

Sayın Okurumuz,

Bu bültenle, çalışma alanımızda Alarko Carrier ve iş ortaklarımızın teknik ve geliştirme çalışmalarımızın açıklandığı makaleleri sizlerle paylaşmak istiyoruz. Amacımız bir süre sonra okurlarımızın bilgisayarlarında her zaman başvurabilecekleri bir Alarko Carrier kütüphanesi oluşturmaktır.

Bülten konusundaki düşünceleriniz bizler için yol gösterici olacaktır. Haberleşme adresimiz aşağıda verilmiştir. Yararlı görürseniz bültenimizi çevrenizde duyurmanızdan memnunuzuz. Bültenin gönderilmesini istemiyorsanız aşağıdaki adresimize tıklamanız yeterlidir.

Saygılarımızla...



Hava Koşullandırma ürünlerimiz için Bkz. alarko-carrier.com.tr

ALARKO CARRIER BÜLTENLERİ

- Yeni Ürün
- Haberler
- Gerçek Konfor

Bu bültenleri e-bülten olarak e-mail ile almak isterseniz, lütfen

www.alarko-carrier.com.tr adresinden abone olunuz.

Bu bülteni almak istemiyorsanız lütfen ebulden@alarko-carrier.com.tr adresine boş e-posta gönderiniz.

Haberleşme Adresi:

info@alarko-carrier.com.tr



Paket Tipi Büyük Çatı Ünitelerinde CO₂ Esaslı Talep - Kontrollü Havalandırma (TKH) Uygulamaları

Yoğun Olmayan Zamanlarda Bina Kontrolünde Dikkate Alınması Gereken Hususlar

Hava koşullandırıcılar her zaman, en yüksek talep koşullarında (tam yük) istenilen iç ortam oda koşullarını sürdürmek üzere tasarlandığı için gerçek çalışma sürelerinin önemli bölümü çoğu tam yük koşullarında gerçekleşmez. Örneğin; PÇHK'lar için tasarlanan bu en yüksek talep koşulları genellikle yaz tasarım kuru termometre sıcaklığında oluşur.

Yoğun Olmayan Zamanlarda Bina Kontrolünde Dikkate Alınması Gereken Hususlar

Bill Timmons – Mark Tozzi
Carrier Corp.

Sunuş

Bu makalede, paket tip çatı hava koşullandırıcıların (PÇHK) kısmi yük kontrolüne ilişkin işletme sorunlarını vurgulayacak ve konforu sürdürmek için yenilikçi çözümleri ve ASHRAE'nin havalandırma standartının (Std. 62-99) gerekleri karşılırken aynı zamanda önemli miktarda enerji kazanılması tartışacaktır. Bu konuya ilişkin önermenin ortamını belirlemek için aşağıdaki gözlemler yapılmıştır.

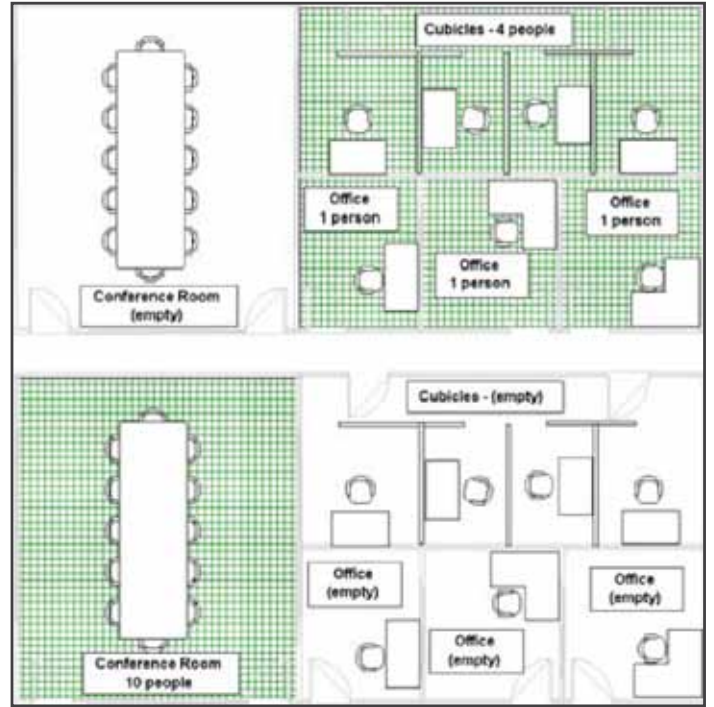
Hava koşullandırıcılar her zaman, en yüksek talep koşullarında (tam yük) istenilen iç ortam oda koşullarını sürdürmek üzere tasarlandığı için gerçek çalışma sürelerinin önemli bölümü çoğu tam yük koşullarında gerçekleşmez. Örneğin; PÇHK'lar için tasarlanan bu en yüksek talep koşulları genellikle yaz tasarım kuru termometre sıcaklığında oluşur.

Binanın çevre yükleri, yani dış koşullarla ilişkili (güneşten ısı aktarım gibi) yük unsurları, toplam soğutma yükünün sadece bir unsurudur. İç yükler; ışıklar, insan ve cihazlardan gelen iç yükler dış hava koşullarına göre değil binanın kullanılma durumuna göre farklılıklar gösterir.

ASHRAE'nin Standart (Std. 62-99) Havalandırma Miktarı Yöntemi izlenerek tasarlanan havalandırma hızı, ortamdaki insanların sayısına olduğu kadar onların etkinlik düzeylerine göre belirlenir. Fakat, binadaki kişilerin doğal olarak geçici olmaları nedeniyle, yani insanların gün içinde hareket halinde olan kişilerin sayısı ve etkinlik düzeyleri değişeceği için iç ortamın havalandırma gereksinimi de gün boyunca değişir. Örneğin; on iki kişi için tasarlanmış bir toplantı salonunda belli bir zamanda 10 kişi olabilir veya başka bir zaman 15 kişi bulunabilir. Bu kişiler daha sonra binanın içinde başka alanlara gidebilirler, Şekil 1'de olduğu gibi.

Binanın içindeki insanların toplam sayısı değişmeyebilir, ancak her bölgede (zone) bulunan insan sayısı gün boyunca önemli değişimler gösterebilir. Böyle bir senaryo ile baş edebilecek, konfor koşullarını her durumda sağlayacak ve sürdürececek havalandırma sistemi nasıl tasarlanabilir?

Özel kontroller olmasaydı, bina için öngörülen kullanım durumlarının gün boyunca tüm bölgeler için geçerli olduğunu varsaymak gerekirdi. Neden? Çünkü bölgelerin kullanım düzeyine cevaben dış ortam hava girişini ayarlayacak bir kontrol sistemi olmadan, her bölge için en yüksek kullanım düzeyini kabul etmek zorunlu olurdu ve kontrol sisteminin buna göre önceden



Şekil 1. Toplantı odasının dolu ve boş olduğu durumlar

programlanması gerekirdi. Bölgelerin kullanım durumunu gerçekten ölçülmek yerine ön görüldüğü için ve hata yapmamak amacıyla her bölgedeki insan sayısı olduğundan fazla tahmin edilecektir. Bu durum aşırı havalandırmaya ve enerji sarfına neden olur. Yani hem konfor koşulları sağlanamazken hem de fazladan enerji harcanır. Toplantı odası örneğimizde, eğer oda 10 kişi için tasarlanmışsa ancak odada iki kişi varsa gereğinden 5 kat fazla ($10/2 = 5$) havalandırma gerçekleştirilir.

İyi tasarlanmış bir HK sisteminde kapasite binada devamlı değişen yüklerle uyum sağlayacak şekilde değiştirilebilmelidir. Değişken hava akışlı (DHA-VAV) sistemler binanın soğutma yükleri değiştiğinde, ilgili cihazın kapasitesinin binanın gerçek soğutma yüküne uyacak biçimde değişecek şekilde tasarlanır. Bu tasarımın sonucu gelişmiş konfor ve önemli ölçüde enerji tasarrufu olur.

Bir binanın soğutma yükü gün boyunca veya mevsimlere göre değiştiği için, sabit soğutma kapasiteli bir sistem tasarlanabilir mi? Tabii ki, hayır! Tek kademe kapasiteli küçük sistemlerin dışında, çoğu büyük ticari cihazlar iki veya daha fazla soğutma kapasitesi kadem-

lerine sahiptir. Varsayım olarak, tek bir 150 kW kapasiteli sistem, tek kademeli kapasiteyle, bir binayı ne kadar etkili kontrol eder? Çok iyi değil! Sistem durmadan ayarı tutturmak için bir çalışıp, bir durur. Bu durum aynı zamanda enerji harcamasını artırır.

VAV sistemi benzetmesiyle devam edersek, tümüyle kullanılmayan bir binada tasarlanan miktarda havalandırma sunmak akıllıca bir iş midir? Tabii ki, hayır! Ama, bir çok HK sistemi bunu yapar, bina sanki tümüyle kullanılıyor gibi tasarlanmış havalandırma sağlar. Niçin? Çünkü, eğer binanın içinde her an her bölgede kaç kişi olduğunu bilmiyorsanız, en kötü ihtimale göre tasarlanmış havalandırma sunmak zorundasınız; bu da binanın %100 oranında kullanılması demektir. Cihazın en üst kullanım düzeyine ve tepe ısı yüküne göre seçilmesi gerekir. Cihaz her koşulda tepe yük durumundaki kapasiteyi sağlayabilmelidir. Ancak bu gereklilik sistemin her zaman tepe yük konumunda çalıştırılmasını gerektirmez.

Tasarım ve İşletme Koşulları

Daha önce söz ettiğimiz gibi tasarım ve işletme koşulları arasında bir ikilem ortaya çıkıyor; HK cihazını tasarım koşullarına göre ölçümlendirmek gerekiyor ancak cihaz çok seyrek o koşullarda çalışıyor.

Bir bina içinde her bölgenin en fazla kullanım durumunda olduğu varsayımına göre bölgeye verilen hava miktarını kontrol etmek çok uygun değildir, ayrıca hava kontrol yöntemleri içinde maliyet bakımından da bir üstünlüğü yoktur. Ortam kullanımını izleyen ve size bildiren bir geri besleme düzeneği olmadan, havalandırma sistemini tasarlanan binanın kullanımına göre ölçümlendirmek riskli bir tasarım stratejisidir.

Bu noktada iyi haber, kabul edilebilir iç hava kalitesini (İHK-IAQ) ve aynı zamanda enerji kazanımı sağlamanın artık karmaşık ve pahalı HK sistemleri gerektirmediğidir. Artık doğrudan dijital kontroller (DDK) nispeten pahalı olmayan, paket tipi çatı ünitelerine fabrika montajlı olarak yerleştiriliyor. Bu kontroller, bağımsız bölgelerde İHK'nin mükemmel kontrolünü sağlamanın yanı sıra önemli miktarda enerji kazandırıyor; özellikle daha karmaşık, geliştirilmiş tip HK sistemleriyle karşılaştırıldıklarında.

Talep Kontrollü Havalandırma- TKH (Demand Controlled Ventilation- DCV), ASHRAE Std 62-99 gereklerini karşılayan, bir kontrol stratejisidir. Bu kontrol stratejisi, iç ortamdaki CO₂ düzeyini bölgesel düzey ölçütlerini kullanarak gün boyunca bölgenin insanlar tarafından kullanım düzeylerini belirler. Bu bilgi binaya verilmesi gereken hava miktarının ne kadar azaltılması gerektiği konusunda veri oluşturur ve diğer havalandırma stratejilerine göre önemli miktarda enerji kazandırır. THKH ile ilgili daha ayrıntılı bir tanımlamayı ileride yapacağız.

Duman ve Aynalar

TKH yöntemi ayrıntılı hazırlanmış bir kontrol algoritması ve karmaşık dış hava damperine dayanıyor. Bu yöntemle ASHRAE'in önerdiği havalandırma oranlarını gerçek zamanlı olarak devamlı hesaplanabiliyor. Bu hesaplarda "kritik bölge"nin havalandırma gereksinimlerini temel alınıyor. Bu bölge, havalandırmanın en

yüksek yüzdesini gerektiren bölgedir. THK'ler ASHRAE Std. 62 ile uyum sağlamak için havalandırma miktarını devamlı ve otomatik olarak ayarlıyor.

ASHRAE Standart 62'den 6.1 denklemini kullanarak havalandırma miktarlarını hesaplamak Standart 62'nin amacını karşılayabilir mi? Karşılması gerekir ama ya ortamın gerçek kullanım düzeyi tasarımda varsayılan kullanım düzeyinden daha fazla veya daha az ise? Eğer bölgenin kullanım oranı tasarlanandan az ise (ki kullanım durumunun %90'dan fazlasında böyledir) ortamı aşırı havalandırılarak enerji israf edilir. Öte yandan, kullanım düzeyi tasarlanandan fazla ise (bu da bazen olabilir), o zaman ortam yetersiz havalandırılır ve ASHRAE Std. 62'nin koşulları sağlanamaz. Doğal olarak Denklem 6-1'i hesaplayabilen bir kontrol sistemi bazen doğru miktarda havalandırma sağlar. Ancak, bu sadece ortamın kullanım düzeyinin varsayılan tasarım değerlerine uyduğu zaman olabilir.

CO2 Algılayıcıları – İnsanmetreler

İnsanlar yaptıkları etkinliklere orantılı miktarda karbon dioksit (CO₂) çıkarırlar. Etkinlik düzeyi ne kadar yüksek olursa, CO₂ üretimi o denli fazla olur. Hatta eğer bir bira fabrikası söz konusu değilse, bir bina içindeki CO₂ miktarının ağırlıklı üreticisi insanlardır. Bir diğer gerçek: insanlar yaklaşık 40.000 ppm yoğunlukta CO₂ çıkarırlar. Dış ortam havasındaki CO₂ yoğunluğu ortalama yaklaşık 350 ppm'dir.

ASHRAE Standart 62-1999, Ek D'nin son düzenlemesi, iç ve dış ortam havası arasındaki CO₂ seviyeleri ayırımının nasıl hesap edileceğine ve ortamın kullanım düzeyini tahmin etmek için bu değerlerin nasıl kullanılacağına dair ayrıntılı tanımları içeriyor.

Tasarımcılar ASHRAE'nin Havalandırma Oranı Yöntemi'ni kullanarak en yüksek kullanım düzeyini esas alarak adam başına belli bir havalandırma miktarı sağlamak zorundadır. Konu böyle açıklanınca çok basit gibi görülebilir. Peki, bu kadar basit midir? Binanın en kalabalık olduğu sıradaki insan sayısını alınıp, sonra sistem güvenilirliği için bundan biraz daha fazlasına göre havalandırma sistemi ölçülmesi belirlenir. Bu kadar kolay, fakat sorun da tam burada başlar.

Bazı TKH üreticileri, dönüş hava kanalına, arızaya karşı bir önlem için arıza durumunda otomatik olarak devreye giren ve güvenliği sağlayan bir düzenek olarak CO₂ ölçer eklediler. Bu düzenekte eğer CO₂ seviyeleri belli bir ayar noktasını geçerse dış hava damperi kontrolü ele alır. Bu yöntem dönüş havası ısı algılayıcısı kullanıp bağımsız bölgelerin ısı yüklerini kontrol etmeye çalışmak gibidir. Uygulanabilir mi? Uygulanamaz! Dönüş havası kanalına yerleştirilen her algılayıcı "ortalama" değerleri ölçer. Bölge (zone) düzeyinde havalandırma kontrol edebilmek için CO₂'nin bölge düzeyinde ölçülmesi gerekir.

TKH'nın Üstünlükleri

Talep Kontrollü Havalandırma (TKH) stratejisi hem konfor hem de enerji kazanımı için en iyi olanakları sunar: Havalandırma oranının hassas kontrolü artı sabit havalandırma veya ASHRAE Denklem 6.1 esaslı kontrol sistemlerine göre önemli enerji tasarrufunun getireceği ek yararlar.

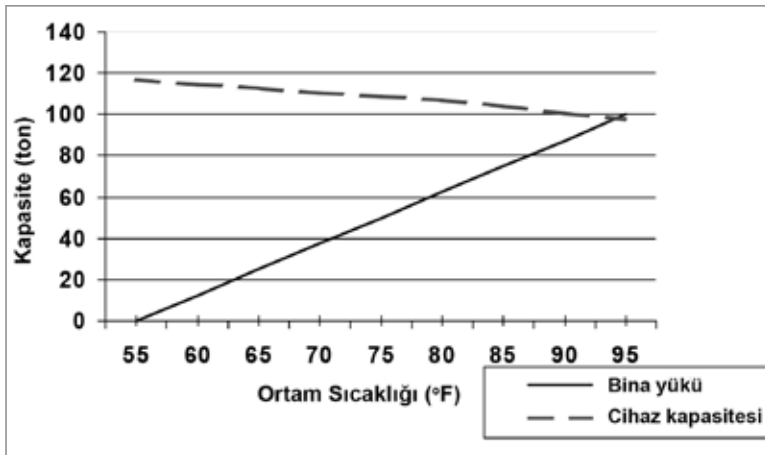
TKH Nedir ve TKH Neden Daha İyidir?

Bir binada insanlar tek CO₂ üreticileri oldukları için, bina içindeki her alanda CO₂ düzeyini ve zaman içinde bu düzeylerdeki değişimleri ölçmek çok kolaydır. Binada bulunan insan sayısı ile iç CO₂ düzeyleri arasında ilişki kurmak yeni bir kavram değildir ve son yıllarda yapılan çalışmalarla yüksek derecede isabetle kanıtlanmıştır.

ASRAE'nin belirttiğine göre adam başı saptanmış bir miktarda havalandırma sağlamak zorundayız ve ortamdaki insan sayısını biliyoruz (CO₂ seviyelerinden), dış hava damperini devamlı ayarlayarak binadaki her bağımsız alana gerekli miktarda havalandırma sağlanabilir.

Kısmi-Yük Profili

Şekil 2'de bir binada temsili 100 ton soğutma yükü profili gösterilmiştir.



Şekil 2. Cihaz kapasitesi ve yük-Ortam sıcaklığı

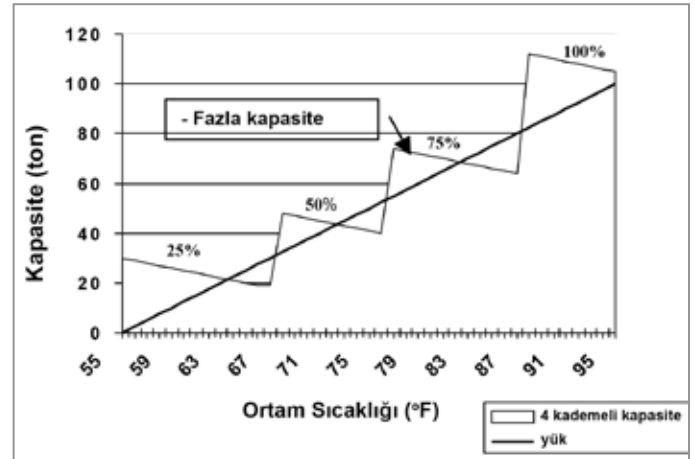
Bir binanın yük profili en basit şekilde soğutma ve ısıtma tasarım noktaları arasında düz bir çizgi çizilerek gösterilir. En yüksek soğutma yükü yaz tasarım sıcaklığında olur ve en düşük soğutma yükü ise yük profili çizgisinin yatay (sıcaklık) eksenle buluştuğu noktada oluşur. Bu noktanın altındaki yükler ısıtma yükleridir ve basitleştirmek amacıyla Şekil 2'de gösterilmemiştir.

Bir başka ilginç olay daha var. Dış ortam ısısı düştükçe cihaz kapasitesi gerçekte artar dış ortam (yoğunlaşan) ısı düşer; Şekil 2'de kesik çizgilerle gösterildiği şekilde. Bu şu anlama gelir: Binanın yükü azaldıkça, cihaz kapasitesi artar. Bu ise istenenin tam tersidir. İdeal olarak, cihaz kapasitesinin binanın yüküyle doğrudan orantılı olarak düşmesi beklenir. Binanın yükü azaldıkça cihaz kapasitesinde bir azalma sağlamak amacıyla üreticiler çok kademeli

kapasite kontrolü yöntemine yönelir. Bu tercih çok kritiktir; çünkü dış hava yükleri ortam ısısındaki değişiklikler nedeniyle iç ortamda değişken ve dalgalanan miktarlarda havalandırma gerekir.

Şekil 3'de tipik yüksek tonajlı bir çatı ünitesinin kısmi yük çalışması gösterilmiştir.

Şekil 3'de merdiven basamağı şeklinde kapasite çizgileri ile gösterilen dört ayrı kapasite aşaması vardır. Ünite



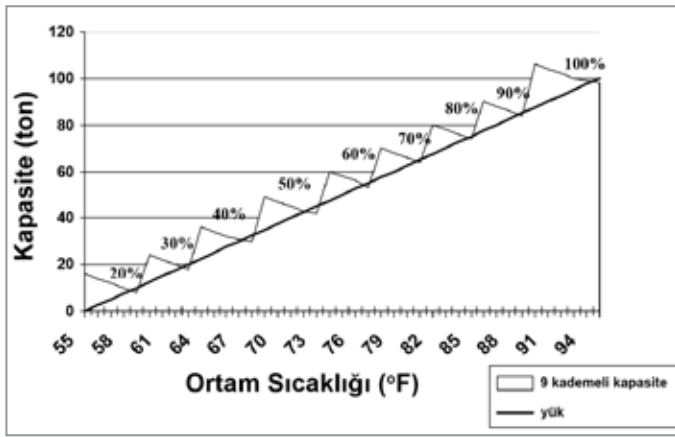
Şekil 3. Kapasite kademeleri ve 4 kademeli çatı HK ünitesi için bina yükleri

kapasitesinin binanın gerçek soğutma yükünü zamanın önemli bölümünde aştığı ve son olarak cihaz kapasitesinin zamanın önemli bölümünde gerçek soğutma yükünün altında kaldığı da görülebilir. Bu ne anlama gelir? Fazla kapasite veya "çevrim"! Yani kompresör çevrimi.

Bir kompresör çalıştığı zaman kompresörün motor sargıları önemli miktarda bir elektrik akımı çeker. Bu enerji kompresör parçalarında, öncelikle motor sargılarında ısı ve mekanik gerilimler yaratır. Sonuç vaktinden önce kompresör yıpranması olur. Bu "fazla çevrim" başka ne etkiler yapar? Kapasite kontrolünün 4 kademesinde, her seferde, 25 tonluk soğutma kapasitesi eklenerek katlanır. Bu da bir kompresörün veya bir grup kompresörün her çalıştığında ya da kapandığında bobinin koşullarında önemli bir değişimle sonuçlanır. Sonuç? Oda sıcaklığında ve nem düzeyinde geniş dalgalanmalar görülür. Ancak çıkış hava sıcaklığını (ÇHS) esas alarak kontrol eden DHA (VAV) sisteminden tam olarak beklenen bu değildir!

Çözüm? Ünite kapasitesinin binanın yüküne daha yakın uyum sağlaması için kapasite kontrolüne daha fazla kademeye eklemek olabilir. Şekil 4'de Şekil 3'deki koşulları 9-kademeli kapasite kontrolüyle gerçekleştirilen durumu gösteriyor.

Şekilden dokuz kademeli kapasite ile ünitenin, gerçek bina yükü profiline çok daha yakın uyum sağladığı görülebilir.



Şekil 4. Kapasite kademeleri ve 9 kademeli çatı HK ünitesi için bina yükleri

Kapasiteye ek kademeler nasıl eklenir? Sisteme ya daha fazla kompresör eklenir ya da kapasite kontrollü kompresörler kullanılır. En yaygın kapasite kontrol aygıtı "silindir yüksüzleştirme" yöntemidir.

Bir silindir yüksüzleştirici yönteminde kompresör silindirlerinin bazılarında soğutkanın akışı kesilir, böylece kompresörün kapasitesi düşürülür. Bunu, bir arabanın gerektiğinde devamlı frene basıp sonra da istenen hızı sürdürmek için gaza basmak yerine, 8 silindirli motorun sadece 4 silindirini kullanarak yakıt verimini artırmasına benzetebiliriz. Bu ek kapasite kademeleri ile ÇHS oda koşulları ve bağıl nem için daha yakın koşullar sağlanabilir ve kompresörün yıpranmasında ciddi azalmalar meydana gelir.

Potansiyel Enerji Kazanımı

Daha fazla kademeli kapasite kontrollü sağlamanın başlıca üstünlüğü gelişmiş konfor ile daha az çevrimle ortam sıcaklığı ve nem seviyesinin daha hassas kontrolü nedeniyle azalan kompresör yıpranmasıdır. Ancak Talep Kontrollü Havalandırma (TKH) stratejisi ile birleşince önemli enerji kazanım olanağı da sağlanır.

TKH'nın maliyet ve yararlarını sayısal ifade edebilmek için ABD'de Texas eyaletindeki Dallas kentindeki 10 salonlu multiplex bir sinema seçildi. Bu mekan THK stratejisini uygulamak için ideal bir mekan. Çünkü gün boyu insan sayısı hem toplamda hem sinemadan sinemaya ciddi farklılıklar gösteriyor. Öğleden sonra matinesi %30-40 dolu olabilir, ama, Cuma akşamı gösterime giren gişe rekorları kıran bir film sinemayı %100 doldurabilir. Ayrıca, bir sinema çok sevilen bir film gösterip salonu doldururken, yandaki sinema daha az popüler bir film gösterdiği için salonu %50 veya daha az doludur. TKH yönteminin uygulanmasına uygun mekanlar; konferans salonları, spor salonları, okul kafeteryaları ve insan sayısının devamlı değiştiği yerler olabilir.

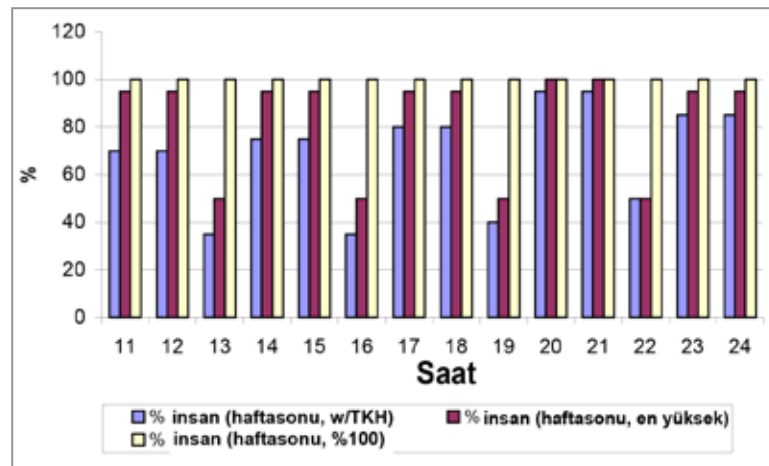
Sinema analizinde 10 salonun ihtiyacı olan havalandırmanın toplam 180 ton kapasiteli, değişen hava akışlı (DHA-VAV) paket tipi çatı üniteleri ile sağlandığını kabul edelim. Bu analizde sadece salonlar dikkate alındı, salonlar arası müşterek alanlar dahil edilmedi.

Bu analiz için üç değişik senaryo incelendi. *Temel Varsayım'da*

her salon tüm kullanım zamanlarında (sabit havalandırma stratejisi), sadece 4 kademeli kapasite kontrollü olan DHA paket tipi çatı üniteleri tarafından en yüksek kullanım düzeyinde (yüzde 100) havalandırıldığını kabul edelim. Her ne kadar bu varsayım olasılığı çok düşük bir senaryo olsa da, en yüksek enerji tüketimine bir ölçüt olması için özellikle seçildi.

İkinci senaryo, *Alternatif #1*, tıpkı birinci varsayım gibi, ama insanlar için ufak bir sapma yapıldı; gece gösterimleri dışında salonların %100 dolmayacağı öngörüldü. Diğer bir deyişle, salondaki insan sayısını bilmiyoruz ve ölçemiyoruz, o zaman tipik bir günde beklenen "en yüksek kullanım" düzeyini veri olarak kabul edebiliriz. ASHRAE Denklem 6-1'i esas alan bir kontrol sistemi bu şekilde çalışır.

Üçüncü senaryo, *Alternatif #2*, gün boyunca kullanım düzeylerinde öngörülen değişiklikleri ölçmek için 9-kademe kapasite kontrollü DHA'lı paket tipi çatı üniteleri ile birlikte CO₂ algılayıcıları kullanan bir TKH kontrol stratejisi canlandırıldı.



Şekil 5. Sinemaların hafta sonu kullanım durumları

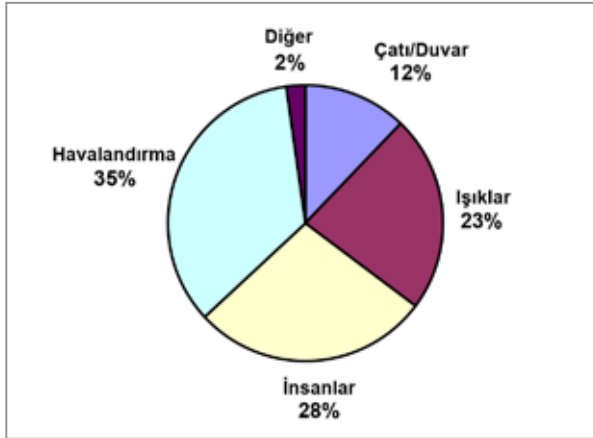
Hafta sonu kullanım durumu Şekil 5'te gösterilmiştir. Hafta sonunda sinemaların kullanım durumları hafta içindekinden bir az daha fazla olacağı varsayılmıştır, böyle olması da beklenir. Basitleştirmek amacıyla ve kullanım farklı zamanlarda önemli değişimler gösterdiği için bütün salonların kullanım düzeyinin gün boyunca aynı olacağı varsayıldı.

İnsan çizelgesinde "en yüksek" değerlerle "TKH" değerleri arasındaki farka bakılınca "TKH" değerlerinin daha düşük olduğu görülür; çünkü dış hava miktarı salondaki insan sayısına tam olarak uygun olmalıdır. "En yüksek" değerler daha yüksektir, çünkü güvenilir bir havalandırma için daha fazla hava sağlanması gerekir (aslında aşırı havalandırma yapmak) çünkü insan sayısı tam olarak bilinmiyor. Başka bir deyişle, "en yüksek" değerlerle sağlanan havalandırma miktarı daha yükseğe, yüzde 100 tasarım değerlerine, her salona yerleştirilen CO₂ algılayıcısının ölçeceği değerlerden daha yakındır. Kullanım düzeyleri arasındaki fark, TKH stratejisini diğer havalandırma stratejilerine tercih edip kullanmanın sağladığı yıllık enerji tasarrufunun başlıca unsurudur.

Enerji Simulasyonu

Örnekte tasarlanan soğutma ve ısıtma yüklerini hesap etmek ve her üç senaryonun yıllık çalışmasını simüle etmek ve ayrıca yıllık işletme giderlerini hesaplamak için saatlik bir bilgisayar simülasyonu programı kullanıldı.

Bir TKH sistemi ile hala cihazımızı ve havalandırma sistemimizi en kötü duruma, yüzde 100 kullanım düzeyine göre ölçümlediğimizi anlamak önemlidir. Fakat insanların sayısını ve gün içinde değişen kullanım oranlarını ölçerek (değişen CO₂ seviyelerini ölçerek), havalandırma damperimizi kısımlıyoruz ve binaya giren dış havayı azaltabiliyoruz. Ek olarak, bütün salonlar ortak bir havalandırma hattında oldukları için ve aynı zamanda bazı salonların neredeyse boş (düşük CO₂ seviyeleri), diğerlerinin doluya yakın olduğunu (daha yüksek CO₂ seviyeleri) varsayarsak, karışım havasının CO₂ oranı azalacaktır. Komşu alanlardan gelen düşük CO₂ düzeyli taze havayı kullanarak, yani dış hava kullanmadan ek havalandırma gereksinimi olan alanı havalandırmak da mümkün olabilir. Bu da, önümüzdeki bölümde göreceğimiz gibi, önemli ölçüde enerji kazanımı sağlar.



Şekil 6. Soğutma yükü bileşenleri

Sinema için bir tasarım gününde soğutma yükü unsurları Şekil 6'da verilmiştir. Çizelgeden göreceğiniz gibi, tasarlanan soğutma yükü ¼ ışıklar, ¼ insanlar, 1/3 havalandırma ve geri kalanı çatı ve duvarlardan gelen ve diğer yüklerden oluşur.

Gösterildiği gibi, "havalandırma" en büyük yük unsuru ve bu nedenle de potansiyel enerji kazanımı için en önemli bileşen. Tasarım koşullarında en kötü senaryoyu, yani bütün iç yüklerle (ışıklar, insanlar, cihazlar vb) ve havalandırma gibi bütün sistem yükleriyle en yüksek değerlerinde görüyorsunuz. Tartışmamızın geri kalan bölümünü soğutma yükünün havalandırma unsuruna odaklayacağız, çünkü Talep Kontrollü Havalandırma (TKH) stratejisini kullanarak tasarruf etmemiz için en yüksek potansiyel burada yatıyor.

Bu analizde, başlıca iç hava kirleticilerin binayı kullanan insanlar olduğunu varsayıldı. İnsanların ürettikleri bu kirlilikler "biokirliticiler" olarak adlandırılır. Toplam gerekli havalandırma miktarını oluşturan başlıca iki unsur vardır. Birinci unsura "kişi başına ha-

valandırma oranı" (Örn; 15 CFM/şahıs) denilir ve ASHRAE Std. 62-99'da Tablo 2'de listelenmiştir. İkinci unsur "temel havalandırma oranı" diye adlandırılır. Bu oran temizleme ürünleri, inşaat malzemelerinden veya bina dananımlarından (halı, duvar kağıdı ve mobilya) duman/gaz gibi bina-üretimi kirlilikleri seyreltmek için önerilen en düşük değerdir. Başka bir deyişle, binada hiç kimse olmasaydı bile, bina-üretimi kirlilikleri seyreltmek için yine de temel havalandırma oranının sağlanması gerekirdi. Temel havalandırma oranı, binanın yaşına bağlı olarak, genellikle tasarımın %15 ile %50'si arasında kabul edilir. Yeni bir binada inşaat nedeniyle daha yüksek miktarda duman/gaz olabilir ve daha eski bir binada inşaat malzemelerinden daha az gaz salınacaktır. Tasarım havalandırma oranının %20'si kadar bir temel havalandırma oranı mevcut bir bina için makul bir varsayımdır ve bu analizde bu değer kullanılmıştır.

Varsayımları	Tanımı	Yıllık Toplam HK Enerji Gideri	Yıllık İşletme Gideri Tasarrufu Temel Hat Vakası
Temel Varsayım	Sabit Havalandırma (%100) Dört Kademeli Kapasite	\$53,833	\$0
Alternatif #1	ASHRAE Denklem. 6-1 Kontrol Sistemi Dört Kademeli Kapasite	\$45,889	\$7,944 (15%)
Alternatif #2	Talep Kontrollü Havalandırma (TKH) Dokuz Kademeli Kapasite	\$40,101	\$13,732 (25%)

Tablo 1 – Yıllık İşletme Giderleri Sonuçları

İşletme Giderleri Tasarrufları

Her senaryo için yıllık giderler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Ekonomik sonuçları özetlersek: Alternatif #2 (ASHRAE Denklem 6-1 Havalandırma Kontrol Stratejisi) Temel Varsayım'a göre yaklaşık %15 daha fazla kazandırmıştır. Ancak Alternatif #3, TKH stratejisi, bundan %10 daha fazla enerji tasarrufu, toplamda %25 kazandırmıştır.

Tekrar vurgulayalım, bu yıllık işletme giderlerindeki ek kazançlar iki etkene bağlıdır. Birincisi, TKH stratejisi nedeniyle havalandırma miktarındaki düşüş. İkincisi, sistem için dört kademe kapasite kontrollü kompresörlerin fazla çevrimi nedeniyle kısmi yük koşullarında verimdeki düşme sistem fazla çalıştığı zaman meydana gelen daha düşük doymuş emme sıcaklığı (ES) nedeniyle oluşur. Daha önce Şekil 6'da görüldüğü gibi, sadece 4 kademeli kapasite ile sistem zamanın çoğunda aşırı ölçü koşullarında çalışıyor. Düşük ES kompresörün daha fazla çalışmasını gerektirir, zira kompresörün "kaldırma"sı bu dönemlerde daha büyüktür ve kısmi yük enerji verimi oranı (EER) de düşer.

Analiz Varsayımları

Çatı ünitelerinin üzerindeki dış statik basınç 2,0 in.wg'dir.

Havalandırma miktarları, ASHRAE Std. 62-99'a uygun, bir salon için 7½ cfm/kişi olarak seçildi. Bu miktar ASHRAE Std. 62-99 Tablo 2 değerinin yarısıdır (15 cfm/kişi). Çünkü kesintili kullanım ve sinemaların devamlı olarak üç saatten az sürelerde kullanıldıklarına göre hesaplama yapılmıştır (Std. 62-99, paragraf 6.1.3.4).

İç aydınlatma düzeyi 3,0 Watt/ft² olarak, çeşitli elektrikli cihaz, projektörler vb hesapları için 1,0 Watt/ft², elektrik fiyatı \$0,10/kWsaat, doğalgaz fiyatı \$0,70/therm olarak kabul edildi.

Özet ve Sonuçlar

Dallas, Texas'ta simule edilen bu bina için, dokuz kademeli kapasite kontrollü talep kontrollü havalandırma (TKH) sisteminin sabit havalandırma sistemine göre yıllık işletme giderinde yaklaşık %25 tasarruf sağladığı görüldü. Ek olarak, TKH sistemi sadece dört kademe kapasite kontrolü olan ASHRAE Denklem 6-1 bazlı kontrol sistemine göre %10 tasarruf sağladığı belirlendi.

Ek kademeli soğutma kapasitesi ile bileşen TKH sistemi kullanmanın kazanımlarını tekrar belirtelim:

- TKH, ASHRAE Std. 62-99'a göre onaylanmış bir yöntemdir.
- Sabit havalandırma veya ASHRAE Denklemi 6-1 tipi sistemlerle karşılaştırıldığında önemli enerji tasarrufu sağlar.
- İlk yatırım tasarrufu; nispeten ucuz paket tip çatı ünitelerinde kontrollerin olması nedeniyle.
- Bağımsız bölgelerdeki CO₂ düzeyleri gözlemlenebilir ve veriler kaydedilebilir; hem eğilimleri belirlemek hem de havalandırma kurallarına uyum sağlandığını kayıt altına almak için.
- Pahalı ve karmaşık akış ölçüm istasyonları ve damperleri gerektirmez.

- Değişken ortam kullanımı olduğu zamanlarda bağımsız bölgelerin aşırı veya yetersiz havalandırma durumlarını azalır.

- Daha az kademeli kapasite kontrolü olan sistemlerle kıyaslandığında, çıkış hava sıcaklığı daha hassas kontrol edilebilir (özellikle DHA-VAV sistemlerinde).

- Ortamda konfor koşulları daha iyidir.

- Kompresörlerde daha az çevrim, dolayısıyla uzun-vade güvenilirliği geliştirmek ve cihazın ömrünü uzatmak.

- Kompresörler çevrime zorlanmak yerine boşaltılarak, çatı tipi HK ünitesinin en uygun doymuş emme sıcaklığında (DES) ve sıkıştırma oranında çalışması sağlanır. Ek kapasite kademeleri olmadan, çatı tipi HK ünitesinin daha düşük DES ve daha yüksek sıkıştırma oranında çalışır. Bunun sonucu olarak kompresör verimi kısmi yükte önemli bir düşüş gösterir.

References

1. Hourly Analysis Program, v. 3.22; Carrier Corporation; Syracuse, NY
2. ASHRAE Standard 62-99; Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.; Atlanta, GA; 1999.
3. Schell, Mike B, Turner, Stephen C., P.E. and Shim, R. Omar. "CO₂-Based Demand-Controlled Ventilation Using ASHRAE Standard 62: Optimizing Energy Use and Ventilation"; ASHRAE Transactions Symposia; TO-98-21-1; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.; Atlanta, GA; 1998.