

Çok Katlı Yüksek Konutlarda HVAC Sistemleri Seçimi

HVAC Systems For High Rise Multistorey Buildings

Rüknettin Küçükçalı; Mak. Yük. Müh.
TTMD Üyesi

ÖZET

Bu yazıda yüksek binalarda ısıtma ve soğutma seçenekleri genel olarak değerlendirilmiştir. Soğutma sisteminde konutlarda soğutma kapasitesinin değişkenliği ve enerjinin paylaşımı, havalandırma ihtiyacı konularına değinilmiş ayrıca konutlarda klima sisteminden beklentilere yer verilmiştir. Soğutma sistemindeki seçenekler başlıklar halinde yer almuş olup bu seçeneklerin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi ayrı bir yazı başlığı olarak hazırlanmaktadır.

ABSTRACT

In this article, heating/cooling alternatives for high rise buildings have been evaluated generally. The variability of the capacity of cooling systems in residences, the energy sharing and ventilation demands have been examined; additionally, the expectations from air conditioning systems in residences have been included also. The alternatives for cooling systems have taken place as headlines and the detailed evaluation of these alternatives are being prepared as the subject of a separate article.

1. Giriş

Bilinen tüm sistemler ile her bina ısıtılıp, soğutulabilir. Ancak önemli olan hangi sistemin binanın işletme senaryosuna en uygun olabileceğinin belirlenmesidir.

Seçilen sistem ortalama 20 yıldan fazla süre kullanılacağına göre, işletme maliyeti (ekonomik olup olmadığı), sessiz ve sorunsuz çalışması, havalandırma yeteneği, vb. sistem seçim kriterlerindeki beklentileri ne kadar karşılayabileceği irdelenmelidir.

Mimari açıdan bina cephesinin sistem seçiminde ne kadar etkileneceği çok önemlidir. Mimari sistemleri ve sistemlerin performanslarını bilmeli ve mimari tasarımında bu faktörleri mutlaka dikkate almalıdır. Ancak tesisat mühendisleri de mimarların hayal güçlerine ve tasarımına sınırlamalar getirebilecek baskılar oluşturmamalıdır. Mimari projeye, mal sahibinin isteklerini de dikkate alarak en uygun olacak klima sistemini tasarlanıp, projelendirilmelidir.

1.1. Bina Cephesinde Yer İhtiyacı ve Sistemin Bina Cephesine Olan Etkisi

Yüksek yapı konutlarda binanın dış cephesi seçilen sistem ile değişmekle birlikte klima uygulamalarından çok etkilenir. Örneğin soğutma ve/veya ısıtma için hava soğutmalı kondenserler tercih ediliyorsa, bina cephesinde bu dış ünitelerin görünür halde kalması istenmez. Bu nedenle bina içlerinde dış üniteler için yer alması gerekir. Kondenserler bina içine yerleştiriliyorsa kondenser havasının dış ortama atılması ve kondenserin soğuması için dış ortam havasının dış ünitelerin bulunduğu yere alınması gerekir. Bunun için bina cephesinde belirgin şekilde panjurlara ihtiyaç duyulur. Eğer sistem hava soğutmalı değilse, buna ihtiyaç yoktur.

Ayrıca yaşam mahallerinin şartlandırılmasında havalandırma çok önemlidir (taze hava + egzoz). Bunun için bina cephesinde taze hava ve egzoz menfezleri için yer ayrılması gereklidir. Şaftlardan taze hava ve egzoz kanalları çekilerek havalandırma ihtiyacından kaynaklı yer işgali engellenebilir. Bu tip yapılarda çatı, teras, bahçe veya bina alt katları ünite yerleşimleri için oldukça uygundur.

1.2 Çevre Zon ve Çekirdek Zon Faktörü

Yüksek bloklar yüksekliğinin zeminde kapladığı yere oranı oldukça büyük tasarlanmış binalardır. O yüzden bu yapılarda radyasyonla ısı kazancı gün içinde farklı cephelerde büyük farklılıklar gösterir. Aynı şekilde bu dizayn sebebiyle bina çevresinde dışa bakan çok büyük yüzeyler (çevre zon) varken ortada dışarı ile hiç ilişkisi olmayan çekirdek hacimler yer alır. Çevre zonda güneşin, dış hava sıcaklığının, rüzgarın etkisiyle sürekli değişen bir ısı yükü varken, çekirdek zonda ise yükler değişik saatlerde farklılık göstermez ve sabittir. Genelde çekirdek zonda elektrikli cihazlar, aydınlatma, insan faktörü sebebiyle yaz-kış sabit bir soğutma ihtiyacı vardır. Ancak konutlarda bu bölgeler daha çok daire içinde wc-banyo vb, dairelerin dışında ise asansör önündeki boşluk, dairelere ulaşım koridoru, vb hacimlerden oluşur.

Bu yüzden konutlarda sistem tasarlanırken; genellikle farklı yönlerdeki çevre zonları daha fazla önem kazanır.

1.3 Rüzgar Hızı ve Bina Cephesindeki Basınç Etkisi

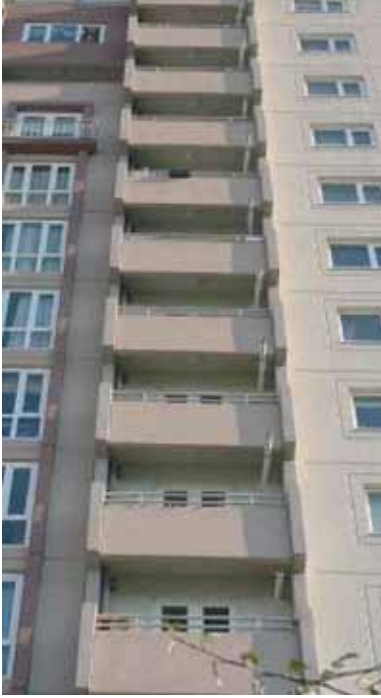
Bu yapılarda rüzgar hızı da önemli bir faktördür. Üst katlara çıkıldıkça rüzgar hızı artar. Rüzgar hızına bağlı olarak binanın rüzgar yönündeki cephesinde pozitif basınç meydana gelirken, ters yönde negatif basınç oluşur. Bina cephesindeki açıklıklardan rüzgar hızına bağlı olarak sızan hava miktarı çok fazladır. Özellikle üst katlarda sıcak havanın aşağıdan yukarı yönleneceği ve özellikle üst katlardan dışarıya doğru bina cephesindeki açıklıklardan dışarıya doğru yoğun enfiltrasyon nedeniyle alt katlar negatif basınçta kalabilmektedir. Ayrıca soğuk havanın daha yoğun olması sebebiyle aşağıya doğru çökeceği, sıcak havanın ise yukarı doğru çıkma eğilimi göstereceği düşünülürse hava sıcaklığından kaynaklı basınç etkisinin binanın alt katlarında daha yoğun olacağı tasarımda göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle yüksek yapılarda lobi ve ana bina girişlerinin ayrıca şartlandırılmış yoğun taze hava ile pozitif basınçta tutulması gerekir. Öte yandan hem yangın güvenliği açısından hem de rüzgarın bina cephesindeki etkilerinden dolayı oluşabilecek by pass riskinin engellenmesi açısından egzoz atışları ve taze hava alışı menfezleri binanın farklı cephelerinde olmalıdır.

Baca etkisi; havanın sıcaklığı ve yoğunluk farkı nedeniyle sıcak ile soğuk havanın yer değiştirme eğilimine verilen addır. Özellikle yüksek yapılarda merdiven boşlukları gibi bölgelerde (katlar arasında ilişkili olan boşluklarda) bu etki oldukça sık görülür. Bu etki nedeniyle sıcak hava merdiven boşluğundan üst katlara çıkarken, soğuk hava alt katların olduğu bölgeye çöker. Soğuk dış hava ile sıcak iç hava; merdivenlerde ve şaftlarda yukarı doğru hareket oluşturur. Bu nedenle baca etkisinin önüne geçebilmek, homojen sıcaklık dağılımı sağlamak, yangın güvenliği için merdiven basınçlandırması ve basınç dengesinin sağlanması gereklidir.

1.4 Enerji Ekonomisi

Tüm bu faktörler gözönüne alındığında tesisat mühendisi soğutma ihtiyacının en aza indirilmesi için şunlara dikkat etmelidir;

- Bina içinde ısı yayan cihazların seçiminde enerji tüketimleri ve ısı yayma kapasiteleri



Şekil 1. Kombi bacaları cephe görüntüleri.

olabildiği kadar en düşük olanların tercih edilmesi,

- Enerjinin taşıma mesafesinin kısaltılması,
- Enerjiyi taşıma sırasındaki kayıpların (hava kanalı ve borulardaki basınç kayıpları dahil) en aza indirilmesi,
- Soğuk enerjiyi üretmek ve taşımak için kullanılan pompa, fan, vb cihazlar olabildiği kadar yüksek verimli seçilmesi.

Diğer taraftan ısıtma ihtiyacının en aza indirilmesi için şunlara dikkat edilmelidir:

- Isıtma sezonu daha uzun olan yörelerde yön tayininin ısıtmaya göre yapılması,
- Sıcak enerjinin üretilmesinde ve taşınmasında yüksek verimli cihazların kullanılması,
- Gaz yakıt kullanılacaksa mutlaka; yoğunmalı kazanlar ve oransal brülörler (frekans kontrollü) kullanılması, birkaç örnek olabilir.

2. Isıtma Sistemi

Statik ısıtma diğer sistem alternatiflerine göre daha konforlu bir sistemdir. Şartlandırılan ortamda filtre temizliği, bakım gibi servis ihtiyacı olmaz, ortam sessizdir. Ortamda hava hareketi olmaz. Hissedilen oda sıcaklığı yüksek olur. Eğer ısıtma, hava ile yapılırsa; ortamda hava hareketi oluşur, ses ve gürültü riski vardır. Daha yüksek iç ortam

sıcaklığı gerekir. Daha fazla enerji harcanır. Sıcaklık katmanları oluşur. Nemlendirme ihtiyacı artar. Aydınlatma armatürlerinin ısıtma etkisinden faydalanılamaz. Isıtma sistemi merkezi veya bireysel yapılabilir. Bireysel veya merkezi sistemlerin her ikisinde de yoğunmalı tip kazan ve kombiler kullanılmalıdır. Sistem maliyeti değerlendirilirken, kuruluş maliyeti ile birlikte işletme maliyeti açısından, hatta ömür boyu maliyet açısından değerlendirilmelidir. Bu nedenle bireysel sistem seçiminde yoğunmalı kombi, merkezi sistemlerde ise yoğunmalı kaskat sistem kullanılmalıdır. Merkezi sistem uygulamalarında ihtiyaç duyulan kazan sayısı iki adet ise, bunlardan birisi yoğunmalı olmalı, üç adet ise en az ikisi yoğunmalı olmalıdır. Enerji verimliliği açısından seçilen tüm kazanların yoğunmalı olması önerilir.

a. Bireysel sistemde her daire için hermetik bacalı kombi uygulaması tartışılmalıdır. Kombi hermetik bacalarının duvardan dışarıya çıkartılıp, her katta baca egzozunun dışarıya verilmesi;

- Bina cepesinde çirkin bir görünüm oluşturmaktadır.
- Baca gazları ve oluşan dış hava hareketi ile dış cephe boyası kirlenir ve renk değiştirir.
- Üst katta oturanların pencerelerinden içeriye gaz sızıntısı oluşur ve iç hava kalitesi bozulur. Sonuç olarak kombi bacasının duvarı delip dışarıya bağlanması çirkin ve sağlıksız bir görünüm oluşturur.

Kombi bacalarının düşey veya düşey hermetik bacalar ile bağlanması daha uygundur. Yüksek yapılarda özellikle bireysel ısıtma sistemlerinin tercih edildiği uygulamalarda bina cephesi hermetik bacaların her kat arasından dışarıya çıkma zorunluluğu nedeniyle çok fazla etkilenir (Şekil1).

b. Kombi bacaları düşey veya düşey hermetik bacalar ile bağlandığında ise yükseklik sınırlamaları söz konusudur.

Yüksek yapılarda her daireye doğalgazlı kombi uygulamasının ne kadar güvenli olduğu da tartışma konusudur. Deprem riski yüksek olan Türkiye'de, deprem anında gaz bağlantılarının yüksek yapılarda ne kadar esneklik gösterebileceği ve emniyet açısından oluşacak risk faktörü de göz önüne alınmalıdır.

c. Yüksek yapılarda kombi uygulamasının kaç kata kadar (veya yüksekliğe) yapılabil-

leceğini açıklayan bilinen bir standart da yoktur.

Önerimiz;

- Bacalar her binada düşey (veya düşey hermetik) yapılmalı ve baca gazları çatıdan dışarıya atılmalıdır.
- Kombi sistemi (düşey baca yapılması kaydı ile) beş kata kadar olan yapılarda uygulanabilir, on kattan daha yüksek binalarda ise bize göre uygulanmamalıdır (konu tartışmaya açıktır).
- Kombi ile ısıtılan binalarda, döşemelerde ve komşu duvarlarda ısı yalıtımı mutlaka yapılmalıdır (ısı kayıplarını azaltmak için). Döşemelerdeki ısı yalıtımları ayrıca ses, gürültü geçmesini de önleyecektir.
- d. Merkezi sistem ile ısıtma yapılan binalarda her dairenin ısı tüketimleri kalori sayaçları kullanılarak hesaplanabilir. Ancak radyatörlerini kapatıp tatile gidenler de bir minimum kullanım bedeli ödemelidirler. Minimum kullanım bedeli:
 - Merkezi sistemden dairelere kadar olan taşıma maliyeti (kazanların ısınım ve durma kayıpları, borulardaki ısı kayıpları, pompalama enerjisi, vb).
 - Diğer dairelerden geçen ısı kazançları,
 - Diğer işletme maliyetlerini (personel vb) kapsamalıdır. Minimum kullanma bedeli; birim enerji bedeline ilave edilerek tahsil edilmeli böylece normal kullanıcılar için ilave bir bedel istenmemelidir.
- e. Bu nedenle bu tip yapılarda bireysel çözümlerin yanı sıra merkezi ısıtma sistemleri de oldukça güçlü alternatiflerdir. Bireysel sistem tercih edilse dahi bacaların bina cephesinden çıkmadan çatıya kadar ayrıca çekilmesi çok daha uygundur. Her konut bölümündeki ısıtma cihazı hermetik olarak bağlanabilir ve tek bir merkezi hermetik baca sistemi ile çatıya kadar çıkarılabilir (Şekil 2,3).
- f. Merkezi uygulamalarda yoğunmalı kaskat sistemler dışında yer tipi üflemlili brülörlü kazanların tercih edilmesi durumunda kazanların üzerine monte edilecek olan brülörlerin baca çekişine, ısıtma ihtiyacına ve istenilen kazan suyu sıcaklıklarına göre modülasyon (kapasite kontrollü) yapabilmeye sahip olması ömür boyu maliyet açısından büyük önem taşır. Üflemlili brülörlerin kapasite kontrollü ve modülasyonlu olmaması durumunda özellikle

büyük kapasiteli uygulamalarda yüksek ses seviyelerine neden olabileceği tasarımda göz önünde tutulmalı, frekans konvertörlü ve modülasyonlu brülörlerin standart brülörlere göre çok daha sessiz olacağı bilinmelidir.

- g. Binanın planlamasına, kullanım amacına, mimarın tasarımına ve mal sahibinin isteğine bağlı olarak merkezi kazan daireleri, binaların çatılarına çatı kazan dairesi olarak uygulanabilmektedir. Çatı kazan dairesi uygulaması ile enerjinin daha rahat ve daha az kayıpla taşınması, daha kısa kazan bacaları ve baca için ihtiyaç duyulacak hacimler için avantajlı olmakla birlikte, birçok binada üst katların daha değerli olması, binanın statik hesaplamalarında binanın projelendirilmesi aşamasında hesaplara dahil edilmesi gerekliliği açısından bazı handikaplar oluşturur.
- h. Isıtma sistemlerinde merkezi ısıtma sistemi tercih edildiğinde, bireysel sistemden farklı olarak kullanma sıcak suyu için ayrıca merkezi ya da bireysel çözüm geliştirme gereksinimi ortaya çıkar. Eğer merkezi ısıtma sistemi ile birlikte kullanma sıcak suyu sistemi de merkezi olarak çözümlerse;
- Tüm gün boyunca sıcak su ihtiyacı olmasa dahi tesisatta sürekli olarak sıcak su dolaştırılacaktır. Bu esnada tesisatta dolaşan suyun üzerinden önemli miktarda ısı kayıpları gerçekleşecektir.
 - Merkezi kullanma sıcak suyunun ne kadar kullanıldığının hem miktar hem de ısı enerjisi harcama yönünden hassas şekilde ölçülerek dağıtılması oldukça zordur.
 - Sıcak su kullanım alışkanlığının her insan ve aile için farklılıklar oluşturduğu, sıcak su kullanım miktarının, konutlarda yaşayan insan sayısına ve konutun kullanım zamanlarına göre değiştiğini göz önünde bulundurmak gerekir. Söz konusu muhtemel sorunlar nedeniyle ısıtma merkezi sistem ile yapılsa dahi, kullanma sıcak suyu temininde bireysel kullanım için elektrikli termosifon, elektrikli şofben veya kombi tercih edilmelidir (şebeke kayıpları nedeniyle birim maliyetler yüksektir).

3. Klima (ve Havalandırma) Sistemi

3.1 Konutlarda Soğutma Kapasitesinin Değişkenliği ve Enerjinin Paylaşımı

Bu konutlar genel anlamda klima kullanıldığı için lüks konutlar olarak adlandırılır. Bu tür konut sahiplerinin bina ile ilgili tüm beklentileri yüksektir. Bu tür konutlar kendi kendine yeten ve mükemmel konfor şartlarını sağlayan türde yapılar olmalıdır. Bu nedenle sistem seçiminde başlangıçta tasarlanan sistemin olabildiğince uzun ömürlü, beklentileri karşılayabilecek bakım ve yenileme gerektirmeyen sistemler olmasına özen gösterilmelidir. Tüm bunların yanı sıra; bu konutların kullanımı yazın 1% ile 100% arasında değişmektedir. Başka bir deyişle konutların kullanımı çok değişkendir. Bu yüzden binalarda enerjinin paylaşımı çok önemlidir. Bu değişkenlik seçilecek klima tesisatının tipini de büyük ölçüde etkiler. Örnek vermek gerekirse soğutulmuş su devrelerinde kalori sayaçları ile enerji paylaşımının ölçülmesi pratikte zordur. Çünkü su sıcaklık farkları çok düşüktür. Konut uygulamalarında klima sistemlerinden yararlanma sürelerinin daireler bazında çok değişken olması ve enerji maliyetlerinin paylaşımındaki zorluklar nedeniyle, merkezi sistem yerine bireysel sistem seçimi genellikle daha avantajlıdır. Bu tip konutlarda soğutma kapasitesinin çok değişken olmasının sebepleri;

- Yaz sezonu başlangıcı ile tatil sezonu da başlar. Yazlık evlerine gidiş oranı artar.
- Diğer taraftan ailelerin yaklaşık %25'i ise ortalama 1 ay boyunca evlerinin dışında başka şehirlerde tatil yaparlar.
- Hiçbir şekilde tatil yapmayanlar ise en azından soğutma yükünün çok fazla olduğu gündüz saatlerinde iş yerinde ya da akşam saatlerinde, eş-dost gezisi, alışveriş, lokanta, sinema vs. gibi nedenlerle konutlarda bulunmazlar.
- Konutlarda; ısıtmanın aksine her odada sürekli soğutma istenmez. Çünkü dış ve iç ortam sıcaklık farkları ısıtmada olduğu gibi fazla değildir.
- Ayrıca günün her saatinde her odada soğutma istenmez (örneğin gündüz saatlerinde yatak odası ya da gece saatlerinde salon, çalışma odaları).
- İnsanlar gece yatak odalarında uyurken genellikle soğutma için klimalarını çalıştırmak

istemezler. Yani yatak odaları kullanılsa dahi çoğu zaman kullanım esnasında soğutmaya ihtiyaç duyulmaz.

- Isıtılmayan bir evin ısınma süresi: Hafta sonu evlerinde yaklaşık 24 saat, sabah kapatılıp akşam ısıtılan kombili evlerde birkaç saattir. Soğutmada ise klima çalıştıktan sonraki en fazla yarım saat içinde konfor şartları oluşmaya başlar. İçerideki nem alınmış, sıcaklık konfor değerlerine yaklaşmış olur.

3.2 Havalandırma İhtiyacı

Konforlu çevre koşullarında insanlar kendilerini daha rahat hissederler. Araştırmalar rahatlık ve konfor bozukluğundan başka, hastalanma riskinin ve kaza sıklığının da havalandırma konforu iyi olmayan yerlerde daha fazla olduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek yapılarda binanın basınç dengesinin de bozulmaması için pencere doğramalarının sızdırmazlığı ve kontrolsüz açılmasının engellenmesi önem verilen hususlardan birisidir. Ayrıca rüzgar etkisi nedeni ile, yüksek yapılarda pencerelerin açılması istenmez. Bu nedenle doğal havalandırma genellikle gerçekleştirilmediğinden mekanik havalandırma sistemleri ile havalandırma yapılması gerekmektedir. Binaların iyi izole edilmiş binalar olması nedeniyle yaşam mahallerinde taze hava ihtiyacı oldukça önemli hale gelmiştir. Bina içerisindeki eşyalar, boya-badana, halı, dolap ve kitaplardan çıkan gazlar da iç hava kalitesini bozmakta, havalandırma ihtiyacını arttırmaktadır. İnsanlardan solunum yoluyla çıkan karbondioksit, kapalı hacimlerde içilen sigara gibi unsurlar da havalandırma ihtiyacını arttırmaktadır. Havalandırma ve ısı konforunun iyi olmasının şartlarından biri de oda içindeki hava hareketinin sağlanmasıdır.

Havalandırma sistemi 12 ay kullanıldığı ve temiz hava insanların en önemli gereksinimi olduğu için soğutmadan da önce gelen bir ihtiyaçtır. Yaşam mahalleri için olabildiğince fazla taze hava alınması iç hava kalitesi açısından önemli olmakla birlikte aşırı havalandırmanın da enerji maliyetlerini arttıracığı unutulmamalıdır. Havalandırma sistem tasarımı yaparken yaşam mahallerinin (salon, oturma odası, vb) pozitif basınçta, tuvalet, banyo gibi hacimlerin ise negatif basınçta (egzoz) tutulması iç hava kalitesi için zorunludur. Yaşam mahallinin genelini pozitif basınçta tutulması ilkesi taze hava miktarının belirlenmesinde oldukça önemlidir. (Ancak istenmeyen kokuların dairelerden birbirine geçme olasılığına karşı hava basıncının dengelenmesi gerekir. Yapılabilirse asansör önündeki hol ve buradan dairelere kadar olan geçiş koridorların artı basınçta tutulması genellikle daha uygundur).

3.3. Konutlarda Klima Sisteminden Beklentiler

- Havalandırma sistemi yapılmalıdır. Dairelere taze hava verilmelidir (ASHRAE minimum 0,35 değişim/h önermektedir. Ancak daha iyi konfor şartları için 1 değişim/saat daha alınabilir). En azından banyo ve mutfaklarda egzoz sistemi yapılmalıdır.
- Bireysel sistemler aşağıdaki nedenlerle daha avantajlıdır:
 - Kullanım esnekliği,
 - Enerji maliyetlerinin paylaşım kolaylığı,
 - Merkezi sistemdeki kayıplardan ve işletme maliyetlerinden kurtulma,
 - Enerji taşıma maliyetlerinin en az olması,
 - Merkezi sistemdeki arızanın tüm sistemi etkilememesi, vb.
- Her dairenin dış ünitesi (mümkünse);
- Aynı katta dış cephedeki bir balkona monte edilmelidir (enerji taşımanın maliyetini azaltmak için),
- Katlardaki dış ünitenin olduğu hacme merdiven-asansör sahanlığından giriş olmalıdır (dış ünitelere servis ve bakım yapan teknisyenin dairenin içerisine girmesine gerek kalmaz),
- Dış ünitelerin olduğu alanın ön yüzeyi (bina cephesinde) bir panjur sistemi ile kapatılabilir (mimari tasarıma uygun ise),
- Soğuk hava mümkünse tavan seviyesinden odaya üflenmelidir (soğutma konforu).
- Isıtma sistemi cam önlerindeki ısıtıcılarla aşağıdan yapılmalıdır. Radyatörlerde termostatik vanalar mutlaka kullanılmalıdır. Statik ısıtma (radyatörler) hava ile ısınmaya göre daha konforludur (kuru hava etkisi, ses vb. konfor şartları). Özellikle yatak odalarında (çok kaliteli cihaz da kullanılsa) ses istenmez. Isıtma gece de ihtiyaç olduğu için (ısıtma sezonu ayrıca daha uzundur) statik ısıtma daha konforlu ve avantajlıdır.

4. Yüksek Yapılarda Klima Alternatifleri

- | | | |
|--|---|---|
| 4.1 Mini split + statik ısıtma | } | Bireysel sistemler |
| 4.2 Multi veya super multi sistemler | | |
| 4.3 Hava kanallı split sistemler | | |
| 4.4 Otel odası kliması | | |
| 4.5 Fan coil sistemler | } | Merkezi sistemler |
| a. Dört borulu fan coil | | |
| b. İki borulu fan coil | | |
| c. İki borulu fan coil + statik ısıtma | | |
| 4.6 Kat klima santrali sistemi | | |
| 4.7 Hava soğutmalı VRV | } | Merkezi veya bireysel uygulama yeteneği |
| a. Isı geri kazanımlı heat pump VRV | | |
| b. Heat pump VRV | | |
| c. Yalnız soğuk VRV + statik ısıtma | | |
| 4.8 Su soğutmalı VRV | | |
| a. Isı geri kazanımlı heat pump VRV | | |
| b. Heat pump VRV | | |

5. Kaynak

Isısan yayınları

Yazar;

Rüknettin Küçükçalı,

1950 yılından doğdu. 1972 yılında İ.T.Ü Makina Fakültesi'nden mezun oldu. Sungurlar ve Tokar firmalarında mühendis ve şantiye şefi olarak görev yaptıktan sonra 1975 yılından ISISAN A.Ş.'yi kurdu. Halen bu firmanın yöneticisi olarak görev yapmaktadır.

Enerji Verimliliği ve Özellikli Binalarda Sistem Dizaynı

Energy Efficiency and System Design of Specialized Buildings

Refet Doruk Oflaz; Mak.Yük.Müh.
TTMD Üyesi

ÖZET

Günümüzde dünya ekonomisinde geline nokta bakıldığında enflasyon ve faizlerin düşmesiyle, ekonomi yatırım tarafına ağırlığını vermiştir. Teknolojinin gelişimi, yapılan yatırımların da büyüklüğünü ve kalitesini arttırarak, enerjinin en verimli şekilde kullanılabilceği hvac sistemleri tasarımlarının yapılmasına imkân sağlamaktadır.

Bu yazıda yıllardır kalıplaşmış olan hvac tasarımlarından farklı olarak, çoğu zaman tasarımlarda göz ardı edilen fakat işletme ve ilk yatırım maliyetleri açısından yatırımcıya büyük kazançlar getiren sistemler incelenmiştir.

ABSTRACT

It can be clearly seen that the investment side of the world economy had speed up in the recent years, when we analyze the position of the world economy, because of the decreasing inflation and interest rates. The growth of new technologies increases both the size and the quality of the investments, in addition enables the design of the most efficient hvac systems.

In this study the hvac systems which are generally ignored during system designs but provide big advantages to the investor from the initial and operating costs point of view.

1. Giriş

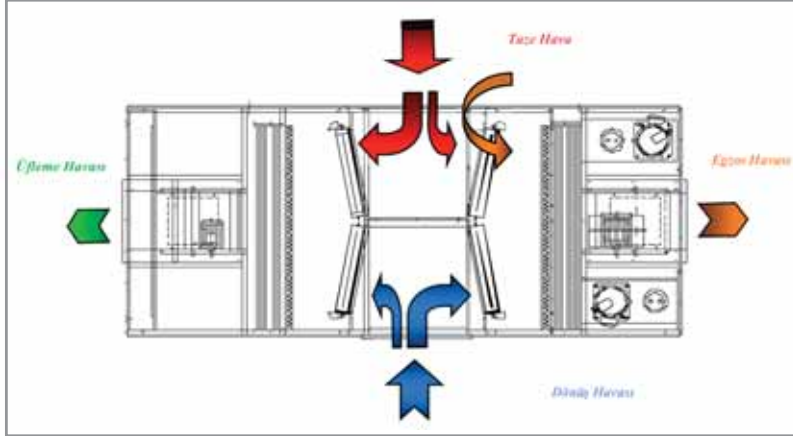
Ticari binalarda enerji sarfiyatının yaklaşık %39'u ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinden dolayı oluşmaktadır. Bu oranda, hvac proje tasarımı yapan mühendisleri daha ekonomik sistemlere doğru yönelmek zorunda bırakmaktadır. İnşa edilecek yapının özelliklerine göre kullanılabilcek olan birçok farklı sistem olmasına rağmen, alışılmış kalıpların dışına çıkılmaması, ekonomiye verilen zararın yanında dünya çapında yaşanmaya başlanan enerji darboğazını da körüklemektedir. Özellikli ve büyük binalarda, projenin başında mutlaka bir ekonomik rapor hazırlanarak, yapıda kullanılmaya uygun olarak öngörülen hvac sistemlerinin ilk yatırım ve yıllık enerji sarfiyatı simülasyonları sonucunda ortaya çıkacak olan işletme maliyetleri analizleri yapılmalı ve sistem seçimi bu raporun ışığında olmalıdır.

2. Sinemalar: %100 Taze Hava ile Çalışan Roof-Top Cihazları

Sinema ve konferans salonlarının ısıtma, soğutma ve havalandırma tasarımlarında, insan yoğunluğunun fazla olmasından dolayı yüksek taze hava oranlarında çalışabilecek, ekonomik ve montajı kolay cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişen teknoloji ile artık roof-top cihazlarında ısı geri kazanım kullanımı vesilesiyle %100 taze hava kullanabilme imkânı, bu cihazları sinema ve konferans salonları için en ekonomik ve uygun çözüm haline getirmektedir. Temel olarak iki tip cihazdan bahsedilebilir.

2.1. Isı Geri Kazanım Ünitesiz %100 Taze Havalı Paket Klimalar

Bu tip paket klimalarda herhangi bir ısı geri kazanım ünitesi kullanılmayıp, iç havanın kondenser havası üzerinden geçirilmesiyle bir verim ve kapasite artışı sağlanırken paket klimanın %100 dış hava ile kullanılması mümkün olmaktadır. Bu tip paket klimalar havadan havaya heat pump paket klima cihazıdır. Cihazda motorlu 4 damper ve biri



Şekil 1. Kondenser ısı geri kazanımlı paket klima prensip şeması.



Şekil 2. Kondenser ısı geri kazanımlı paket klima görünüm.

üfleme, diğeri kondenser fanı (sistemde kondenser fanı aynı zamanda egzoz fanıdır) olmak üzere 2 radyal fan bulunmaktadır. Bu sayede taze hava ve egzoz karışım havası tam ayarlanabilmektedir ve taze havalı klima santrallerinde olduğu gibi bu sistemde de ortamda hiçbir zaman +(artı) basınç oluşmaz. Cihazın en önemli özelliği dönüş havasını (egzoz havası) kondenser serpantininden geçirerek (yazın soğutulmuş, kışın ise ısıtılmış) enerjiyi tekrar kullanmasıdır. Örneğin yaz koşulunda soğutmada %100 taze hava ile çalışan cihazın kondenseri, dış hava sıcaklığının yerine ortamdaki soğutulmuş havanın etkisinde kalır. Bu sayede enerji tasarrufu/düşük işletme maliyeti sağlamış olur. Kondenser fanı radyal olduğundan cihazlar bina içine de monte edilebilir. Isı geri kazanımlı cihaz özellikle taze hava oranının yüksek istendiği sinema, konferans salonları gibi yerler için çok uygundur.

2.2. Isı Geri Kazanım Ünitesi %100 Taze Havalı Paket Klimalar

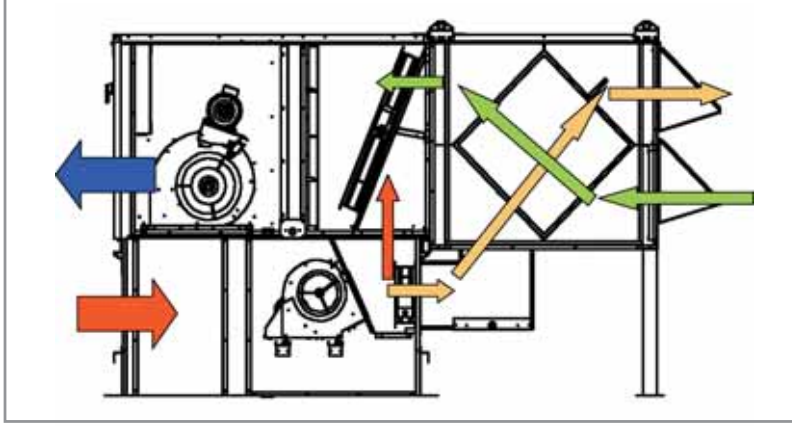
Bu tip paket klimalara bir ısı geri kazanım ünitesi ilave edilerek; paket klimaya %100 dış hava olarak çalışabilme kabiliyeti kazandırmanın yanında ilave enerji ekonomisi sağlanmaktadır. Çalışma prensibi olarak iç havanın veya dış havanın enerji potansiyelinden yararlanarak taze (dış) havanın soğutulması veya ısıtılması işlemidir. Şekildeki sistem açıklanacak olursa;

Ankara veya Rusya benzeri çok soğuk dış hava koşullarında çalışmada ısı geri kazanım ünitesinde donma oluşabilir. -20 °C olan dış hava +22 °C ve % 50 nemde olan iç hava ile % 40 verimle ısı transferi yaptığında sıcak iç hava soğur ve yoğuşabilir. Bu yoğuşma dış havanın eksi derecedeki sıcaklığı ile donar. Bu durumda ısı geri kazanım içinde donmadan dolayı tıkanma başlar. Bu noktada giriş ısı geri kazanım giriş-çıkış konumundaki basınç sensörleri, basınç değişimini ölçerek donmayı fark eder. Donmanın çözülmesi için, dış havayı ısı geri kazanımdan geçirmek yerine bir bypass bölümünden geçirerek içeriye istenilen miktarda taze hava beslemeye devam eder. Bu sırada odadan atılan sıcak havayı ise ısı geri kazanımın içinden geçirmeye devam ederek, oluşan buzlanmayı sıcak hava ile

çözer. Basınç sensörleri normal değerleri ölçmeye başladığında bypass bölümü kapatılarak sistem tekrar ısı geri kazanım üzerinden taze hava ve egzoz havası akımına devam eder. Bu şekilde kullanım defrost sürecinde ısı geri kazanım bypass edildiğinden dolayı enerji geri kazanımını yapamamış olur. Ancak alternatif olarak giriş havasına konulacak bir elektrikli ısıtıcı ile ısı geri kazanım içinde yoğuşma noktasına ulaşmasını engellemek, sürekli yapılmak zorunda kalınacağı için, kullanım ekonomisi açısından daha yüksek maliyete sebep olacağından, yukarıda anlatılan sistem gene de tercih sebebi olacaktır. Dönüş havasına koyulan bir hava kalite sensörü sayesinde cihaz, taze hava oranını otomatik olarak ayarlayabilmekte, ısı geri kazanım modülü sayesinde ısıtma ve soğutmada taze havadan kaynaklanan yükleri ciddi oranda düşürebilmekte, yüksek taze hava oranlarında sorunsuz çalışabilmekte, direkt doğalgaz ısıtma özelliği sayesinde, ısı transferi sırasında arada herhangi bir akışkana ihtiyaç duymadan ortam havasını direkt ısıtılmakta ve bu sayede de hem enerji tasarrufu yapmakta hem de hızlı tepki vererek kullanıcının ihtiyacına daha hızlı cevap verebilmektedir. Cihazda herhangi bir akışkan kullanılmaması dış havadan kaynaklanan problemleri de (ısıtma serpantinindeki suyun donması gibi) büyük oranda ortadan kaldırmaktadır. Kazan, soğutma grubu, klima santrali ve otomasyon elemanlarının tek bir cihazda birleşmesiyle ilk yatırım maliyeti ve mekanik oda ihtiyacı da büyük oranda azalmaktadır. Son yıllarda açılan sinema salonlarının büyük bir bölümü bu tipte cihazlar ile iklimlendirilmektedir.

3. A.V.M: Su Kaynaklı Isı Pompası ve Su Soğutmalı Roof-Top

Alışveriş ve yaşam merkezlerinin hızla artışı ile ülkemizde de dünyada yoğun olarak kullanılan su kaynaklı ısı pompası (S.K.I.P.) sistemlerine rağbet edilmeye başlanmıştır. S.K.I.P. cihazları su soğutmalı kondenserli oldukları için dış havadan bağımsız olarak çalışabilmektedir. Kondenser suyu, hattın üzerine plakalı eşanjörler vasıtasıyla bağlanan kazan ve soğutma kulesi cihazları ile S.K.I.P. cihazlarının en verimli çalıştığı sıcaklık aralıklarında tutulmaktadır. Her cihazın birbirinden bağımsız olarak çalıştırılabildiği sistem ile bir cihaz ısıtma yaparken bir diğeri soğutma yapabilmektedir yani bir cihazın atık ısı ile diğeri cihaz beslenmektedir ve bu çalışma sistemin verimini arttırmaktadır. Ayrıca cihazlar ısıtma soğutma fonksiyonunu gerçekleştirirken harcadıkları enerjinin büyük kısmını elektrikten karşıladıkları için enerji harcamalarını ölçmek çok kolaydır, bu da A.V.M.' de tercih edilmelerinin en büyük sebeplerinden biridir. Sistemin en büyük özelliklerinden biri genişlemeye imkân



Şekil 3. Isı geri kazanım ünitesi, çit fanlı % 100 taze hava ile çalışabilen paket klima.

veren bir sistem olmasıdır. İleride meydana gelebilecek yük artışlarını, sistemin tasarımını yaparken baştan öngörerek, bu amaçla gereğinden büyük sistemler tasarlama zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Genel hacimler, anchor mağazalar, hipremarketler gibi büyük ve açık hacimlerin iklimlendirilmesinde sistem bütünlüğü sağlanması ve chiller çalıştırılmaması amacıyla su soğutmalı roof-top uygulaması yapılmaktadır. Su soğutmalı roof-top cihazları da aynı kondenzasyon devresine bağlanarak sistem verimliliği ve bütünlüğü bozulmamaktadır. S.K.I.P. cihazlarının taze hava beslemeleri için kullanılacak olan primer havalandırma santralleri yerine de su soğutmalı kondenserli çapraz akışlı ısı geri kazanımlı %100 taze hava ile çalışabilen roof-top cihazları kullanılmaktadır. Su soğutmalı roof-top cihazlarının kondenserleri dış havadan bağımsız olduğu ve cihazlar kompakt bir tasarıma sahip olduğu için dışarıya yerleştirilebilecekleri gibi mekanik odalara da yerleştirilebilme kolaylıkları mevcuttur. Son dönemde ülkemizde yapılan alışveriş merkezlerinin büyük bir kısmı bu şekilde tasarlanmaktadır.

4. A.V.M.: Su Kaynaklı Isı Pompası ve Toprak Kaynaklı Isı Pompası Beraber Kullanımı

S.K.I.P. sisteminin biraz daha verimini arttırmak, bu sayede işletme maliyetlerini düşürmek ve sistem ömrünü yükseltmek amacıyla S.K.I.P. ve toprak kaynaklı ısı pompası cihazlarının beraber kullanımı da bir alternatif olarak A.V.M. ve yaşam merkezlerinde tercih edilmektedir. Bu sisteme karar verirken dikkat edilmesi gereken hususlar; gerekli fizibilite çalışması yapıldıktan sonra çıkan ekonomik değerlere göre yatırımcının karar vereceği yatırımın geri dönüş süresi, arazinin büyüklüğü ve jeotermal analizine göre yapılabilecek borulama uzunluğudur. Bu bilgiler ışığında toplam yükün ne kadarlık bir kısmının jeotermal kaynaklardan karşılanacağına karar verilerek sistem tasarımı ortaya çıkmaktadır. Bu sistem ana hatları ile bir önceki maddede bahsedilen sistem ile aynı şekilde tasarlanmaktadır sadece S.K.I.P. cihazlarının bir kısmının

yerine T.K.I.P. cihazları kullanılarak, bu cihazlar için gereken jeotermal borulama yapılmaktadır. Dünyadaki belirgin örneklerine ek olarak ülkemizde de inşaatı devam etmekte olan işler bulunmaktadır. Toprağa ek olarak göl, nehir veya deniz suyunun enerjisini direk olarak kondenzasyon için kullanan sistemler de tasarlamak mümkündür. Antalya' da A.V.M. olarak çalışan bir örneği olan bu sistem en verimli sistem tasarımı olarak karşımıza çıkmaktadır.

5. Sonuç

Yukarıdaki örnek sistemlerde de görüldüğü gibi farklı uygulama alanları, iklim, coğrafya ve bina tiplerine göre sistem tasarımları ve seçimleri farklılık göstermektedir. Mühendislik olarak değerlendirildiğinde önemli olan kıstas doğru sistemi, doğru yerde ve en ekonomik şekilde tasarlayarak çevremize ve dünyamıza olan duyarlılığımızı ortaya koyabilmektir.

6. Kaynaklar

- [1] FORM A.Ş. teknik eğitim yayınları.
- [2] Lennox paket klima katalogları, FLEXY_AGU-0306-E.
- [3] World Geothermal Congress 2005, <http://www.wgc2005.org>.
- [4] International Ground Source Heat pump Association, "Closed Loop Ground Source Heat Pump Systems".

Yazar;

R. Doruk Oflaz,

1976 Ankara doğumludur. İlk, orta ve lise eğitimini T.E.D. Ankara Koleji'nde tamamlamıştır. 1997 yılında O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 1999-2001 döneminde Başkent Üniversitesi'nde N.B.A. master programında yük-sek lisansını tamamlamıştır. Yaklaşık on yıldır Tesisat Mühendisi olarak HVAC konusunda özel sektörde görev yapmaktadır. Ocak 2006 tarihinden bu yana Form A.Ş. firmasında Ankara Bölge Müdürü olarak iş hayatına devam etmektedir.

Süpermarketler İçin Yeni HVAC ve Isı Geri Kazanım Sistemleri

New HVAC & Heat Recovery Systems For Supermarkets

Vasile Minea;

ÖZET

Süpermarket soğutma sistemlerinin karşı karşıya bulunduğu temel konular ozon tabakasını yıpratıcı soğutucuların kullanımından kaldırılması ve soğutmada ortaya çıkan atık ısının geri kazanılmasıdır. Bu makalede süpermarket soğutmasında Kanada'da geliştirilen ve/veya kullanılan iki teknoloji sunulacaktır. Birincisi, soğutkan-hava ısı pompasıyla mahal ısıtma ve iklimlendirme yapılmasını sağlayan multipleks soğutma sistemidir. İkinci sistem hem soğutkan hem de kondenser tarafında su-hava ısı geri kazanımlı ısı pompasındaki ikincil akışkan devrelerini içermektedir. Bu gelişkin kavramlar, soğutma sistemlerinin veriminin artırılabilceğini ve birincil soğutkan enerjisinin % 82 ye kadar azaltılabileceğini göstermiştir.

ABSTRACT

The main issues facing the supermarket refrigeration industry are the phase out of ozone depleting refrigerants and the improvement of refrigeration waste heat recovery. Two Technologies developed and/or experienced in Canada for supermarket refrigeration are presented in this paper. The first, a multiplex refrigeration system, contains refrigerant to air heat pumps for space heating and air conditioning. The second system involves secondary fluid loops on both condensing and refrigerating sides, with water to air heat recovery heat pumps. These improved concepts have demonstrated their ability to improve the energy efficiency of the respective refrigeration systems and to reduce by up to 82% the quantity of primary refrigerant required.

1. Giriş

Kanada'daki geniş süpermarketlerin önemli bir çoğunluğu bu gün multipleks doğrudan genişlemeli soğutma sistemleri ile donanmıştır. Bu sistemlerin bir bölümü kızgınlık alma yoluyla toplam atılan ısının % 20-%30 kadarını mahal ısıtma amacıyla geri kazanmaktadır. Soğuk iklimlerde bu enerji miktarı, kışın fosil yakıtların (doğal gaz, propan)

tümüyle kaldırılması için yeterli değildir. Aynı zamanda, kurulu 1 kW soğutma kapasitesi başına 4 kg olmak üzere sentetik soğutkanların kullanılması gereği de önemli boyutlardadır. Öte yandan, merkezi bir soğutma santrali ile sergileme soğutucuları arasındaki metreler uzunluğundaki borular yıllık temelde % 15~30 arasında soğutkan kaybına neden olmaktadır.

2. Kızgınlık Alma ve Isı Pompalama Yoluyla Isı Geri Kazanımı

Bir süpermarketin temel soğutma sistemlerinde kondenser basıncı dış mahal sıcaklığına göre değişir. Kışın, kompresör çıkış basıncı çok düşük olabilirken, bu basınç termostatik ekspansiyon valfin doğru bir çalışma göstermesi ve gizli ısı geri kazanım sıcaklığını artırmak için yapay yollardan yükseltilebilir bir değerde korunur. Kaskat ısı geri kazanım (kızgınlık alıcı) serpantini ile soğutkan-hava ısı pompası içeren gelişkin bir sistem Monreal yakınlarında 3016 m² satış alanına sahip bir süpermarket için geliştirilmiştir [Minea ve ark.2000]. Orta değerlerdeki sıcaklığa sahip soğutucu dizisi (-6.6°C evaporasyon sıcaklığı) 171 kW ve ikili/düşük sıcaklıklı soğutucular 190 kW kurulu soğutma kapasitesine sahiptir. Her iki soğutma hattı da S-22'yi birincil soğutkan olarak kullanmaktadır.

3. Isı Geri Kazanım Sistemi

İki adet plakalı geri-kazanım ısı eşanjörü orta sıcaklıklı soğutucuların basma hattına yerleştirilmiş (HEX A ve HEX B) (Şekil 1), diğer iki adet eşanjör ise düşük/çift sıcaklıklı diziyeye (HEX-C ve HEX-SC) konulmuştur (Şekil 2). Bu paket serpantinler soğutma sisteminde kızgınlık alıcı/kondenser biçiminde çalışarak basma hatlarından ısı geri kazanımı yapar (Şekil 3). Her bir ısı çekim (kızgınlık alımı) serpantininden çıkan soğutkan (buhar yada buhar/sıvı karışımı) orta sıcaklık ve düşük/çift sıcaklık uzak kondenselerine akar.

HEX-A, HEX-B, HEX-C ve HEX-SC serpantinleri bu ısı pompalarının evaporatörleri gibi çalıştığından geri kazanılan duyulur ve gizli ısı HP-A, HP-B, HP-C ve

HP-S ısı pompalarına transfer edilir. HP-A, HP-B ve HP-C ısı pompalarından herbiri (Şekil 4) iki kompresör (C1 ve C2 -gösterilmiyor) ve iki sıvı alıcısı (LR1 ve LR2 - gösterilmiyor), ısıtma/ nem alma için bir adet soğutkan-hava serpantini (H/R) ve hava soğutmak için bir başka serpantin (A/C) içerir. Ortak hava soğutmalı kondenser (CD), ısı geri kazanımı gerekli olmadığı zaman fazla ısıyı dış havaya atar. Eğer, örneğin HP-A pompası ısı talebi olmadığı için çalışmıyorsa, bu pompaya ait ısı eşanjörü (HEX-A) C1 ve/veya C2 kompresörlerine alçak basınçlı buhar (HCFC-22) sağlar. V1 düzenleme vanası emme basıncını, yaklaşık 10°C' lik evaporasyon sıcaklığına karşı gelen düşük bir değerde sabit tutar V2 ve V3 vanaları açıktır ve H/R ısı eşanjörü ısıtma konumunda çalışmaktadır.

Bu çalışma konumunda, CD kondenseri ve A/C iklimlendirme serpantini (V4 ve V5 vanaları kapalı) devrede değildir. İklimlendirme konumunda, V3 vanası kapalı ve V4 ile V5 vanaları açıktır. Kondenser ısı CD kondenseri yoluyla çevre havasına verilir. Eğer havadan nem çıkartma gerekli ise, CD hava soğutmalı kondenseri, hizmet dışıdır ve H/R ısıtma serpantini devrededir. Isı geri kazanım/ alt soğutma ısı pompası (HP-S) sadece bir kompresör (C), bir adet sıvı risiveri (LR), bir evaporatör (alt-soğutucu) bir hava soğutmalı kondenser (CD) içerir (Şekil 2). Kondenser, mağaza arkasını ve bina giriş kapısını ısıtan birkaç hava ısıtıcısına paralel bağlanır. Alt-soğutucu bir evaporatör gibi çalışarak orta sıcaklık soğutucularından gelen sıvı soğutkana alt soğutma verir. Isı geri kazanım konumunda, V4 ve V5 vanaları kapalı, V10 basınç düzenleme vanası ile V3 vanası açıktır. Düşük/Çift sıcaklıklı soğutucu dizisinden gelen basma gazı, duyulur ve gizli ısıyı ısı geri kazanım ısı eşanjörü HEX-SC'ye transfer eder. Geri kazanılan ısı, iç mahal havasını yerel olarak ısıtmak üzere uzak hava ısıtıcılarına gönderilir yada çevreye atılır. Sıvı alt-soğutması amacıyla V1 ve V3 kapalı, V5 vanası açıktır. Fazla ısı ya dış mahalle atılır yada V2 ve V4 vanaları kullanılarak iç mahal hava ısıtıcılarında kullanılır.



Şekil 3. Kızgınlık alıcı plaka ısı eşanjörleri bölümünün görünüşü.



Şekil 4. Isı geri kazanımlı ısı pompasının görünüşü.



Şekil 5. Orta sıcaklık sıvı pompalama istasyonunun görünüşü.

edilir. Yazın, 23.8°C'nin üzerindeki dış hava sıcaklıklarında sıvının %6-10 kadarı SLC vanaları (Şekil 1 ve 2) yardımı ile kontrol edilerek basma hatlarına basılır. Böylece kondenser verimi artarken, daha yüksek bir soğutma kapasitesi ile daha düşük basınç kaybı elde edilir. Sıvı pompalanması soğutma verimini artırır ve sıkıştırma oranını düşürürken tüm ısının geri kazanılması durumunda bazı güçlükler de ortaya koyar. Bu durumda, yoğuşturma basıncı (kondenser) aşırı biçimde artırılması gerektiğinden sıvı pompalama ile sağlanan yararlar azaltılır. Bu sorun, sıvı

dağıtımında kaskat türden bir kızgınlık alıcı/ısı pompalama teknolojisi kullanılarak yapılan ısı geri kazanımı ile önenebilir.

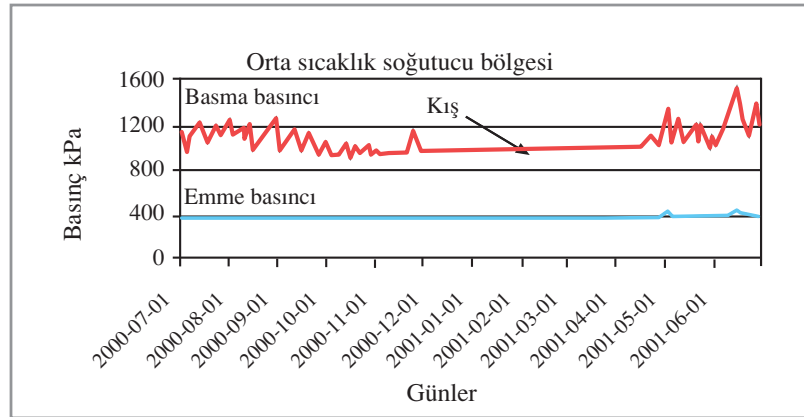
5. Çalışma Parametreleri

Geliştirilmiş ısı geri kazanım yöntemi, sistemin yazın oynak bir kondenser basıncıyla kışın ise düşük basma basınçlarıyla çalışmasına olanak sağlamıştır (Şekil 6). Orta sıcaklık soğutucu dizisi, kışın yaklaşık olarak 965 kPa basma basıncında etkin biçimde çalışmış, bu basınç toplam ısı geri kazanımı ile çalışan sistemlere göre % 36 daha düşüktür. Sonuç olarak, ısı geri kazanım sıcaklık düzeylerini ve mahal ısıtmada kullanılan besleme havası sıcaklıklarını etkilemeksizin yoğuşturma sıcaklıkları 22°C civarına düşmüştür (Şekil 7).

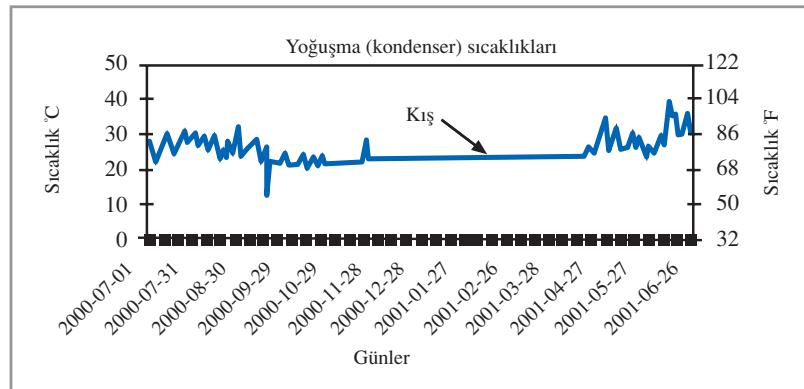
Sıvı pompalarındaki ortalama basınç farkı 180 kPa civarında dolaştığından, sıvı pompalama düşük basma basıncında kısmen dengelenebilir. Isıtma konumunda, ısı geri kazanım pompası buharlaşma sıcaklığı 10°C (50°F) civarında tutulmuş, ve hava markete yaklaşık 30°C civarında gönderilmiştir. Böylece, ısı pompasının performans katsayısı (COP) 3 ile 4 arasında değişmiştir. Sonuç olarak, ortalama hava sıcaklığının -15°C civarında olduğu yılın soğuk dönemlerinde (Aralık-Şubat), doğal gaz tüketimi tamamen ortadan kalkmakta ve mahal ısıtma sadece ısı pompası tarafından karşılanmaktadır. Düşük kondenser sıcaklıklarındaki ısı geri kazanımı da gerçekleştirilmiş ve her bir 0.5 °C'lik sıcaklık düşümüne karşı geleneksel sistemlere göre kompresör elektriksel gücünde % 1.5'lük bir azalma sağlanmıştır.

6. Enerji Tüketimi

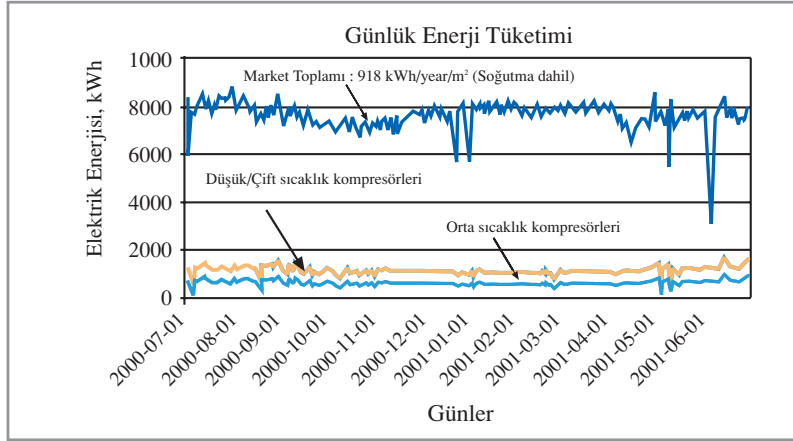
Marketin, düşük/çift sıcaklık ve orta sıcaklık soğutucularının enerji tüketim profili nispeten eş-biçimli (uniform) olmuştur (Şekil 8). Soğutma kompresörleri ile ısı geri kazanımlı ısı pompalarının enerji tüketimi de dahil olmak üzere marketin toplam spesifik enerji tüketimi 918 kWh/m²/yıl olarak gerçekleşmiştir. Bu, referans olarak seçilen 2 717 m²'lik geleneksel



Şekil 6. Günlük ortalama basınç profilleri - orta sıcaklık soğutucuları.



Şekil 7. Günlük ortalama kondenser sıcaklıkları - orta sıcaklık soğutucuları.



Şekil 8. Marketin ve Soğutma kompresörlerinin günlük elektriksel enerji tüketimleri.

Sistem	Satış Alanı m ²	Eleman	Spesifik Enerji Tüketimi kWh/yıl/m ²	Toplam Kompresör ve Isı Pompalarına Karşı %	Toplam Markete Karşı %
Gelişkin Sistem	3016	Kompresörler - L/D Dizisi	141.6	-	-
		Kompresörler - MT Dizisi	68.4	-	-
		TOPLAM - Kompresörler	210	66.8	22.9
		TOPLAM - Isı Pompaları	104	33.2	11.3
		TOPLAM - Kompr. ve Isı Pompaları	314	100	34.2
CONV	2717	TOPLAM Market	918	-	100
		TOPLAM Market (Doğalgaz yedek)	1083 (%2 Doğalgaz)	-	-

Not. CONV - Geleneksel süpermarket.

Tablo 1. Yıllık spesifik enerji tüketimi.

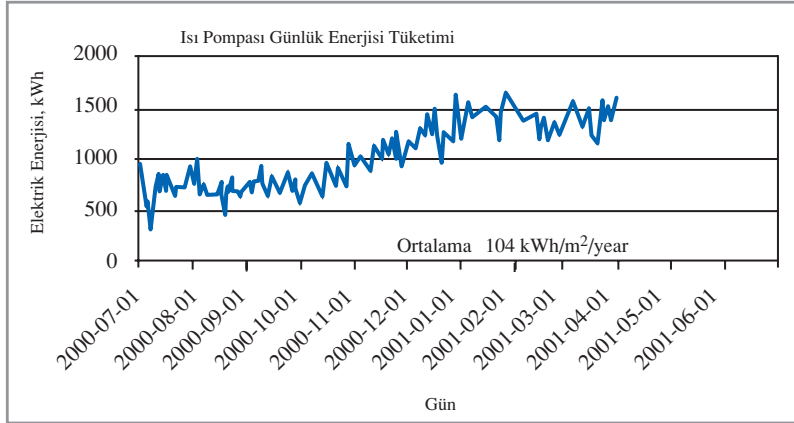
marketin (CONV) enerji tüketimine göre % 15.2'lik bir enerji tasarrufunu ifade eder (Tablo 1). Sadece soğutma kompresörlerinin ve ısı pompalarının (kompresör ve fanlar) spesifik elektrik enerjisi tüketimi, yaklaşık olarak 314 kWh/yıl m², yada diğer bir ifade ile marketin toplam spesifik enerji tüketiminin % 34.2'si olmuştur.

Diğer taraftan, ısı pompalarının günlük enerji tüketimleri kışın 1,600 kWh/gün değerine artarken ısı geri kazanımlı ısı pompaları tarafından tüketilen elektrik enerjisi (104 kWh/m²/yıl) market toplam enerjisinin % 11.3'ünü oluşturmaktadır (Şekil 9). Kızgınlık alma/yoğuşurma serpantinlerine sahip kaskat türü ısı pompaları kullanılmaksızın bu ek enerji tüketimi, yüksek kondenser basınçlı uygulamalara göre iki yada üç kat daha fazla olabilirdi.

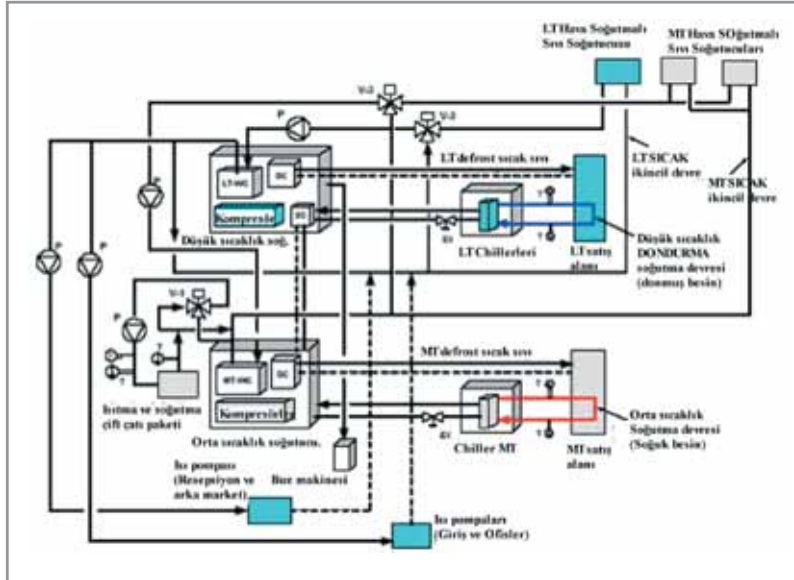
7. İkincil Devreli Sistemler

Soğutkan kaçaklarının küresel ısınma ve ozon yıpratma üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, daha düşük soğutkan miktarları gerektiren yeni süpermarket soğutma sistemleri geliştirilmiştir. (IEA Annex 26, 2003). Bu sistemler arasında, ikincil akışkan devresi kavramı, gerekli boru tesisatını ve soğutkan dolgu miktarı ile kaçakları önemli ölçüde azaltabilir. Örneğin merkezi olmayan sistemlerde, kompresörler soğutma dolapları/odalarına çok yakın bir uzaklıkta yerleştirilirler, doğrudan genişleme (DX) kullanırlar ve ısı atılması ikincil devrede ortaya çıkar.

Birden çok kompresör dizileri market içerisinde dağıtılmış birkaç bağımsız kabin içerisine konulur ve bütün kondenserler, normalde çatıya yerleştirilmiş bir hava soğutmalı yada evaporatif akışkan soğutucu ile antifriz içeren ortak bir ısı atma kapalı devresine bağlanırlar. Bu uyarlama, soğutkan dolgu miktarını % 30-35 oranında azaltabilir ve ısı atma devresinde kompresör basma basıncını artırmaksızın ısı çekimi yapabilen su kaynaklı bir ısı pompası içerebilir. 15 yıllık bir çalışma ömrü için, bu sistemlerin CO₂ yayınımlarında sağladığı azaltımın % 43.4 düzeylerine ulaşabildiği gösterilmiştir (Baxter 2000). Daha ileri bir çözüm



Şekil 9. Isı pompasının günlük elektrik enerjisi tüketimi.



Şekil 10. Merkezi tümüyle ikincil devre uyarlaması.

olarak, merkezi olmayan tamamen ikincil bir devre sistemi içerisinde mahal ısıtma ve su-ısıtma amacıyla su kaynaklı ısı pompalarını içerebilen yoğunlaşım atma tarafında olduğu kadar, soğutma tarafında ikincil akışkanları kullanabilir. Bu uyarlanmanın temel yararı, soğutkan dolgu miktarlarında % 75~80'e varan azaltım ve boru uzunluğunda % 75'e varan kısaltımdır. (Lundqvist 2000).

8. Tümüyle Merkezi İkincil Devre Sistemleri

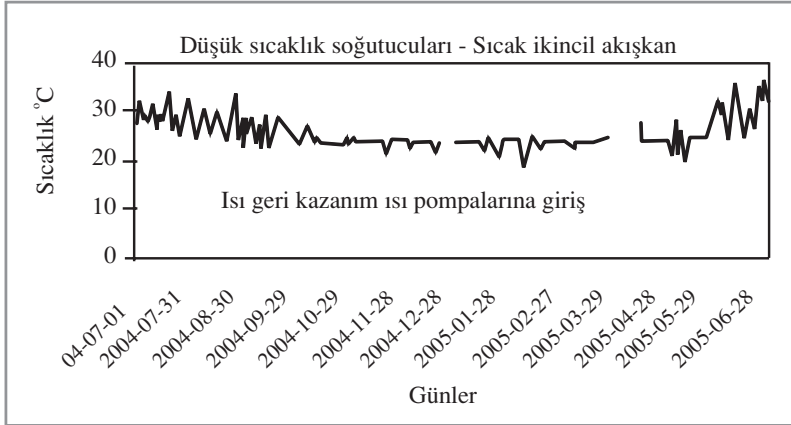
Kanada yönetimi ve sponsor bazı özel ve kamu kurumları (üretici, bayi, mühendislik firmaları, enerji firmaları ve bir geniş süpermarket zinciri) tarafından Monreal'in doğu yakasında, tümüyle ikincil devre olan bir gösterim projesi başlatılmıştır. (Giguère, Minea 2005). 10,923-m²'lik kurulum ve 6953 m²'lik satış alanına sahip, 2,265 kişilik insan kapasitesinde (bunun 1879'u müşteridir) tasarlanan yeni bir süpermarket, artık bütün market içerisinde soğutkan sirkülasyonu yapmamaktadır. Birincil soğutkan (R-507) ile azeotrop ve yanıcı olmayan, ozon yıpratma potansiyeli sıfır olan bir ikincil akışkan 131 m²'lik merkezi mekanik odada bulunmaktadır.

9. Soğutma Sistemi

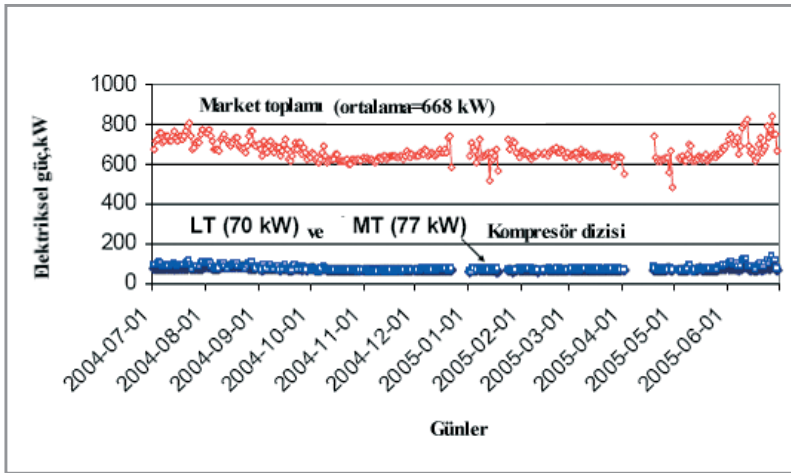
Sistem, -29.8°C (-20°F) gibi düşük sıcaklıklı bir birincil devre ile tasarım sıcaklıkları -6.7°C olan orta sıcaklıklı bir birincil devreden oluşur (Şekil 10). Kompresörün adsal güçleri 196 kW (düşük sıcaklık) ve 404 kW (orta sıcaklık) olup, kurulu soğutma kapasiteleri de

sırasıyla 2412 kW ve 585 kW'dır. Düşük ve orta sıcaklık dizileri sırasıyla sekiz ve yedi adet yüksek verimli yarı-hermetik kompresör ile kompresörlere doğrudan bağlı kompakt su-soğutmalı kondensörler ve akışkan soğutucuları (evaporatörler) içermektedir. Kızgınlık alma serpantinleri, birbirine paralel bağlı ve basma hatları, kullanım sıcak suyu üretmek ve sergileme soğutucularını sıcak soğutkanla defrost etmek üzere uyarlanmıştır. Geri kazanılan ısıyı orta sıcaklık soğutucu dizisine transfer etmek üzere, 55-kW'lık bir sıvı soğutkan alt-soğutucusu düşük sıcaklık soğutucu dizisine yerleştirilmiştir. Bu kompakt kurulum, sıkıştırma tüketilen toplam enerjii azaltırken, basınç düşümünü ve emme hattı kızgınlık derecesini (superheat) en aza indirmeye de olanak vermektedir.

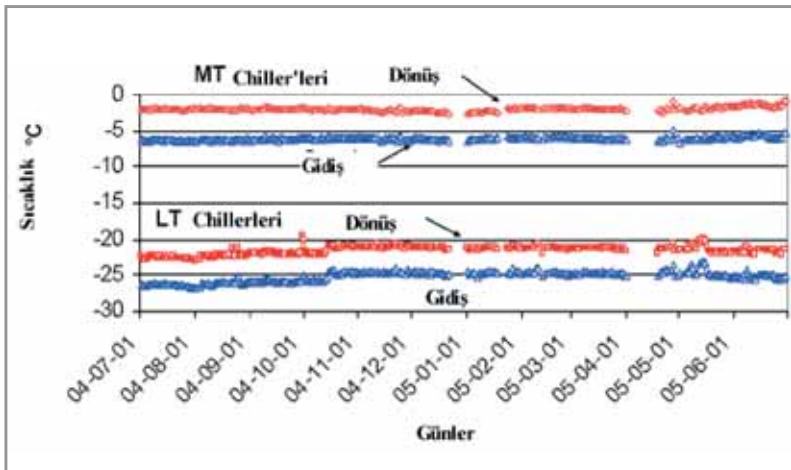
Birincil soğutkan dolgu miktarı toplam 454 kg yada kW kompresör gücü başına 0.75 kg'dır. Hava soğutmalı kondensere sahip multipleks ana soğutma sisteminin 4.15 kg/kW (Baxter, Walker 2000) değerine göre, bu sistem % 82'lik bir azaltım ortaya koymaktadır. Bu performansa karşılık, çok kararlı ve eş-biçimli sistem çalışması nedeniyle, tasarımcılar soğutkan miktarının daha da düşürülebileceğini düşünmüşlerdir. Düşük sıcaklıklı dondurma (donmuş besin için) ve orta sıcaklıktaki soğuk (soğuk saklanan besinler için) ikincil devreler teorik olarak korozyon yapmayan ve zehirli olmayan, düşük sıcaklıklarda yüksek ısı kapasitesi ve düşük viskozitelerdeki salamuraları kullanmaktadır. Bunlar, sistemin hem soğuk hem de dondurucu tarafında soğutkanın kullanılma gereğini ortadan kaldırmakta, ve sergileme soğutucuları ile soğuk saklama depolarına ayrı ayrı pompalanmaktadır. Sergileme soğutucularının ısı eşanjörleri ikincil akışkanı kullanmak ve böylece salamuralarla hava arasındaki sıcaklık farkını en aza indirmek üzere tasarlanmıştır. Düşük sıcaklıklı dondurma devresinde, % 100 potasyum format derişimine sahip, zehirli olmayan, metal ve alaşımlarla önemli ölçüde uyuşan bir akışkan seçilmiştir. Buna karşılık, potasyum tuzları durumunda, özellikle sergileme soğutucularında galvanizli metaller kullanıldığında korozyonun bir sorun olduğu gösterilmiştir. Düşük sıcaklık ikincil akışkan iki adet 37.5-hp paralel bağlı pompa ile dolandırılmaktadır. Propilen glükolün (%35) düşük sıcaklıklarda nispeten yüksek bir viskozite göstermesine rağmen, orta sıcaklık devresinde bu salamura seçilmiştir. Bu da, çatıda kurulumlu hava soğutmalı sıvı



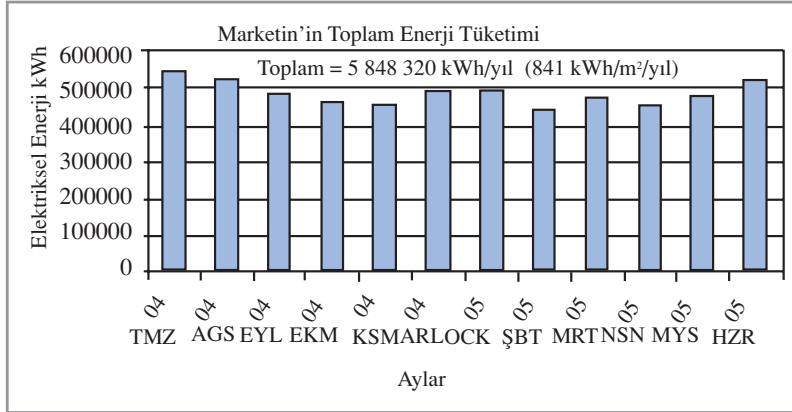
Şekil 11. Isı geri kazanım pompalarından çıkan sıcak ikincil akışkan sıcaklığı.



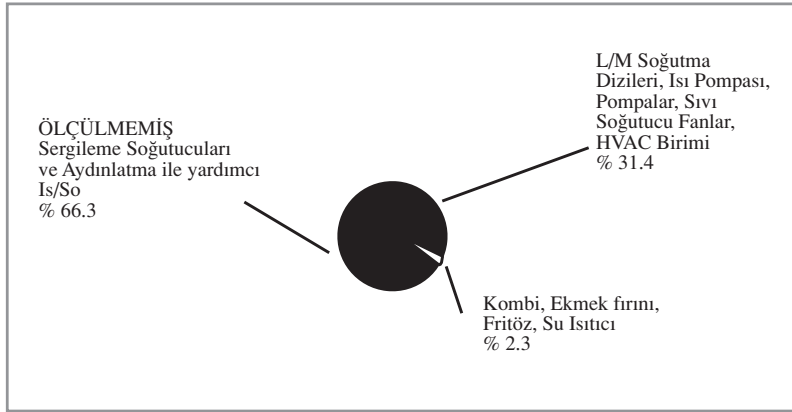
Şekil 12. Marketin ortalama güç talebi ile düşük (LT) ve orta sıcaklık (MT) kompresör dizilerinin günlük ortalama güç talepleri.



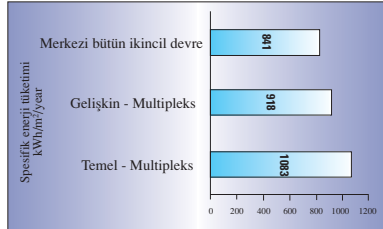
Şekil 13. Düşük ve orta sıcaklık Chiller'lerine giriş ve çıkışta ikincil akışkan sıcaklıkları.



Şekil 14. Marketin aylık elektriksel enerji tüketimi.



Şekil 15. Marketin yıllık elektriksel enerji tüketiminin dağılımı (Temmuz 2004 - Haziran 2005).



Şekil 16. Yıllık spesifik enerji tüketiminin karşılaştırılması.

soğutucularında bulunan iki adet It 37.5-hp pompa ile devrede dolaştırılmaktadır. Her ikisi de, sıcak ikincil akışkan olarak etilen glykolü (%50) kullanılmaktadır. Bu akışkan bazı çevresel riskler ortaya koymakta ise de bu riskler geleneksel soğutkanların getirdiği risklere göre minimal düzeydedir.

10. Isı Geri-Kazanımı ve Merkezi HVAC Birimi

Sıcak ikincil akışkan (% 50 etilen glycol/su) iki adet 11.2 kW pompa ile çatıdaki düşük sıcaklıklı sıvı soğutucusundan geçirilmektedir. Aynı sıcak ikincil akışkan, 4.8 kW'lık ayrı iki pompa yardımıyla, yedi adet ısı geri kazanımlı ısı pompasından dolaşmaktadır. Bu ısı pompalarının toplam ısı kapasitesi 110 kW olan ve 80 kW'lık yedek elektrikli hava ısıtıcıları içeren beş adedi,

ürün alma ve depolama alanlarında kullanılmaktadır. 80 kW ısıtma kapasitesinde olan ve 18 kW'lık elektrikli ısıtıcı içeren bir ısı pompası marketin giriş bölümünü ısıtmaktadır. Ve son olarak, 9.3 Ton'luk ısı pompası insanların toplu halde bulunduğu odayı ısıtmaktadır. Su kaynaklı ısı pompası, bazı geleneksel ısı pompası sistemlerinde olduğu gibi kondenser basıncının ve sıcaklığının artırılmasına gerek olmaksızın, düşük sıcaklık soğutucuları dizisinden atılan ısıyı kullanarak mahal ısıtması yapmaktadır. Buna göre, ısı pompasının yüksek performans katsayısı nedeniyle kayda değer bir enerji tasarrufu söz konusudur. Isı pompasına giren sıcak akışkanın sıcaklığı kış aylarında hiçbir zaman 25°C'nin altına düşmez (Şekil 11).

Orta sıcaklıklı sıcak ikincil devre iki adet 14.9 kW pompa kullanılmaktadır. 17,000 L/s 'lik merkezi HVAC birimi, iki adet 50 Ton-s'lık S-22 ile çalışan yoğuşurma birimi (soğutma birimi), ikincil devre sıcak akışkanına bağlı 256 kW kapasiteli bir ön ısıtma ısı eşanjörü, ve 40 kW kapasiteli yedek hava ısıtma serpantini içermektedir. 2.2-kW'lık bir pompa sıcak ikincil akışkanı (% 50 etilen glycol/ su) ısı çekme serpantini arasından dolaştırmaktadır.

11. İlk Sonuçlar

Sistem kalibre edilip, dengelendikten ve ayarlandıktan sonra, yıllık enerji tüketim performansını değerlendirmek üzere 12 aylık bir dönem seçilmiştir. Bu dönem içerisinde, marketin günlük ortalama güç talebi, maksimum 800 kW (Temmuz 2004) ile 600 kW arasında değişmektedir. Orta ve düşük sıcaklık soğutucu dizilerinin günlük ortalama güç talepleri (marketin günlük ortalama güç talebinin yaklaşık % 10.5 kadarı) sırasıyla 70 ve 77 kW olarak çok kararlı ve sabittir. (Şekil 12).

Düşük ve orta sıcaklıklı akışkan soğutucuların gerçek evaporatör ve kondenser sıcaklıkları -33°C/30.3°C ve -10°C/31°C arasında değişmektedir. Düşük sıcaklıklı akışkan soğutucunun çıkışında potasyum format'ın ortalama sıcaklığı, çok kararlı ve -25°C civarında gerçekleşirken (Şekil 13), dönüş sıcaklığı girişte 21.6°C'dir. Aynı zamanda propilen glykolün orta sıcaklıklı akışkan soğutucuların çıkışındaki besleme sıcaklığı da oldukça kararlı ve -6.1°C civarındadır. Bunun ortalama dönüş sıcaklığı -2°C civarında değişmektedir. Düşük ve orta sıcaklıklı kompresörlerin ve bunlara ait ikincil akışkan pompalarının ürettiği toplam ısının % 15 kadarının sergileme dolaplarında defrost ısıtı olarak, diğer bir % 10-15'lik miktarın orta ve düşük soğutuculardaki sıvı alt-soğutmasında kullanıldığı ve ısı kayıpları ile enerji dengeleme hatalarının % 5 civarında bulunduğu varsayılırsa, düşük ve orta sıcaklık soğutucularının kondenserlerinde hesaplanan ortalama ısıtma verimlerinin % 93.9'a ve % 94 olduğu ortaya çıkmaktadır. Aralık ve Ocak aylarında, süpermarketin enerji tüketimi ortalama olarak 500,000 kWh/ay 'dır. Soğutma ve iklimlendirme talebindeki artış nedeniyle marketin en yüksek aylık enerji tüketimi Temmuz-2004'de pik olmak üzere yaz aylarında ortaya çıkmaktadır (Şekil 14). Marketin spesifik enerji tüketimini hesaplamak için burada, toplam satış alanları kullanılmıştır. Marketin et/deniz ürünleri, ve sebze/meyve gibi alanlarıyla klinik, fotoğraf laboratuvarı, kafeterya, sigara içme odası, ve yönetim odaları gibi bölümleri ayrı çatı-üstü birimlerine sahip olduğundan, böyle bir yaklaşım uygun görünmektedir. Marketin toplam yıllık enerji tüketimi (mağazanın toplam satış alanlarına dayanan 841 kWh/m²/yaar) düşük sıcaklık zonu için % 11.6 ve orta sıcaklık zonu için % 19.8 olarak varsayılmıştır. Bu oranlar, tüm soğutma kompresörlerini, ikincil akışkan pompalarını, yedek elektrikli ısıtıcıya sahip ısı geri kazanım ısı pompalarını, 29.8-kW fanları ve 40-kW yardımcı elektrikli ısıtıcılarıyla birlikte merkezi HVAC sistemini içermektedir. Hem düşük hem de orta sıcaklıklı soğutma zonları marketin toplam yıllık enerji tüketimi içerisinde 31.4%'lük bir payı yada 1 835 234 kWh/yaar ifade etmektedir (Şekil 15). Bütün sergileme soğutucularını, buz makinelerini, aydınlatmayı, yardımcı ısıtma ve soğutmayı ve soğutma cihazlarını hariç

tutan bu enerji miktarından düşük ve orta sıcaklık kompresörlerinin sadece % 57.7 olduğu çıkartılabilir. Hem ısıtma hem de soğutma konumunda çalışan ısı pompaları, bunlara ait fanlar ve yardımcı ısıtıcılar toplam enerji tüketiminin % 1.6'sına sahiptir. Bütün ikincil devre pompaları enerjinin % 4.9'unu ve merkezi HVAC birimi % 6.4'ünü tüketmektedir.

Nihayet, elektrikli fırınlar (ekmek, vb. için) fritözler ve iki su ısıtıcısı, hepsi birlikte toplam enerji tüketiminde % 2.3'lük bir paya sahiptir. Şekil 15'in gösterdiği gibi, marketin toplam yıllık ortalama enerji tüketiminin % 66.3'ü (sergileme dolapları ve dondurma odaları, aydınlatma, yardımcı ısıtma ve soğutma, buz makineler vb dahil) ölçülmemiştir. Geleneksel kızgınlık alımıyla ısı geri kazanımı yapan ana multipleks sistemine göre (Minea 2003) (Tablo 1), tamamen ikincil devreden oluşan sistemin enerji tüketimi (841 kWh/m²/year) %22.3 daha düşük olmuştur. Buna karşılık, makalede açıklanan kızgınlık alma ve ısı pompalarıyla ısı geri kazanımı yapan gelişkin multipleks sisteme göre, toplam enerji tüketimi, sadece % 8 azaltılmıştır (Şekil 16). Bu enerji tasarrufu, kompresör dizilerinin kondensere ve akışkan soğutucularına doğrudan bağlanması sonucunda sıkıştırma çevriminin termodinamik veriminin iyileşmesine atfedilebilir. Daha etkili ve kısa defrost çevrimleri, yüksek ortalama evaporatör sıcaklıkları, ikincil devre boru tesisatının doğru yerleştirilmesi de yıllık spesifik performansın iyileşmesine katkı sağlayan hususlardır. Buna karşılık ısı atımında evaporatif kondenselerler yada su kuleleri kullanarak, (Baxter, Walker 2000) enerji tasarrufları daha da artırılacaktır. Toplam Eşdeğer Isıtma Etkisi (TEWI) kavramı, doğrudan CO₂ yayınımları ile enerji üretiminden kaynaklanan yayınımları birleştirir. Merkezi ve tümüyle ikincil devreden % 10 (yıllık) kaçak olduğu ve 0.00122 kg/kWh lik bir dönüşüm faktörü (Quebec için) varsayılırsa, 20 yıllık bir yaşam diliminde basit bir TEWI analizi, % 20 yıllık kaçak miktarı ve aynı enerji üretim miktarında eşdeğerdeki bir ana multipleks sistemine göre CO₂ yayınımlarında %79.6'lık bir azaltım sağlandığını göstermektedir. Quebec'de dönüşüm faktörünün küçüklüğü, bölgede enerjinin % 99 oranında hidroelektrik santrallerden sağlanmasına bağlanabilir.

12. Sonuçlar

Bu makalede sunulan birinci gelişkin sistem kompresör basma basıncını aşırı yükseltmeksizin, soğuk iklimlerde süpermarkette mahal ısıtma ve sıcak kullanım suyu üretimi için yakılan fosil yakıtların tamamen ortadan kaldırılabileceğini göstermektedir. Isı pompaları ve sıvı pompalama teknolojisi ile birlikte kızgınlık alıcı/yoğuşum ısı geri kazanım serpantinleri kullanan gelişkin sistem temel multipleks sistemine göre kompresör

basma basınçlarını % 40 daha düşük koruma yeteneği göstermiştir. Soğutma kompresörlerinin ve ısı pompalarının yıllık spesifik enerji tüketimleri marketi elektrik enerjisi kullanımının % 34'ü düzeyinde olmaktadır. performans katsayıları nispeten yüksek olan soğutkan-hava ısı pompalarının kullanılması nedeniyle, kullanılan elektrik enerjisi, geleneksel kompresör basma basıncını yapıp olarak artıran sistemlerden üç kat daha düşüktür. İkinci sistem merkezi olarak tümüyle ikincil devreden oluşan ve hava soğutmalı akışkan soğutucuları içeren sistem, temel multipleks sistemlere göre soğutkan miktarını % 82 oranında azaltmaktadır. Merkezi HVAC birimi, taze hava ön ısıtması için pratik olarak herhangi bir yardımcı elektrikli ısıtıcı olmaksızın çalışmaktadır. Soğutma için ara akışkan chiller'leri ve ısı pompası ve birkaç dolanım pompası ile donanmış olan bu sistem bir ek ısının tersinmezliğine maruz kalsa bile, süpermarketin spesifik ortalama yıllık enerji tüketimi (841 kWh/m²/year) kızgınlık alıcı ve fosil yakıtlı ek ısıtıcı içeren geleneksel multipleks sisteminden % 22.3 daha düşüktür. Kaskat tür kızgınlık alıcı ve ısı pompalı ısı geri kazanımı kullanan gelişkin multipleks sisteme göre, tümüyle ikincil devreli merkezi sistemde % 8.4 daha düşüktür.

13. Kaynaklar

- [1] Annex 26, 2003, Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery Systems, Vol. 1 - Executive Summary, Final report from Annex 26 of the IEA Heat Pump Programme.
- [2] DTE Energy Technology, 2000, Liquid Pumping, British Columbia, Canada
- [3] Minea, V. et al, 2000, New Heat Recovery and Defrost Methods for Supermarket Multiplex.
- [4] Refrigeration Systems", Workshop Annex 26. Stockholm, October 2-4, Sweden.
- [5] Baxter, V; Walker, D., 2000, Low-charge Refrigeration Systems for Supermarkets, Workshop Annex 26, Stockholm, October 2-4, Sweden.
- [6] Lundqvist P., 2000, Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery Systems, Proceedings of the IEA Workshop Annex 26, SITTARD, Netherlands.
- [7] Pajani, G. ; Giguère, D., 2004, Projet pilote d'un système de réfrigération à boucles secondaires au LOBLAWS de Repentigny, La maîtrise de l'énergie.
- [8] Giguère, D.; Pajani, G. ; Hosatte, S., 2005, Demonstration of Advanced HVAC&R Systems in a LOBLAW Supermarket in Canada, 8th International Energy Agency HEAT PUMP CONFERENCE 2005, Las Vegas, Nevada, USA, May 30 - June 2.
- [9] Minea, V., 2005, Advanced Supermarket Refrigeration System, Hydro-Québec Report, December.