

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMLERİ

Isıtma/soğutma sektörünün geleceğini iki temel unsur belirleyecektir. Birincisi klasik enerji kaynaklarındaki azalma ve buna bağlı olarak bu enerji kaynaklarının fiyatının gittikçe artması. Bu nedenle de enerji maliyetlerinin ısıtma soğutma sistemlerinin seçimini ve kullanımını etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle enerji maliyetlerindeki artış daha verimli cihaz ve sistemlerin kullanılması gerekliliğini doğurmuştur. İkincisi Fosil yakıtların kullanılması sonucu ortaya çıkan çevre kirliliği ve küresel ısınma. Fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan ürünler insan sağlığını ve doğayı tehdit etmektedir.

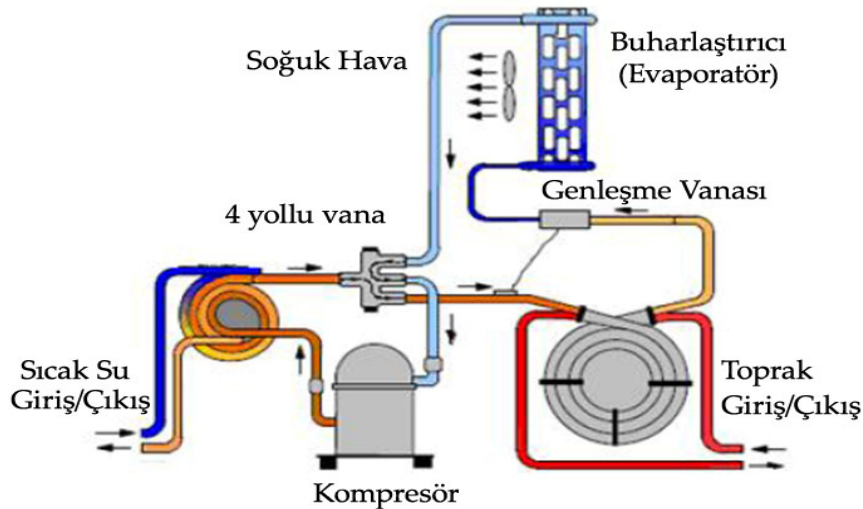
İlk toprak kaynaklı ısı pompasının patenti 1912 yılında İsveç'te alındı ve (TKIP) 1950'ler de Amerika'da kullanıldı. Villa kullanımı ile başlayan sistem zamanla yüksek binalarda da kullanılmaya başlandı. Genelde yüksek verimli ve pahalı olması nedeniyle özel bir müşteri portföyü olan bu sistem, son 20 yılda sağladığı enerji tasarrufu nedeniyle, artan kullanım ve ucuzlayan fiyatlarıyla hızla artan birçok farklı bir kullanıma sahip oldu.

Bugün toprak kaynaklı ısı pompaları Avrupa ve Amerika'da enerji tasarruf amaçlı olarak devlet ve çevre örgütlerince tavsiye edilen bir sistem niteliğine kavuştu. Genel kullanımda ve imalatçılarda bu 2 kıta arasında ciddi yaklaşım farkı mevcuttur; Avrupa'da ısıtma amaçlı, genelde doğal soğutma yapan, şık dizaynda, sudan suya ağırlıklı, daha yüksek maliyetli cihazlar, Amerika'da ise soğutma amaçlı, ısıtmada yapan, sudan havaya ağırlıklı, yüksek adet nedeniyle daha ekonomik, görsel amaçlı olmayan cihazlar yapılmaktadır. Türkiye'de ise toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımı daha ziyade enerji tasarrufuna ve soğutmaya yöneliktir. Cihazlar soğutma ve ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Kullanım alış veriş merkezleri (ticari uygulamalar) ve villa uygulamaları şeklindedir.

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI (TKIP) NASIL ÇALIŞIR?

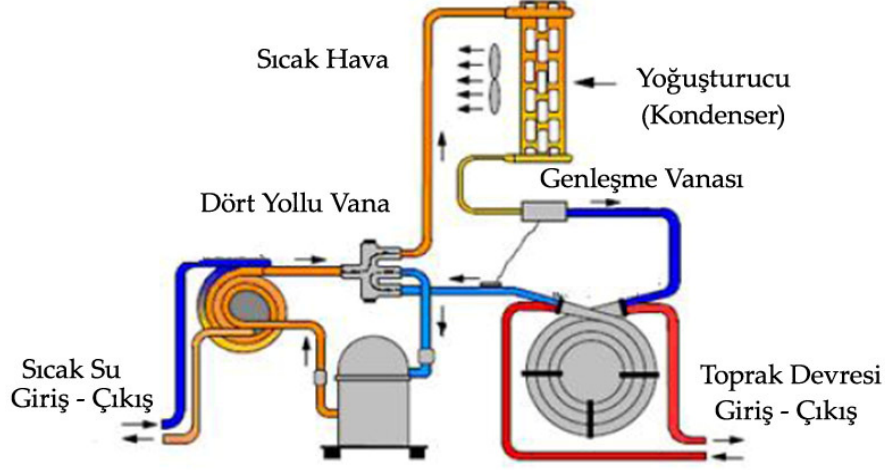
Toprak kaynaklı ısı pompalarının klasik hava kaynaklı bir ısı pompasından çalışma olarak bir farkı yoktur. Tüm ünitelerde; direk genişlemeli evaporatör ve fanı, kompresör, elektrik panosu, hava filtresi ve su soğutmalı (kondenser) serpantini mevcuttur. Fark kondenser ünitesinin hava soğutmalı bir kondenser olmayıp, su soğutmalı bir kondenser olmasıdır.

TKIP bir ortamı soğutmak için çalıştırılması durumunda kondenser devresine kaynak (toprak) tarafından soğutulmuş olarak giren su, yaklaşık 5°C ısınarak kondenseri terk eder. Kondenserde toprak veya su kaynağı tarafından ısı alınmış olan soğutucu akışkan, kısımla vanasından geçerek basıncı düşürülür ve evaporatöre gönderilir. Evaporatör üzerinden bir fan veya pompa yardımıyla geçirilen hava veya su soğutulur. Soğutulan hava direk olarak veya mahal kanalları vasıtasıyla gönderilir. Soğutulmuş olan akışkan hava değil su ise bir hava bir klima santraline veya mahal içerisindeki bir fancoil ünitesine gönderilerek soğutma işlemi gerçekleştirilir. Evaporatör içerisindeki gaz kompresör vasıtasıyla tekrar emilir, basıncı ve sıcaklığı artırılarak tekrar kondensere gönderilir (Şekil 1).



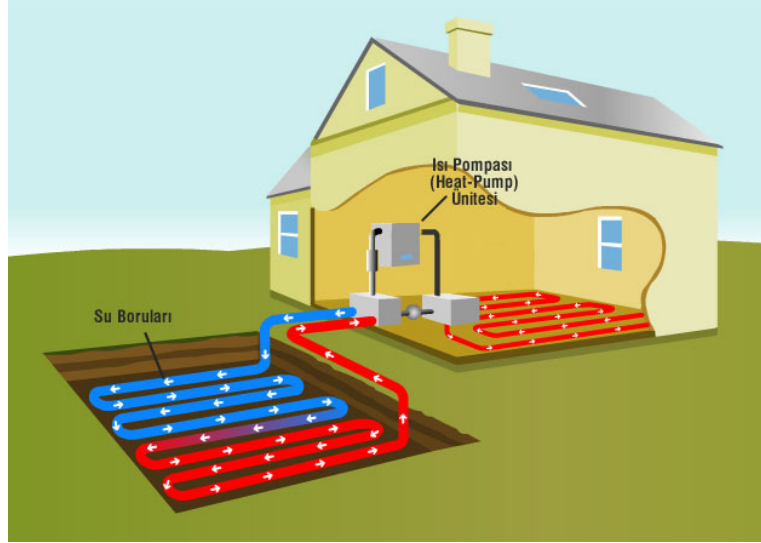
Şekil 1. TKIP soğutma amaçlı çalıştırılması.

Isıtma amaçlı kullanımda ise TKIP cihazında ki bir dört yollu soğutucu gaz vanası ile kondenser ile evaporatörün yerleri (görevleri) değiştirilerek işlem gerçekleştirilir. Örneğin soğutma uygulamasında kondanser ısıtma amaçlı kullanılırken ısıtma uygulamasında evaporatör görevi üstlenir. Dolayısıyla kaynaktan gelen su bu durumda ısıtılmayıp yaklaşık 5°C soğutulurak geri gönderilir (Şekil 2).



Şekil 2. TKIP ısıtma amaçlı çalıştırılması.

NIÇİN TOPRAK KAYNAĞI ?



Isı pompası cihazlarının çalışma şartları yıl boyunca aşağıdaki şekilde değişir;

Hava	- 20 den + 50 e kadar değişir
Su	+ 8 den + 30 a kadar değişir
Toprak	+ 10 dan + 20 ye kadar değişir

Değişen dış şartlar seçilen cihazın çalışma şeklini (verimini, ömrünü, bakım sıklığını vb.) direk olarak etkiler. Örnek verecek olursak 35 °C dış ortam sıcaklığına göre seçilmiş bir cihaz 40 °C dış şartlarda çalıştığında istenilen kapasiteyi sağlayamama (konforsuzluk) , planlanandan daha fazla enerji tüketilmesi, arızaların çoğalması ve cihaz ömrünün azalması gibi örnekler verilebilir. Buna benzer örnekler düşük dış sıcaklık şartları içinde verilebilir.

Bu problemler nedeniyle kullanmış olduğumuz ısı pompası cihazının kondenserinin şartlarını iyileştirmek için çözümler aranmış ve hava yanında toprak kaynağı da kullanılmaya başlanmıştır.

Tablo 1. TKIP teknik özelliklerinin kondanser sıcaklığı ile değişimi.

Kondenser Su Giriş Sıcaklığı	Soğutma Kapasitesi	Soğutmada Çektiği Güç	Soğutma COP	Isıtma Kapasitesi	Isıtmada Çektiği Güç	Isıtma COP
10 °C	16.2 kW	2.91 kW	5.57	13.6 kW	3.74 kW	3.64
15 °C	15.6 kW	3.17 kW	4.92	15.1 kW	3.86 kW	3.91
20 °C	14.9 kW	3.47 kW	4.29	16.5 kW	3.97 kW	4.16
25 °C	14.1 kW	3.81 kW	3.70	17.8 kW	4.06 kW	4.38
30 °C	13.4 kW	4.18 kW	3.21	18.6 kW	4.13 kW	4.50
35 °C	12.5 kW	4.61 kW	2.71	-	-	-
40 °C	11.8 kW	5.07 kW	2.33	-	-	-

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü gibi bir ısı pompasında kondenser sıcaklığı düştükçe soğutma kapasitesi artmakta ve çektiği güç düşmektedir. Bir başka deyişle ısı pompasının verimi (COP) soğutma amaçlı kullanılmasında kondenser sıcaklığı düştükçe artmaktadır. Bir örnek verecek olursak; 35 °C dış ortam şartlarında çalışan bir cihazın kondenserine 25 °C dış ortam şartlarına getirirsek soğutma kapasitesi 12,5 kW tan 14,1 kW artarken, cihazın çektiği güç 4.61 kW tan 3.81 kW düşmekte ve dolayısıyla verimi (COP) 2.71 den 3.70 çıkmaktadır.

Tablo 2. Bazı illerimizin ortalama hava sıcaklıkları.

Yer	KIŞ (°C)	YAZ (°C)
İstanbul	-3	33
Ankara	-12	35
İzmir	0	37
Antalya	3	39
Adana	0	38

Tablo 2 de bazı illerimizin ortalama dış hava sıcaklıkları, Tablo 3 de bazı illerimizin derinliğe bağlı olarak ortalama toprak sıcaklıkları ve Tablo 4 de bazı illerimizin ortalama deniz suyu sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 3. Bazı illerimizin zamana ve derinliğe bağlı ortalama toprak sıcaklıkları [3]

Yer	OCAK (°C)			TEMMUZ (°C)		
	5 cm	50 cm	100 cm	5 cm	50 cm	100 cm
İstanbul	0.9	4.3	8.2	27.7	24.4	20.9
Ankara	7.8	10.1	12.3	33.1	31.6	29.8
İzmir	8.9	11.4	14.5	34.8	30.3	27.3
Antalya	5.0	8.0	10.0	28.8	25.6	21.6
Adana	9.6	12.2	13.8	35.4	29.6	26.8

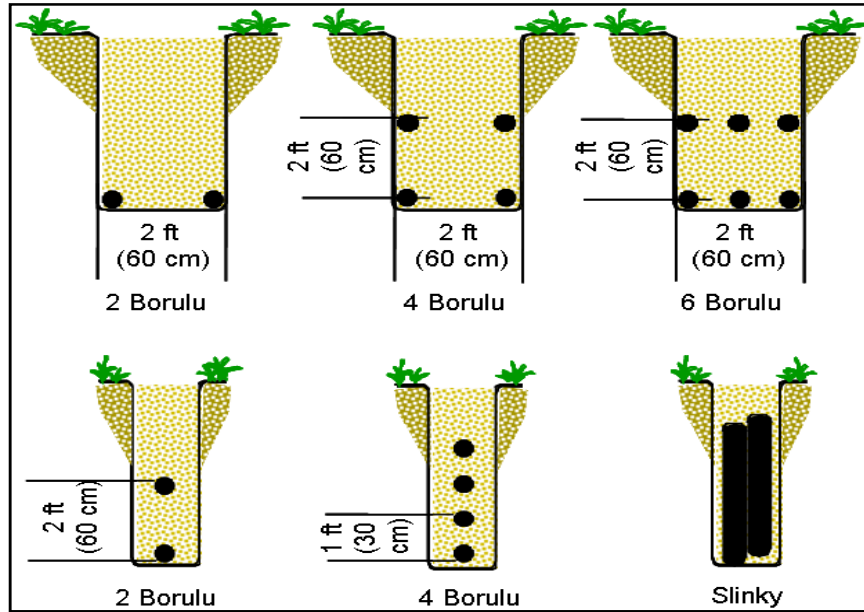
Bu tablolar; TKIP teknik özelliklerinin kondenser sıcaklığı ile değişimi teknik verileri ışığında değerlendirildiğinde havaya nazaran toprağın ne kadar önemli bir kaynak olduğu bir kez daha görülebilir.

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMA ÇEŞİTLERİ

Toprak altına 3-4 metre kadar inildiğinde sıcaklık yaz – kış çok az bir farklılık göstermekte ve sonsuz bir kaynak sağlamaktadır. İskandinav ülkelerinde, Kanada ve Amerika da toprak altına yatay veya dikey döşenmiş borular ile enerji temini, 50 yıla yakın süredir kullanılmakta olan ve binlerce ünitenin çalışır vaziyette olduğu örnekler içermektedir. Genel uygulama, kullanılacak üniteler için gerekli olan toplam enerji atımına ve toprak yapısına uygun olarak hesaplanan polietilen boruların toprak altına yerleştirilmesi ve bunun içinden sistem suyunun sirküle edilmesidir

Yatay Serme Uygulaması

Hafriyat sonucunda açılacak toprakta 1.2 metreden daha derin bir yerleşimle borular yatay olarak döşenir. Çoklu borulama esnasında borular arasında, yatayda min 30 cm, dikeyde min 60 cm olmalıdır (Şekil 3). Açılan 2 borulama hendeği arasında min 1.2 m -1.8 m arasında bir boşluk bırakılarak ısı transferi kolaylaştırılmalıdır. Borulama sonrasında araziye borulara zarar vermeyecek şekilde çim, bitki ve ağaç ekilebilir. Hiçbir şekilde yatay serme uygulaması yapılan alan betonla veya asfalt ile kapatılmamalıdır. Genelde en ekonomik borulama şeklidir. Dikey uygulamaya göre yaklaşık %50 daha ucuzdur, fakat dikey uygulamaya nazaran %30-%50 daha fazla boru kullanmak gerekir. Kullanılan boruların çapı $\frac{3}{4}$ ile $1\frac{1}{2}$ arasında değişir. Yatay borulama genellikle ısıtma öncelikli sistemlerde tercih edilir.



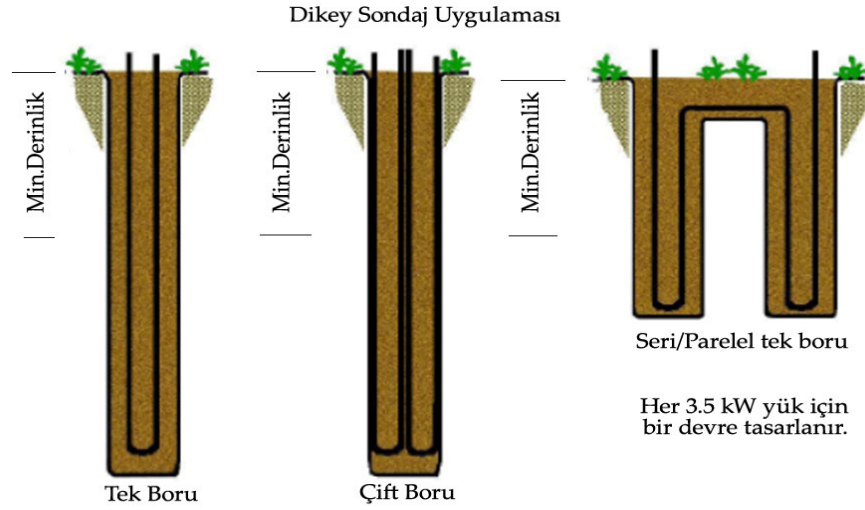
Şekil 3. Yatay boru serme uygulama şekilleri.

Tablo 5. Toprak özelliklerine bağlı olarak spesifik ısı çekme kapasitesi

Zemin (Toprak) kalitesi	Spesifik ısı çekme kapasitesi
Kuru, kumlu zemin	10 – 15 W/m ²
Nemli, kumlu zemin	15 – 20 W/m ²
Kuru, balçıklı zemin	20 – 25 W/m ²
Nemli, balçıklı zemin	25 – 30 W/m ²
Yer altı suyu bulunan zemin	30 – 35 W/m ²

Dikey Sondaj Uygulaması

Sondaj makineleri ile açılan kuyulara borular dikey olarak sarkıtılır. Kuyu çapı 10 cm -20 cm arasındadır. Kullanılan boruların çapı $\frac{3}{4}$ ile $1\frac{1}{2}$ arasında değişir. Kuyu derinlikleri kuyu açma sırasında karşılaşılan toprak tabakalarına bağlı olarak 30 m -150 m arasında değişebilir. Açılan kuyular arasında sağlıklı bir ısı transferi için min 3.5 m, tercihen 6 m bırakılmalıdır. Borulama sonrasında kuyuların üzerine bina yapılabilir, beton veya asfalt dökülebilir. Dikey borulamanın yatay borulamaya göre boru maliyeti daha düşük ancak işçilik maliyeti daha yüksektir. Soğutma öncelikli sistemlerde tercih edilir.



Şekil 4 Dikey boru yerleştirme şekilleri [1]

Tablo 6. Toprak özelliklerine bağılı olarak açılan kuyunun ısı çekme kapasitesi [5]

Zemin (Toprak) kalitesi	Spesifik ısı çekme kapasitesi
Kuru, kumlu zemin	20 – 40 W/m
Nemli, kaya zemin	50 – 60 W/m
Yer altı suyu bulunan zemin tabakaları	70 – 90 W/m

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI AVANTAJLARI/DEZAVANTAJLARI

AVANTAJLARI

1. Düşük Ön Yatırım Maliyeti

Tablo 7. HVAC sistemlerinde ilk yatırım maliyetleri [6]

HVAC Sistem Tipi	Yatırım Maliyeti \$/m ²
Rooftop DX + Elektrikli Isıtıcı	52
Rooftop DX + Gaz Isıtma	61
Hava Kaynaklı Isı Pompası	75
Değişken Hava Debili Paket (VAV)	86
SKIP + Kule + Kazan (Hibrit Sistem)	133
Klima Santralı + Soğutma Grubu + Kule + Kazan	162
4 Borulu Fancoil + Su Soğutma Grubu + Kazan	171

Türkiye’de ki alış veriş merkezlerinde sıkça kullanılan hibrit TSKIP sistemlerinin diğer sitemlere göre ilk yatırım maliyetlerine bakıldığında (Tablo 7), hibrit TSKIP sisteminin geleneksel sisteme (Klima Santralı + Soğutma Grubu + Kule + Kazan) göre %18 daha ekonomik olduğu görülmektedir.

2. İzole gerektirmeyen borulama

TKIP sisteminin loop devresindeki akışkan sıcaklığı, havanın çığ noktası sıcaklığından düşük olduğundan ve ortam sıcaklığına yakın olduğundan ısı kayıpları önemsizdir. Bu nedenle sistemde ısı izolasyonuna gerek duyulmaz .

3. Sadece 2 boru ile ısıtma/soğutma konforu

Sudan hava ya cihazlar ile 2 borulu loop sisteminden de yararlanarak, loopa bağlanan cihazlar isteğe bağlı olarak ısıtma veya soğutma modunda çalıştırılabilmektedirler.

4. Bina otomasyon zorunluluğu olmaması

Toprak/su kaynaklı ısı pompası sistemleri klimatize ettikleri ortam içerisine monte edilirler. Bu cihazların kontrol üniteleri (termostatları) ortam içerisinde olur. Kontrol için bina otomasyonu zorunluluğu yoktur. Ancak TSKIP bir bina otomasyon sistemine bağlanmak istendiğinde kontrol üniteleri üzerine haberleşme kartları eklenerek bu mümkün olmaktadır.

5. Çok az mekanik oda ve şaft alanı gereksinimi

Genelde TSKIP cihazları asma tavan arasına yerleştirildiklerinden kazan dairesine minimum gereksinim vardır. Sadece 2 boru ile hem ısıtma hem de soğutma sağlanabildiğinden şaftlar küçülmekte ve alışveriş merkezlerinde ki kullanılabilir değerli alan artmaktadır. Alışveriş merkezlerinde geleneksel sistemlerden farklı olarak TSKIP sistemleri daha az yer kaplamaktadırlar. Yer tutan su soğutma grubu olmayıp, kullanılması hibrit sistem TSKIP da ise kazanlar geleneksel sistemdeki kazanların %50- %60 kapasitesinde kullanılmaktadırlar. Bu cihazların kolektör ve pompa gibi diğer aksamlarının da olmayışı kazan dairelerini küçültür ve Alışveriş merkezlerinde ki kullanılabilir değerli alanları arttırır.

6. Yüksek enerji verimi

15 kW nominal kapasiteli bir kanal bağlantılı ünitenin, evaporatör fan ünite enerjisi dahil olmak üzere, farklı su giriş sıcaklıklarında kapasite ve verim farklılıkları Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. TSKIP teknik özelliklerinin kondanser sıcaklığı ile değişimi [1]

Kondanser Su Giriş Sıcaklığı	Soğutma Kapasitesi	Soğutmada Çektiği Güç	Soğutma COP	Isıtma Kapasitesi	Isıtmada Çektiği Güç	Isıtma COP
1 °C	16.8 kW	2.55 kW	6.59	11.4 kW	3.46 kW	3.29
5 °C	16.6 kW	2.69 kW	6.17	12.3 kW	3.59 kW	3.43
10 °C	16.2 kW	2.91 kW	5.57	13.6 kW	3.74 kW	3.64
15 °C	15.6 kW	3.17 kW	4.92	15.1 kW	3.86 kW	3.91
20 °C	14.9 kW	3.47 kW	4.29	16.5 kW	3.97 kW	4.16
25 °C	14.1 kW	3.81 kW	3.70	17.8 kW	4.06 kW	4.38
30 °C	13.4 kW	4.18 kW	3.21	18.6 kW	4.13 kW	4.50
35 °C	12.5 kW	4.61 kW	2.71	-	-	-
40 °C	11.8 kW	5.07 kW	2.33	-	-	-

Enerji verimliliği açısından soğutma da zaten oldukça olumlu verim değerleri oluşmaktadır. Buna evaporatör fanında dahil olduğu öngörülürse sistem soğutma COP değerine ulaşmak için tek eksiğin kondanser su pompası olduğu görülür.

Isıtma verimlilikleri açısından ise basit bir karşılaştırma yapılabilir. Çeşitli teknik dergilerde yapılan yakıt fiyatları mukayese tablolarına bakıldığında, 1,000 Kcal ısıtma elde etmek için genelde doğalgaz hep en verimli, elektrik ise 0.99 verim ile kullanıldığından en verimsizlerden biri olarak gözükmektedir. Mart 2007 itibari ile 1,000 kcal ısıtma için 0.0600 YTL olan doğalgaz ve 0.1421 YTL olan elektrik birim fiyatları arasındaki oran 2.36 dir. Buda 2.36 üzerinde bir ısıtma COP değeri sağlayacak bir ısıtma metodunun doğalgazdan daha verimli bir yakma sağlayacağını ortaya koyar.

Yukarı tablodan da gözüktüğü gibi 1 °C kondenser giriş şartında dahi çalışacak ısı pompası cihazının verimliliği 3.29 dur. Üstelik bu değere cihaz evaporatör fanı da dahildir. Bu durumda 0 °C kondenser giriş sıcaklığı üzerindeki tüm ısı pompası sistemlerinin veriminin doğalgazdan dahi daha verimli olduğu ortaya çıkmaktadır. Tabi ki bu değerlendirmeye varırken, kondenser tarafı sıcaklık değerini elde etmek için kullanılan dış enerjilerinde değerlendirmesi yapılmalıdır. Kullanılan dış enerji toprak, göl nehir gibi doğal kaynaklar olduğu sürece ilave harcama çok düşük olacaktır. Bu değeri tutturmak için kullanılan enerji bir doğalgaz kazanından destek ise, bununda kullandığı miktar kadarını hesaplamaya eklemek gereklidir. Doğru çözülecek bir binada, sistemin kendi içinde soğutma yapan ünitelerden dolayı oluşturduğu atık kondenser tarafı enerjiden dolayı çok az bir ısıtma desteği gerekeceğinden, kazan desteği de minimal ve verimlilik istenilen düzeyde olacaktır.

7. Bağımsız Zon Kontrolü ve Fatura Ödemesi

Alışveriş merkezindeki herhangi bir zonda (mağaza, dükkan vb) TSKIP üniteler ile istenilen anda ısıtma yada soğutma yaparak ideal konfor şartları sağlanabilir. Her zon (dükkan, kat, kiralık alan, vs) için elektrikli sayacı ile yapılan ısıtma soğutma sonucunda çekilen enerjinin direk faturalandırılabilme imkanı vardır. Bu sayede ortak ısıtma-soğutma paylaşım problemleri ortadan kalkmakta AVM işletmecilerinin kiracı ve mağaza sahiplerinden kaynaklanan işletme maliyetleri azalmaktadır.

8. Ekonomik Bakım ve İşletme Maliyeti

Tablo 9. ASHRAE araştırmasına göre ortalama bakım masrafları (10 m² için \$/yıl)

Toprak Beslemeli SKIP	8.37
SKIP Kazan / Kule	20.80
Paket Hava Soğutmalı	28.40
Split Hava Soğutmalı	25.70
Pistonlu Soğutma Grubu	23.50
Santrifüj Soğutma grubu	26.10
Absorbsiyonlu Soğutma Grubu	48.40

Basit ünite dizaynı ve kapalı devre sistem sayesinde minimum bakım ihtiyacına gerek duyulur. TSKIP üniteleri iç ortamda çalışan üniteler olduklarından dış ortamda (yüksek sıcaklık farkı, toz, değişen iklim koşulları) çalışan cihazlara göre daha az bakıma ihtiyaç duyarlar

Tablo 10. TSKIP geleneksel sistemler ile maliyet mukayesesi

Geleneksel Sistemlerin Mukayesesi	Yıllık Bakım Maliyeti (\$/100 m2)	% Fark	Yıllık İşletme Maliyeti (\$/100 m2)	% Fark	Montaj Maliyeti (\$/100m2)	% Fark
4 Borulu FC, Chiller, Kazan	151	201	1.507	226	12.917	150
VAV	151	201	1.012	152	9.688	113
Toprak Kaynaklı Isı Pompası	75	100	667	100	10.764	125
Su Kaynaklı Isı Pompası	108	144	1.012	152	8.611	100

Tablo 10. bakılırsa yıllık bakım maliyetleri ele alındığında GHP sistemine karşılık 4 borulu fancoil, chiller ve kazan sistemi %201, VAV sistemi de %201, su kaynaklı HP ise %108 daha fazla bakım maliyetine sahiptir. İşletme maliyetlerinde de GHP sisteminin bariz bir üstünlüğü mevcuttur. Bu olumlu tablo montaj maliyetlerinde biraz değişmektedir. Montaj maliyetlerinde su kaynaklı HP sistemi en ucuz maliyete sahipken, VAV %13, toprak kaynaklı ısı pompası %25 ve 4 borulu fancoil, chiller ve kazan sistemi %50 daha pahalıdır.

9. İhtiyaca Göre Kolaylıkla Cihaz Ekleme ve Kısmi Açılış Yapabilme

Alışveriş merkezlerinin projeleri neredeyse Alışveriş Merkezi açılıncaya kadar sürekli olarak değişikliğe uğrar ve ilk planlanan mağaza ve alanlara sürekli olarak yeni alanlar eklenir. Bu ise HVAC projelerinde çoğu zaman büyük değişiklikler yapmayı gerektirir. Yapılamayan değişiklikler ilave edilen ortamların iyi klimatize edilememesi problemini doğurur. TSKIP sisteminin loop devresine (sistemin su dağıtım borularına) kolaylıkla ek uçlar ile yeni cihaz montajı yapılabilir. Cihaz adedi çok artmadığı sürece boru ya da pompalarda değişiklik gerekmez. Bu durum projeci, yatırımcı ve uygulayıcı için son derece yararlı bir özelliktir [8].

Geleneksel sistem ile projelendirilmiş bir AVM nin kısmen açılması çok zordur ve HVAC cihazlarının (chiller, kazan, kule vb) tamamının alınmış (açılmayacak ortamlara hitap etse bile) ve monte edilmiş olması gerekmektedir. TSKIP sistemlerinde her bir cihaz mahal içerisinde olduğundan sadece açılacak mağazaların cihazları alınıp, finansal olarak fazla yüke girmeden veya cihazların maliyetlerini mağaza sahiplerine şarj ederek açılış yapmak mümkün olabilmektedir.

10. Çevre Dostu

Ünitelerin kapalı devre ve direk genişleme olmasından dolayı çok az freon gazı içerirler. Bu da herhangi bir kazada ortama kaçacak gazın çok az olmasını sağlar. Bunun yanında TSKIP sistemleri çevre dostu sistemlerdir ve diğer sistemlerden daha az çevreye zarar verirler.

DEZAVANTAJLARI

1. Sistemi bilen projeci ve uygulayıcı sayısının az olması

HVAC tasarımcıları ve uygulayıcıları; daralan konstrüksiyon bütçeleri, artan standart istekleri ve giderek çoğalan yasal sorumluluklar arasında sıkışmış durumdadır. Genellikle yapmak istedikleri son şey “yeni” bir şeyi denemektir [9] .

2. TKIP Cihazların maliyetlerinin yüksek olması

Alışveriş merkezlerinde ve diğer uygulamalarda TSKIP sistemlerinin finansal değerlendirmesi maalesef çoğu zaman sadece cihazlar bazında yapılmakta olup, sistem mukayesesi (ilk yatırım, bakım, işletme, kullanım alanlarından kazanç, her bir kullanıcının harcamasının ölçülebilmesi vb.) yapılmadan pahalı damgası vurulmaktadır. Bazen elma ile armut misali uygun olmayan mukayeseler konunun bilinirliği ve yapılan uygulamalar arttıkça azalacaktır.

Kaynak : Beyhan ŞEN (Form Endüstri A.Ş.)