



bu bir MMO  
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## Su Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerine İlişkin Genel İnceleme

BEDİ KORUN

FORM A.Ş.

# SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMLERİNE İLİŞKİN GENEL İNCELEME

Bedi KORUN

## ÖZET

Su kaynaklı ısı pompası sistemleri (SKIP), doğal enerjilerden (göl, ırmak, deniz, yeraltı ısı v.s. gibi) faydalanarak enerji tasarrufunu ve devamlı çalışmayı temin etmektedir.

Sistemin basitliği, bakım kolaylığı, aynı anda ısıtma veya soğutma veya her ikisini birden gerçekleştirmesi büyük avantajlar sağlamaktadır.

Sistem modüler olup istenildiği anda, sistemin küçültmesi veya ilavesi gerçekleştirilebilir. Çevre koruma bakımından idealdir. Klasik sistemlere göre hayli avantaja sahiptir.

## TEKNOLOJİ

Mühendislik açısından, ısı pompası bir maddeden ısı çıkaran ve onu diğer bir maddeye aktaran bir cihazdır. Diğer tip ısı pompalarından farklı olarak, Su Kaynaklı Isı Pompası (SKIP) ısıtma modunda çalışırken ısı kaynağı, soğutma sırasında ise ısı düşürücü olarak suyu (veya su ve antifriz karışımını) kullanmaktadır. SKIP seçmeli olarak ısıtma ve soğutma; sadece soğutma, veya sadece ısıtma modunda çalışır. SKIP Sistemleri konvansiyonel oda havalandırma uygulamaları için, (kullanma suyu veya hizmet sıcak suyu) işletme suyunu ısıtmak için veya hidronik ve radyant ısıtma uygulamalarında kullanılabilir.

Bazı deneysel gaz yakıtlı Absorption'lu SKIP sistemleri mevcut olmasına ve bunların verimliliği düşük maliyetli yakıttan yararlanmasına rağmen, bugün pazarda bulunan pek çok SKIP elektrik motorlu cihazlardan oluşmaktadır. Soğutma gazı olarak HCFC-22'yi kullanırlar.

SKIP Sistemlerinin diğer klima sistemlerine karşı güvenilir, değişik kullanım imkanları olan, enerji verimi yüksek seçenekler olduğu düşünülmektedir. Bu sistemler rekabet edebilir montaj maliyetleri, önemli tasarım esnekliği ve ikili modda çalıştırıldığında, bir grup ticari ve konutsal uygulamalarda ısıyı kazanma ve tekrar kullanma imkanını sunmaktadırlar. Teknoloji hem yeni inşaat hem de yenileme onarımı projeleri açısından uygundur.

## TEKNOLOJİNİN GELİŞMESİ

SKIP Birleşik Devletlerde 1930'ların sonlarında geliştirilmiştir. Ürünün Avrupa versiyonu hemen hemen aynı zamanda geliştirilmiş olup, ürün kabulünün ABD ve Kanada'dakinin gerisinde kalmasına rağmen, AB'de (Avrupa Birliği) ürün geliştirme, ABD imalatçı şirketlerinin önderliğini yakından izlemiştir.

İlk SKIP tasarımları ısı transfer aracı olarak hazır yeraltı suyu kaynağını kullanmış, sonuç olarak, SKIP ürünleri için ilk ABD Pazarı, Birleşik Devletlerin Güney Bölümü'ndeki meskun kesim ve yıl boyunca hazır ılık yeraltı suyu kaynağının mevcut olduğu Florida Eyaleti olmuştur. İlık yeraltı sularına bağımlılığın koyduğu pazar sınırlamalarını aşmak üzere, ısı transfer aracı olarak kapalı boru tesisatı devresindeki suyu kullanmak üzere 1960'larda sistem değişiklikleri ortaya konuldu. Isıtma modu sırasında, sıvıyı ısıtmak üzere sistem tasarımına ısı verici (kazan) eklendi. Soğutma modunda, kuru veya buharlaştırıcı soğutucu aracılığıyla istenmeyen ısı devreden sudan atıldı. Kapalı devre

uygulanması teknolojinin uygulanmasını serbest akan yeraltı suyunun mevsimsel olarak temin edilemediği yerlere kadar genişletti. Ürünün daha fazla pazarlanabilmesi için, 1970'lerde ticari kesime uygun toprak altı kapalı sistem teknolojisi sunuldu. SKIP donanımındaki son gelişmeler  $-4^{\circ}\text{C}/38^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıvı sıcaklıklarında yüksek verimle çalışma olanağı sağlanmaktadır.

Şekil 1'de gösterildiği üzere, 1991'in sonunda, dünya çapındaki ticari ve meskun kesimlerde SKIP kurulu tabanı 1.1. milyondan fazlaydı. Bu ünitelerin büyük bölümü ABD ve Almanya'da kullanıldı. Bu istatistiklerin alındığı araştırmanın birçokları tarafından kesin bir belge olarak değerlendirilmesine karşın, Avrupa, ABD ve Kanada'daki gerçek SKIP birim satışları uygulamanın belirtilenden daha geniş olduğunu göstermektedir. Örneğin, araştırma tarafından belirtilmemesine karşın, Kanada'daki kurulu SKIP ürünleri tabanı 1991 sonunda yaklaşık 250,000 adet olarak bilinmektedir.

Ülke	Konut Isı Pompası	Ticari Isı Pompası	Toplam Isı Pompası	% Su Kaynağı	Toplam Su Kaynağı
Avusturya	107.0	3.80	110.8	10 %	11.1
Belçika	0.2	2.35	2.5		
Kanada	299.0	130.00	429.0	mevcut değil	
Danimarka 28.0	1.80	29.8	mevcut değil		
Fransa	önemsiz	48.50	48.5	mevcut değil	
Almanya	354.3	4.50	358.8	53 %	190.2
Yunanistan	284.2	93.70	377.9		
İtalya	mevcut değil	mevcut değil		mevcut değil	
Japonya	32.6	6.72	39.3		
Hollanda	1.1	0.08	1.2		
Norveç	9.0	5.40	14.4	1 %	0.1
İspanya	mevcut değil	mevcut değil		mevcut değil	
İsveç	320		320.0	10 %	32.0
İsviçre	31.5	1.10	32.6	10 %	3.3
Türkiye	mevcut değil	mevcut değil			
İngiltere	12.0	362.30	374.3		
A.B.D.	6.800.0	2.700.00	9.500.0	10 %	950.0
Toplam	8.278.9	3.360.3	11.639.2	10 %	1.186.6

TABLO 1: BIN ADET OLARAK ULUSLARARASI ISI POMPA SATIŞLARI

Uluslararası devlet politikalarını yerine getirmek amacıyla, SKIP çalışmasının etkinliğini arttırmak doğrultusunda ürün geliştirme çalışmaları sürmektedir. Bu politikalar genellikle ekonomik enerji arzını sağlamak, enerji güvenliğini korumak, yerel kendi kendine yeterliliği geliştirmek ve enerji sistemlerinin çevresel etkisini en aza indirmek gibi konuları kapsamaktadır. SKIP teknolojisi ekolojik oda havalandırma seçeneği olarak seçilmiştir çünkü birçok ulusal ve bölgesel güç tasarrufu politikalarının amacına uygun olduğu belirlenmiştir.

1987'de hazırlanan ve 1993'te 122 ülke tarafından kabul edilen Montreal Protokolü'nde ve 1992 tarihli Kopenhag Değişiklik Önergesi'nde de ifade edilen uluslararası çevre konularına gösterilen duyarlılık doğrultusunda, toplama ürün araştırmaları, HCFC dışı ve HFC-134a, HFC-32, HFC-407C ve HFC-410a dahil soğutma gazlarının ve karışımlarının uygulanmasına ilişkin teknolojinin

uygulanması konusunda yoğunlaşmaktadır. Alternatif çalışma sınırları kullanan ürünler bugün pro-totip bazında mevcuttur. Bu ürünlerin yakın dönemde pazarda mevcut olması beklenmektedir.

### SKIP URUNLERİ ÜRETİCİLERİ

SKIP ürünleri Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'daki şirketler tarafından imal edilmektedir. Bu şirketlerin bazıları hem ticari hem de konut sınıfı ürünleri, diğerleri yalnız konut grubu donanımında uzmanlaşmaktadır. Bu şirketlerin birkaçı küresel dağıtım ağlarına sahiptir.

## TEKNOLOJİNİN ÜSTÜNLÜĞÜ

SKIP teknolojisinin üstünlükleri ticari, çok-kiracılı yapıların tasarımı ve işletmesinin her düzeyinde ortaya çıkmaktadır. Bu üstünlüklerin sağladığı, yararlar diğer üniter sistemlere oranla olumlu montaj maliyeti; yüksek verimli çalıştırma; bölgelere ayrılmış uygulama; tasarım esnekliği; güvenilirlik ve iş görme; teknik uzmanlığı olmayan personelce bakım kolaylığı; iletme esnekliği ve çevre güvenliğini içerir.

**Mimar, mühendis ve yüklenici açısından yararlar:** Donanımın sağladıkları üreticiye göre değişir. Ancak, SKIP genellikle geniş bir model dizisi halinde ve azami tasarım esnekliği için 1.5'dan 130 KW'a kadar değişen soğutma kapasiteleri halinde piyasaya sunulmaktadır.

SKIP küçük oturma sathına sahip olup, genellikle diğer birçok üniter üründen daha az yer gerektirmektedir. Kural olarak, SKIP sistemleri hiçbir mekanik odaya gerek duymazlar. Kat alanının muhafaza edilmesi gerektiğinde, bu bir avantajdır. Mekanik tesis alanları gerektiği zaman, bunların tipik biçimde diğer tür sistemler için gerekenlerden daha küçük olduğu görülür. Şaftlar çoğunlukla bertaraf edilebilir. Alanlar zonlara ayrılır, birimler modüler tarzda kurulabilir. Düşük basınç kanallı ve basit boru düzeni diğer sistem gruplarına oranla tasarım süresini azaltır. Soğutucu devreler kısa ve fabrika gaz şarjlıdır: Dolaşan soğutucu gaz boru sistemi yoktur.

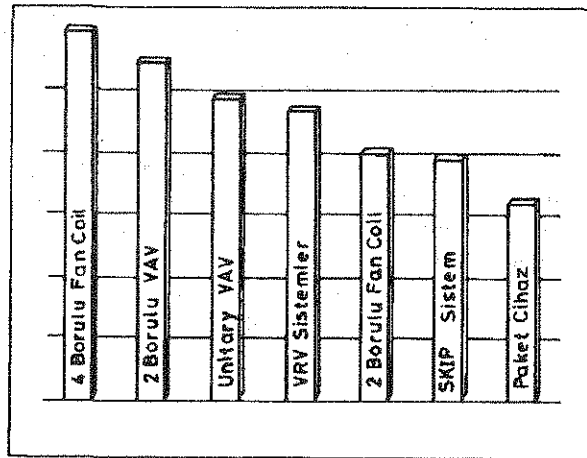
SKIP sistemleri tamamen elektrikli bir sistemin parçası olarak kurulabilirki diğer yakıtların mevcut olmadığı yerlerde bu bir avantajdır. Ancak-ısıtıcı olarak petrol, gaz, propan veya diğer yakıtlar da kullanılabilir. Bazı yerlerde güneş ısı destekli ısıtıcılar uygundur. Düşük tam devre ısı, yüksek verimli yoğunlaştırıcı ısıtıcılar ek avantaj sağlamasına olanak verir.

Bu donanımla kullanılmak üzere, geniş bir termostat grubu sunulmaktadır. Görme bozuklukları olanlar, yaşlılar ve özürülüler tarafından kullanılmak amacıyla hazırlanan termostatlar kolaylıkla temin edilebilir.

**Mal sahibi açısından yararlar:** Aşağıdaki grafikte gösterildiği üzere, kapalı tam devre SKIP sistemlerinin ilk maliyeti diğer sistem çeşitlerine oranla düşüktür, bazı uygulamalarda, diğer sistem ticari havalandırma sistemlerine oranla % 20 dolayında maliyet tasarrufu gerçekleştirilir.

Montaj süresi genellikle, diğer sistemlerinkinden daha kısa ve daha az masraflıdır. genellikle büyük ticari SKIP Sistemi birkaç günlük montaj süresi günü içerisinde kurulup, çalışabilir duruma getirilebilir.

Cihazların SKIP devresine bağlantısı izolasyonsuz boru ile, elektrik bağlantısı ve uzaktan kumandalı termostat bağlantısı kolaylıkla yapılabilir. Çalıştırma aşamasını daha fazla kısaltmak için, bazı imalatçılar standart bağlantı kutuları üzerinde kurulabilen en gelişmiş elektronik termostatları kullanmaktadır. Bu cihazlar aynı zamanda bina otomasyon sistemlerine uygulanabilir.



TABLO 2: HVAC S'STEMLERİNİN NİSBE İLK MALİYETİ

SKIP güvenlik geleneğine sahiptir. Kırk yıl önce kurulmuş birçok sistem işlemeye devam etmektedir. SKIP (WSHP) üreticileri tarafından kullanılan kompresörler ortalama % 1,5 veya daha az yıllık arıza oranlarına sahiptir. Pek çok ünitenin ağırlığı 85 kg'dan daha azdır ve iki kişi tarafından kolayca kurulabilir. Sökülebilir çerçeve (şasi) ile donatılmış üniteler açısından "şasi değiştirme" etkin bir hizmet alternatifidir. Pek çok ünite devre boru bağlantısından sökülerek stoktaki ünite ile 30 dakika içersinden değiştirilebilir.

Tekrar bölgelere ayırma ve alan kullanımı değişiklikleri büyük sistem tasarımları gerektirmez. Sistem çalışmaya başladıktan sonra bile, az su devresi boru düzeniyle ya da bu boru düzenine ihtiyaç olmaksızın, kiracı ihtiyaçlarını gidermek üzere alanlar normal olarak eklenebilir veya değiştirilebilir. Münferit bölgeler kiracı ile işletme giderlerini bölüşmek üzere ayrı olarak ölçülebilir.

SKIP kiracı konforunu etkilemeksizin, ana enerji tüketimini azaltır. Yakıt tüketiminde önemli bir düşüş sağlayarak, hem ısıtma hem de soğutma modunda temel yakıt kaynağının verimli kullanımına olanak sağlar. Diğer alan havalandırma alternatiflerine göre, yakıt maliyetlerindeki azalma, asıl donanım tutarının geri ödenmesini hızlandırmaktadır. Birçok ticari uygulamalarda, 3 yıldan kısa Yatırım Verimi (ROI) yaygındır. 1994 yılında tamamlanan ve ABD Enerji Bakanlığı'nın gözetiminde yapılan bağımsız bir araştırma, elektrikli hava soğutmalı cihaza oranla SKIP performansıyla önemli oranda tasarruf sağlandığını göstermektedir.

Hava Soğutmalı	Su Soğutmalı	Tasarruflar
KWH/YIL	KWH/YIL	KWH/YIL
3538.554	2738732	799822

TABLO 3 SKIP (WSHP) SİSTEMLERİNİN İŞLETME TASARRUFLARI

**Kiracı açısından yararlar :** Bu sistemin başlıca yararı konfor sağlamasıdır. SKIP (20°-27°C arasında) ve düşük hızlarda hava üflerler. Bu serin, hava ceryanı olmayan bir ortam yaratılmasına katkıda bulunur. Sistem soğutma işletimindeyken, kişisel konforu arttırmak üzere, rutubet alma işlemi gerçekleşir. Her bir ısı pompası zonları bağımsız olarak ısıtılabilir veya soğutulabilir için, kiracı her mevsimde bölge içinde ısı üzerinde tam denetime sahiptir. ısı Pompası imalatçıları tarafından dağıtılan geniş termostat çeşitleri, tasarımcının öngörülen kullanıcıya uygun tipi belirlemesine olanak verir. Fiziksel özürli kişiler tarafından kullanıma uygun termostatlar temin edilebilir.

**Elektrik şirketleri ve çevreye yararları :** Dünya çapında birçok ülke ticari, konut, kurumsal, tarımsal ve endüstriyel kesimlerde enerji talebindeki artışlarla ilgili iktisadi, güvenlik ve çevre konularına uygun stratejiler geliştirmektedir.

Ulusal stratejiler farklılık sergilemektedir. Ancak, birçoğu enerji verimliliği yüksek ısıtma ve soğutma teknolojileri geliştirmesi ve kullanımı mevcut güç kaynaklarının verimli kullanımı ve yenilenebilir güç kaynaklarının desteklenmesi ve kullanımını içermektedir.

Oda soğutma ve rutubet alma gibi işlevler için enerji kullanımı konusu bazı ülkelerde mevzuatla kısıtlanmaktadır. Soğutma dağıtım sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasını ertelerken, giderek artan konfor isteğinin ikili mod sistemlere ilişkin dünya çapındaki talebi hem ticari hem de konut pazarı sektörlerine yönlendirmeye devam edeceği geniş ölçüde kabul edilmektedir. SKIP teknolojisi bu konularda etkisi kanıtlanmış enerji verimi sağlayan bir çözümdür. Aşağıdaki nedenlerle, SKIP (WSHP) teknolojisinin uygulanması çoğunlukla ulusal, çevresel ve kullanım politikası hedefler açısından tutarlıdır.

1. SKIP 21.0'a kadar Enerji Verimi Oranları (EER) ve 4.5'u aşan Performans Katsayıları (COP) ile kaba yakıtın ısıya (veya soğutma) en verimli şekilde dönüştürülmesine olanak sağlar.
2. SKIP, atık durumda olan ısısal enerjiyi kullanmak suretiyle ticari, kurumsal ve sınai sektörlerde enerjinin kullanımını optimize eder.
3. SKIP toprak veya yeraltı suyunda depolanmış ısı gibi doğal, devamlı enerji kaynaklarının kullanımını özendirir.
4. Yerel çevre koşullarına ve yapı kullanımına bağlı olarak, SKIP belirli bir yapı uygulamasında, yerel enerji talebinin maksimum düzeyde olduğu mevsimsel maksimum enerji tüketimini dönemin dışına iterek yük dengelemesine yardımcı olabilir.
5. SKIP donanımı çevre bakımından sorumludur. Yanıcı gaz kullanmaz ve çevreye hiçbir şekilde karbondioksit veya diğer zararlı gazlar salmaz. Tipik ünitelerin en yaygın HCFC-22 gazlı fabrika şarjlı olanıdır. İşletme sıvısının tekrar doldurulması gerektiği takdirde, soğutucunun çevre açısından güvenliğine olanak verecek biçimde, soğutucu şarj yerleri pek çok donanımda standarttır.

# SU KAYNAKLI ISI POMPASI KULLANIM ESASLARI

## TİCARİ UYGULAMALAR AÇISINDAN TEKNOLOJİNİN UYGUNLUĞU

Birçok ticari uygulamalardaki mekan klimatizasyonu gereksinimi, su kaynaklı ısı pompa sistemleri kullanılarak ekonomik bir şekilde halledilebilir bu teknolojiyi kullanan uygulamalar olarak, okulları, iş merkezlerini, hastahaneleri, yerleşim merkezlerini, otelleri, alışveriş merkezlerini, süpermarketleri, restaurantları, fabrikaları, denizcilik ile ilgili uygulamaları ve belli bazı tarımsal uygulamaları sayabiliriz.

Su kaynaklı ısı pompası teknolojisi yerleşim yerleri ile ve ticari uygulamalarla değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki tablo, sistem tasarımını etkileyen bina özellikleri bakımından ortaya çıkan farkları göstermektedir.

KONUT UYGULAMALARI	TİCARİ ALAN UYGULAMASI
Küçüktürler, tanım olarak 400 m <sup>2</sup> 'den küçük tek bir ailenin barınacağı şekildedir. (400 m <sup>2</sup> 'den büyük olan villa ve diğer konutlar, ticari yapı olarak kullanılacak şekilde tasarlanmalıdır)	Geniştiriler, çoğunlukla 4000 m <sup>2</sup> 'yi aşarlar
Tek veya bir kaç kata sahiptirler.	Büyük ve çok katlı yapı biçimindedir.
Tek amaçlı yapılabilir.	Çok amaçlı yapılabilir
Tek veya bir kaç şartlandırılmış alan bulunur.	Komşu alanlarla çevrelenmiş geniş esas alanlar dahil olmak üzere çoklu şartlandırılmış alanlara sahiptir.
Nadiren, aynı anda ısıtma ve soğutma konumuna geçen çoklu alanlara sahip olabilir.	Genellikle, kendiliğinden ısıtma ve soğutma konumuna geçen çoklu alanlara sahiptir.

İklim şartları bina yapımı sırasındaki uygulamalar, dahili ısı kazancı ve istenilen şart değerleri gibi faktörler, ticari sektördeki mekan klimatizasyonu talepleri etkilemektedir son bir kaç yıldır, gelişmiş inşaat teknolojisi sayesinde, daha iyi izolasyon kullanılmasından, daha az ısı yayan lambaların kullanılmasından ve pencerelerin daha muntazam yapılmasından dolayı binalardaki ısı kaybı-kazancı ve infiltrasyon etkileri azalmıştır. Bu faaliyetlerin hepsinin birden bir araya getirilmesi, enerji tüketiminin azaltılmasına neden olduğu bilinmesine rağmen, artan ısıtma ve soğutma sık sık bu azalmayı değiştirmekte, bilhassa çok insanın yaşadığı yerlerde ve iş merkezlerindeki şartları değiştirmektedir.

## SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI

Su kaynaklı ısı pompası sistemleri diğer VRV (Değişken soğutkan hacim) sistemleri, iki ve dört borulu fan coil sistemleri, hava kaynaklı ısı pompaları ve VAV (Değişken hava hacim) sistemleri gibi sistemlerden daha önemli avantajlar sunmaktadır. Tablo 4 sistemler arasında bir mukayese vermektedir.

## BİLİNEN TİCARİ MEKAN KLİMATİZASYON SİSTEMLERİNİN MUKAYESESİ

BİLİNEN TİCARİ MEKAN KLİMATİZASYON SİSTEMLERİNİN MUKAYESESİ					
TASARIM/TESİS	SKIP	UNİTE VAV	2 BORULU FAN COIL	4 BORULU FAN COIL	VRV
Tasarım/Mühendislik/Ürün Fiyatı	5	3	4	3	2
Tasarımın esnekliği	5	4	5	4	5
Kapsite/Yük değişimi	5	4	3	3	5
Zemin mekan kullanımı	5	1	4	4	5
Tesis işleminin kolaylığı	5	2	5	4	2
Çalışma Hızı	5	1	4	4	2
Elektronik kontrol Sistemleri	5	4	3	3	5
Dengeleme kolaylığı	5	1	5	5	Yok
Bakım güvenirliliği	5	4	5	5	3
Servis için ünite izolasyonu	4	1	5	5	2
Bakım maliyeti	4	3	4	4	2
Küçük arızaların kolaylığı	5	4	5	5	2
Büyük arızaların kolaylığı	5	2	4	4	1
Servis döküm zamanı	5	1	3	3	2
Servis personel fiyatı	5	1	2	2	1
Ömrü	5	4	5	5	4
Kullanım/Performans					
Alan Ayırma	5	1	4	4	3
Çift Kullanım Modu	5	1	1	5	5
İsteğe bağlı Sıcak Su Kullanımı	5	Yok	Yok	Yok	Yok
Ekonomizer Seçeneği	3	5	1	5	5
Kurutma	3	5	1	1	4
Saatlik Kullanım	5	3	4	4	5
Verimi	5	3	4	3	3
Yük Ayırım Kolaylığı	5	4	4	4	3

TABLO 4: VRV (DEĞİŞKEN SOĞUTKAN HACMI) SİSTEMLERİ İLE MUKAYESESİ

Performans değerleri : 1. Zayıf, 2. Orta, 3. İyi, 4. Çok iyi, 5. Mükemmel

VRV (Değişken soğutma hacmi) sistemleri ile mukayesesi:

VRV sistemleri büyük soğutma hacim miktarına sahip sistemlerdir. Bunlar şartlandırılacak mekan içerisinden büyük miktarlarda ısı taşıyıcı akışkan geçmesini sağlar, bu sık sık tavsiye edilen normal değerleri aşar. Soğutucu hattındaki tek bir sızıntı, bütün soğutucu yükünü yok edebilir. Emniyet tedbiri olarak, vanalar sistem içerisindeki sızıntılar tesbit edildiğinde sistemi kapatması için kullanılmaktadır. Yetkili soğutma teknisyenleri tarafından verilecek her çeşit hizmet bu sistemler için işletme maliyetini arttırmaktadır.

Su kaynaklı ısı pompası sistemleri VRV sistemlerinin aksine ana çevre emniyeti bakımından avantajlar sunmaktadır. Aynı zamanda, fabrika şarjlı küçük soğutma devreleri ile VRV'lerin kullandığı çevresel soğutma sistemine göre az miktarda gaz kullanırlar.

Sırasıyla, tesis işlemi, süresi ve maliyeti azdır, gereken bakım elemanının yeteneği uzmanlık seviyesinde olmayabilir ve çevreye zararlı etki yapan soğutma gazı kaçakları azaltılmış olur.

Su kaynaklı ısı pompası sistemlerinin VRV sistemlerinin çalışma sürelerinden daha uzun çalışacağı beklenebilir. Teknolojinin çevreye zarar vermeyen yeni akışkanlar üzerine yönelmesi ile, yakın gelecekte VRV sistemlerindeki kompresörlerin değiştirilme işlemleri ve soğutma devresindeki boru tadilatlarının maliyetleri epeyce bir para tutacaktır.



## ÜNİTER HAVA KAYNAKLI SİSTEMLERLE MUKAYESESİ

Uniter hava kaynaklı sistemler, dış havadaki gizli ve duyulur ısı değerlerinin artması ile doğru orantılı olarak soğutma verimleri düşer. Bu sistemlerin, dış hava sıcaklığının 2°C'in aşağısına düştüğünde yardımcı elektrik rezistanlarını devreye alması gerektiğinden kullanım açısından maliyetleri artar. Mukayese etmek için, su kaynaklı ısı pompası sistemleri ısı aktarıcı unsur olarak dış hava sıcaklığına bağlı sistemler olmadığından, bütün tasarım şartlarında, bir yıl boyunca daha da verimli olarak çalışırlar. Dahası, bütün ekipman bina kılıfı, içerisinde muhafaza edilmektedir. Bu da iklim durumuna göre ekipmanda meydana gelebilecek önemsiz arızaların ihtimalini azaltır ve dış kısımlarda bulunan unsurların korunma işlemini ortadan kaldırır. Üstelik, dışarıda bulunan dağınık ekipmanın çalınma durumunu asgariye indirir.

## FAN COIL SİSTEMLERLE MUKAYESESİ

Su kaynaklı ısı pompaları, 4 borulu Fan Coil'in sahip olduğu bütün avantajlara sahiptir. Fakat bir veya daha fazla merkezi Chiller paketine olan gereksinimin meydana getirdiği yüksek ilk yatırım maliyeti söz konusu değildir.

İki borulu Fan Coil'ler maliyet açısından uygundur. Fakat enerji verimi su kaynaklı ısı pompası sistemlerinden azdır. İki borulu sistemler, sistem olarak ya soğutmada yada ısıtmada çalışması gerektiğinden mekan şartlarını kontrol edemez. Aynı anda, çift modlu sisteme elverişli değildir, çünkü sistem soğutma modunda çalıştığından çift amaçlı kullanıma izin veren yardımcı elektrik rezistanlarından her hangi bir ısı yayılımı yapılamaz.

Bütün Fan Coil sistemlerinde merkezi paket Chiller bulunmasından ötürü, Chiller'deki arıza bütün sistemin arızalanmasına sebep olacaktır. Bu sırayla, bütün mekanlardaki şartların kaybedilmesi ve rahatlığın ortadan kalkmasını ortaya çıkartacaktır. Merkezi Chiller sistemini kurmak için ve merkezi sistem unsurlarının rutin bakımını yapmak için iyi eğitilmiş veya yetkili soğutma uzmanları,talep edilmektedir. Su kaynaklı ısı pompası sistemlerinde bu tip zor bulunan ve maliyet yaratan personelin bulunmasına pek gerek yoktur.

## ÜNİTER VAV SİSTEMLERİ İLE MUKAYESESİ

Uniter VAV sistemleri, mekanlardaki iklim şartlarının kontrolünü yapmaz ve çift amaçlı kullanım için tasarlanmıştır. İkil kanal sisteminin, iki amaçlı kullanım için yapıldığı durumlarda, maliyet arttığından ötürü nadiren kullanılmaktadır. Geniş merkezi ekipman yerleri ve kanal sistemleri ile diğer ticari amaç için kullanılacak mekanlarda önemli ölçüde yer kaybına sebebiyet vermektedir.

Bu büyük ebatlı kompresörlü üniteler, tesis işletmesi ve bakımı için iyi eğitilmiş soğutma uzmanlarına ihtiyaç duyarlar. Tesis işletmesi ve çalıştırma SKIP sistemine göre daha uzun süreli ve masraflıdır. İlaveten, herhangi bir arıza olduğu takdirde bütün binadaki iklim şartlarının etkilenmesine sebep olur. VAV sistemlerinin kullanım maliyeti genelde yüksektir.

## SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMLERİ TASARIM UNSURLARI

Su kaynaklı ısı pompaları uniter ekipmanlardır. Kullanıldıkları bütün sistem içerisinde ayrılmayan ve bağımlı olarak etkin performansla sahip ekipmanlardır. Bir çok çeşit içeren modeller, kapasiteler, kapalı devre akışkan sıcaklıkları, kontroller ve bunların aksesuarları halinde kullanıma sunulmaktadır.

Yatay Üniteler: Tavan uygulamaları için tasarlanmıştır. Tavan kısmında bırakılan boşluk genelde dönüş havası için kullanılır. Yatay üniteler soğutma kapasitesi olarak 1.6 kw'dan 32 kw'a kadar bir alan içerisinde kullanıma sunulmaktadır.

Dikey Üniteler: Genellikle, bakım-onarım mahallerinde kullanılmaktadır. Unite dönüş hava kanalı ile irtibatlandırılabilir veya mahal dönüş hava plenumu olarak kullanılabilir. Soğutma kapasitesi, 2.4 ila 79 kw arasında değişmektedir.

**Konsol Üniteler:** Çevre duvarları üzerine ve pencere altlarına takılır. Kontrol elemanları ünite ile tümleşmiştir veya uzaktan kumanda ile kontrol edilebilir.

Bazı ünitelerde temiz hava damperleri gerekli miktardaki dış havayı mekana getirmek için kullanılabilir. Kanal tesisatı her zaman gerekmez. Ünitelerin soğutma kapasitesi 1.8 ila 9 kw arasında değişmektedir.

**Dikey Bindirme Üniteleri:** Dikey şekilde birbirleri üzerinde duracak şekilde, çok katlı binalar için tasarlanmıştır. Dönüş ve kondens işlemi için önceden boru tertibatı yapılmış şekilde sunulmaktadır. Üflenen hava, üniteden kanallar vasıtasıyla gönderilebilir ve ünite alanına yerleştirilmiş hava emiş menfezleri ile hava geri çekilir. Soğutma kapasitesi 2.6 ila 9.3 arasında değişmektedir.

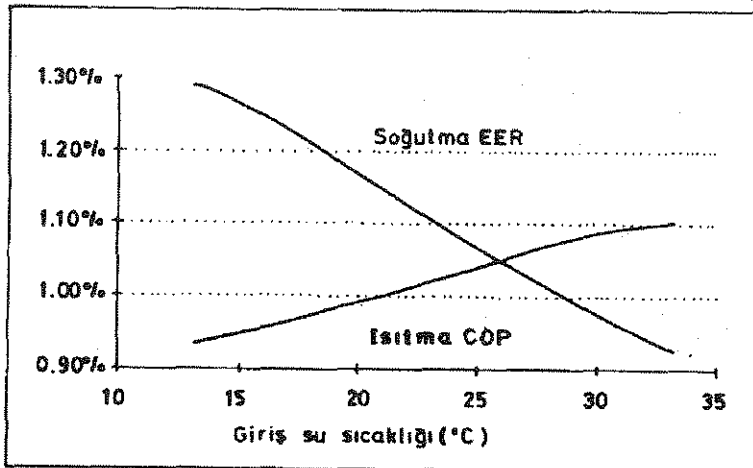
**Değişken Hava Hacim (VAV) Üniteleri:** Orta kısımlarda bulunan alanlar içerisinde veya fabrika mekanik atelyelerinde serbest dik vaziyetde kurulabilir. Üflenen hava genellikle kanal sistemine bağlıdır ve mekan plenum olarak kullanılır. Bu üniter ürünler sabit veya değişken hava hacmi sağlayabilir. Soğutma kapasiteleri 79 ila 126 kw arasındadır.

**Çatı Üniteleri:** Dış hava şartlarına dayanıklı bu üniter ürünler çatılara yerleştirilir. Üflenen ve emilen hava oda içerisinde kanal irtibatlıdır ve tavanda bırakılan boşluk plenum olarak kullanılır. Ünitelerin soğutma kapasitesi 9 ila 95 kw arasında değişmektedir.

**Kapalı Devre Su Sıcaklığı:** Üniteler, uygulamadaki ihtiyaçlar üzerine değişim gösteren üç giriş akışkan sıcaklığından birisinde çalışmak üzere tasarlanmışlardır.

- |                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| 1. Standart sıcaklık değişimi | 15°C ~ 35°C |
| 2. Yüksek sıcaklık değişimi   | 4°C ~ 43°C  |
| 3. Düşük sıcaklık değişimi    | -4°C ~ 43°C |

Tipik bir sistemde, devre tesisatı, havanın çığ noktası sıcaklığından yüksek tutulmalıdır. Böylece hiçbir tesisat izolasyonu gerektirmez. Devre su sıcaklığındaki değişim, Tablo 5'de gösterilen su kaynaklı ısı pompası kullanım performansının kapasitesini ve verimini gözle görülür şekilde etkiler. Alt devre sıcaklıkları, ısıtma konumunda enerji kullanımını artırır ve soğutma esnasında enerji kullanımını azaltır çünkü, ticari uygulamalar öncelikle ısıyı atarlar, hedeflenen çalışma sıcaklığı, ısıtma sırasında meydana gelen ilave enerji yüküne gerek duymaksızın toplam soğutma enerjisi kullanımını asgarileştirecek değerdedir. Daha üstün ünite performansı için, devre sıcaklık değişimi, ısıtma ve soğutma için talep edilen miktar üzerine esas teşkil edecek şekilde bir enerji yönetim sistemi tarafından değiştirilebilir. Enerji yönetim sistemi, devre çalışma sıcaklığını ısıtma için bir talep geldiğinde artırır, soğutma sırasında düşürür. Ama kalorifer veya ısı tahliye ekipmanlarının fazla çalışmasından dolayı meydana gelebilecek herhangi bir istenmeyen duruma karşı ünite verimindeki artış daima dengelenmelidir.



TABLO 5: GİRİŞ SU SICAKLIĞINA GÖRE % VERİM DEĞİŞİMİ

## SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ KULLANIMI

Uniteler ısı transferi aracı olarak kapalı boru tesisatı içerisinde akışkan (su veya su+antifriz karışımı) rezervuarını kullanan sistem üzerinde bir araya getirilir. Bir veya birden fazla ısı pompası her bir şartlandırılacak mekana yerleştirilir. Bir kapalı devre 100 adet üniteyi besleyebilir, büyük ve geniş ticari uygulamalarda bina içerisinde birden fazla kapalı devreye gerek duyulabilir.

Üniteler fabrikadan çıkarken tam monte edilmemiş şekilde nakledilir, buna dahili kablo, kontrol enstrümanları ve boru işlemleri de dahildir. Sadece kanal çalışması (gerektiği zamanlarda), su kapalı devre tesisatı, her bir üniteden su kapalı devresine olan tesisatı, harici güç bağlantıları, kontrol enstrümanlarının bağlantıları ve kondenser su tesisatı şantiyede yapılacak işlemlerdir.

Split bir sistem istendiği zaman, üniteler modülleri arasındaki tesisat gereklidir. Bu montaj işlemlerinde hiçbir baca veya kanala gerek duyulmaz.

Tek ısıtma ve tek soğutma modelleri arzu edilseler bile su kaynaklı ısı pompaları çift amaçlı kullanıldıklarında ulaşılan verim avantajlarını elde edeceklerdir. Yani, mekan iklim ihtiyacı talebine göre değiştirerek, ısıtma veya soğutmayı yapacaktır. Normal kullanım şartları altında -merkezde bir nüve alan ve çevresinde ofisler bulunan büyük binalarda- bazı üniteler doğal olarak soğutma konumunda çalışacaklardır, bazıları da diğer üniteler kapalı iken kendiliğinden ısıtma konumuna geçeceklerdir. Sonuç olarak, müstakil tek bir parça ekipman, yıl boyunca mekanda rahatlığı sağlayacaktır.

Çalışma verimleri her iki ısıtma ve soğutma konumunda yüksektir. Enerji verim oranı (EER) soğutma sırasında, 14 veya daha da üstü olabilir. Isıtmada ise harcanan enerjisinin Watt olarak 4 katına kadar ısıtma enerjisi elde edebilir. Performans katsayısı (COP) 4.0'den büyüktür.

**Soğutma Konumu:** Soğutma üniteleri, kapalı devre içerisinde dolaşan akışkan sıcaklığını bina içerisinde bulunan kişilerden cihazlardan ve ışıklardan çıkan ısıyı emip devreye aktararak artırır. Kapalı devre içerisindeki sıcaklık uygun çalışma şartı değerini aştığı zaman, kapalı devre içerisindeki ısı kuru veya evaporatif soğutucular kullanılarak veya diğer ısı tahliye metodları ile dışarıya atılır. Ünitenin soğutma kapasitesi maksimum kapalı devre akışkan sıcaklığına ve debiye bağlıdır.

**Isıtma Konumu:** Isıtma konumunda, ünite kapalı devrede dolaşan akışkanda depo edilen ısıyı mekandaki havaya konveksiyon yolu ile iletir. Bu kapalı devre içerisinde dolaşan akışkanın sıcaklığını azaltır. Kapalı devre akışkan sıcaklığı istenilen değerin altında indiğinde, kapalı devreye ısı kalorifer yardımıyla tekrardan verilir. Ünitenin ısıtma kapasitesi, minimum giren akışkan sıcaklığına ve debiye bağlıdır.

Tipik bir ticari uygulamada, yılın büyük bölümünde, aşırı kış şartlarında bile ısı tahliyesine gerek duyulduğu beklenebilir. Ama, sistem, yardımcı elektrik rezistansları olmaksızın dış tasarım sıcaklıklarında toplam ısıtma yükünü karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.

**Denge Konumu:** Isıtma ve Soğutma işlemleri için gereken sıcaklıklar yaklaşık eşit olduğunda (veya dengede) kapalı devre sıcaklığı uygun çalışma şartları içerisinde kalacaktır. Bu, sistemin dengede olduğu zaman zarfında bina içerisindeki mekanlar, esas enerji kaynağından, kompresörleri ve su kaynaklı ısı pompası ünitelerindeki sirkülasyon pompalarını çalıştırmak için çekilen enerji haricinde ilave bir enerji kullanılmaksızın ısıtılıp soğutulacaktır.

Su kaynaklı ısı pompası sisteminin sağladığı ekonomiyi gerçekleştirmek, binadan atılan ısıyı kullanacak klima tasarımcısının elindedir. İdeal bir sistem tasarımı çalışma süresinin büyük bir kısmında sistemi dengede tutacak şekilde olanıdır.

**Kısmi Yük (Diversity):** SKIP (WSHP) sistemlerinde sabit yük çalışmasında bazı ünitelerin ısıtma, bazı ünitelerin soğutma, bazılarının çalışmaz durumda olması, doğal olarak kısmi yük çalışmasını getirir. Diversity, çalışan üniteler tarafından soğutma sırasında bina içerisinden ısı emilip, sirkülasyon pompaları ile ısıtma durumuna geçmiş ünitelere aktarılması ile gerçekleşir. ısı transferinin bu metodu ile, su kaynaklı ısı pompası sistemi içinde müstakil ünitelerin toplam kapasitelerinin yekünü toplam bina tasarım yükünden daha az olacak şekilde hesaplanabilir.

Ticari uygulamalardaki SKIP sistem yükü daima, Kanada, İsveç, Almanya ve İngiltere gibi soğutma gerektirmeyen ülkelerde bile soğutma yüküne göre hesaplanır. İki yük hesaplaması, SKIP ekipmanlarını ölçülendirmek için ve müstakil mekan max yük değerlerini ve bina blok yükleri tesbit etmek için kullanılır.

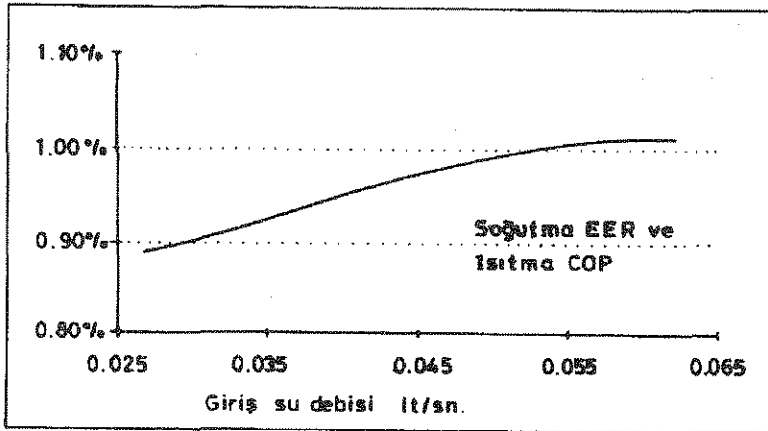
Blok yükleri, ısıtmayı ve soğutmayı ölçülendirmek için kullanılır. Max yük değerleri müstakil ısı pompalarını ölçülendirmek için kullanılır. Bu yük faktörleri arasındaki diversity faktörü

$$\text{DIVERSITY FACTOR} = \frac{\text{BLOK YUKU}}{\text{TOPLAM MAX YÜK}} \quad \text{ŞEKLİNDEDİR}$$

SKIP sistemlerinin diversity faktörünün hiçbir zaman % 80'i geçmemesi tavsiye edilir. Bazı uygulamalarda diversity faktörü 60 %'a kadar düşebilir.

### BINA YAPISI İÇERİSİNDE KAPALI DEVRE TASARIMI

Yeterli tasarlanmış bir bina içi kapalı devre, her bir ünitenin verimli çalışmasını sağlamak için, istenilen sıcaklıklarda ve debilerde, her bir ısı pompasına devre içerisinde dolaşan akışkanı basacaktır. Her bina devresi, bir veya daha fazla sirkülasyon pompası tarafından akışkanın dolaştırıldığı bir gidiş hattına birde dönüş hattına sahiptir. Bina devresi, ya direk-dönüş şeklinde yada ters-dönüş şeklinde olabilir. Her bir tasarım, başta maliyete ve toplam sistem performansına bağlı olarak avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Direk-dönüş tesisatı, kısa ana boru gerektirir ama fazla akış kontrol vanası bulunur. Bu başta maliyeti düşürür. Ama kontrol vanaları basınç kayıplarını arttırdığından sirkülasyon pompalarının basınçları artmaktadır. Ters-dönüş devresi daha uzun bir tesisata sahiptir ama her bir ısı pompasından sirkülasyon pompasına olan karşılıklı eşit mesafelerde su dolaştığından dolayı daha az kontrol vanası gerekir. Sonuç olarak, ters-dönüş devresi, sirkülasyon pompası kullanımında daha verimli olarak düşünülebilir. Suyun debisi SKIP sistemlerinde kritik faktördür. Su debi değerinin uygun değerinden sapma göstermesi, aşağıdaki Tablo 6'da gösterildiği gibi ısı pompasının gerçek verimlerini azaltır. Sistem perspektifi içinde ısı pompası kullanımı bakımından ideal akışkan debi değerinde meydana gelecek off-set kullanım zorlukları için ünite verimini feda etmek bir yol olabilir, bu sirkülasyon pompalarında basınç düşümünün artması bakımından bir etki yaratabilir.



TABLO 6 VERİM DEĞİŞİMİ (%)

Kapalı devreyi yaparken, izole edilmemiş çelik, bakır veya PVC borular tesisatda kullanılabilir. Metalin ses emme özelliği PVC'den daha üstündür. Ama malzeme ve işçilik açısından PVC daha ucuz bulunmaktadır. PVC kullanıldığı zaman sistem, kapalı devre sıcaklığındaki beklenmeyen yükseliş durumunda kapalı devreye zarar vermemek için bir üst sınır sıcaklık'a göre hesaplanmalıdır.

Bina kapalı devreleri, ana sirkülasyon pompasının bozulması durumunda sistemin çalışmasını sürdürmek için yardımcı bir pompa kullanılmalıdır. Yardımcı pompa, ana pompa ile ölçü ve kapasite olarak uymalıdır. Genelde, yardımcı pompa, ana pompanın çalışma ömrünü uzatmak için amaçlanmış ve sirkülasyon sırasında ana pompa ile değişimli olarak çalışacak şekilde devreye monte edilmiştir.

Herhangi bir kapasite değerine sahip ünite, bina içi kapalı devre sistemine ilave edilebilir çoklu kapalı devre tasarımı yapacak mühendisler için genel işlemler; istenilen kapasite sınırları içerisinde her bir servis ekipmanının tesisat ölçülerinin optimizasyonu, basınç kayıplarının sınırlandırılması ve yeterli akışkan debisinin her bir üniteye girmesini sağlama şeklinde olacaktır.

### **KAPALI DEVRE İÇERİSİNDE DOLAŞAN SU SICAKLIĞININ KONTROLU**

Kapalı devre sıcaklığı , ısı tahliyesi ile bir ısı kaynağından ısı aktarılması kontrol edilebilir. İstenilen kapalı devre sıcaklıklarının sağlanması için üç tane bilinen teknik bulunmaktadır. Dengeli sistem tasarımı, ısıtması ve kuru veya evaporatif soğutuculu kapalı devre sistemi ve yeryüzü ile irtibatlı sistemlerin bir kaç çeşitinden birisi. En etkin sistem performansını veren ama sık sık ihmal edilen teknik, bütün atık ısı enerjisinin bina yapısı içerisinde kullanıldığı dengeli sistem kurma tekniğidir. Bu yol, gözle görülür vaziyette, ısı enerjisinin tahliyesi için gereken başka bir metoda olan ihtiyacı azaltır.(veya en iyi şartda ortadan kaldırır) Atık ısı enerjisinin kullanımı ekonomik olmakla kalmaz, hemde çevre sorumluluğu açısından olumlu bir çözümdür.

### **SKIP KONTROL ENSTRUMANLARI**

İki konumlu SKIP'ler, termostat seçimine bağlı olarak, manuel veya otomatik değişimli olarak çalışırlar. Kontrol panelsiz olan üniteler, uzaktan sıcaklık kontrolü için 24 Voltluk devrelerle donatılmışlardır.

Bu ekipman için verilen termostatlar şöyledir.

- 1.) Programlanabilen veya programlanamayan elektromekanik kontrol enstrumanları
- 2.) LCD panel, hata ışığına, ayar ve çevre göstergeli özelliklere sahip elektronik termostatları
- 3.) Özel, bina otomasyon sistemi kontrol tablosu gerektiren elektronik sistem kontrolleri. Bu sistemler, arıza arama durumunda her şeyi gösterme avantajına sahiptir ve geçmişe ait kullanım bilgilerini tablolama imkanı sunar. Bazı durumlarda, bu kontrol enstrumanları, diğer kontrol sistemleri imalatçıları tarafından verilmiş bina otomasyon sistemine entegre olabilir.

Entegre sistem kontrolü kapalı devre sıcaklık optimizasyonu, merkezi ekipman hata tesbiti ve diğer zaman alan enerji tasarruf tedbirleri gibi durumlarda sistem verimlerini arttırabilir.

## TİCARİ AMAÇLI YER ALTI İRTİBATLI SİSTEMLERİN KULLANIMI

Toprak altı sistemlerin uygulamaları: Çoğu ticari uygulamalar, ısı transfer aracı olarak yer altı veya yüzey su kaynaklarından yararlanabilmektedirler. Ticari uygulamalar tipik olarak, yüksek miktarda ısı tahliye yüküne sahiptir, bu yüzden yer üstü kapalı devreleri; bu uygulamalar için, kaynağın binadan atılan ısı enerjisinin tamamını ekonomik olarak emebilmesini sağlamak amacıyla iyi tasarlanmış olması gerekmektedir.

### TOPRAK ALTI İRTİBATLI KAPALI DEVRE SİSTEM TASARIMI

Tipik bir yer altı irtibatlı sistemde, SKIP sistemi bina etkin yüküne göre hesaplanmış iki borulu kapalı devre sistemi ile bağlanmıştır. Yer altı kapalı devresi, bina kapalı devresini, ya bina kapalı devre tesisatının uzantısı olarak yada aradaki ısı eşanjörünün yardımıyla irtibatlandırır. Kapalı devre içerisindeki akışkanı bir veya daha fazla sayıdaki pompa sirküle ettirir. Yer altındaki kapalı devre, (su içerisinde veya yer altında) yerleştirildiğinden etkin bir ısı transferi mekanizmasına sahiptir. Çünkü bütün yıl boyunca sıcaklık nisbeten sabittir.

Yer altı kapalı devreleri bir çok uygulamalarda ısıtıcı ve kuru veya evaporatif soğutucular ve yardımcı kontrol sistemlerinin satın alınması, tesisi korunması ve çalıştırılması gibi maliyetleri ortadan kaldırmasından ötürü SKIP sisteminin performansını artırır.

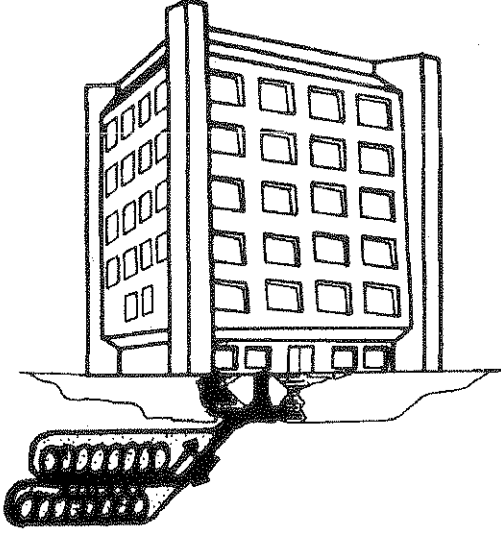
Geçmişde, yer üstü kaynak tasarımı ilk defa konut inşaat sektöründe ortam klimatizasyonuna uygulanmıştır. Sonuç olarak, bu alanda SKIP (WHSP) tasarım kayıtları mevcuttur ve yeni yapım için uygulanabilmektedir. Bir kaç mükemmel tasarım, konut yer altı kapalı devre sistemleri için mevcuttur ve üreticilerde bulunmaktadır.

Maalesef, ticari yer altı kaynağı ısı transferi sistemleri tasarım dataları sınırlıdır. Standart konut amaçlı yer üstü kaynak tasarımı esaslarının, çok -amaçlı, geniş- kitle uygulamaları için uygun olmamasından ötürü, yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kullanmak isteyen mühendisler için bu karmaşık bir durum olabilir. Ekipman imalatçısı, halihazırdaki kapalı devre tasarımı ve kullanımı için en iyi bir kaynak teşkil etmektedir.

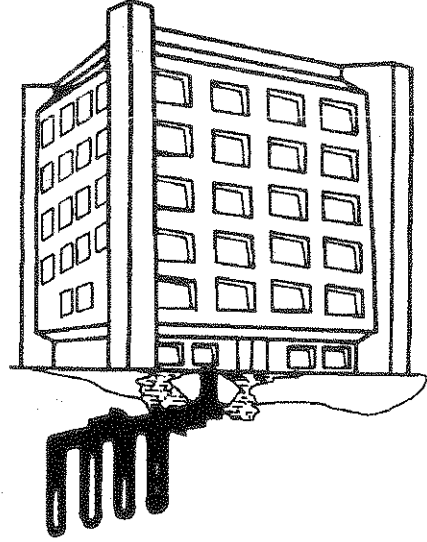
Toprak irtibatlı sistemlerin üç değişik modeli, kapalı devre, açık devre ve karma sistemler olarak ticari sektörde kullanılmaktadırlar.

**Kapalı Devre Sistemler :** Kapalı devre sistem, bina içerisindeki devrenin bir uzantısıdır. Basınçlı akışkan, bina içerisindeki devreden, yeryüzüne gömülü (kılıflar veya borular içerisinde) veya göle, nehre diğer su kaynağına daldırılmış vaziyetdeki polietilen boru demeti şeklindeki devreye sirküle ettirilir. Tasarım değerleri toprağın durumu, yer altı su kaynağının mevcudiyeti, yerel bina standartları ve bina ısıtma-soğutma yük kapasiteleri, yer devresinin tasarımına etki eden faktörlerdendir. Devre tesisatının uzunluğu, sistem kapasitesinin her bir KW'ı için 55 ila 100 m arasında tahmin edilir. Kapalı toprak devreleri genelde bina kapalı devresinin, bütün hydronic sisteme hizmet veren bir grup sirkülasyon pompası ile birlikte uzantı parçası olarak tesis edilmektedir. Kapalı yer üstü devreleri üç değişik tip halinde bulunurlar; yatay, dikey ve yüzey su kaynağı (gölet) devresi.

Yatay yer altı kaynaklı devreleri: kazı için yeterli yere sahip binalar için uygundur. Kapalı devre boru tesisatı, asgari 3 m açıklıkta ve yerden 1 ila 2 m derinlikteki çukur ızgaralar içerisine yerleştirilir. Tesisat malzemesi toprak içi devre uygulamaları için bulunmaktadır. Devre, iki veya dört borulu olarak çukur içerisine yatırılmış şekilde veya çukur açma işlemini asgarileştirmek ve toprağa geçen ısı enerjisi miktarını arttırmak için aşağıdaki biçimlerde tasarlanabilmektedir. (Şekil 1)



ŞEKIL 1  
Geo-Thermal yeraltı kaynakları  
Yatay Heat Pump Sistemi

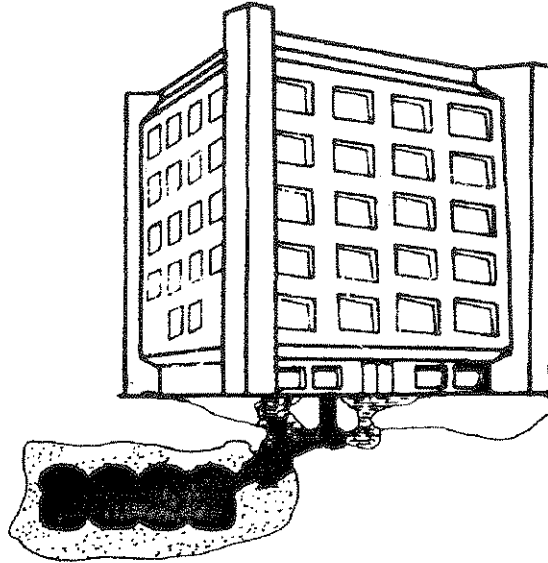


ŞEKIL 2  
Geo-Thermal yeraltı kaynakları  
Dikey Heat-Pump Sistemi

Dikey yer altı kaynaklı devreleri: sınırlı oturma alanı olan binalar ve kazı işleminin yetersiz olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Boru tesisatı dikey vaziyetde 45 ila 150 metre derinliğe kadar inen 100 mm çapta deliklere yerleştirilmektedir. Borular en az 6 m aralıklarla yerleştirilmelidir. Her bir boru çukuru tek bir U bükümlü boru devresine sahiptir. Dikey devreler genelde, yapım açısından çevreyi daha az bozduğu için projelerde daha çok kullanılmaktadır. (Şekil 2)

#### YER ÜSTÜ SU KAYNAKLI DEVRELER

Bunlar nehir, göl veya deniz gibi yer üstü su kaynaklarına yakın olan yerler için uygundur. Devre, su yüzeyinden 3 m veya daha fazla bir derinliğe kadar suyun şartlarındaki değişimlerden asgari şekilde etkilenmek için daldırılmaktadır. Boru birden fazla serpantin halinde demetlenir ve türbülansa, su akışına ve su derinliğindeki değişimlere karşı devreyi mukavim kılacak şekilde sabitlenir. Yüzey su kaynağı devreleri içerisinde donma noktasını düşürmek için su ve anti-friz karışımı kullanılması gereklidir. Dipten yukarıya doğru donan su yüzey su kaynağı devresi için uygun bir ısı transfer ortamı teşkil etmez. (Şekil 3)



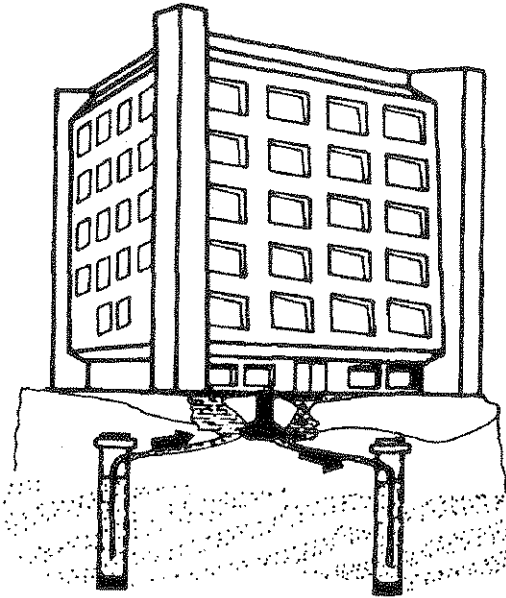
ŞEKIL 3  
Geo-Thermal yeraltı kaynakları  
Heat Pump Sistemi

## AÇIK DEVRE SİSTEMLERİ

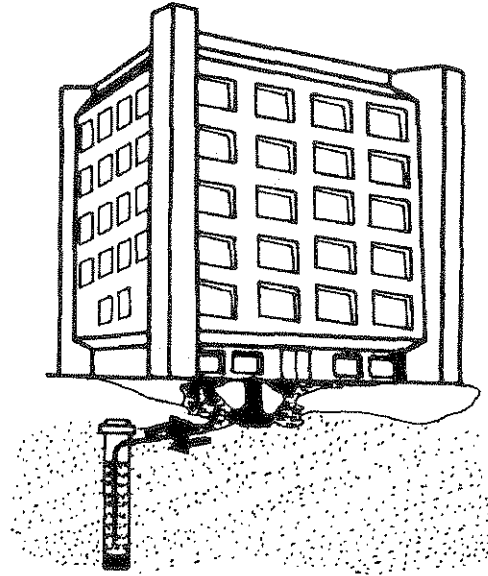
Açık bir sistem tasarımında, suyun bir su kaynağından veya açık su kütlesinden alınarak, bina devresinde bulunan ısı eşanjörlerine pompalanması söz konusudur. Isı eşanjörü içerisinde geçen su tekrardan su kütlelerine ve atılacağı diğer yerlere gönderilir. Açık devre tasarımı sırasında, bina devresi yer su devresi sisteminden müstakildir ve bağımsız pompa sistemleri gerekir. Açık devreler iki çeşitte bulunurlar. Yer su kaynakları ve kolon kuyu şeklinde.

Yer altı su kaynakları, kaynak verimli ise uygundur. Kuyudan (veya diğer su kaynağından) gelen su, bina giriş hattına direk olarak pompalanmaktadır. Binada, devre içerisindeki su ısı eşanjörü içerisinde geçer ve sonra tekrar su kaynağına veya diğer atılacağı yere basılır. Kazı işlemi, kuyudan yapıya kadar olan servis hatlarını muhafaza amacıyla gerekmektedir. Su içerisindeki pislik miktarı, yer su kaynağı devresi tasarımında ve ısı eşanjörü seçiminde, korozyon ve tortu olayı için önemli bir faktördür. (Şekil 4)

Kolon kuyu uygulamalarında, bir veya daha fazla kuyu, ısı transferi mekanizması olarak kullanılmaktadır. Kolon kuyular, sert kayalar içerisinde açıldıkları ve bunların su tutma yetenekleri oldukları takdirde kullanılabilir. Kuyunun çapı, yapısına göre normal olarak 150 mm civarındadır. Su, kuyunun dibinden yapıya doğru ısı eşanjörleri içerisinde geçerek basılır. Binayı terk ettikten sonra, su tekrardan kuyunun üst kısmına pompalanır. Kuyuların sayısı ve derinliği, etkin bina yüküne göre, kayanın kalınlığına göre, kuyu içerisindeki su debisine göre ve diğer tasarım faktörlerine göre belirlenir. Uygulamalar, pompalanabilir yer su kaynaklarına dayandırılmaktadır. Yeterli su miktarının kuyuda bulunması, su kolonunun devamlı olması önemlidir ve gerekmektedir. (Şekil 5)



ŞEKİL 4  
Geo-Thermal Yeraltı Kaynaklı Sistem



ŞEKİL 5  
Kuyu Sistemi

## KARMA SİSTEMLER

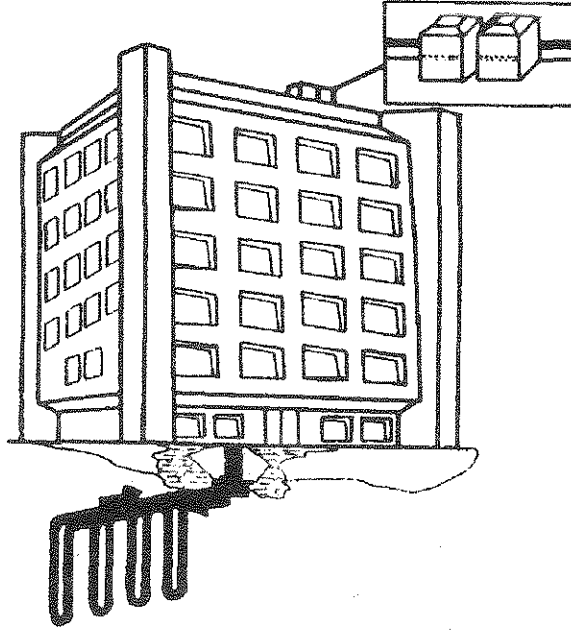
SKIP sistemlerine kuru veya evaporatif bir soğutucunun ilave edilmesi, yüksek bina yükü ısı tahliyesi işleminde yarar sağlayacaktır. Karma sistemlerde sadece atılacak bina ısı yükünü karşılayacak şekilde, yer su kaynağının ölçülendirilmesi gerektiğinden dolayı avantajı vardır.

Karma kapalı devre uygulamalarda, bir ısı eşanjörü birimi, soğutucuyu bina devresinden ayırır.

Yer devresindeki ölçülerin azaltılması, soğutucu tarafından gelen ilave ilk maliyeti dengeler, ama kullanımdan dolayı gelen maliyetin soğutucu işletme maliyeti ile daha fazla olacağı beklenebilir.



Genellikle karma sistem, yer su kaynakları devresi maliyetinin KW başına yüksek olduğu ve ısı emişinin ısı tahliye işleminden daha az olduğu bölgelerdeki ticari uygulamalar için uygun bir tasarım teşkil etmektedir. (Şekil 6)



ŞEKİL 6  
Geo-Thermal Yeraltı Kaynaklı Karma Heat Pump Sistemi

#### YER İRTİBATLI SİSTEM TASARIM ESASLARI

Yer irtibatlı ısı transfer sistemi ile donatılmış SKIP sistemlerinin performansı toplam sistem tasarımına bağlıdır. Müstakil ısı pompası performansı, verimli sistem faaliyeti içerisinde tek bir faktördür. Tepe sistem performans değeri, her bir sistem unsurunun çalışma verimini arttırmak için bütün sistem parametrelerinin dengelenmesi neticesindedir.

#### EKİPMAN SEÇİMİ

Bir çok parametre, ekipman seçimini etkilemektedir. Bunlarla, binanın durumu, alan kullanımı, emilen ve tahliye edilen ısı yükleri, dönen akışkan sıcaklığı ve debisi dahildir. Yeryüzü irtibatlı sistemler, sık sık devre sıcaklığında içerisindeki geniş değişikliklere maruz kalırlar. Dönen devre akışkan sıcaklığı, 4°C ila 38°C arasında verimli olarak çalışan SKIP ekipmanlarını gerektirirler.

#### DEVRE HESABI

Yer devreleri, bir çok uygulamalardaki ve coğrafi bölgelerdeki tam ısıtma ve soğutma yüklerini desteklemek amacıyla tasarlanabilir. Hassas bir devre hesabı, optimal sistem faaliyeti için gerekmektedir. Eğer yer devresi toprak şartları açısından ve yük açısından yetersiz hesaplanmış ise, performans bilhassa en fazla istenilen zamanlarda azalma gösterir. Yer devrelerinin karmaşıklığından ve hassas yer devresi hesabındaki kritiklikten dolayı, el ile yapılan devre hesabı bu uygulamalar için tavsiye edilmemektedir.

Yer devrelerinin hesaplanması için bilgisayar paket programları mevcuttur. Paket programın hali hazırda elde edilemediği zamanlarda veya mühendisin devre tasarımında yardım istediği zamanlarda bazı SKIP imalatçıları, nitelikli devre hesap şirketlerini binayı yapmakta olan mühendislerle bulabilmektedirler.

## DENGE NOKTASI BELİRLENMESİ

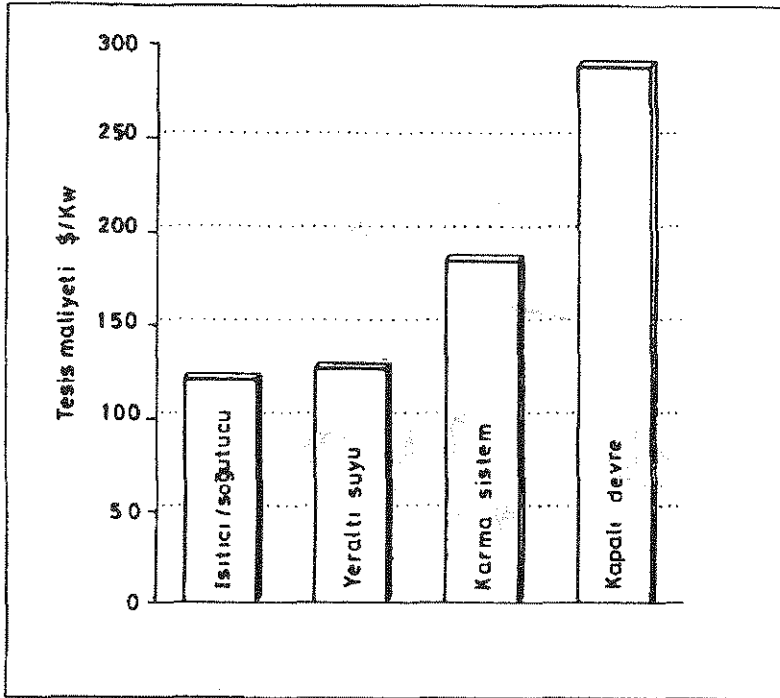
Denge noktası, akışkan veya kuru soğutucunun faaliyete geçirilmesi ile yer devresi soğutma kapasitesinin takviye edildiği bina devre sıcaklığıdır. Denge noktası ekipman kapasitesi, soğutma yükü ve dış hava tasarım sıcaklığının faktörüdür. Karma bir sistem belirtildiğinde denge noktası, sistem tasarım işlemleri esnasında hesaplanmalıdır. Yardımcı soğutma sisteminin faaliyete geçirilmesi, karma sistemlerin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla tahsis edilmiş bir kontrol sistemi tarafından en iyi şekilde yapılır.

## TESİS MALİYETİ

Yer irtibatlı sistemin tesis maliyeti, yer devre sistem tipi ile değişmektedir. İçerisinde kazı işlemi maliyeti veya kuyu ve çukurların delinmesi, devre tesisat malzemesi ve döşenmesi, ısı eşanjörleri ve yer devresine tahsis edilmiş pompa sistemleri gibi maliyetleri içermektedir. Karma sistemler, kuru veya evaporatif soğutucu, platform, soğutucu aksesuarlar ve denge noktası kontrol sistemleri maliyetlerini de kapsayacaktır.

Bir Amerikan çalışması (Şekil-7), tipik 350 kw'lık bir sistemi 15°C su (veya toprak) sıcaklığındaki kısmının ısı eşanjörüne ait ana değerleri mukayese etmektedir. Mukayese amacıyla, tipik ısıtıcı ve evaporatif soğutucu, aksesuarlar ve ilgili kontrol enstrümanlarının maliyetleri bu tabloya ilave edilmiştir. Buradaki değerler içerisinde bina devresi veya ısı pompaları maliyetleri dahil değildir.

Tablonun göstermediği, yer irtibatlı sistemlerin ısı emme/taahhiye ekipmanlarının kullanımını asgariye indirerek veya ortadan kaldırarak, devre su sıcaklığını kontrol edecek bir ısıtıcı/soğutucu kullanan SKIP sistemlerine göre sistem çalışma maliyetini önemli ölçüde iyileştirdiğidir.



TABLO 7: 350 KW KAPASİTELİ SKIP SİSTEMİ MALİYET KARŞILAŞTIRMASI (YALNIZ ISI TRANSFER KISMI)

## KAPALI DEVRE SİSTEM PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bir çok faktör, kapalı devre sistem performansını etkilemektedir. Toprak kompozisyonu, yer sıcaklığı, nem oranı ve termal kaynak gibi bina yeri şartları değişkenlik göstermektedir ve her yer için hesaplanmalıdır.

### BİNA YERİ ŞARTLARI

Bina yerleri, yer devresinin ısı geçirgenliğini etkileyen toprak kompozisyonuna bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir. Sert kayalar, üstün ısı geçirgenlik ve iyi ısı transferi sağlar. Gevşek kayalardan arınmış ve yüksek nem oranlı sıkı toprak yapısı üstün yer devresi performansı sağlar. Kayanın delinme maliyeti yüksektir. Ancak kaya içerisindeki çukur toprak içerisine kazılan çukurdan kısa tutulabilir.

Toprak içerisindeki nem miktarı, devre tasarımında önemli faktördür. Yatay toprak içi devrelerde ortalama çukur derinliğindeki nem miktarı ölçülür. Dikey devrelerde oyuktaki ortalama nem önemlidir. Toprak kuru, nemli, yaş veya doymuş olarak sınıflanır. Doymuş toprak termal geçirgenlikte en verimlidir dolayısıyla azami performansı sağlar. Kuru toprak tersine düşük termal geçirgenlikte. Alçak derinlikte toprakaltı suyu kesen oyuklar daima doymuş olarak sınıflanır. Su kaynağına az derinlikte dikey olarak dalan borular doymuş olarak sınıflandırılmaktadır.

### ISI GEÇİRGENLİK

Toprağın ısı geçirgenliği, devrenin performansını etkileyen en önemli faktördür. Isı geçirgenlikteki farklar, devre tasarım uzunluğunu, doğru orantılı olarak etkilemektedir. Devre tasarlanmadan evvel bina yerinde ısı geçirgenlik testi yapılmalıdır.

Isı geçirgenlik testi, kurulacak devrenin kullanılacak aynı malzeme ve derinlikte yerleştirilmesini gerektirir. Test sırasında, toprağın ısı emme/tahliye özellikleri, uygun test zamanı içerisinde çalışan gerçek çevrimin simülasyonu ile hesaplanır. Bu işlemin tasarım maliyetini artırdığı gözüksede, bu test, kendisini performans geliştirmeyle (devrenin gerçek toprak şartları için yetersiz belirlendiği duruma kıyasla) veya ilk maliyetdeki tasarrufla (gerçek şartlar için fazla tasarlandığı duruma kıyasla) farkı kapatmaktadır.

### YER SICAKLIĞI

Yerel olarak epeyce değişiklik göstermektedir. Yerin 2 m altındaki ortalama toprak sıcaklığı normalde bina yeri için orta çevre sıcaklığındadır. 3 m'den daha düşük seviyelerdeki gerçek sıcaklıklar, bu ortalama değerden mevsimlere göre değişim göstermektedir. Yer sıcaklıklarındaki değişiklikler, yatay devre tasarımında, yatay devrenin verimli olarak bu salınım değerleri dahilinde verimli olarak çalışması gerektiğinden dolayı pratik değerlerdir.

Isı değişim bilgileri, bölge için basılmış bilgi tablolarından elde edilebilir.

### GERİ DOLDURUM

Etkin sistem kullanımını sağlamak amacıyla dikkatlice yapılmalıdır. İyi yapılmayan geri-doldurum, yetersiz yer devresi performansı için tek veya en bilinen sebeptir. Kazılarda yapılan çukurlar, boru etrafında hiçbir boşluk bırakılmadan doldurulmalı ve sıkıştırılmalıdır. geri-doldurulmuş çukurlar, yeterli sıkışma elde edilebilmesi için su ile ıslatılmalıdır. Boru delikleri, aşağıdan yukarıya doğru beton ile doldurulmalı. Devrenin ısı geçirgenliği, çukur veya boru deliğinin gevşek doldurulması sonucunda azalır ve sistem performansı ihlal edilmiş olur.

## MALZEME SEÇİMİ

Yer devresinin performansı, sadece tasarımın uygunluğundan değil aynı zamanda da devre malzemesi seçiminden de etkilenmektedir.

Devre içerisindeki boru seçimi, devre performansı açısından esas işidir. IGSHPA (Uluslararası Su kaynaklı Isı Pompaları Kurumu) tarafından önerilmekte olan polietilen devre malzemesinin alternatifi bulunmamaktadır. Bu boru malzemesi, bilhassa su kaynakları ısı pompa pazarı için geliştirilmiş ve 50 yıllık bir ömre sahip olduğu umulmaktadır. Alternatif boru malzemeleri kabul edilemez. Devre boru çapı 19 ve 25 mm arasında değişmektedir. Devre tasarımcısı, optimal pompa performansı için gereken değerden fazla devre içerisinde basınç kayıplarına sebebiyet vermeksizin boru çapını belirlemelidir. 75 m'yi aşan dikey devrelerde, kabul edilebilir seviyelerde basınç kayıplarını karşılamak için boru çapı 25 mm olmalıdır.

Yatay şekilde açılmış çukurlar veya dikey boru deliklerindeki devre boruları, gidişi ve dönüşü oluşturmak için birlikte kenetlenmelidir. Bu kenetleri merkezi bir bağlantı çukuruna yerleştirmek uygun olacaktır. Basit tek kademeli kenetler malzeme ve işçilik fiyatını düşürür ve hava atım (purge) işlemini basitleştirir. Kenetler basınç kaybını tutmak ve ilk maliyeti düşürmek için hesaplanmalıdır.

Isı füzyon, metodu polietilen boru birleşiminde tek metoddur. Kaynak özelliğine ve yapının tercihine bağlı olmak üzere alın kaynağı, soket veya elektro-füzyon kaynak çeşitleri kullanılabilir.

Sirkülasyon pompaları, azami akış şartlarının altında çalışacak şekilde belirlenmelidir. Bütün SKIP ekipmanları tarafından meydana getirilen toplam basınç kaybını karşılamalıdır. Tam-yük değeri altında, türbülanslı akım için meydana gelen Reynold sayısı yer devresindeki ısı transferini maksimum yapmak için 2500'de tutulmalıdır.

## AÇIK DEVRE SİSTEM PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTORLER

Açık devre performansını etkileyen ilk faktör, su'dur. Açık sistemi yatırım yapılabilir duruma getirmek için su kaynağının yumuşatılması ılık veya orta ısıda olması (temperate) gerekmektedir. Bir çok yerlerde, lokal veya milli standartlar, yenilenebilir doğal kaynakların (su kaynakları gibi) ticari sektör tarafından kullanımını kontrol etmektedir. Bu standartlar yakinen izlenmelidir. Bir çok bölge açık devre su kaynak sistemi için elverişlidir. Çünkü açık devrenin su kaynağına kapalı devre oluşturur. Su kaynağından herhangi bir şekilde ısı hariç hiç bir şey almaz ve buraya bir şey vermez.

## SUYUN KALİTESİ

Sadece bölgelerle değil aynı zamanda boru çapları ile de değişmektedir. Suyun özelliklerindeki değişiklikler ve mineral durumu, devre tasarımı içerisinde sistem performansını asgari etkileyecek şekilde planlanmalıdır. Kural olarak, giriş suyu filtrelenmeli ve giriş tarafındaki tek nokta esaslı temizlenerek ısı eşanjörünün plakalarına giriş suyu gönderilmelidir.

## MALZEME SEÇİMİ

Su karakteristikleri ve mineral durumu, korozyona karşı korunmak, gidiş boru hattındaki tortu ve yapışmaları önlemek amacı dikkate alınmalıdır. Standart yer devresi ekipmanları sık sık tuzlu suya maruz kaldığında etkilenmeler gösterecektir. Bu yüzden tuzlu su sistemlerinde, pompaların ve ısı eşanjörlerinin dikkatli seçimi gerekmektedir. Ekipman imalatçıları, ömürler hakkında bilgi verebilecek en yetkili bilgi kaynaklarıdır. Brackish su sistemlerinde, sistemin sağlığı için ısı eşanjörü 316 paslanmaz çeliğinden olmalıdır. Deniz suyu kullanan uygulamalarda, titanyum ısı eşanjörleri en uygun malzemedir. Her iki sistem için kullanılacak pompalar denizcilikte kullanılan modellerden olmalıdır.

## SU KAYNAĞI SICAKLIĞI

Yer suyu sıcaklığı genelde ortalama dış hava sıcaklığı gibidir; yer sıcaklık değişimlerinin olmayacağı mesela kar'ın erimesi gibi aşırı şartlardan etkilenmedikçe aynı kavram söz konusudur.

SKIP ekipmanları, su kaynağı devresi tarafından tayin edilen giren su sıcaklıklarında çalışacak şekilde seçilmelidir.

## SU ATIĞI

Su kaynağının bir kuyu olduğunda gereklidir. Dönüş suyu, suyun emildiği kuyudan uzakta bulunan Re-Enjeksiyon kuyusuna bırakılır. Çekilen sudaki sıcaklık değişiminden korunmak amacıyla, kuyular arasındaki mesafe, matematiksel olarak hesaplanabilir. Ancak su kaynağı içerisine iki adet test kuyusu yapmak ve ısı etkileşimini gözlemek en güvenilir methoddur. İlk maliyet, kuyular dolayısıyla artsada, sisteme ömrü süresince etkin ve güvenli kullanım sağlanmış olur.

## SONUÇ

Su kaynaklı Isı Pompaları denenmiş ve verimliliği ispatlanmış bir sistemdir. Avantajları, bina yüklerini kendi içinde dengelemesi, kullanım verimi, düşük ilk maliyet ve kolay bakım olanağıdır. En önemli avantajı alternatif sistem uygulamalarına göre zaman sürecinde daha verimli olması ve ucuz kullanımdır. Su kaynaklı ısı pompalarına bir binanın kullanımını kolaylaştıran komple bir sistem olarak değerlendirmek gereklidir. Sistemin toprak veya su kaynaklarından faydalanabilmesi, verimi dahada arttıran ve çevre korumasına katkıda bulunan bir faktördür.

## KAYNAKLAR

1. Climate Master-International Environmental Corp. Teknik Yayınları
2. ASHRAE Dökümantasyonu

## ÖZGEÇMİŞ

1953 İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi ve 1964 The City University of New York (Master) mezunudur. 1964 yılından itibaren FORM ŞİRKETLER GRUBU'nda çalışmaktadır. ASHRAE (Life Member) ve Türk Tesisat Mühendisleri Derneği üyesidir. Halen Isıtma-Soğutma-Klima İmalatçılar Derneği yönetim kurulu üyesidir. Evli ve 2 çocuk babasıdır.