



bu bir MMO  
yayıdır

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

## Değişebilir Hava Debili Sistemler (Variable Air Volume (VAV) Systems)

Recep AKKOYUNLU

KLISOM A.Ş.

# DEĞİŞEBİLİR HAVA DEBİLİ SİSTEMLER (VARIABLE AIR VOLUME (VAV) SYSTEMS)

Recep AKKOYUNLU

## ÖZET

Değişebilir Hava Debili (DHD) sistemler, tamamen havalı sistemlerdeki bir tasarım ve uygulama şekli olup, iklimlendirilecek mekanın kuru termometre (KT) sıcaklığını, besleme havası sıcaklığını değiştirmekten ziyade, besleme havasının debisini değiştirerek kontrol etmek esasına dayanmaktadır. Tamamen hava ile ısıtılıp, soğutulan binalardaki farklı mekanlarda, günün farklı saatlerinde çok fazla değişebilen ısı yükleri, en iyi şekilde bu değişime paralel olarak değişen hava debileri ile karşılanabilir. Öyle ki, binanın herhangi bir mekanında ısı yükü azalırken, mekanda devir edilen hava debisi azalacak, ya da tersi. Böyle bir uygulama, gereksiz enerji tüketimini ortadan kaldıracığından iki yönlü avantaja sahip demektir; yani konfor maksimize edilirken enerjinin yıllık tüketimi minimize edilebilmektedir. Tabii ilk tesis maliyetini gözde almak kaydıyla.

## GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde çok yaygın uygulaması bulunmayan DHD sistemlerini olabildiğince tanıtmak ve konuyu tartışmaya açmaktır.

Şimdi isterseniz konunun tanınmasına önceliği verip tartışmayı sonraya bırakalım.

Tamamen havalı sistemler a) Tek zonlu b) Çok zonlu veya a) Tek kanallı b) Çift kanallı sistemler diye sınıflandırılmaktadır. Tek kanallı sistemler, bir seri hava akış kanalı içinde ana ısıtma ve soğutma serpantinlerini içerir. Sabit sıcaklıktaki havayı taşıyan bir ortak kanal şebekesi bütün hava dağıtım ünitelerini besler. Çift kanallı sistemlerde ise, paralel akış veya seri paralel akış kanalları ısıtma ve soğutma serpantinlerini içerir. Burada DHD sistemlerinin 5 farklı uygulama şekli kısaca açıklanacak, uygulamalara değinildikten sonra, projelendirme için tasarım parametreleri incelenecektir.

## A-BAŞLICA UYGULAMA ŞEKİLLERİ

### 1-Tek Kanallı Basit DHD Sistemi

Çeşitli zonlarda aynı anda soğutma ve ısıtma işlevine sahip olmayan tipik soğutma uygulamasıdır. Binanın ısıtma gereksinimi, normal olarak çevre radyasyonu, radyant ısıtma ya da bir bağımsız sıcaklığı değişebilen sabit debili sistem ile karşılanır. Fan sistemi, tek tek her zondaki pik yüklerin toplamını değil de, en büyük blok yükü karşılayacak şekilde dizayn edilir. Gün boyunca her bir zonun pik yüküne ulaştığı saatler değişiktir. Bir zon pik yaparken, düşük yükteki zonlardan fazla havayı ödünç alabilmektedir. Yük değişimlerine göre zonlar arasındaki bu hava alış verişini sadece doğru dizayn edilmiş bir DHD sistemi ile olanaklıdır. Bu durum, sabit debili sistemlere göre fan ve ana hava kanallarının daha küçük

boyutlarda seçilmesi ve dizayn edilmesi, dolayısı ile ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi sonucunu doğurur. Şekil 1 tek kanallı basit DHD sisteminin prensip şemasını göstermektedir. Sadece soğutma uygulamalarında, hava maksimum oda ısı kazançlarını karşılayacak şekilde belirli bir sıcaklıkta gönderilir. Yük azalırken oda termostatı besleme havasının debisini azaltır. Yük artarken de debiyi artırır.

## 2-Tekrar Isıtılmalı Veya Çift Kanallı DHD Sistemi

Zonun soğuk besleme havası kısıldıktan sonra, her zonda ardarda sıralanan tekrar ısıtma ve karıştırma ile, sabit debili sistemlere oranla çok daha verimli enerji kullanımı ile, esnek bir şekilde tam ısıtma ve soğutma başarılabilir. Bu hem iç hem de çevre mekanlara uygulanabilir. Sistem ve/veya fan debisi, fan baypası veya dönüş havasının atılması ile sabit tutulabilir.

## 3-Bağımsız Çevre Sistemli DHD Sistemi

Bir sabit debili çevre sistemi ile bağlantılı olarak, iç mekanlara hizmet eden bir DHD sistemi sayesinde tamamen hava ile soğutma ve ısıtma gerçekleştirilebilir. Doğrudan güneş ısı kazançlarının olduğu kadar, bütün zon iç ısı kazançlarındaki değişikliklere karşı da duyarlı bir şekilde DHD sistemi yıl boyunca soğutma sağlar. Çevre sistemi, basitçe dış transmisyona ısı kazanç veya kayıplarını karşılayan sabit debili hava beslemesinde bir iç/dış sıcaklık tablosu kullanır. DHD sistemi her zonanın yük değişikliklerine duyarlı (bina kabuğundaki transmisyona hariç) ve bütün dış hava gereksinimlerini karşıladığı için, çevre sistemi özel zon kontrolü (işletme ekonomisi için hariç) ve dış hava gerektirmez. Eğer bir sulu sistem (radyatör) çevre ısıtması varsa, çevre ısıtma sistemi yaz iletim ısı kazançlarını değil ama, kış iletim ısı kayıplarını karşılar, DHD sistemi yıl boyunca tüm zonalardaki soğutma gereksinimini tamamen hava ile karşılar.

## 4-Sabit Zon Debili DHD Sistemi

Zona beslenen sistem birincil havası kısıılırken, zona minimum veya sabit besleme havasını korumak için özel zon fanları kullanılabilir. Bu sistemlerdeki terminaller genellikle fan tahrikli terminallerdir.

Yük, dönüş havası tekrar devredilerek karşılanır, böylelikle kısılan sistem havası ve tekrar devredilen dönüş havası tamamıyla sabit tutulur.

Bu teknik, iç yüklerde büyük değişiklikler gösteren zonlar için kısmen kullanışlıdır. Örneğin konferans salonları vb. Tekrar ısıtıcı terminal ile de techiz edilebilir. Soğutma yükünün azalması sürecinde, içinde bulunan mekandaki havanın iyi sirkülasyonundan emin olmak için fan tahrikli terminaller kullanılabilir.

## 5-Ekonomizör Çevrimli DHD Sistemleri

Dış havanın entalpisi, dönüş havasınınkinden daha düşük olduğu zaman, havalandırma için gerekli olandan daha fazla dış hava alarak soğutma grubu yükü azaltılabilir, dönüş havasının fazlası dışarı atılabilir.

Uygun şartlar altında dönüşün tümü atılır ve yerine dış hava alınır. Bu uygulama şekli "Ekonomizör çevrimi" olarak adlandırılır. Bu çevrim, büyük dış hava girişleri ve dönüş havası atışları nedeniyle, belirli iklim koşullarında işletmenin ekonomisinin iyileşmesine katkı yapmaktadır. Sıcak güney bölgelerinde bu çevrim beklenen işletme ekonomisini sağlamaz. Zira büyük dış hava girişleri ve dönüş havası atışları uygulamasına elverişli iklim koşullarına yeteri kadar rastlanmaz. Bununla sağlanacak ekonomi bunun için yapılan yatırım maliyetini karşılamaz.

## B-UYGULAMALAR

DHD sistemleri, kontrolü kolay, yüksek enerji verimliliğine sahip, oldukça iyi oda kontrolüne olanak tanıyan, ekonomizör çevrimlerine kolaylıkla uygulanabilen sistemlerdir. Bir potansiyel dezavantajı, özellikle düşük yük zonları altında, kötü havalandırma olasılığı içermesidir. Bu sistemler ofisler, dersaneler ve birçok benzeri amaçlı yapılar için uygun olur; ve en çok da, sık değişen gizli ısı yükleri altında nem kontrolünün güçlüğüyle yapılabildiği durumlara rağmen, ticari ve kamu amaçlı yapılarda isabetli sistem seçimi olabilmektedir.

## C-DİZAYN PARAMETRELERİ

### 1-Psikrometrik analiz

Bağımsız çevre ısıtmalı bir DHD sistemi elemanlarının tipik bir düzenlenişi Şekil 1 de görülmektedir. Yaz ve kış çalışmaları için maksimum ve kısmi yük performansları Şekil 2 deki psikrometrik diyagramdan izlenebilir. Yalnızca soğutma uygulamaları için, maksimum mekan ısı kazançlarını karşılayacak şekilde belirli sıcaklıkta besleme havası mekana gönderilir. Yük düşerken oda termostatı hemen besleme havasının debisini azaltır. Sistem kapatıldıktan sonra da, bu mekanın sıcak kalması arzu ediliyorsa, kısa süre için elle veya otomatik kumanda edilebilen bir ısıtıcı serpantin sisteme monte edilebilir. Dış hava debisi sabit tutulurken, sistem besleme havası kısıldığı zaman, kışın soğuk dış çevre şartlarındaki dış havayı ısıtmak gerekli olabilir. Dizaynda fandan gelen ısı kazançları, tavandaki lambalar ısısı, hava karışımları gibi unsurlar ihmal edilmemelidir. Zon kanal şebekesi ve değişken debi terminalleri, hem duyulur ve gizli, hem de havalandırma yüklerinden hakim olan faktöre göre boyutlandırılmalıdır.

Projeci; ya sistemin rastlantısal blok yükünden ya da blok duyulur yüküne ilaveten tüm hava gereksinimlerinden maksimum sistem debisini belirlemelidir. Ancak unutulmaması gereken nokta şudur: Bina sakinleri termostatlarını dizaynda belirlenen ve esas alınan değer altına set ederlerse, o zaman blok yüke dayanarak belirlenmiş miktardan daha çok besleme havasına gereksinim duyulur. Bu koşullar altında, sistem sadece blok yüküne dayanarak dizayn edilirse, bina sakinleri besleme havası eksikliğinden yakınabilirler. Her ne zaman verilmiş bir çığ noktası şartında besleme havası debisi kısılsa, onun nem alma kapasitesi düşer.

Nem alma kapasitesi üzerinde hava debisini azaltmanın etkisi Şekil 2 de gösterilmiştir. Burada  $O_1$  ve  $O_4$  yüksek ve düşük gizli yük zonlarını ifade eder. Uygun hava debisini belirlemeden önce, yüksek gizli yüke sahip mekan psikrometrik diyagram üzerinde dikkatle incelenmelidir. Bazı projeciler, sabit debili zonlar gibi, gizli yükler veya ventilasyon yüklerinin hakim olduğu zonları dizayn etmeyi tercih eder çünkü o yüklerden birindeki değişikliklere termostat cevap vermez. Bu ise bütün şartlar altında yeterli olabilecek hava debisi miktarını sağlar.

Sistemdeki ve her zondaki minimum hava miktarları irdelenmelidir. İlk nem alma ve havalandırma (ventilasyon) için kontrol edilmeli, ikincisi, terminal kısmından meydana gelen geri basınçtaki artış, onun fanlar ve kanallar üzerindeki etkisi ve statik basınç kontrolüne ihtiyaçları kontrol edilmelidir. Üçüncü olarak da terminal cihazlarında kısmadan kaynaklanan, potansiyel gürültü problemleri çözülmelidir. Eğer, minimum sistem debisinde, fan deşarjında statik basınçtaki artış, fan dengesizliği, dağıtım dengesizliği veya son terminalde aşırı basınç düşümüne sebep olacak kadar büyük değilse, debi ayarı ve/veya sistem statik basınç kontrolü gerekli olmayabilir. Herhangi bir zonda ve sistemdeki minimum kısma oranı (kısılmış akışın tam akışa oranı) aralığı seçilmelidir. Sistemin kısma oranı %50 nin altına düşmemelidir. Zorunlu havalandırma kriterini bozmaksızın, bir zonda kısma oranı %25 gibi bir seviyeye kadar azaltılabilir.

Sistem dizayn statik basıncı ne kadar düşükse, kanal şebekesi o kadar küçük, kısma oranı o kadar yüksek olur, sistem statik kontrolüne de o kadar az gereksinim duyulur. Statik basınç kontrolleri fan dengesini ve dağıtımın dengesini korumak, işletme maliyetlerini iyileştirmek, ve sistemin gürültü karakteristiklerini dengelemek için kullanılabilir.

Minimum havalandırma havası miktarları aşağıdakilerle sağlanabilir.

- Bir sistem esası üzerinde besleme havası sıcaklıklarını yükselterek
- Her bir zon için tekrar ısıtma esası üzerinde besleme havası sıcaklıklarını yükselterek
- Havalandırma sisteminden bağımsız odadaki yardımcı ısıtıcı ile

Tam yüklü zon hava sirkülasyonu aşağıdakiler tarafından sürdürülebilir.

- Oda havası ile besleme havasının değişen miktarlarının karışımı veya tavan plenum havasının özel zon fanı ile sirkülasyonu
- Tavan Endüksiyon ünitesi sirkülasyonu

Olması gerekenden büyük boyutlu DHD terminaleri gürültülü çalışma eğilimindedirler. Çünkü onlar her zaman kısalmış olmalıdırlar. Daha iyi bir akustik sağlamak için gereken miktardaki tam akışta terminaldeki basıncı azaltacak şekilde boyutlandırılmış bir delikli sac parçası kutudaki akışa karşı monte edilerek, söndürmesi zor olan alçak frekanslı gürültü, söndürmesi kolay olan yüksek frekanslı gürültü ile değiştirilebilir. Çok delikli plaka, havayı geçişte zorlayarak düşük frekansların sönümlenmesine ve enerjinin dağıtılmasına sebep olur. Debi ve basınçtaki değişim için belirlenmiş ampirik ilişki,

$$V_2/V_1 = (P_2/P_1)^{0.5}$$

ile delikli sacdan geçişin bu parabolik kontrol fonksiyonuna uygun olduğu gösterilmiştir. Bu ise, DHD sistemlerinde elle kumanda damperleri kullanmanın yanlış bir uygulama olacağına kanıttır. Çevre ısıtması için radyasyon temin edilirken (Bağımsız çevre sistemli DHD'de görüldüğü gibi) iletim ısı kayıpları karşılanacak şekilde boyutlandırma yapılmalıdır. Isı dış sıcaklığa orantılı olarak radyasyon tarafından temin edilir ve DHD sistemi çevre mekanlar için olduğu kadar iç mekanlar için de bütün dış hava gereksinimlerini genellikle karşılar. Eğer radyasyonun iletim ısı kayıplarını tam olarak karşıladığı varsayılırsa, iç mekan yükleri ( konfor ve koku kontrolü için havalandırma gereksinimleri ve hava hareketini sağlayacak olan) DHD terminalinin açık kalmasına sebep olacaktır.

Geçiş yüklerini karşılamak için bir çevre veya sınır hava sistemi kullanılırken aynı etki üretilebilir.

Şekil 2 de kesikli çizgiler özel oda koşullarına karşılık gelirken, kesiksiz çizgiler ortalama sistem koşullarına denk gelir. Psikrometrik diyagram hava debisindeki değişiklikleri göstermez;

## 2-Hava Perdesi Sistemi (Air Skin System)

Bir özel çevre sistemi, bina kabuğunu geri kalanından ısı olarak etkinlikle ayırmak için, kabuktan iletilen bütün ısı yükleri karşılar. O bir sıcak sulu radyasyon sistemi olabilir, veya kabuk alanı boyunca bir ayrılma sistemi olabilir. İç sistem bir yıl boyu esasına göre %100 güneş yükü için boyutlandırılırsa, hava perde sisteminin hava debisi miktarı genellikle ısıtma gereksinimi tarafından belirlenir. Güneş soğutma yükü olmaksızın bir tipik çevre sistem sıcaklık tablosu aşağıdaki gibi olabilir:

Dış hava sıcaklığı (°C)	:	35	24	-18
Çevre sistemi besleme hava sıcaklığı (°C):	:	18	24	49

Hava perde sisteminin dizayn sorunları sabit debili tek kanallı sistemdekiler gibidir.

Çevre radyasyonunu zonlamanın doğru ve pratik olup olmadığı irdelenmelidir, ya da hava perdesi özel sıcaklık cetvelleri , onların kullanılabilirliğini sınırlayan faktörlerin şüphelilik görüntüsünü açığa vurur:

- 1-Güneş yüklerini değiştiren, komşu binaların hareket eden gölgeleri,
- 2-Uniform olmayan cam alanlar,
- 3-Hareketli gölgeleme cihazlarının değişen konumları

Bu tarzda bir zonlamanın amacı, ya yüksek güneş yükü veya iç yüklerle sahip alanlara fazla ısıyı taşımaktan kaçınarak enerji depolamaktır, ya da , DHD sisteminde, düşük soğutma yüküne sahip

alanlara fazla ısıyı taşıyarak, bir sıralı sıcaklık kontrol metodu gibi, kısılan DHD terminalini biraz düşük sınırdaki tutmaktadır. Aksi durumda, geniş ve bazen homojen olmayan alanlarda bir battaniye yaklaşımı etkisiz kalır. Bazen her oda içindeki çevre havasının temini üzerinde modüler kontrol şekli, elle olsa bile, otomatik kontrole tercih edilebilir.

Eğer çevre sistemi, sadece bir ayrı hava santrali ile sirküle edilen havayı kullanırsa, lambaların ısı ve dönüş fanı ısı serbest ısı gibi dikkate alınabilir. Eğer bir genel hava santrali sistemi hem iç hemde çevre sistemler için kullanılırsa, bu, soğutma kayıplarının ve oda dönüş havasının sonradan tekrar ısıtılması gereksinimini ortadan kaldırır.

### 3-Hava Debisi

DHD sistemlerinde, toplam ısının, asma tavan içinden geçen dönüş havası tarafından lambalardan yukarı çekilen kısmının gerektiği şekilde hesaba katılmasına önem verilmelidir. Eğer, dizayn soğutma yüklerindeki oda duyular ısı yükü, dizayn debisini azaltma eğiliminde olan dönüş havası aydınlatma yükleri tarafından çok fazla azaltılmışsa, kısmi yüklerde değişken debiyi azaltmak için geçerli bir önlem olmayacaktır. Bu nedenle değişken debili sistemlerde dönüş havası aydınlatma yükleri bir dezavantaj olabilir. Eğer net oda yükleri bu mantıkla belirlenmezse, DHD sistemi tam yükte kısmi kısılmış olarak çalışan fazla hava debili bir DHD sistemi olacaktır.

Bir pratik bakış açısına göre, eğer DHD cihazı bir uygun termostat ayarında tamamen kapanırsa, ticari yapılar için pek çok havalandırma usullerine aykırı da gelse, koşullar, konfor dışı mekanların binlercesinde yaşanan koşullara benzer olacaktır. Özel uygulamalar hariç, öyle koşullara hiç gereksinime duyulmaz. İkincil hava hareketi üretmek için daha yüksek aspirasyon tipi çıkışlara gerek duyulabilir.

Bir DHD sisteminin besleme ve dönüş hava kanalları boyunca bir tipik basınç dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir. Mekan içinde bir hafif pozitif basıncı sağlamak, korumak için, bir esas dizayn konusu, besleme ve dönüş hava dağıtım sistemleri ile beraber, besleme ve dönüş fanlarını boyutlandırmaktır. Fakat, madem ki bir DHD sisteminde zon damperlerinin konumları durmadan değişiyorlar, o halde bir dizayn kombinasyonu ile tüm işletme koşullarındaki basınç gereksinimleri karşılanamaz. En iyi çözüme besleme fan basıncının otomatik kontrolü ile ulaşılır; ki o aynı zamanda enerjiden tasarruf olanağı da sağlar. Besleme fanının kapasitesindeki azalma, fanın tam kapasite ile çalışmasına oranla A ve B noktalarındaki (Şekil 3) basıncı düşürür. Böylece olması gereken zon basıncından sapmalar en aza indirgenir.

DHD uygulamalarında havanın dağıtımı oldukça önemlidir. Maksimum ve minimum akışlardaki dağıtım ve ses seviyeleri dikkatle irdelenmelidir. Eğer maksimum akıştaki terminal ünitesi ve dağıtıcının birleşik ses seviyesi, mekanı kuşatan ses seviyesinin altında, en fazla 30 desibel ise, ses seviye değişiklikleri önemsenmeyecektir. DHD sistemlerini etkileyebilen yerel hızlar konusu da ayrıca incelenmesi gerekli konulardan biridir.

### 4-Dönüş Havasına Karşı Denge Fanları

Ekonomizör çevrimli DHD sistemlerinde performans, dönüş havası fanını genellikle bir dengeleme fanı ile değiştirmek sureti ile iyileştirilebilmektedir. Şekil 4 bir tipik ekonomizör çevrimini gösterir. Dönüş havası fanı tüm dönüş havasını taşır ve fazla (relief) hava egzost edilir. Sistemdeki çeşitli bölgeler için karakteristik basınçlar gösterilmiştir. Dönüş havası damperi 1,5 inç SS basınç düşümüne göre boyutlandırılır. Dış hava damperine karşı basınç üç kat düşer. Eğer bu yapılmaz ise, damper dengesizliği meydana gelir ve damper pozisyonları bir miktar rüzgar koşulları ile hava egzost açıklığına doğru ve hava girişinden dışarıya üflenebilir. Şekil 5 de gösterilen düzenleme kullanılarak fan gücü azaltılabilir. Burada dönüş havası damperine karşı basınç düşümü 1,5 inç SS'ndan 0,5 inç SS'na kadar düşürüldü. Her durumda besleme havasının taşıma enerjisi değişmez. Sadece dengeleme havası (relief air), 1,5 inç SS dengeleme havası basınç düşümüne karşı zorlanmış olmalıdır. Dış hava kanalındaki akış ölçme merkezlerinin çıkışları ve dengeleme havası kanalı bir karşılaştırmalı kontrol cihazına girer. Onun çıkışı dengeleme fanını, sürekli olarak dengeleme hava debisini dış hava debisine eşit kılacak şekilde kontrol eder.

Her ne zaman ekonomizör çevrimi devre dışı kalırsa dengeleme hava damperi kapanır. Binanın gereğinden fazla pozitif basınçlanmasını önlemek için, tuvalet ve diğer egzostlar yeterli dengeleme

sağlayacağından, minimum dış hava debisi korunmuş olur. Şekil 5 'deki sistemin avantajları aşağıdaki gibidir.

- Dönüş havası damperi, diğer damperler gibi aynı basınç düşümü için boyutlandırılır.
- Sistemde, ekonomizör çevrimi her devre dışı kalışında toplam sistem basıncı %20 civarında düşer.
- Rüzgar etkileri en aza indirilmiştir.
- Dönüş hava fanı tarafından üretilen ısı ortadan kalkar, bunun sonucu olarak soğutma serpantini üzerindeki yük aynı oranda azalır.

## D-SONUÇ

Değişken debili sistemler, diğer sistemlerle karşılaştırılırsa, minimum yıllık enerji tüketimi ile esnek soğutma temin etmek için doğal bir potansiyele sahip oldukları görülür. Bunu olanaklı kılan başlıca dizayn karakteristikleri ise şunlardır:

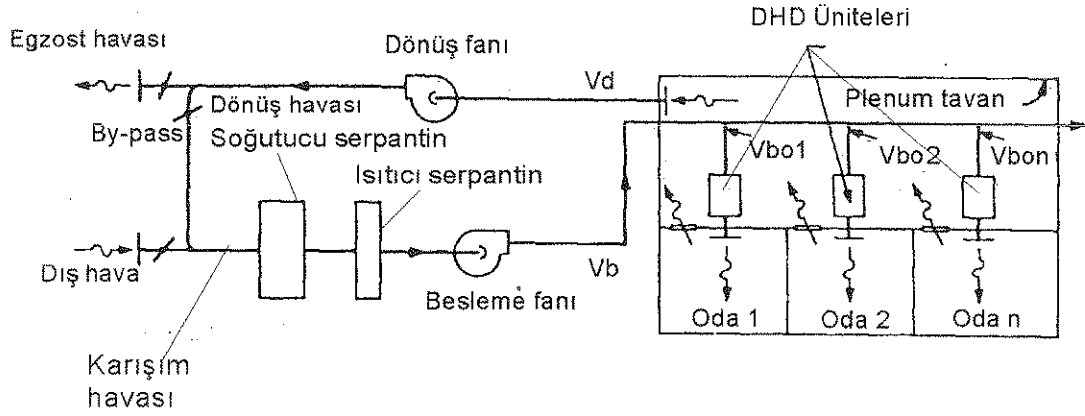
- 1- Sistem hava debisindeki azalma, zonlardaki debi azalmalarının toplamı ile uyuşur. Bu, soğutma enerjisinde dolaylı, fan enerjisinde ise doğrudan tasarruflar sağlar.
- 2- Sistemin projesi bütün iç zonsal değişiklikleri ( bütün görünüşler ) kapsadığı zaman, fan, zon piklerinin toplamı için olandan ziyade, sadece blok yükler ( rastlantısal zon pikleri ) için seçilebilir. Her durumda, psikrometrik analizde işaret edildiği gibi, eğer bina sakinleri termostatlarını dizayn değerinin altında daha düşük bir değere set ederlerse, bunun sonucunda hava kapasitesinin yetersiz olduğu duyusuna kapılabilirler.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

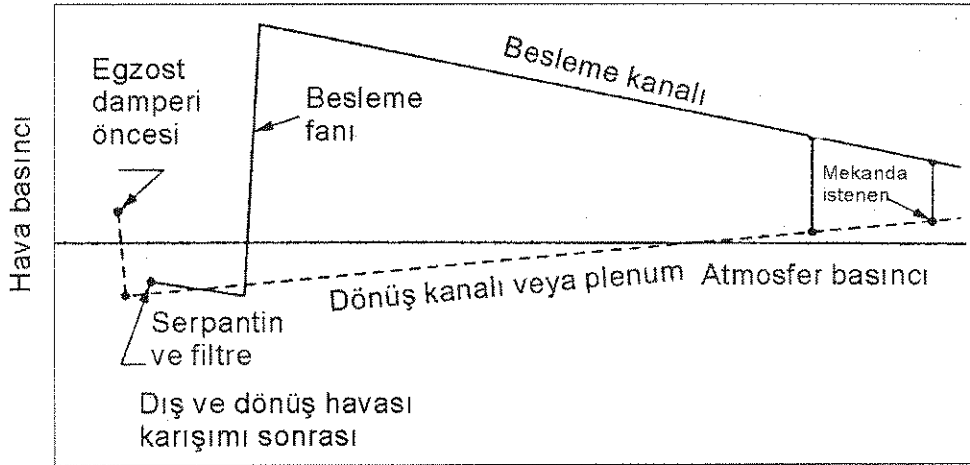
- 1- ASHRAE Handbook, 1987
- 2- Air-Conditioning Systems Design Manuel , Published by ASHRAE, 1993

## ÖZGEÇMİŞ

Recep AKKOYUNLU, 1951 yılı Gümüşhane doğumlu olup, 1975 de İTÜ Makine Fakültesinden mezun olmuştur. 1,5 yıl süreyle Alarko'da, 8 yıl süreyle Türkiye Elektrik Kurumu'nda, daha sonra da TEBA'da 9 yıl kadar ağırlıklı olarak ısıtma soğutma ve iklimlendirme konularında çalıştıktan sonra 1996 da TEBA'dan emekli olmuştur. Halen KLİSOM A.Ş.' de çalışmaktadır.

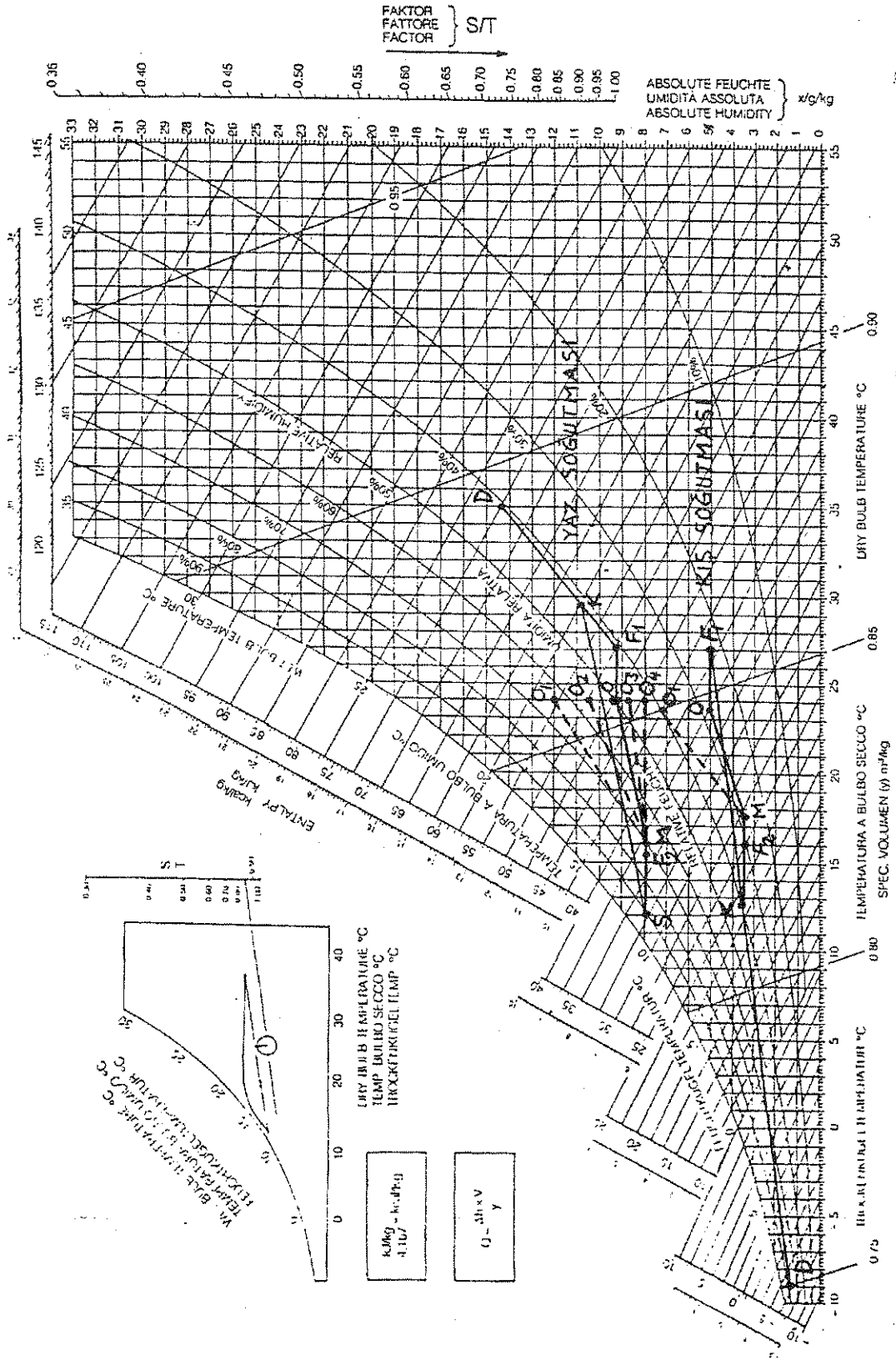


Şekil 1. Tek kanallı basit DHD sistemi



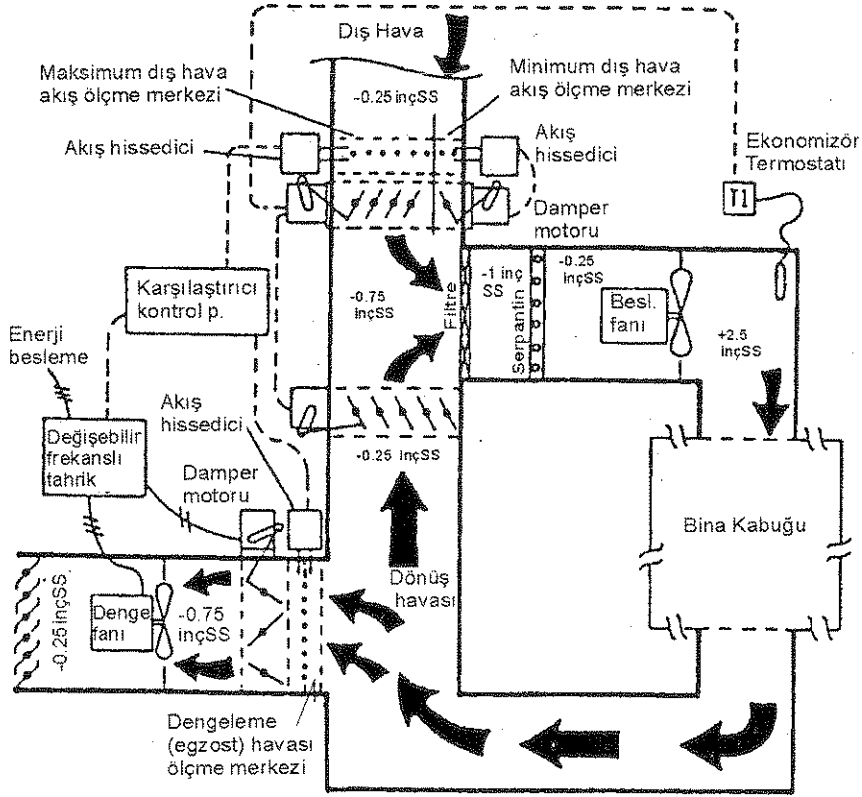
Şekil 3. DHD sisteminin besleme ve dönüş kanlarındaki basınç dağılımı



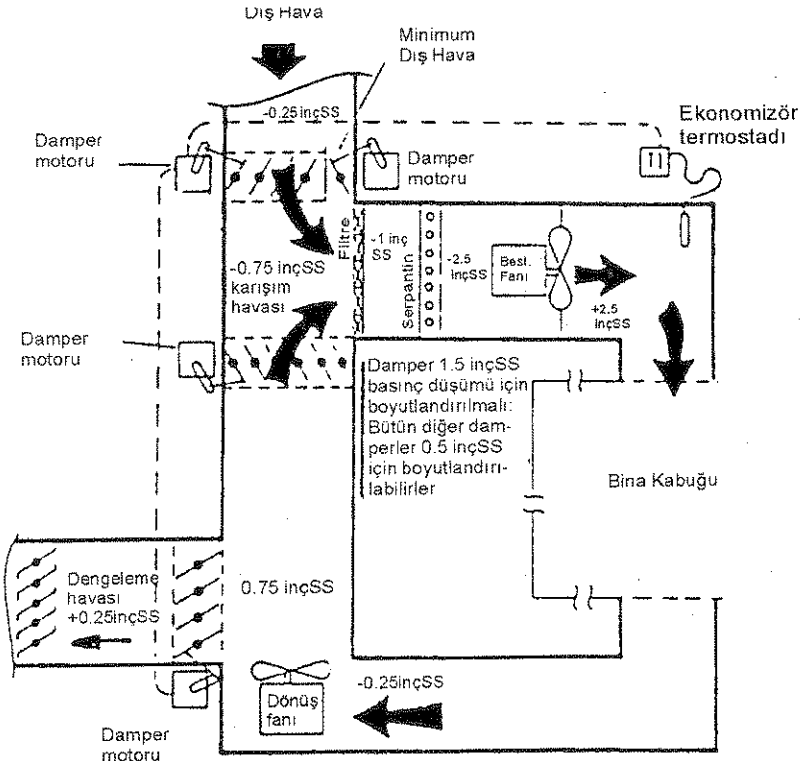


O: Oda şartı, F<sub>1</sub>: Emiş fanı çıkışı, D: Diş şart, K: Karışım şartı, S: Soğutucu çıkışı, F<sub>2</sub>: Üfleme, M: Menfez.

Şekil 2. Tek kanallı basit DHD sisteminde yaz ve kış soğutması



Şekil 4. Dönüş hava fanlı tipik DHD ekonomizör çevrimi



Şekil 5. Denge (egzost) fanlı, dönüş fansız, geliştirilmiş DHD ekonomizör çevrimi