilir. Bu tüpteki sıcaklık gaz bağlantısı, dönüştürücü vanasının yanına bağlanır. Su dolaşım pompası gideri, sarmalın üst bağlantısının içindedir. Bu sarmal aynı zamanda karşı akış prensibini de çalıştırır. Su girişleri süper olmayan ısıtılmış buhar çıkışı ile aynı çıkış yerinden girmektedir. Su dolaşım pompasında olduğu gibi, kompresör motoru da üstte solda kontrol

kutusuna yerleştirilir (Miles, 1994).

- Alçak Yan Bölüm

Sıvı-hava ısı pompa sistemlerindeki alçak yan bölüm, hava-hava ısı pompalarındaki gibi kullanılır. Şekil 3.16'da yarık sistemi için alçak yan bölüm gösterilmektedir. Ön erişim paneli kaldırıldığında; soğutucu ısı eşanjörü içindeki hava alt bölümde gösterilir. Bu ısı eşanjöründe, eşleme basıncına düşüren cihaz ve denetim vanası bulunur. Üstteki ısı eşanjörü üfleyicidir ve havalandırma alanında hava dolaşımı etmek için buna motor monte edilir. Yardımcı ısı

sağlamak için elektrikli ısıtıcı elemanları, bölümün en üstüne yerleştirilir. Bu bölüm aynı zamanda alçak gerilim güç kaynağını da içerir, hem de ısıtıcı öğelerini art arda kontrol eder. Üfleyici, motor kontrol iletişim cihazı ana kabinin sol üst köşesine yerleştirilir (Miles, 1994).



Şekil 3.16 Alçak yan bölüm (Miles, 1994)

- Soğutkan Hatları

Standart soğutucu hatları sistemini tamamlamak için, sıvı ve buhar hatları için iki bölüm kullanır. Sistem verimini sabit tutmak için buhar hatları izole edilir. Yarık sistemi çok yönlü kurulur. Çünkü alçak yan bölüm; dikey yukarı, dikey aşağı ve yatay akış kullanabilir. Yapı dışındaki bu ekipmanlar, kurulum için tavsiye edilmez. Yüksek yan bölüm bundan dolayı havalandırılan alanda bulundurulmamalı ve çevre sıcaklığının 0°C altına düşmeyeceği bir yerde kurulmalıdır (Miles, 1994).

- Ek Sistemler

Hava-hava ısı pompalarındaki gibi sıvı-hava ısı pompalarının ek sistemlerinin piyasaya satışı yapılır. Gazla ve yakıtla çalışan parça, ısı değiştiricisini ısıtmak için eklenir. Bu ısı değiştiricide, kanal bağlantıları, soğutucu hat bağlantıları ve yoğuşan sıvıyı toplayan levha ile birlikte denetim vanası ve gerekli basınca düşüren cihaz da bulunur. Bu kısma, bir ısıtma sisteminde havalandırmaya eklenen bağlantının aynısından eklemek gerekir. Isı değiştiricisi, ısıtma biriminden aşağı akış kısmına yerleştirilir. Bu ısı değiştiricisi ısıtma birimindeki kaçaqları önleyecektir. Bu uygulamada denge noktasında, ısı pompasından yardımcı ısıya geçiş aynı zamanda olmalıdır (Miles, 1994).

• Paket Sistemler

Isı pompasının yan bölümünün soğutulmayan kısma alınması bölüm ayrılmadan öncesine göre, tasarımı ve eksiksiz paket biriminin piyasadaki pazar payını arttırmıştır. Hava-sıvı ısı pompaları üreticilerinin hepsi paket sistemlerle üretim yaparlar. Yarık bölümü üretim şekillerine sadece birkaç ekleme yapılmıştır. Paket bölümleri, ürünlerin geniş çeşitliliğinde pazarlanırlar. Endüstriyel kullanım için yerel kuruluşlara, standart paketlerle birlikte bazı uzmanlık uygulamaları da pazarlanır. Paket bölümündeki esas tasarım hatası sadece kompresör motorunun konulduğu durumdan kaynaklanır. Motor yatay ise tersine çevrilemez ve yayılamaz, bu yüzden her bir paket tasarımı tek uygulama uygunluğuna sahip olur (Miles, 1994).

- Dikey Tip

Şekil 3.17'de dikey tip paket bölüm panelinin kaldırılmış şekli gösterilmektedir. Sağ kenardaki hava filtresi, üstteki boş besleme havası ile dönen hava bağlantısıdır. Klima hava sirkülasyon sisteminin bir parçası olan üst kısım gibi, üst ve alt paneller de hava geçirmez bir

panelle desteklenmektedir. Sağ taraf ısı değiştiricisi altında yoğuşan sıvıyı toplayan levha ile hava – soğutucusu ısı değiştiricisi vardır. Üst tarafta, hava dōngüsü için motor ve üfleyici bulunur. Düşük voltaj güç destekleyicisi ile kontrol paneli, üfleyicinin altına monte edilmiştir. Yerel sıcak su ısıtma çevrimi için gerekli dōngüyü sağlayan pompa, kontrol panelinin yanındadır. Alt bölümün içinde, kompresör motoru ve bölümün sağında ana sıvı soğutucu ısı değiştiricisi vardır. Sıcak hava süper olmayan ısıtıcı çevrimi, kompresör motorunun altına, zemine yerleştirilmiştir. Besleme suyu ve boşaltma suyu bağlantıları, eşeksenli ısı değiştiricisinin üstünde gösterilir. Yerel sıcak su çevrimi için olan bağlantılar, şeklin uzak kenarındadır.



şekil 3.17 Paneli kaldırılmış dikey tip paket bölüm (Miles, 1994)

-Yatay Tip

Tavan arası ya da dar ortam uygulamaları için yatay tip paket birimi geliştirilmiştir. Şekil 3.17'de, dönen hava ve besleme havası aynı tarafta yatay paket bölüm tasarımı gösterilmiştir. Bu boru bağlantıları, tekrar yerleştirilebilir. Hava filtresi ile dönen hava bağlantıları arka veya ön panelde olabilir. Besleme boru bağlantılarında ayarlama yapabilmek için üfleyici yeniden farklı bir yere yerleştirilebilir.

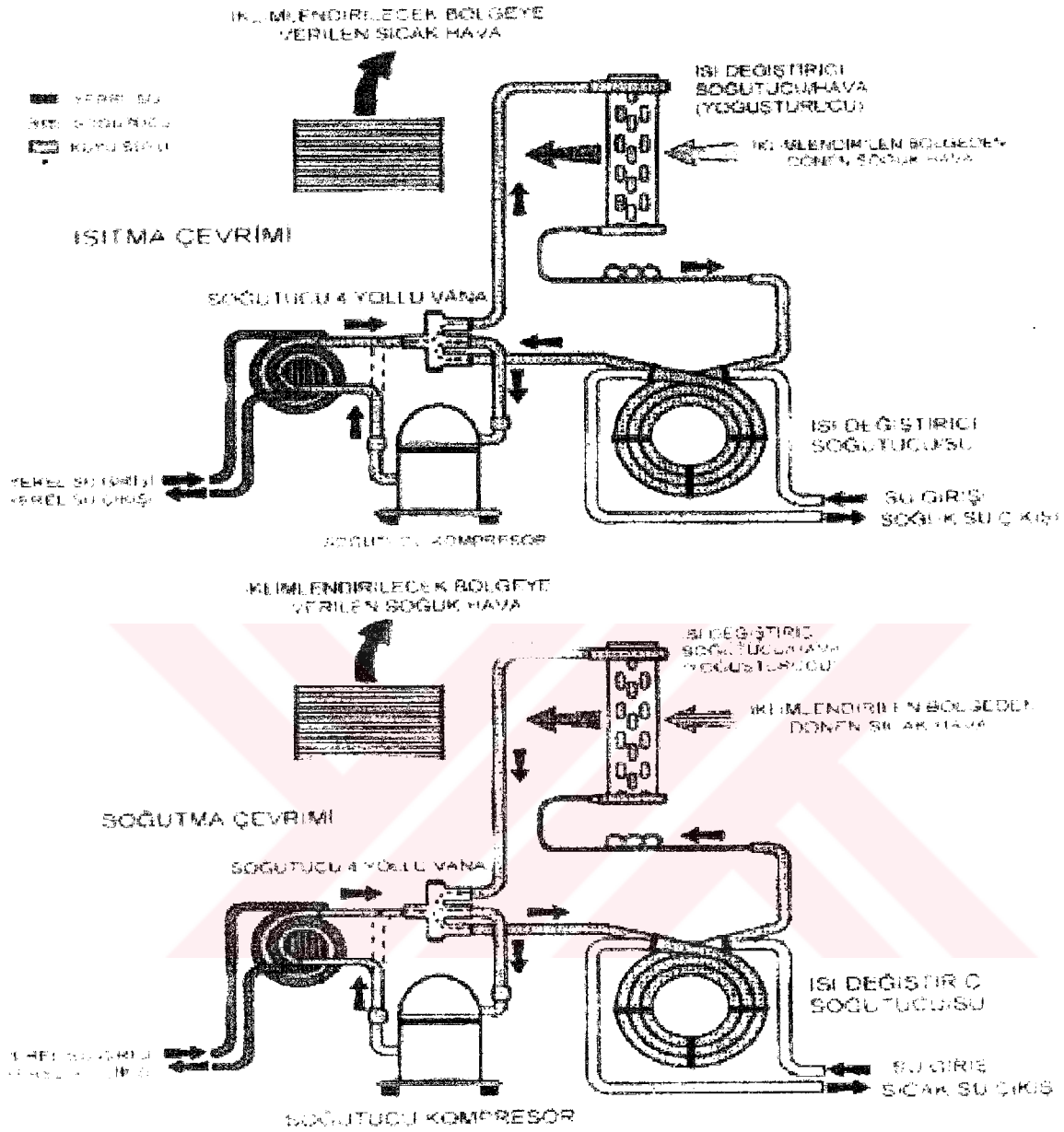
Alt bölümün, kompresör motoru, sıvı-soğutma eşekslenli ısı değiştirici yerel sıcak su çevrimi, sirkülasyon pompası ve akümülatör içermektedir. Bölümün sağ tarafında ise hava-soğutucu ısı değiştiricisi, basınç düşürücü cihaz, hava devinimi üfleyicisi ve kontrol paneli vardır. Basınç düşürücü cihaz bir çift akışlı T.X. vanasıdır. Bu cihaz, soğutucu akış kontrolü ve uygun buharlaştırıcı devresi için kaynama noktası sağlamak üzere tasarlanmıştır. 40°C ısıtma durumunda yoğuşma, sıcaklık kontrollü bir sıvı-hava ısı pompası ısıtma ve soğutma durumunda aynı basınç aralıklarında çalışmaktadır. Bu yüzden genellikle iki durum içinde tek bir basınç düşürücü cihaz kullanılır (Miles, 1994).

• Tasarım Çeşitleri

Sıvı-hava ısı pompaları için küçük mekanlardan, büyük ticari uygulamalara kadar çok çeşitli tasarım ve uygulamalar geliştirilmiştir. Şekil 3.14'deki yüksek yan bölüm lüks binalarda, motellerde, ofis ve benzeri yerlerde kullanılır.

Bu bölüm, otel odalarında, ofisler gibi küçük alanlarda, $1,55 \cdot 10^4$ kJ soğutma ve $1,47 \cdot 10^4$ kJ'lık ısıtmadan $6,94 \cdot 10^6$ kJ soğutma ve $6,73 \cdot 10^6$ kJ ısıtmaya kadar kullanılmaktadır.

Şekil 3.18'de, bu bölümlerin büyük binalar için nasıl kullanıldığı gösterilmiştir. Bu sistem, ikili enerji sistemini gösterir, bunlar; güneş enerjisi ile sıcak su ısıtıcısının birleşimini gösterir. Soğutma enerjisi, ısı kuyusu, buharlaştırıcı ve soğutma kulesidir. Bu büyük binalardaki çeşitli ısıtma ve soğutma yüklemelerinde mükemmel bir yöntemdir. Her bölüm veya alan, kendi sistemi ile soğutulur ya da ısıtılır.



Şekil 3.18 Soğutucu ve su çevrimleri (Miles, 1994)

Şekil 3.18'de, bu bölümlerin büyük binalar için nasıl kullanıldığı gösterilmiştir. Bu sistem, ikili enerji sistemini gösterir, bunlar; güneş enerjisi ile sıcak su ısıtıcısının birleşimini gösterir. Soğutma enerjisi, ısı kuyusu, buharlaştırıcı ve soğutma kulesidir. Bu büyük binalardaki çeşitli ısıtma ve soğutma yüklemelerinde mükemmel bir yöntemdir. Her bölüm veya alan, kendi sistemi ile soğutulur ya da ısıtılır.

Merkezi hidronik geçişli sirkülasyon suyu ile her ünite, odanın kendi özelliklerine bağlı olarak, ısıyı merkezi geçişten alır veya merkezi geçişe verir. Bunun gibi sistemler, gerekli

bütün tipteki ekipmanların başarılı uygulamaları için profesyonel mühendislere ihtiyaç duyar.

Bu ürün, $3,54 \cdot 10^4$ kJ ısıtma ve $1,26 \cdot 10^4$ kJ soğutma (40 nominal ton) kapasitesiyle satılmaktadır, ki bu da; sözü edilen tipin genel kapasite aralığındadır (Miles, 1994).



4. ISI POMPASI UYGULAMASI

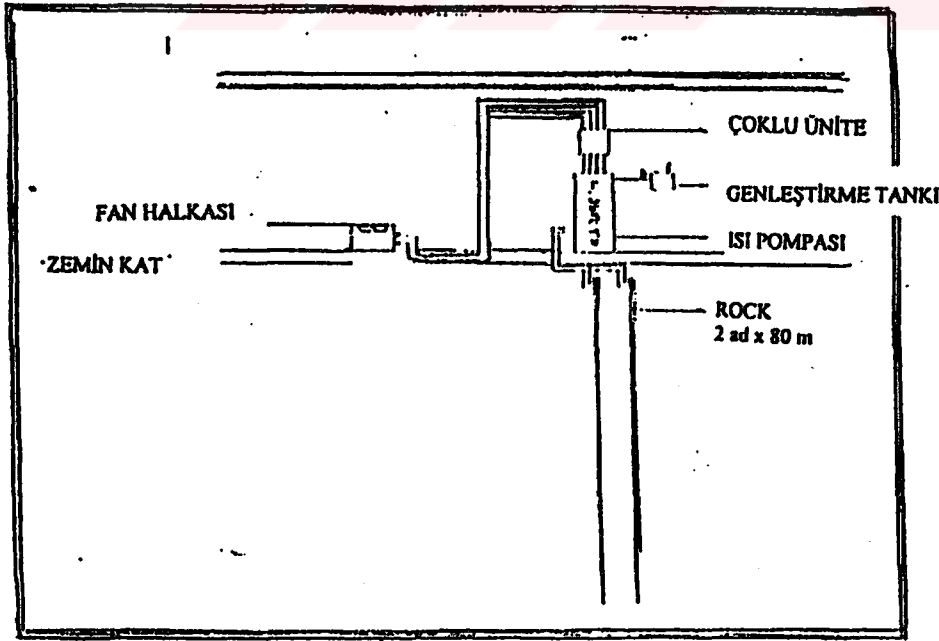
Bu uygulamadaki amaç, Kumköy'de bulunan bir şantiye binasının ısıtılmasını sağlayacak bir ısı pompası sistemi ile ilgili tasarım hesaplamalarını ve ilgili ekonomik analizi yapmaktır. Tasarıma başlarken, şantiye binasının toplam ısı kazancı miktarı hesaplanmıştır. Isı kazancı şantiye binasındaki her ofis ve bölüm için ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçta bu ısı kazançları toplanarak toplam ısı kazancı bulunmuştur.

Şantiye binasının ısıtma ihtiyacını karşılayabilecek farklı boru düzeneği ile kurulan 3 adet toprak kaynaklı ısı pompası ekonomik yönden karşılaştırılmıştır.

4.1 Şantiye Binasının Tanıtılması

Bu çalışmada, Demirciköy yolu üzerinde Kumköy-Kilyos, İstanbul'da bulunan tek katlı bir şantiye binasının özellikleri temel alınarak ısı pompası hesaplamaları yapılmıştır.

Kumköy ofislerde kullanılması uygun görülen ısı pompası sisteminin şeması Şekil 4.1'de verilmektedir. Ek 4'de ise şantiye binasının planı yer almaktadır.



Şekil 4.1 Kumköy şantiye binasına ait toprak kaynaklı ısı pompası sistemi

4.2 Hesaplama Yöntemi

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma sırasında, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı (T_i) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Aşağıda tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan iç kazançlar ve güneş enerjisi çıkartılarak hesaplanır.

Bu çalışmada yapılan hesaplamalarda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkanı sağlayacaktır.

Hesaplamalarda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdaki ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den küçük ise, binanın tamamı tek bölge olarak ele alınabilir.

4.2.1 Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Binalar tek bölge olarak ele alındığında, yıllık ısıtma ihtiyacı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (4.1)$$

$$Q_{ay} = [H (T_i - T_d) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] t \quad (4.2)$$

Burada,

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (j)

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (j)

H : Binanın özgül ısı kaybı (w/k)

T_i : Aylık ortalama iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)*

T_d : Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü

$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W)

$\phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

*Konutlar için 19°C alınır.(Diğer binalar için bk. TS 2164)

t : Zaman (sn: 1 ay=2,592.10°) (s)

4.2.2 Binanın Özgül Isı Kaybı Hesabı

Binanın özgül ısı kaybı (H), iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_i) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H_h) toplanması ile bulunur:

$$H = H_i + H_h \quad (4.3)$$

•İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (4.4) bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntıda yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeylere kompozisyonu değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür. Cepheye dik bölme duvarlarının, kolon, giriş ve döşemelerin mümkünse mutlaka yalıtılmaları gereklidir. Ancak balkon vb. ısı köprüsü oluşturan ve yalıtımı çok zor olan bölgeler için ise ısı kaybı hesabı yapılarak iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybına ilave edilmesi gereklidir.

$$H_i = \sum AU + l U_l \quad (4.4)$$

$$\sum AU = U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{dsic} A_{dsic} \quad (4.5)$$

Burada,

l :Isı köprüsü uzunluğu (m)

U_l :Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği (W/mK)

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

U_P : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

U_t : Zemine oturan tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

U_{dsic} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

A_D : Dış duvarın alanı (m²)

A_P : Pencerenin alanı (m²)

A_T : Tavan alanı (m²)

A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı (m²)

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın /döşemenin alanı (m²)

A_{dsic} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m²)

Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülde yer alan U_T 'nin önündeki 0.8 katsayısı 1 olarak alınır.

•Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (4.6) bağıntısı ile hesaplanır.

$$H_h = \rho c n_h V_h = 0.33 n_h V_h \quad (4.6)$$

ρ : Havanın birim hacim kütlesi (kg/m³)

c : Havanın özgül ısısı (J/kgK)

n_h : Hava değişim sayısı (h⁻¹)

V_h : Havalandırılan hacim ($V_h = 0.8 \times V_{brüt}$) (m³)

4.2.3 Binanın Isı Kazancı

•Aylık Ortalama İç Isı Kazançları ($\phi_{i,ay}$)

İç kazançlar aşağıdaki verileri kapsar:

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları

Konutlarda $\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$ (W)

Ticari Binalarda $\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$ (W)

Burada,

$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W)

A_n : Bina kullanım alanı (m²)

•Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları (ϕ_g)

Bu kazançlar pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımı ile ilgilidir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (4.7)$$

Burada,

$r_{i,ay}$: “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

$g_{i,ay}$: “i” yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$: “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m²)

A_i : “i” yönünde toplam pencere alanı (m²)

Ayrık ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için $r_{i,ay} = 0.8$

Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalınıyorsa $r_{i,ay} = 0.6$

Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için,

$$r_{i,ay} = 0.5$$

$$g_{i,ay} = 0.8 g_L$$

g_L : Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için geçirme faktörü

4.2.4 Kazanç Kullanım Faktörü (η)

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısı kütlesine bağlıdır (TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 1998).

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (4.8)$$

KKO_{ay} , Kazanç/Kayıp oranı olup, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır;

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{g,ay}) \quad (4.9)$$

KKO_{ay} oranı 2.5 ve üzerinde olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir;

4.3 Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı

Dış duvar:

$$A_D = 159,78 \text{ m}^2$$

$$U_D = 2,93 \text{ kJ / hm}^{20}\text{C}$$

Pencere (çift cam):

$$A_p = 15,18 \text{ m}^2$$

$$U_p = 27,63 \text{ kJ / hm}^2\text{°C}$$

Tavan:

$$A_T = 180,76 \text{ m}^2$$

$$U_T = 4,6 \text{ kJ / hm}^2\text{°C}$$

Taban:

$$A_t = 180,76 \text{ m}^2$$

$$U_t = 4,6 \text{ kJ / hm}^2\text{°C}$$

$$H_i = 159,78 \times 0,7 + 15,18 \times 2,2 + 180,76 \times 1,1 \times 0,5 + 1,1 \times 180,76$$

$$H_i = 443,5 \text{ W / K}$$

$$V_b = 542 \text{ m}^3$$

$$V_h = 0,8 \times 542 = 433,6 \text{ m}^3$$

$$H_h = 0,33 \times 0,5 \times 433,6 = 71,5 \text{ W / K}$$

$$H = H_i + H_h$$

$$H = 515 \text{ W / K}$$

İç Isı Kazancı

$$\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$$

$$\phi_{i,ay} = 10 \times 180,76 = 1807 \text{ W}$$

Güneş Enerjisi Kazancı:

$$r_{i,ay} = 0,8 \quad ; \quad g_l = 0,75 \quad \Rightarrow \quad g_{i,ay} = 0,6$$

$$r_{i,ay} \times g_{i,ay} = 0,48$$

$$A_{kuzey} = 4.8 m^2$$

$$A_{güney} = 4.8 m^2$$

$$A_{batı} = 3.18 m^2$$

$$A_{doğu} = 2.4 m^2$$

Çizelge 4.1 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

	H(kW/K)	Qi, ay(kW)	Güney		Doğu		Kuzey		Batı		Qg,ay(kW)	KKO	η _{ay}	Td,ay	Q _{ay} (kJ)
Ocak	515	1807	72	4.8	43	2.4	26	4.8	43	3.18	340.9632	0.25	0.98	276.6	17387423
Şubat	515	1807	84	4.8	57	2.4	37	4.8	57	3.18	431.4528	0.28	0.97	277.5	15554327
Mart	515	1807	95	4.8	77	2.4	52	4.8	77	3.18	544.9248	0.36	0.94	280.6	11738610
Nisan	515	1807	83	4.8	90	2.4	66	4.8	90	3.18	584.352	0.63	0.8	285.6	5103759
Mayıs	515	1807	92	4.8	114	2.4	79	4.8	114	3.18	699.3216	2.21	0.36	290.8	593256
Haziran	515	1807	95	4.8	122	2.4	83	4.8	122	3.18	736.8768	>2.5		Td>	
Temmuz	515	1807	93	4.8	118	2.4	81	4.8	118	3.18	716.9472	>2.5		Td>	
Ağustos	515	1807	93	4.8	106	2.4	73	4.8	106	3.18	666.3744	>2.5		Td>	
Eylül	515	1807	89	4.8	81	2.4	57	4.8	81	3.18	553.3344			292.6	
Ekim	515	1807	82	4.8	59	2.4	40	4.8	59	3.18	439.1136	0.74	0.74	287.1	3677585
Kasım	515	1807	67	4.8	41	2.4	27	4.8	41	3.18	326.3904	0.38	0.38	282.1	9732470
Aralık	515	1807	64	4.8	37	2.4	22	4.8	37	3.18	297.2448	0.27	0.98	277.9	15332522
															79119951

21995,3 kW/yıl

4.3 Ekonomik Analiz

4.3.1 Isı Pompası Maliyet Hesaplaması

4.3.1 Isı Pompası Kurulumu Süresince Eskalasyon Yükü

$$Y(t) = I_d \cdot y(t)$$

Burada,

$Y(t)$: Eskalasyonsuz harcama planı,

I_d :Direkt inşaat bedeli,

$y(t)$: Harcama dağılımı

4.3.2 Isı Pompası Kurulumu Süresince Faiz Yükü

$$T(t) = Y(t) \cdot [(1+i)^{l+1-t}]$$

Burada,

L : İnşaat süresi

4.3.2 Sabit Yıllık Sermaye Masrafı Yöntemine Göre

$$C_k = I_k \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Burada ;

C_k : Toplam yıllık ödemesi

I_k : Toplam borç (Aybers ve Şahin,1995).

Isı pompasının bağlantı elemanı olan boruların üç farklı yerleşim düzeni için sonuçlar şu şekildedir:

160 metre'lik sondaj işlemi için hesaplama sonuçları çizelge halinde aşağıda verilmiştir.*

Çizelge 4.2 İnşaat süresince eskalasyon hesabı

Eskalasyon periyodu	Harcama Dağılımı %	Ekskalasyonsuz Harcama Planı
1	20	2486,2
2	8	994,5
3	16	1989,0
4	24	2983,4
5	18	2237,6
6	14	1740,3
TOPLAM	100	12370**

Çizelge 4.3 İnşaat süresince faiz hesabı*

Faiz Periyodu	Harcama Planı	Harcama + Faiz	Faiz Yüğü
6	2486,2	2799,9	313,7
5	994,5	1098,0	103,5
4	1989,0	2153,0	164,0
3	2983,4	3166,0	182,6
2	2237,6	2328,0	90,4
1	1740,3	1775,1	34,8
TOPLAM	12370	13319,9	888,9

Çizelge 4.4 Sabit yıllık sermaye masrafı*

Yıl	t	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi i=%2	Yıllık Anapara Ödemesi	Toplam Yıllık Ödeme
2002	1	13319,9	266,4	4352,3	4618,7
2003	2	8967,6	179,4	4439,4	4618,7
2004	3	4528,2	90,6	4528,2	4618,7
TOPLAM		0	536,3	13319,9	13856,2

Çizelge 4.5 Lineer azalan yıllık sermaye masrafı*

Yıl	t	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi i=%2	Yıllık Anapara Ödemesi	Toplam Yıllık Ödeme
2002	1	13319,9	266,4	4440,0	4706,4
2003	2	8879,9	177,6	4440,0	4617,6
2004	3	4440,0	88,8	4440,0	4528,8
TOPLAM		0	532,8	13319,9	13852,7

Çizelge 4.6 İnşaat süresince kredi faizlerinin geri ödenmesi durumunda lineer azalan yıllık sermaye masrafı*

Yıl	Kullanılan Kredi	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi	Yıllık Anapara Ödemesi	Yıllık Toplam Ödeme
2002	2486,2	2486,2	49,7	2535,9	49,7
2003	994,5	3480,7	69,6	3550,3	69,6
2004	1989,0	5469,7	109,4	5579,1	109,4
2005	2983,4	8453,1	169,1	8622,2	169,1
2006	2237,6	10690,7	213,8	10904,5	213,8
2007	1740,3	12431,0	248,6	12679,6	248,6
2008	-	12431,0	248,6	4143,7	4392,3
2009	-	8287,3	165,7	4143,7	4309,4
2010	-	4143,7	82,9	4143,7	4226,5
TOPLAM		0	497,2	12370	12928,2

80 metre'lik 2 adet sondaj işlemi için hesaplama sonuçları aşağıda verilmiştir.*

Çizelge 4.7 İnşaat süresince eskalasyon hesabı*

Eskalasyon periyodu	Harcama Dağılımı %	Eskalasyonsuz Harcama Planı
1	20	2513,2
2	8	1005,3
3	16	2010,6
4	24	3015,8
5	18	2261,9
6	14	1759,2
TOPLAM	100	12566**

Çizelge 4.8 İnşaat süresince faiz hesabı*

Faiz Periyodu (t)	Harcama Planı	Harcama + Faiz	Faiz Yükü
6	2513,2	2830,3	317,1
5	1005,3	1109,9	104,6
4	2010,6	2176,3	165,7
3	3015,8	3200,4	184,6
2	2261,9	2353,3	91,4
1	1759,2	1794,4	35,2
TOPLAM	12566	13464,6	898,6

Çizelge 4.9 Sabit yıllık sermaye masrafı*

Yıl	t	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi $i=%2$	Yıllık Anapara Ödemesi	Toplam Yıllık Ödeme
2002	1	13464,6	269,3	4399,6	4668,9
2003	2	9065,0	181,3	4487,6	4668,9
2004	3	4577,4	91,5	4577,4	4668,9
TOPLAM		0	542,1	13464,6	14006,7

Çizelge 4.10 Lineer azalan yıllık sermaye masrafı*

Yıl	t	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi, $i=%2$	Yıllık Anapara Ödemesi	Toplam Yıllık Ödeme
2002	1	13464,6	269,3	4488,2	4757,5
2003	2	8976,4	179,5	4488,2	4667,7
2004	3	4488,2	89,8	4488,2	4578,0
TOPLAM		0	538,6	13464,6	14003,2

Çizelge 4.11 İnşaat süresince kredi faizlerinin geri ödenmesi durumunda lineer azalan yıllık sermaye masrafı *

Yıl	Kullanılan Kredi	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi	Yıllık Anapara Ödemesi	Yıllık Toplam Ödeme
2002	2513,2	2513,2	50,3	2563,5	50,3
2003	1005,3	3518,5	70,4	3588,9	70,4
2004	2010,6	5529,1	110,6	5639,7	110,6
2005	3015,8	8544,9	170,9	8715,8	170,9
2006	2261,9	10806,8	216,1	11022,9	216,1
2007	1759,2	12566,0	251,3	12817,3	251,3
2008	-	12566,0	251,3	4188,7	4440,0
2009	-	8377,3	167,5	4188,7	4356,2
2010	-	4188,7	83,8	4188,7	4272,4
TOPLAM		0	502,6	12566,0	13068,6

Serme işlemi için hesaplanan sonuçlar aşağıda verilmiştir.*

Çizelge 4.12 İnşaat süresince eskalasyon hesabı*

Eskalasyon periyodu (t)	Harcama Dağılımı %	Eskalasyonsuz Harcama Planı
1	20	1750,0
2	8	700,0
3	16	1400,0
4	24	2100,0
5	18	1575,0
6	14	1225,0
TOPLAM	100	9470**

Çizelge 4.13 İnşaat süresince faiz hesabı*

Faiz Periyodu (t)	Harcama Planı	Harcama + Faiz	Faiz Yüğü
6	1750,0	1970,8	220,8
5	700,0	772,9	72,9
4	1400,0	1515,4	115,4
3	2100,0	2228,5	128,5
2	1575,0	1638,6	63,6
1	1225,0	1249,5	24,5
TOPLAM	9470	9375,7	625,7

Çizelge 4.14 Sabit yıllık sermaye masrafı*

Yıl	t	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi, $i=2\%$	Yıllık Anapara Ödemesi	Toplam Yıllık Ödeme
2002	1	8750,0	175,0	2859,1	3034,1
2003	2	5890,9	117,8	2916,3	3034,1
2004	3	2974,6	59,5	2974,6	3034,1
TOPLAM		0	352,3	8750,0	9102,3

Çizelge 4.15 Lineer azalan yıllık sermaye masrafı*

Yıl	t	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi, $i=2\%$	Yıllık Anapara Ödemesi	Toplam Yıllık Ödeme
2002	1	8750,0	175,0	2916,7	3091,7
2003	2	5833,3	116,7	2916,7	3033,3
2004	3	2916,7	58,3	2916,7	2975,0
TOPLAM		0	350,0	8750,0	9100,0

Çizelge 4.16 İnşaat süresince kredi faizlerinin geri ödenmesi durumunda lineer azalan yıllık sermaye masrafı*

Yıl	Kullanılan Kredi	Borç	Yıllık Faiz Ödemesi	Yıllık Anapara Ödemesi	Yıllık Toplam Ödeme
2002	1750,0	1750,0	35,0	1785,0	35,0
2003	700,0	2450,0	49,0	2499,0	49,0
2004	1400,0	3850,0	77,0	3927,0	77,0
2005	2100,0	5950,0	119,0	6069,0	119,0
2006	1575,0	7525,0	150,5	7675,5	150,5
2007	1225,0	8750,0	175,0	8925,0	175,0
2008	-	8750,0	175,0	2916,7	3091,7
2009	-	5833,3	116,7	2916,7	3033,3
2010	-	2916,7	58,3	2916,7	2975,0
TOPLAM		0	350,0	9470	9100,0

*Hesaplama da kullanılan para birimi euro'dur.

**Veriler Ek 3'ten alınmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Isı pompası sistemleri, dünyanın içinde bulunduğu enerji darboğazında alternatif olarak kullanılan enerji sistemleri arasında en temiz enerjiyi sağlayan sistemlerdir. Enerjiyi temiz olarak üretmesi ve yüksek yatırım maliyetine karşı yatırımı kısa sürede geri ödemesi nedeniyle ısı pompaları diğer enerji üretim sistemlerin önünde sayılabilir. Isı pompaları ev, villa gibi küçük mekanların ısıtılması ve soğutulmasında kullanıldığı gibi, küçük şehirlerde, mahalle ve sitelerin ısıtılması ve soğutulmasında kullanılabilen sistemlerdir.

Isı pompası sistemleri kullanıldığında bedelsiz termal enerji değerlendirilebilir ve sınırlı enerji kaynaklı tüketimi minimuma indirilebilir. Kullanılan enerjinin yalnız 1/3'ü bedel ödenerek satın alınır. Kompresör ve sirkülasyon pompalarının çalışmasını sağlayan elektrik enerjisi dışındaki kısım, topraktan bedelsiz olarak sağlanır. Baca ve yakıt deposu gibi, diğer ısıtma sistemlerinde varolan unsurlara gerek kalmaz ve bunların yarattığı bakım giderleri de hesaplanmaz. Yakıt depolama ihtiyacı olmadığından, enerjiyi kullanmadan önce ödeme gereği yoktur. Tamamen sessiz çalışması ve estetik tasarıma sahip oluşu nedeni ile yerleştirileceği alan konusunda sınırsız seçenek sağlamaktadır ve kullanımı basittir. Sulu ve kuru sistemlerin her ikisiyle de mükemmel uyum sağlamaktadır. Radyatör sistemi yerine fan-coil sistemi uygulandığında düşük bedelli soğutma imkanı verir. Ayrıca çalıştığı sıcaklık aralığı diğer sistemlere göre düşük olduğundan yerden ısıtmaya uygundur.

Bu çalışmada, söz konusu olan şantiye binasının ısı pompası vasıtaıyla ısıtılması amacıyla üç farklı sistem ele alınmıştır. Bu sistemler ısı pompasının ana cihazı (Thermia Villa Classic 155) ve yapı içi elemanları bakımından aynı olmakla birlikte toprağa serme şekilleri bakımından farklılık göstermektedir. Söz konusu sistemler işletme maliyetleri açısından aynıdır. Çünkü her birinde, toprakta borular içinde dönen akışkanın topraktan aldığı ısı enerjisi aynı olup, dolayısıyla ısı pompasının binaya transfer ettiği ısı miktarları arasında da ortaya bir farklılık çıkmamaktadır. Isı pompasının yardımcı elemanı olan borulama sistemi üç farklı şekilde uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla; 160 m'lik tek sondaj; 80 m'lik iki adet sondaj ve toprağa yatay serme'dir. Yatırım maliyetleri bakımından yapılan ekonomik karşılaştırmada görülmektedir ki, bu üç sistem arasında yatırım maliyeti bakımından en ekonomik olan yatay sermeli sistemdir. Fakat inşaat alanında bu sistemi kuracak alan olmadığı için diğer alternatifler incelendiğinde, tekli sondaj işleminin maliyeti uygun gözükmektedir. Bu durumda da toprağın 160 metre derinliğine inerken toprakta gözlemlenen çökme olaylarından dolayı, ikili serme yani 80 metreden 2 adet sondaj yapılması uygun olmaktadır.

KAYNAKLAR

AYBERS, N. ve ŞAHİN, B. “Enerji Maliyeti” , İstanbul 1995.

HEPBAŞLI, A. ve ERTÖZ, A.Ö. “Geleceğin Teknolojisi; Yer` Kaynaklı Isı Pompaları”, T.M.M.O.B. Makina Mühendisleri Odası IV. Tesisat Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 1, S. 445-492, 4-7 Kasım 1999.

KÜÇÜKÇALI, R. “Klima-Havalandırma Tesisatı, Isısan Çalışmaları”, No: 158, S. 178-261, Kasım 1997.

MILES, L. “Heat Pumps Theory and Service”, Deelmer Pub. Inc. New York (1994).

ÖZTÜRK, H.K. ve HEPBAŞLI, A. “Tesislerin Enerji Problemlerini Çözmek İçin: Isı Pompası, Termoklima”, Sayı: 98, S. 33-41, Eylül 2000.

Tedap Bilgisayar Programı Thermia, Yeşil Çizgi.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, T.M.M.O.B., 29 Nisan 1998.

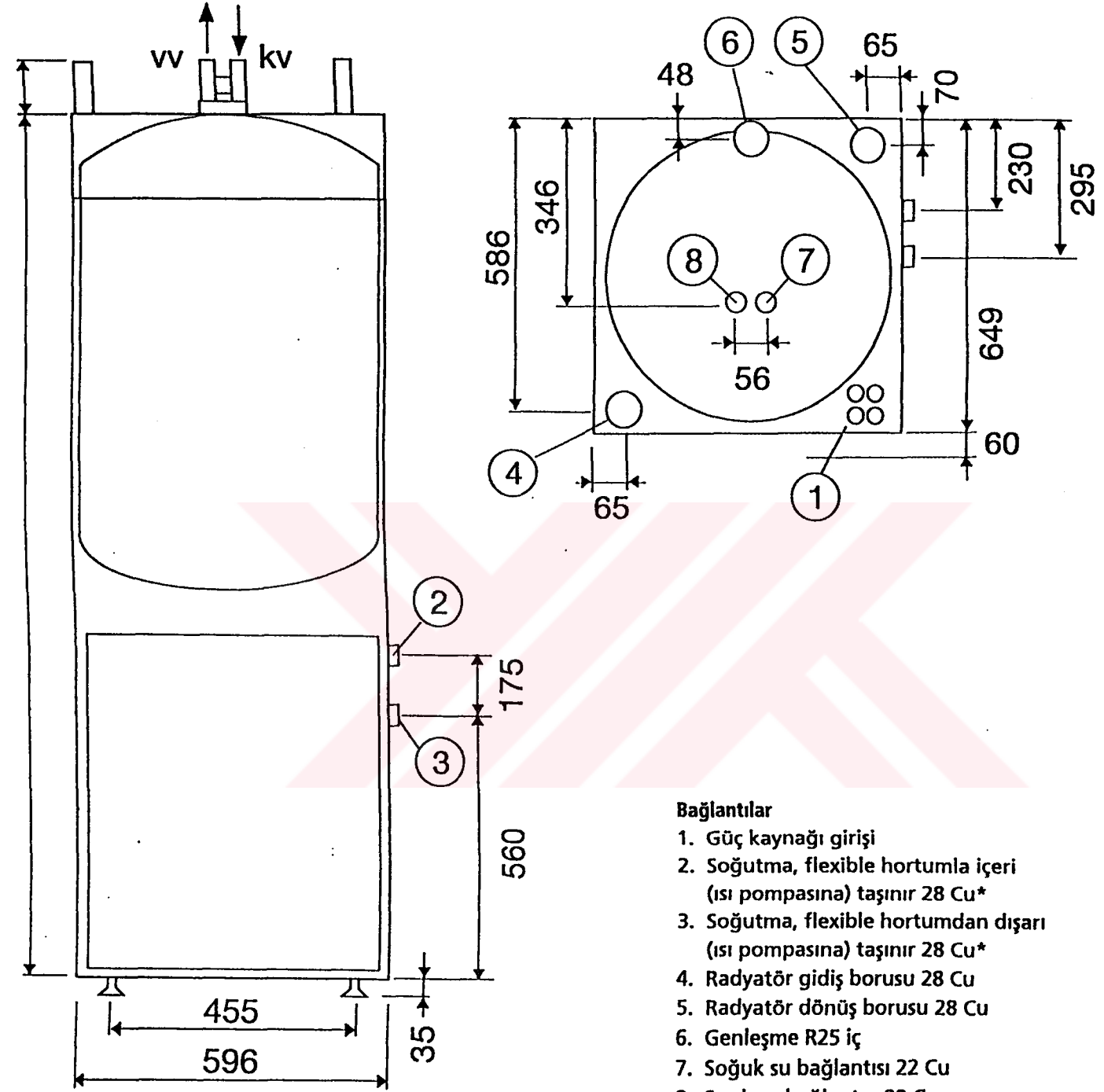
www.yesilcizgi.com.tr

EKLER

- Ek 1 Thermia Villa Classic 155 Isı Pompası –Teknik Bilgiler
- Ek 2 Thermia Villa Classic 155 Hesaplanan Değerler, Projelendirme Verileri
- Ek 3 Thermia Villa Classic 155 Maliyet Verileri
- Ek4 Kumköy Evleri Şantiye Binası
- Ek 5 Kavram Listesi



k.1

**Bağlantılar**

1. Güç kaynağı girişi
 2. Soğutma, flexible hortumla içeri (ısı pompasına) taşınır 28 Cu*
 3. Soğutma, flexible hortumdan dışarı (ısı pompasına) taşınır 28 Cu*
 4. Radyatör gidiş borusu 28 Cu
 5. Radyatör dönüş borusu 28 Cu
 6. Genleşme R25 iç
 7. Soğuk su bağlantısı 22 Cu
 8. Sıcak su bağlantısı 22 Cu
- * Sağ veya sol bağlantı yapılabilir.

Ek.2

Thermia Värme

ARVIKA Tel 0570-813 00

Yesil Cizgi Isi Teknikleri
Att: Raziye Yaglica
Dellalzade Sok, No:15/A
217 65 Malmö

Tel: 0212 2749392
Faks: 0212 2727605

ENERJİ KAYNAGININ BOYUTU

2002-11-08

Ver. 3.00

Müsteri:
SANTIYE BINASI
KUMKOY / ISTANBUL

Isi Kaynagi: Kaya enerjisi
Isi pompasi: Villa Classic 155

35°/-0.53°C (DUT ile 45°/-5.53°)

KOSULLAR

Güç (net)	kW	20
Havalandırmadan gelen	kW	0
Net enerji tüketimi	kWh/yıl	41630
Sıcak su tüketimi	kWh/yıl	4500
İç sıcaklık	°C	20
Bölge ort. sıcaklık	°C	12
Dış sıcaklık	°C	-7

HESAPLANAN DEĞER

Isi pompasından	kWh/yıl	39900
Isi pompasına	kWh/yıl	10680
Takviye enerji	°C	1,9
Enerji kaz. derecesi	%	95,8
Verim (toplam 3,35)		3,74
Tassaruf (brüt)	kWh/yıl	31320
Takviye enerji (95 %) kWh/år		1820
Takviye gücü	kW	8,0
Maximum güç	kW	20,5

Projelendirme verileri

Toprak isi il.kat.	W/m K	3,2
Sondaj çapı	mm	180
Kaya.derinligi	m	5
Isi araligi	°C	3
Sondaj adedi	ad.	1
Sondaj derinligi	m	161
(Temel su seviyesinden itibaren)		

Thermia Värme

ARVIKA Tel 0570-813 00

ENERJİ KAYNAGININ BOYUTU

2002-11-08

Ver. 3.00

Yesil Cizgi Isi Teknikleri
Att: Raziye Yaglica
Dellalzade Sok, No:15/A
217 65 Malmö

Müsteri:
SANTIYE BINASI
KUMKOY / ISTANBUL

Tel: 0212 2749392
Faks: 0212 2727605

Isi Kaynagi: Kaya enerjisi
Isi pompasi: Villa Classic 155

35°/-5.53°C (DUT ile 45°/-5.53°)

KOSULLAR

Güç (net)	kW	20
Havalandırmadan gelen	kW	0
Net enerji tüketimi	kWh/yıl	41630
Sıcak su tüketimi	kWh/yıl	4500
İç sıcaklık	°C	20
Bölge ort. sıcaklık	°C	12
Dis sıcaklık	°C	-7

HESAPLANAN DEGER

Isi pompasından	kWh/yıl	39900
Isi pompasına	kWh/yıl	10680
Takviye enerji	°C	1,9
Enerji kaz. derecesi	%	95,8
Verim (toplam 3,35)		3,74
Tassaruf (brüt)	kWh/yıl	31320
Takviye enerji (95 %) kWh/år		1820
Takviye gücü	kW	8,0
Maximum güç	kW	20,5

Projelendirme verileri

Toprak isi il.kat.	W/m K	3,2
Sondaj çapı	mm	180
Kaya.derinligi	m	5
Isi araligi	°C	3
Sondaj adedi	ad.	2
Sondaj arasi uzaklık	m	15
C sabiti		20
Sondaj derinligi (Temel su seviyesinden itibaren)	m	84

Thermia Värme

ARVIKA Tel 0570-813 00

Yesil Cizgi Isi Teknikleri
Att: Raziye Yaglica
Dellalzade Sok, No:15/A
217 65 Malmö

Tel: 0212 2749392
Faks: 0212 2727605

ENERJİ KAYNAGININ BOYUTU

2002-11-08

Ver. 3.00

Müsteri:
SANTIYE BINASI
KUMKOY / ISTANBUL

Isi Kaynagi: Toprak enerjisi
Isi pompasi: Villa Classic 155

35°/0°C (DUT ile 45°/-4°)

KOSULLAR

Güç (net)	kW	20
Havalandırmadan gelen	kW	0
Net enerji tüketimi	kWh/yil	41630
Sıcak su tüketimi	kWh/yil	4500
İç sıcaklık	°C	20
Bölge ort. sıcaklık	°C	12
Dis sıcaklık	°C	-7

HESAPLANAN DEĞER

Isi pompasından	kWh/yil	40190
Isi pompasına	kWh/yil	10410
Takviye enerji	°C	0,9
Enerji kaz. derecesi	%	96,5
Verim	(toplam 3,51)	3,86
Tassaruf (brüt)	kWh/yil	31890
Takviye enerji (95 %)	kWh/år	1520
Takviye gücü	kW	7,4
Maximum güç	kW	20,5

Projelendirme verileri

Toprak tipi Kumlu veya çakilli kuru arazi

Alan	m ²	610
Merkez mesafesi	m	1
Kol.derinligi	m	1,5
Kol.boyu	m	610

Ek.3

Villa Classic 155 ısı pompasının 160m'lik tek sondaj yapıldığında elde edilen yatırım maliyeti verileri

Isı pompası (Villa Classic 155)	6970 eur
Mono etilen glikol (150 lt)	150 eur
Sondaj (160 m)	3200 eur
Bağlantı malzemesi	750 eur
İşçilik	650 eur
Enerji kolektör borusu	650 eur
160 m'lik tek bir sondaj için	
Toplam	12370 eur

Villa Classic 155 ısı pompasının 80m'lik 2 adet sondaj yapıldığında elde edilen yatırım maliyet verileri

Isı pompası (Villa Classic 155)	6970 eur
Mono etilen glikol (150 lt)	150 eur
Sondaj (160 m)	3200 eur
Bağlantı malzemesi	750 eur
İşçilik	650 eur
Enerji kolektör borusu	846 eur
80 m*2 adet sondaj için	
Toplam	12566 eur

Villa Classic 155 ısı pompasının serme yapıldığında elde edilen yatırım maliyet verileri

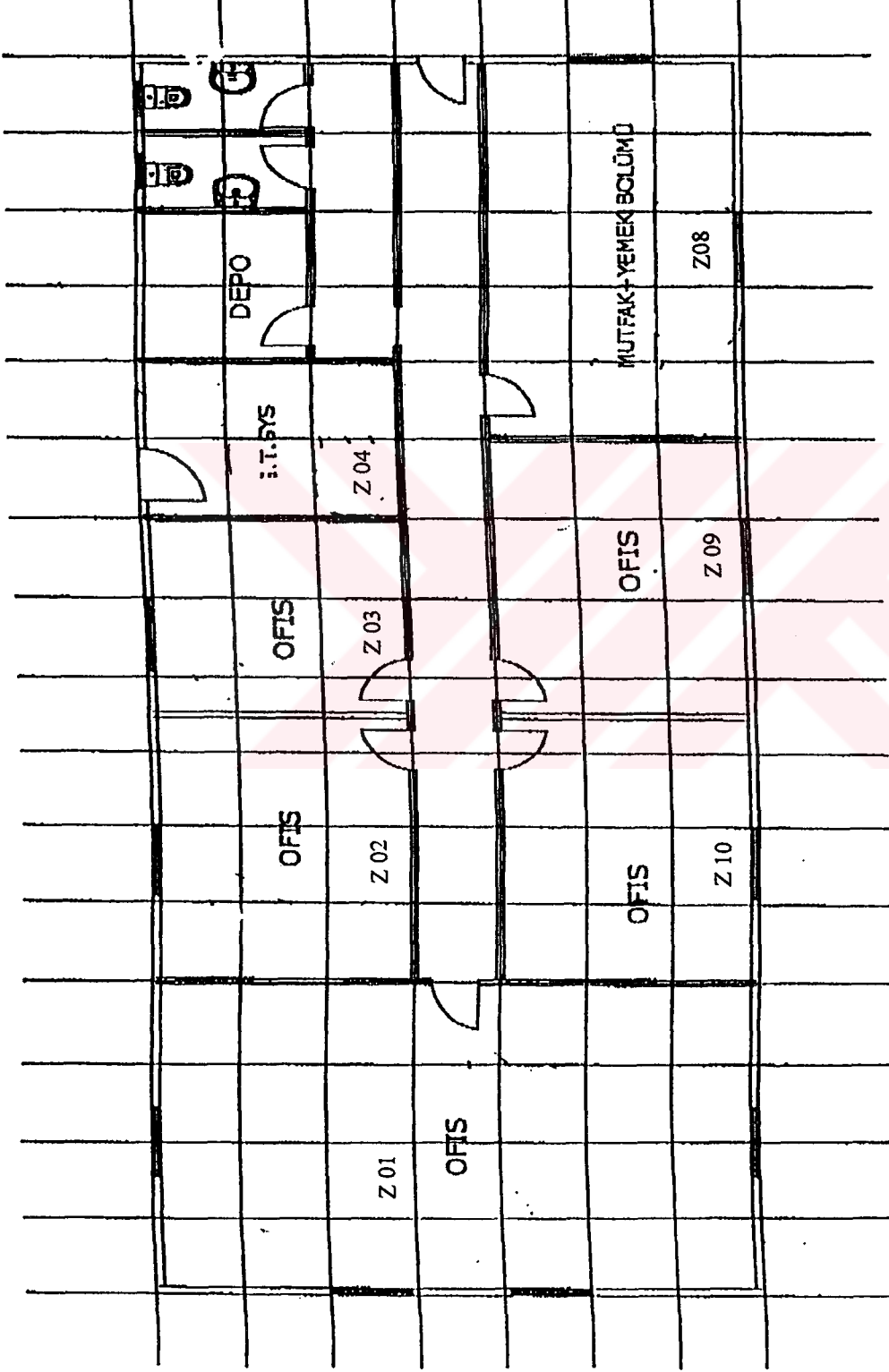
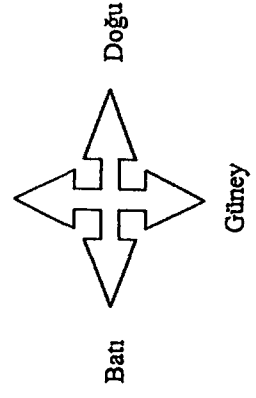
Isı pompası (Villa Classic 155)	6970 eur
Mono etilen glikol (150 lt)	200 eur
Serme (600 m)	250 eur
Bağlantı malzemesi	750 eur
İşçilik	650 eur
Enerji kolektör borusu	650 eur
610 m ² lik alan için	
Toplam	9470 eur

KUMKOY EVLERI SANTIYE BINASI

Ek.4

71

Kuzey



Ö:1/100

Ek 5

Bölüm 3'te kullanılan bazı terimler aşağıda açıklanmaktadır.

Su Yatağı: Yeryüzeyinin altındaki su yataklarına verilen isimdir. Suyun bu çeşidi kumların, çakılın, çamurun, kayaların vs. içinde bulunur. Coğrafik yerleşim kadar, suyu tutan malzemenin tipine göre yer ve derinlik açısından farklılık gösterir.

Sert Oluşum: Yeryüzeyinin altındaki tüm malzemeler biraz su içerir. Sert oluşumlu malzemeler (katı sağlam kayalar; granit, kireçtaşı, kum taşı, v.s.) sadece çatlak ve yarıklarda suyu bulundururlar. Bu tip malzemeler ısı pompası sistemleri için uygun su kaynağını içermezler. Bununla beraber bu malzeme, yüksek oranda ısı enerjisi alıp verme yeteneğine sahiptir. Bu tip malzemelerin bu alanda en önemli uygulama şekli jeotermal olarak kullanılmasıdır.

Sert Olmayan Oluşum: Sert ve taneleşmiş malzemelerin karışımıdır (kum, çakıl, yumuşak kil, vs.). Geniş miktarlarda kolay elde edilebilen su içermektedir.

Su Tabakası: Su yatağı yüzeyidir. Yerkürenin yüzeyine en yakın olan su yataklarındaki sert olmayan oluşumun su seviyesine, yeraltı su yatağının içindeki su tabakası denmektedir.

Durağan Su Seviyesi: Hiç su çekilmediği zaman suyun bir boru içinde yükseldiği seviyedir. Durgun su seviyesi su kolonunun yüzeyindedir.

Pompalama Su Seviyesi: Pompanın dolu olarak yüklendiği su miktarını dağıttığı zaman, suyun düştüğü seviyedir.

Seviye Farkı: Durgun su seviyesi ile pompalama su seviyesi arasındaki farktır.

Özgül Kapasite: Kaynağın belirlenen kapasitesi; her bir metrelik seviye farkı için dakikada akan litre cinsinden su miktarıdır.

Alçak Basınç Konisi: Su yatağındaki kaynak suyunun akışı sebebiyle, boruyu çevreleyen su seviyesindeki düşüştür. Koninin uç noktası pompalama su seviyesidir.

Basınç Konisi: Su yatağında zorlandığında boruyu çevreleyen suyun yükselmesidir. Eğer su yatağındaki statik su seviyesi yüzeye yakın ise ve basınç konisi yükselirse dönüş kaynağı taşacaktır; bu ihtimalden dolayı bütün dönüş kaynakları taşmayı kontrol altında tutacak şekilde tasarlanmalıdır (Miles,1994).

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 26.11.1976

Doğum yeri İstanbul

Lise 1990-1993

Lisans 1995 -1999

Hayrullah Kefoğlu Lisesi

Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji
Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

1999-Devam ediyor Dolunay Teknik Cihazlar ve İnşaat Sanayi Limited
Şirketi

