

Yüksek Bloklarda Tesisat(*)

Rüknettin KÜÇÜKÇALI*

Özet

Yüksek bloklarda ısıtma, klima, havalandırma sistemleri ve sıhhi tesisatın kendine özgü farklılıkları vardır. Bu tip uygulamalardaki en önemli özelliklerden biri sistemin büyüklüğü ve mesafelerdir. Bu nedenle sistem seçimi ve tasarımı gerek işletme maliyetleri ve gerekse yatırım maliyetleri açısından ciddi boyutlarda farklar yaratmaktadır. Sistemi ve elemanlarını tasarlarken, kurarken ve işletirken mühendisliğin bütün birikimini kullanmak gerekir. İkinci önemli özellik yüksek statik basınçtır. Bu nedenle sistem düşey zonlara ayrılmak zorundadır. Üçüncü önemli özellik ise yerlerin kıymetli olmasıdır. Bu nedenle tesisatın minimum yer kaplaması istenir. Bildiride bu konulara yer verilerek, yüksek bloklarda kullanılan HVAC sistemlerinde enerji tasarrufu ve verimliliği sağlayan ekipmanlar üzerinde durulmuştur. Soğutma grupları, su soğutma kuleleri, su sirkülasyon hatları, hidroforlar, hava kanalları ve fanlar ele alınarak buradaki ekonomi incelenmiştir. Yüksek bloklarda sistemlerin işletmesi de yukarıda anlatılan bakış açısıyla büyük önem taşımaktadır. Sistemin işletmesinde ve bakımında alınabilecek önlemlerle ciddi enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir ve sistem ömrü artırılabilir. Gerek sistem seçiminde ve tasarımında, gerekse sistemin yapımında ve işletmesinde dikkat edilmesi gereken pratik notlar verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tesisat, yüksek blok, yüksek yapı, ısıtma, klima, havalandırma.

1. GİRİŞ

Amerikan literatürüne göre, 75 feet (25 m) ve üzerindeki yapılar yüksek bina statüsüne girmektedir. 50 metre yüksekliğin, yani 15 katın üzerine çıkıldığında, mekanik tesisatta ciddi sorunların oluşmaması için tesisat mühendisinin yüksek yapı koşullarını iyi etüd etmesi gerekir. Yüksek yapı ısıtma, havalandırma, klima tesisatı tasarımı, rüzgar etkisi, baca etkisi, iç hava kalitesi, hava taşınması, yangın güvenliği, acil durum prosedürleri, deprem önlemleri, bina yönetim sistemi ve zonlama gereksinimlerini dikkate almak zorundadır. Yapının mimari tasarımında tesisatla ilgili rezervasyon üzerinde önemle durulmalıdır. Burada yerler çok kıymetli olduğundan şaftların, kanalların, borula-

rın, ekipmanların ve kazan dairelerinin kapladığı yerler minimumda tutulmaya çalışılmalıdır. Yüksek yapılarda sistem seçiminde ekonomik kriterler ön plandadır. Yatırım ve işletme maliyetlerini optimize eden çözümler araştırılmalıdır. Bu tip uygulamalarda yapılacak yanlışlıklar büyük boyutlarda kaynak israfına neden olur. Yüksek yapıların özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Yüksek yapılarda gerek yangın gerekse infiltasyon kayıpları nedeniyle pencerelerin açılması arzu edilmez.
2. Bina yalıtımında hem ısı ekonomisi hem de kondensasyon nedeniyle çok iyi önlemler alınır.
3. Genelde ofis binası olarak kullanılan yapılarda 6 m² de bir kişi olduğu kabul edildiğinden kat-

* ruknettin@isisan.net

- larda çok sayıda insan bulunmaktadır. Dolayısıyla insan, aydınlatma ve büro makinelerinden oluşan iç yükler önemli boyutlara ulaşmaktadır.
4. Yüksek bloklar genellikle çevrelerindeki yapıların arasından tek başlarına yükselirler ve korunmasızdırlar. Yüksek bloklarda gölgeleme etkisi olmadığından güneşten olan ısı kazancı önemli mertebelere sahiptir.
 5. Gün boyunca bu ısı kazancı değeri güneşin konumuna göre değişir.
 6. Yüksek bloklarda rüzgar etkisi ise çok önemli bir faktördür. Rüzgar hızı yerden olan yüksekliklerle artar. Bu yüksek rüzgar hızına bağlı olarak binanın rüzgar yönündeki cephesinde önemli bir pozitif basınç ve aksi yönde önemli bir negatif basınç oluşur. Bina cephesi açıklıklarından sızan hava çok fazladır.
 7. Baca etkisi ise yüksek blokların bir başka önemli özelliğidir. Soğuk dış hava ve sıcak iç hava; yüksek blok merdiven kovanında ve diğer dikey şaftlarda yukarı doğru bir hava hareketi oluşturur. Aynen bacalarda olduğu gibi alt katlardan ve ana girişten giren hava düşey şaftlarda yukarı yükselir. Bu olay özellikle alt katları ve ana girişleri etkiler. Bu nedenle ana girişlere döner kapı yapılması, sıcak hava perdeleri uygulanması veya ekstra döşemeden ısıtma veya sıcak hava apareyleri kullanılması önerilen önlemler arasındadır.
 8. Yüksek bloklar genellikle derinlemesine planlanır. Buna göre iklimlendirme açısından birbirinden farklı özellikler gösteren çevre zonu ve iç zon olmak üzere iki bölge ortaya çıkar. Çevre zonu genel olarak bina dış cephesinden itibaren 4-5 m kabul edilebilir. Bu mesafe bazı hallerde 7-8 m değerine kadar kabul edilebilmektedir. Yüksek blokların en önemli özelliklerinden biri budur.
 9. Çevre zonunda güneşin, dış hava sıcaklığının ve rüzgarın etkilerine bağlı olarak sürekli değişen bir ısı yük geçerlidir. Çevre zonda dış ortamla olan ilişkiye bağlı olarak hem soğutma, hem de ısıtma gerekmektedir. Kışın ve ara mevsimlerde, çevre zonunun yönüne ve günün saatine göre, güneşin gelmesine bağlı olarak, bazı çevre zonlarını ısıtırken, bazılarını ise aynı anda soğutmak gerekebilir. Çekirdek zonda ise yükler zamana bağlı olarak büyük farklılık göstermez ve sabittir. Bu sabit yük genellikle yapay aydınlatmaya vs. bağlı olan yüksek iç kazançlar nedeniyle yaz-kış soğutma yönündedir.
 10. Yüksek blok ısıtma ve soğutma sistemleri ısı geri kazanma uygulamaları açısından geniş imkanlar yaratır. Bazı zonların ısıtılırken, bazılarının soğutulması bu imkanı yaratan ana etkidir.
 11. Yüksek bloklar genellikle ticari binalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Gerek dekorasyon, gerekse diğer sistemler için önemli bedeller ödeyen firmalar doğal olarak hacimlerde konforun en üst düzeyde olmasını talep etmektedir. Firmaların genelde çok dinamik bir yapıya sahip olması, organizasyon şemalarının ve yerleşimlerin değişmesine neden olmaktadır. Çalışanların sayısı ve buna paralel olarak aydınlatma ve makina gücü artmaktadır. Bütün bu nedenlerden dolayı, yüksek yapılarda kullanılacak sistemler çok esnek olmalıdır.
 12. Statik Basınç. Yüksek bloklarda sıcak/soğuk su ile ısıtma/soğutma yapıldığında büyük bir statik basınç ortaya çıkacaktır. Klima sistemi içinde basınca en duyarlı elemanlar kazanlar ve radyatörlerdir. Normal radyatör ve kazanlar 4 bar, özel sipariş edildiğinde ise 6 bar basınca dayanıklı olarak üretilirler. Bina yüksekliği 60 m'yi, başka bazı faktörleri ve emniyet payı dikkate alındığında yaklaşık 50 metreyi geçmemelidir.
 13. Yüksekliği 50 m'yi aşan bloklarda ise sistemin düşey doğrultuda iki veya gerekirse daha fazla sayıda düşey bölüme (zona) ayrılması gerekir. Sistemin ikiye bölünmesinde genellikle ara tesisat katı kullanılır. Pratik olarak yüksek bloklarda her 20 katta bir galeri kat yapılır. Sulu

klima tesisatında 20 kat yukarıya doğru dağıtım yapılır. Sıhhi tesisatta ise galeri kattaki 1. hidrofor sistemi 10 kat aşağıya, 2. hidrofor sistemi ise 10 kat yukarıya su basar. Kazan ve soğutma grubu gibi primer cihazlar bodrumda yerleştirilir. Çatıda hava soğutmalı gruplar veya soğutma kuleleri yer alır. Ara tesisat katında bir ısı değiştirici kullanılır. Kazanda/soğutma grubunda üretilen sıcak su/ soğuk su ile bu ısı değiştirgecinde, yaklaşık 5°C sıcaklık farkıyla yine sıcak veya soğuk su elde edilir. Yüksek bloktaki kazan veya chiller ile ara tesisat katı arasındaki katlar kazan veya chillerden, ara bloktan sonraki katlar ise ısı değiştirgecinden beslenir.

- 14. Basınç zonlamasının amaçları:**
- Sistemin statik basıncını azaltmak,
 - Alt/üst basınç farkını azaltmak,
 - Akışkan debisini kontrol edebilmektir.

Her basınç zonu eşanjörü, hidroforu, pompası vs. gibi bağımsız işletme ve kumanda elemanlarına sahip olmalıdır.

2. YÜKSEK BLOKLARDA KLİMA TESİSATININ MİMARİ YERLEŞİM ÖZELLİKLERİ

Teknik hacimlerin yerlerinin belirlenmesinde basınç zonlaması, boru ve kanal büyüklüklerinin minimize edilmesi, sistem dirençlerinin minimize edilmesi gibi konular gözönünde tutulmalıdır. Ayrıca bu yerler yüksek bloklarda çok kıymetlidir. Yüksek bloklar arsa maliyetlerinin çok yüksek olduğu yerlerde yapılır. Bu nedenle tesisat maliyeti hesaplanırken ve maliyet optimizasyonu yapılırken bina maliyetlerini de dikkate almak gerekir. Bir katta 1 m² yer kaplayan bir düşey shaft düşünülürse 50 katlı bir binada bu toplam 50 m² yer anlamına gelir.

Farklı klima sistemlerinin yerleşiminde, toplam alanın yüzdesi olarak teknik hacim ihtiyaçları aşağıda verilmiştir:

Fan coil + primer hava	%5
Tek kanallı tam havalı sistemler	%7
Çift kanallı tam havalı sistemler	%8
Perimetre ısıtmalı VAV sistemi	%7
Amerikan sistem	%2-4

Buna göre,

- Ayrılan tesisat alanlarının toplam alana oranı %4-8 mertebesinde olmalıdır.
- Ana makina dairesi yüksekliği 5-5,5 m olmalıdır.
- Ara tesisat katı yüksekliği minimum 4-4,5 m net olmalıdır.
- Klima santralı seçimlerinde tek santralde, yer kaybı, kat yüksekliği, ses-konfor, hava kanal dağıtımı, servis kolaylığı gibi nedenlerle 25000 m³/h debinin üzerine çıkılmamalıdır.

Komple klimatize edilen yapılarda cihazlar için ayrılması gerekli yaklaşık alanlar:

Soğutma gruplar (1000 kW'a kadar)	8 m ² /100 kW soğutma yükü
Soğutma kuleleri	3 m ² /100 kW soğutma yükü
Havalandırma ve klima santralleri	0,0035 m ² /m ³ /h hava debisi

Uygulanan sistemlere göre, 500 m² kat alanına sahip ofis binalarında gerekli net asma tavan içi yüksekliği:

Soğuk tavan + taze hava besleme + egzost	500 mm
VAV tek kanallı	400-600 mm
Tavan tipi fan coil	500 mm
Su kaynaklı ısı pompası + taze hava+egzost	550 mm
Çift kanallı sistemler	600 mm
Amerikan sistem klima	350-400 mm

Farklı ünitelerin yerleşiminde yer önerileri aşağıda

verilmiştir:

- **Soğutma kuleleri**, Soğutma havasına ihtiyaç olduğundan en uygun yer çatıdır. Ancak kazan bacalarından etkilenmemesi için hakim rüzgar yönü gözönüne alınmalıdır.
- **Soğutma makinaları**, Cihaz yükünü taşıyacak bir yapının olması, ses ve titreşim geçişinde bir problem olmayacak şekilde tedbirler alınması kaydıyla soğutma cihazları çatıya yerleştirilebilir. Ancak yapı statığı ve enerji beslemesi nedenleriyle su soğutmalı chillerin bodrum katlara konulması daha doğrudur.
- **Havalandırma ve klima cihazları**, Klima cihazları belli şaft alanlarına uygun olarak katlara yayılmalıdır. Basınç zonların uygun hacimlere santraller yerleştirilmelidir.

3. YÜKSEK BLOKLARDA KULLANILAN EKİPMANDA ENERJİ TASARRUFU

3.1. Fanlar

Yüksek blok HVAC sistemlerinde fanların enerji tüketim payları çok önemlidir. Mekanik tesisatta havalandırma fanları, klima santral fanları, kule fanları, havalı tip chiller fanları gibi farklı amaçlarla kullanılan fanlar mevcuttur. İhtiyacın değişken olduğu yerlerde değişken debili fanların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar.

Yüksek bloklarda VAV sistemi en fazla uygulanan sistemlerden biridir. Değişken Debili (VAV) sistem sadece fan enerjisinden sağladığı tasarruf nedeniyle işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilmektedir. VAV sistemle, sabit debili klima sistemine göre, yıllık elektrik enerjisi tüketiminde %45 oranında tasarruf sağlamak mümkün görülmektedir.

Ancak VAV sistemlerin sağladığı ideal ekonomi noktasına ulaşabilmek için VAV sistemlerini soğutma amacıyla kullanmak gerekmektedir. Bu sistemlere aynı zamanda ısıtma fonksiyonu yüklenmeye çalışıldığında, ekonomiden giderek uzakla-

şılmaya başlanmaktadır. Bu nedenle VAV sistemlerin statik ısıtma sistemleriyle birlikte kullanılması işletme ekonomisi ve konfor açısından çok önemlidir.

Fan enerjisinden olan kazanç yanında VAV sistemlerinde kanallardan olan kaçakların azalması nedeniyle de soğutma yükünden yüzde birkaç mertebesinde tasarruf sağlanabilir. Bir başka önemli konu da klima santral fanlarındaki verimsizliklerin ısı enerjisi olarak içinden geçen havaya yüklenmesidir.

3.2. Pompalar

Yüksek bloklarda soğutma devresi soğuk su sirkülasyon pompaları, kondenser devresi (soğutma kulesi) pompaları, sıcak su sirkülasyon pompaları gibi farklı amaçlarla kullanılan sirkülasyon pompaları mevcuttur. Sirkülasyon pompaları genellikle küçük güçlü olup, bu pompalar sabit debili ve değişken debili olabilir. Genellikle kullanılan tipler sabit debili pompalardır. İhtiyacın değişken olduğu yerlerde değişken debili pompaların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar

3.2.1. Primer (chiller) soğuk su devresi

Paralel bağlı çoklu chiller gruplarında, primer soğuk su devresinde her chillerin kendi sirkülasyon pompası olmalı ve pompa chillere basmalıdır. Her pompa chiller durduğunda durmalı ve sabit debili olmalıdır. Bu pompalar sadece chillerdeki direnç yenecek basınçta seçilmelidirler. Sistemde suyun dolaştırılması sekonder pompalarla sağlanmalıdır. Pompa debisi ise chiller üreticisi tavsiyelerine göre seçilmelidir. Debinin fazla olması pompa güç ihtiyacını artırırken, debinin azalması sıcaklık yükselmesine ve serpantinlerde kir birikimine neden olur.

3.2.2. Sekonder (kullanıcı) soğuk su devresi

Değişken debili devrelerde sirkülasyon pompalarının değişken debili özellikte olması halinde,

önemli ölçüde pompa enerjisinden tasarruf sağlanır. Sekonder devre sistem sirkülasyon pompalarının gerekli debi değerine uyum sağlayacak şekilde değişken debili çalışmaları halinde enerji tasarruf potansiyeli, gerekli pompa enerjisinin %20-70'i ve chiller enerjisinin %1-5'i mertebesindedir. Genel kural olarak sekonder pompalar:

- her zon için ayrı ayrı teşkil edilmeli,
- gerekli yerlerde frekans konvertörlü değişken devirli olmalıdır.

Pompada oluşan kayıplar ısı enerjisi olarak pompadan geçmekte olan akışkana aktarılır. Soğuk su devresinde de sirkülasyon pompalarının kayıpları suyun ısınmasına neden olur ve ısı kazancı olarak chillere yüklenir. Bu pompadaki ısıtma dolayısıyla suya ilave edilen ve chillere yüklenen enerji pompa gücünün yaklaşık %20'si mertebesindedir. Değişken devirli pompalarda kayıp enerji az olduğundan ve pompalar düşük güçte sürekli yüksek verim bölgelerinde çalıştıklarından, bu biçimdeki ısınmalar da az olur ve bu ayrı bir tasarruf kalemi oluşturur.

3.2.3. Isıtma Sıcak Suyu Devresi

Sıcak su tesisatında kullanılan sirkülasyon pompalarının sağladığı tasarrufun değerlendirilmesi için tarafımızca da bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Ankara'da tipik bir kış mevsimi boyunca örnek bir bina için sabit debili ve değişken debili sirkülasyon pompalarının enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Her iki tip pompa arasında yıllık enerji tüketim farkı 3218 kWh ve bunun parasal karşılığı 515 EURO değerindedir. Tasarruf oranı %78 olarak hesaplanmıştır.

3.3. Hidroforlar

Hidrofor tesisatında alınabilecek önlemler:

1. Sistem düşey basınç kademelerine ayrılarak, her kademeye özel hidrofor kullanılmalıdır. Yüksek bloklarda her 35 m statik yükseklik bir

basınç zonu olmalıdır.

2. Çok pompalı (kademeli) hidrofor kullanılmalıdır.
3. Değişken devirli pompalı hidrofor kullanılması tavsiye edilir (genellikle gerekli basınç sabit kaldığından değişken devirli tek pompa kullanımı hidrofor uygulamalarında uygun değildir. Bunun için çok pompa kullanmak ve pompalardan birini değişken devirli yapmak uygundur.)
4. Hidrofor çıkışında basınç düşürücü kullanılmalıdır. Basınç dalgalanmaları önlenir, tesise istenen sabit basınçta su gönderileceği için su tüketimi azalır.
5. Daha çok Amerikada uygulanan bu doğrudan pompayla basınçlandırma sistemlerinde, bütün bina tek pompa ile beslenirse üç ana verimsizlik söz konusudur:
 - Değişken debi dolayısıyla pompa maksimum verim noktasında çalışmaz. Zamanın büyük kısmında kısmi yüklerde verimsiz noktada çalışır.
 - Sistemdeki basınç kademeleri nedeniyle düşük basınç ihtiyacı olan yere de yüksek basınçla su gönderilir. Basınç enerjisi basınç düşürücülerde veya musluklarda boşa harcanır.
 - Motor verimleri de kısmi yüklerde önemli ölçüde düşer.

3.4. Kullanma Sıcak Suyu Tesisatı

Su ısıtma önemli bir enerji tüketim kalemidir. Büyük ticari binalarda yıllık enerji tüketiminin %4'ü mertebelerinde olabilir. Otel gibi uygulamalarda bu oran daha yüksektir. Su ısıtma sistemi genellikle sürekli çalışır ve sürekli enerji kaybeder. Bu nedenle kullanma sıcak suyu üretiminde doğrudan yakıt tüketmek yerine, atık ısıdan yararlanmak ilk bakılması gereken konudur. Örneğin su soğutma grubu (chiller) kondenserlerinden elde edilen sıcak su, kullanma sıcak suyu olarak değerlendirilebilir.

Sıcak su tesisatında enerji tasarrufu için alınabile-

cek ilk önlem su sıcaklığını düşürmektir. Su sıcaklığı düşürüldüğünde enerji tüketimi azalır, kireç bağlama riski azalır. Buna karşılık hastalık riski artar (Legionella vs), Boyler depolama etkinliği azalır. Kullanma sıcak suyu sıcaklığı 45 °C alınabilir. Ancak lejyoner hastalığı riskine karşı, kalorifer kazan sisteminin periyodik termik dezenfeksiyon yapabilme yeteneği olmalıdır. Lejyoner hastalığı riskli bölgelerde sürekli olarak su gidiş sıcaklığı 60 °C, sirkülasyon dönüş sıcaklığı 52 °C değerinin altına inmemelidir. Su sıcaklığına bağlı enerji kayıpları:

- Birim su kütlesiyle taşınan enerji artar. Kullanım sırasında su sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilemiyorsa, yüksek sıcaklıktaki sudan daha fazla enerji tüketilmiş olur.
- Su sıcaklığını ayarlayıncaya kadar daha fazla su tüketilir. Ayrıca su sıcaklığı yüksekse emniyet ve daha kolay ayar için daha fazla su debisi kullanılır.
- Su dağıtım hattında ve sirkülasyon hattında daha fazla enerji kaybedilir.
- Boyler deposunda daha fazla enerji kaybedilir.
- Yüksek su sıcaklığına bağlı kazan verimindeki düşme nedeniyle kazanda kaybedilen enerji artar.

3.4.1. Isıtıcı Ekipman (Kalorifer Kazanı)

Boylere besleyen kazandaki kayıplar, kışın aynı zamanda ısıtma olduğundan kazan ısı verimiyle ilgilidir. Ancak yazın kazan sadece kullanma sıcak suyu üretiminde kullanılır. Bu durumda kesintili çalışma sonucu kazanda bekleme kayıpları oluşur. Ayrıca kullanım sıcak suyuna günün belli saatle-

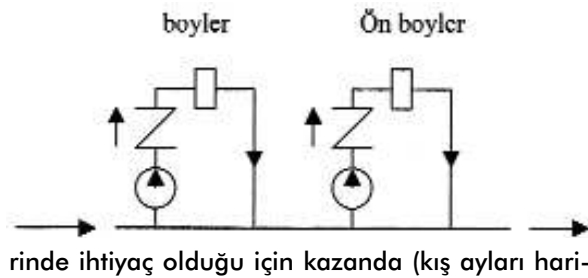
cinde) günün büyük bölümünde sıcak su talebi olmadığı halde kazan suyu sıcaktır. Yani kazanda ısı kaybedilir. Üstelik büyük kapasiteli kazan küçük ısı yüklerde çalıştığı için ilave verimsizlikler oluşur. Öneriler:

- Mümkünse kullanma sıcak suyu için ayrı kazan kullanılmalıdır.
- Su ısıtıcılar yüksek verimli ve düşük enerji maliyetli olmalıdır.
- Kalorifer kazanı olarak yüksek verimli yoğuşmalı kazan kullanımı avantajlıdır.
- Su hacmi az olan kazan kullanımı avantajlıdır.
- Kazan sisteminin bakımını ve temizliğini periyodik yapmak gerekir.
- Boyler sayısı fazla olan sistemlerde bir adet (veya daha fazla) seri bağlı ön boyler kullanmak yararlıdır. Soğuk su önce bu boylere girer, çıkışta ön ısınmış su diğer boylere verilir (Şekil 1).
- Isıtma devresinde diğer boylerlerin ısıtma pompasının dönüşü aynı kollektöre bağlı ön boyler ısıtma pompasına verilir. Buradan daha fazla soğumuş olarak çıkan su yoğuşmalı kazana geri döndürüldüğünde yoğuşmalı kazanda tam yoğuşma süresi uzar, verim artar.

Şekil 1. Ön boyler kullanım şeması

3.4.2. Boyler

Sıcak su üretiminde kullanılan boylerler içten ve dıştan eşanjörlü olarak ikiye ayrılabilir. İçten serpantinli depolu boyler, içinde ısıtıcı serpantini olan bir depodan oluşur. Sıcak su ihtiyacı boylerde depolanan ısıdan karşılanır. Böylece küçük güçlü serpantinlerle ve küçük kazan güçleriyle ihtiyacın sürekli ve kararlı bir biçimde karşılanması mümkün olabilmektedir. Plakalı eşanjör+ sıcak su deposundan oluşan sisteme dıştan eşanjörlü boyler ismi verilebilir. Burada bir pompa kazandan sıcak suyu eşanjöre pompalamaktadır. İkinci pompa ise depo ile eşanjör arasındaki dolaşımı sağlamaktadır. Bu sistemde kullanılan depolar küçüktür. Isı depolama kabiliyeti ihmal edilebilir. Konfor ve ekonomi düşünüldüğünde 30 m³/h kapasiteye kadar içten serpantinli boyler kullanılmalıdır.



Boylerde su sıcaklığı 45°C olarak tavsiye edilir. Sistemde daha yüksek sıcaklıkta su gerektiren yerler için ayrı bir boyler ve tesisat kullanılması daha uygundur. Öte yandan binada genellikle 45°C sıcak su gerekiyor fakat sadece birkaç ekipman için yüksek sıcaklıkta su kullanılıyorsa, bu aparatlara küçük bir elektrikli ısıtıcı yerleştirilmelidir.

Aynı şekilde ofis binaları gibi sıcak su tüketiminin sınırlı olduğu uygulamalarda merkezi sıcak su tesisatı yapımı yerine elektrikli ısıtıcılarla local olarak sıcak su üretilmesi daha ekonomiktir.

3.4.3. Dağıtım ve Sirkülasyon Boru Tesisatı

Sirkülasyon hatlarındaki kayıp tesisatın büyüklüğüne, boru çaplarına, su sıcaklığına ve izolasyon değerine bağlıdır. Genel bir değer vermek mümkün değildir. Her bina için ayrıntılı bir hesap yapılmalıdır. Bu hesapta soğuk boru bölümlerdeki su ve boru malzemesinin ısınması için harcanan enerji de dikkate alınmalıdır.

24 dairesel bir apartımanda hesap yapıldığında, daire başına 208 kWh/yıl kayıp ve toplam apartıman için yaklaşık 5000 kWh/yıl kayıp bulunmuştur. Bu yılda 500 m³ gaz tüketimi anlamına gelir. Gerçek işletme koşullarında kayıplar teorik düşüncelerin çok üstüne çıkabilmektedir. Bu nedenle sıcak su dağıtım ve sirkülasyon boruları ısı olarak izole edilmelidir. Aynı şekilde soğuk su boruları da terlemeye karşı izole edilmelidirler.

Sıcak su borularında tavsiye edilen yalıtım kalınlıkları standartlara göre farklılık göstermektedir. Özellikle son yıllarda yaygınlaşan köpük türü malzemeler 6 mm gibi düşük et kalınlıklarında kullanılmaktadır. Tarafımızca tavsiye edilen cam yünü eşdeğeri izolasyon kalınlıkları ve bu durumda boru içindeki 50 °C sudan 20 °C çevreye m başına kaybolan ısı miktarları aşağıda verilmiştir:

Boru çapı (mm)	İzolasyon kalınlığı (mm)	Isı kaybı (kCal/mh)
20 mm çapa kadar	20 mm	5,34
25-50 mm çaplarda	30 mm	4,85-7,15
70-100 mm çaplarda	40 mm	7,20-10,20

Sıcak su gerektiren bütün ekipmana su sağlamak üzere sıcak su boru tesisatı gerektiğinde yatay ve düşey olarak çekilmeli; sistem minimum sayıda alt sirkülasyon borusuna sahip olacak biçimde döşenmelidir.

- Üstten beslemeli sistem kolonları alttan birbirine bağlanarak sirkülasyon pompasına geri döndürülmelidir.
- Uygulanabilir olduğunda, her bir kolonu; kendisine paralel olarak aşağı inip sirkülatöre bağlamak yerine; alttan dağıtım sistemi kolonları en üstteki branşmanın bulunduğu tavanın altından çekilen yatay bir boruya irtibatlandırıldıktan sonra bu boru aşağı indirilip sirkülatörlere bağlanmalıdır.

3.4.4. Kullanma Sıcak Su Sirkülasyon Pompaları

Sıcak su tesisatında sirkülasyon pompaları kullanılır. Bu pompalar küçük güçlü olmalarına karşın sürekli çalıştıklarından tükettikleri elektrik enerjisi önemlidir. Sirkülasyon pompasının çalışmasına, a) su tüketiminin fazla olduğu saatlerde b) su tüketiminin olmadığı saatlerde ihtiyaç yoktur.

Bu nedenle ihtiyaç olmayan zamanlarda pompanın durdurulması anlamlı bir kazanç doğuracaktır.

Kullanma suyu sirkülasyon pompasının çalışma sürecinde kaybedilen ısı maliyeti yüksektir. Çözüm, kullanma suyu sirkülasyon pompasının kontrol paneli zaman saatinden kumanda almasıdır. Örneğin konutlarda bu pompa gece 11 ile sabah 6 arasında durmalıdır. Müstakil evlerde ve işyerlerinde,

kullanılmayan gündüz saatlerinde bile, kullanma suyu sirkülasyon pompası çalıştırılmamalıdır. Pompanın kontrolü için kolon sonundan alınan sıcaklık uyarısı kullanılabilir. Kolon hattı sonunda sıcaklık düşmüşse pompalar çalışmaya başlayabilir veya zaman saati kullanarak belirli saatlerde çalışma durdurulabilir.

3.5. Soğutma Kuleleri

- Soğutma yükü değişimine göre soğutma kuleleri fan debileri değiştirilebilmelidir.
- Soğutma kuleleri yerleşimleri aralarında bypass olmayacak şekilde yapılmalıdır.
- Kule fanları istenen su sıcaklığına set edilmelidir. Kondenser devresi kapansa bile, su sıcaklığı set edilen değere düşene kadar fan çalışmalıdır.
- Bir su soğutmalı chiller kendine ait bir bağımsız soğutma kulesine sahipse, chiller durduğunda soğutma kulesi pompası ve fanı da durmalıdır.
- Eğer tek kule birden çok chillere hizmet veriyorsa, chiller durduğunda kendine ait kule pompasının durması konusunda dikkatli olmalıdır. Diğer chillerlerde dolaşan su miktarı azalmamalıdır. Üretici tavsiyelerine uyulmalıdır. Çalışan kondenserde debinin azalması ısı geçiş performansını azaltabilir ve su geçiş kesitlerinde azalan hız nedeniyle çökelmelere neden olabilir.
- Duran chillerin pompası durduğunda bir selonoid veya motorlu vana ile duran kondenser devresi kapatılabilir. Bu durumda gereksiz yere bu devrede su dolaşmaz ve diğer devrelerin debileri azalmaz
- Kule su haznesi daha büyük yapılmalıdır. Sistem durduğunda kuleye gidiş borusunda, kule tavanında ve dolgu elemanları üzerindeki su haznedan taşmakta ve su kaybına neden olmaktadır. Sonuçta soğutma kulelerinin su hazneleri kule taşma borusu ile flatörün üst seviyesi arasındaki su hacmi büyük olacak şekilde boyutlanmalıdır.
- Soğutma kulesi filtreleri kısa sürede çürümektedir. Ayrıca filtreler, sökölüp takılmaları daha pratik olacak şekilde imal edilmelidir. o İşletmede

12 ay kullanılacak soğutma kulelerine (computer klima sistemleri gibi) elektrikli ısıtıcı ve termostadı monte edilmelidir.

- Soğutma kulelerinin ve uzaktaki tüm motorlu cihazların yakınında (kapalı yerde) cihazlara bakım yapan teknisyeni korumak için bir kesici şalter bulunması gerekir.
- Soğutma kulelerinin giriş ve çıkış boruları eşit direnç olacak şekilde bağlanmalıdır. Çalışma sırasındaki oluşacak direnç farklılıkları için ayrıca kuleler birbirine alttan bağlanmalıdır (Bileşik kap). Ayrıca kule havuzu yüksek olmalıdır.
- Soğutma kulelerinde su girişinde, Sistem durduğunda suyun kuleye boşalmaması için çek valf monte edilmelidir.
- Su soğutma kuleleri kondenserden daha yukarı seviyelere monte edilmelidir. Soğutma kulesi ile kondenser aynı yada yakın seviyelerde ise, kuleye gidiş borusu kule seviyesini geçtikten sonra sifon yaparak bağlanmalı ve sifonun üst noktasına da dik tip 1/2'' çekvalf monte edilmelidir.

3.6. Soğutma Grupları (Chiller)

- Soğutma grupları yapı kullanım şekline bağlı olmakla birlikte kullanılan diversite neticesinde bulunan cihazın kapasitesi %60 + %60 iki adet veya %35 + %35 + %35 üç adet seçilmelidir. Burada önemli husus cihazların %80 - %50 kapasitesinde çalışmasını temin etmek ayrıca bir cihaz arızasında yapı yükünün büyük bölümünü karşılayarak çalışmayı sürdürmektir. Birden fazla chiller varsa sıra kontrol cihazı kullanılmalıdır. Sıra kontrol cihazı gidiş veya dönüş suyu sıcaklığını kontrol edebilir. 300.000 kcal/h kapasiteye kadar (çok özel bir neden yoksa) bir adet soğutma grubu seçmek yeterlidir.
- Bütün bu yaklaşımlara rağmen genede IPLV değeri bir ünitenin verimliliğini sadece 4 noktayı baz alarak yapar. Oysa Oransal kontrol imkanına sahip olan üniteler (vidalı ve santrifüj kompresörler) her zaman kademeli kontrol imkanına sahip olanlardan (pistonlu kompresörler) daha

iyi kısmi yük enerji harcaması değerlerine sahiptir.

- Soğutma grubu durduğunda, pompalama sistemi durmalı ve evaporator izole edilmelidir.
- Soğutma grupları seçiminde 600.000 kcal/h kadar soğutma kapasitesinde pistonlu kompresör, 600.000 - 1.200.000 kcal/h arası soğutma kapasitesinde vidalı kompresör, 1.200.000 kcal/h'den büyük soğutma kapasitesinde satrifüj kompresörlü soğutma grupları kullanılması tavsiye edilir.
- Soğutma grubunun bulunduğu hacimde freon gazı kaçakları aşağıda toplanabileceği için, egzost sistemi yapılması halinde döşeme seviyesinden de hava emişi sağlanmalıdır. Su soğutma gruplarının kapalı yerde bulunması halinde, gaz kaçağı olduğunda sinyal verecek bir dedektör kullanılmasını tavsiye edilir.
- Chiller devresi pompaları kuru rotorlu tip olmalıdır. Islak rotorlu tip pompada suya ısı aktarılmaktadır.
- Chiller pompaları ve kondenser pompaları chiller ve kondensere basmalı, büyük basınç kaybı pompa çıkışında olmalıdır. Aksi halde pompalarda kavitasyon daha fazla olur, tesisat daha çok hava yapar. Genleşme deposu da pompa emişinde olmalıdır. Ayrıca chiller pompasının daha az soğuk olan su ile çalışması, pompa izoleli bile olsa, yoğuşma oranını ve ısı kazancı azaltır.
- Kondenser ve chiller pompalarının giriş ve çıkışlarına flanşlı tip titreşim absorberi konulmalıdır.
- Chiller, kondenser, klima santralına bağlanan borular, serpantinler çıkabilecek şekilde yukarıdan flanşlı olmalıdır.
- Chiller ve kondenser pompaları basma tarafına flow switch monte edilmelidir.
- Chiller ve kondensör sularını boşaltmak için boşaltma alt noktadan olmalıdır.
- Kondenser küçük olursa kondenzasyon basıncı yüksek olur. Verim düşer ve elektrik tüketimi artar. Kompresör ömrü kısalmır. Kompresör ömrü Avrupa'da 20-25 sene, bizde yaklaşık 4-5 sene

mertesindedir.

- Su soğutmalı kondenselerde kondenser girişinde regülatör valf kullanılmalı.

3.7. Klima Santralleri

- Taze hava santralleri yaz-kış 22 °C sıcaklıkta hava üfleyecek şekilde seçilmelidir. Türkiye koşullarında büro planlaması iyi yapılmıyor. Kullanım maksadı değişiyor ve insan sayısı daha fazla olabiliyor. Bu nedenle mutlaka bir emniyet sayısı göz önüne alınmalıdır.
- Yüksek blok çatılarında fazla rüzgar yükü, donma riski gibi sakıncalar vardır. Otomatik kontrol sudan korunamadığından açık alana klima santrali monte etmekten olabildiğince kaçınılmalıdır. Açık havadan gelen (kurum, asit vs.) aşırı korozyon yaratmaktadır.
- Sabit debili klima santrallerinde, çift devirli fan kullanılması büyük ekonomi ve kolaylık sağlar. Özellikle yaz-kış hava debileri geçişleri ve sistemin kısmen çalıştırılması hallerinde bu yarar kendini gösterir.
- Zaman zaman ikiye bölünüp ayrı ayrı kullanılacak büyük toplantı salonlarının klima cihazları 2 adet seçilmelidir (Her toplantı salonunun klima cihazı ve aspiratör sistemi ayrı olmalıdır).
- Fuayelerin bağımsız klima cihazları ile iklimlendirilmesi ve egzost tesisatı yapılması gerekir.
- Klima Santrallerinin drenaj tavalalarının yükseklikleri (mm. olarak) vantilatör basıncına eşit veya büyük seçilmelidir. Aksi halde filtre tıkandığında drenaj tavaasına toplanan su (fan çalıştığında vakum nedeni ile) drenaj borusundan akmamaktadır.
- Klima Santrali drenaj boruları min. 1'', gerekirse 2'' galvaniz borudan yapılmalıdır. Pis su tesisatına veya drenaj kolonuna bağlanacak ise 2'' borudan yapılmış olmalıdır.
- Klima santrallerinin su hatlarında bulunan üç yollu kontrol vanalarının hem dönüş hattında, hem de bypass hattında dengeleme (balans) vanası kullanılmalıdır.

- Yoğunlaşan su dallarının kopmalarını önlemek için, klima santrallerinin soğutma serpantinlerinin 125 cm den daha yüksek olanları iki parçalı olarak yapılmalıdır. İki serpantin arasına direnaj toplamak için tava monte edilmelidir.
- Klima santrallerinde kullanılan sifonların kış sezonunda kontrol edilmesi gerekmektedir. Sifonlarda su bulunmuyorsa koku problemi çıkabilir.
- Klima santrallerinin taze alışları olabildiği kadar üst kotlarda alınmalıdır. Yere ve yola yakın seviyelerde toz daha fazladır. Yukarıya doğru toz konsantrasyonu azalır.
- Bu tip klima santrallerinde seçilen hıza karşılık soğutucu bataryadaki tipik basınç düşümü değerleri aşağıda verilmiştir. Buna göre bu santrallerde soğutucu bataryada hız 3 m/s değerini aşmamalıdır. Aksi halde yoğunlaşan damlalar kopar ve hava ile santral içine sürüklenir.

Soğutucu serpantinindeki hava hızı, m/s	2,85
2,44	2,1
1,85	
Soğutucu serpantinindeki basınç kaybı, Pa	390
236	181
150	

4. YÜKSEK YAPILARDA OTOMATİK KONTROL VE BİNA OTOMASYON SİSTEMİ

Chiller ve kazanların otomatik olarak devreye sokulması, tüm pompaların, soğutma kulelerinin, havalandırma sistemlerinin, klima santrallerinin, VAV kutularının kontrolü ve izlenmesi için mikro-işlemci bazlı bir bina otomasyon sistemi tesis edilmelidir. Bina otomasyon sistemi ile yangın alarm ve güvenlik sistemi aynı protokolü kullanmalı ve rahatça haberleşebilmelidir. Binadaki elektrik sistemleri ve sıhhi tesisat sistemleri de bina otomasyon sistemi tarafından kontrol edilecek ve izlenecektir.

Bina otomasyon sistemi lokal DDC panelleri, sistem ve network kontrolörleri, merkezi personel bilgisayar ve ona bağlı workstation'lar, haberleş-

me network'ten oluşan dağıtılmış bir kontrol sistemi (distributed control system) olacaktır. Bina otomasyon sistemi genel olarak şunları sağlayacaktır:

- Havalandırma, klima, hava filtreleri, elektrik sistemleri, aydınlatma, VAV kutuları ve bu sistemlere bağlı bütün makina ve ekipmanın gözlenmesi, otomatik veya istendiği zaman merkezi bilgisayar üzerinden çalıştırılıp, durdurulması ve otomatik kontrolü
- Sistem entegrasyonunu ve koordinasyonunun gözlenmesi ve kontrolü
- Zon ve mahal sıcaklıklarının sürekli olarak gözlenmesi ve bütün gözlenen değişkenler için minimum ve maksimum limit alarm verilmesi
- VAV kutularının, klima santrallerinin, sıcaklık, statik basınç, hava akımı, değişkenlerinin lokal paneller vasıtasıyla direkt dijital kontrolü (DDC)
- Bütün modülasyon kontrol devrelerinin direkt dijital PID kontrolü
- Bina otomasyon sistemine bağlı tüm sistemler için raporlama, alarm kontrolü, tarihçe, takip özellikleri ve bilgisayar ekranından renkli sistem grafikleri üzerinden bütün sistemlerin rahatça izlenmesi, kontrolü ve idaresi
- Soğutma, ısıtma, elektrik, enerji kullanımlarının takip edilmesi ve sistemlerde enerji optimizasyonunu programları vasıtasıyla enerji kullanımının minimize edilmesi
- Planlı bakım programlaması
- Sistemlerdeki, makina ve ekipmanlardaki arızaların kolayca tespit edilmesi
- Bütün sistemlerin otomatik olarak elemansız çalışması.

SONUÇ

Yüksek yapılarda yapının özellikleri göz önüne alınarak, yatırım ve işletme maliyetlerini optimize eden çözümler araştırılmalıdır. Bu özellikler pencerelerin açılmaması, yüksek iç kazançlar, yüksek güneş kazancı, kazancın gün boyunca cephelere göre değişken olması, yüksek rüzgar etkisi, yüksek baca etkisi, iç ve çevre zonları oluşumu, bina

alanlarının pahalı olması, kullanım gereksinimlerinin esnek ve değişken olması, yüksek konfor talebi, yüksek statik basınç nedeniyle düşey zonlama gereksinimi, sistemin büyük ve uzun olması nedeniyle sistem seçimi ve tasarımında optimizasyon gereksinimi olarak sayılabilir.

Teknik hacimlerin yerlerinin belirlenmesinde basınç zonlaması, boru ve kanal büyüklüklerinin minimize edilmesi, sistem dirençlerinin minimize edilmesi gibi konular gözönünde tutulmalıdır. Yerler yüksek bloklarda çok kıymetlidir. Bu nedenle tesisat maliyeti hesaplanırken ve maliyet optimizasyonu yapılırken işgal edilen yer (veya bina) maliyetlerini de dikkate almak gerekir. İhtiyacın değişken olduğu yerlerde değişken debili fanların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar. Değişken Debili (VAV) sistem sadece fan enerjisinden sağladığı tasarruf nedeniyle işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilmektedir. VAV sistemle, sabit debili klima sistemine göre, yıllık elektrik enerjisi tüketiminde %45 oranında tasarruf sağlamak mümkün görülmektedir.

Yüksek bloklarda soğutma devresi soğuk su sirkülasyon pompaları, kondenser devresi (soğutma kulesi) pompaları, sıcak su sirkülasyon pompaları gibi farklı amaçlarla kullanılan sirkülasyon pompaları mevcuttur. İhtiyacın değişken olduğu yerlerde değişken debili pompaların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar.

Hidrofor tesisatında sistem düşey basınç kademelerine ayrılarak, her kademeye özel hidrofor kullanılmalıdır. Yüksek bloklarda çok pompalı (kademeli) hidrofor kullanılmalı ve pompalardan birini değişken devirli yapmalıdır.

Kullanma suyu ısıtma önemli bir enerji tüketim kalemidir. Büyük ticari binalarda yıllık enerji tüketiminin %4'ü mertebelerinde olabilir. Kullanma sı-

cak suyu üretiminde doğrudan yakıt tüketmek yerine, atık ısıdan yararlanmak ilk bakılması gereken konudur. Sıcak su tesisatında enerji tasarrufu için alınabilecek ilk önlem su sıcaklığını düşürmektir. Kullanma sıcak suyu sıcaklığı 45 °C alınabilir. Sirkülasyon hatlarındaki kayıpların azaltılması için hatlar izole edilmelidir. İhtiyaç olmayan zamanlarda sirkülasyon pompasının durdurulması anlamlı bir kazanç doğuracaktır.

Soğutma kuleleri, soğutma grupları ve klima santrallerinin seçim, montaj ve işletmesinde dikkat edilmesi gereken çok çeşitli konular bulunmaktadır.

Yüksek yapılarda bina otomasyonu kaçınılmaz olarak kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Energy efficiency manual, D.R. Wulfinghoff, Energy Institute Press, 1999.
- [2] Energy Systems Analysis and Management Manual, SMACNA, 1997.
- [3] Boz, E., TTMD eğitim toplantısı İstanbul notları, 2002.

ÖZGEÇMİŞ:

Rüknettin KÜÇÜKÇALI 1950 yılında doğdu. 1972 yılında İTÜ Makina Fakültesinden Yüksek Mühendis olarak mezun oldu. Sungurlar ve Tokar firmalarında mühendis ve şantiye şefi olarak görev yaptıktan sonra, 1975 yılında ISISAN A.Ş.'yi kurdu. Halen bu firmanın yöneticisi olarak görev yapmaktadır. MMO, TTMD ve ASHRAE üyesidir.

(*) VI. TESKON 2003 Bildirilerinden alınmıştır.