

# DEĞİŞKEN HAVA HACİMLİ SİSTEMLER

## \*VAV-Variable Air Volume Systems

### Kevork Çilingirođlu

#### Mak. Yük Müh. (İTÜ)

1927 yılında İstanbul'da doğmuştur. Lise tahsilini İstanbul Erkek Lisesinde yapmış, 1945 yılında İTÜ Makina Fakültesine devam ederek 1950 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Makina Fakültesi Su Makinaları kürsüsüne asistan olarak girmiş ve 1952 yılına kadar burada çalışmıştır. Vatani görevini yerine getirdikten sonra İTÜ Yapı işlerinde 1961 yılı sonuna kadar çalışmıştır. Bu tarihten sonra bir proje bürosu kurarak serbest çalışmaya başlamış ve 1965 yılında üç ortak halinde tesisat taahhüt işlerine girmiş, ayrıca kazan, boyler, eşanjör, tank vs. imalatları yapan bir atölye kurarak 1970 yılına kadar yürütmüştür.

1970 sonundan itibaren diğer bölüm faaliyetlerini tatil ederek sırf mekanik tesisat proje, kontrol ve müşavirlik işleri ile ilgilenmiş, ayrıca 1971'den 1979 yılı sonuna kadar İTÜ Mimarlık Fakültesinde konferansçı hoca olarak mimarlık öğrencilerine mekanik tesisat dersleri vermiştir. Halen mekanik tesisat projeleri üreten, kontrollük ve müşavirlik hizmeti veren bir büronun sahibidir.

Bu makale (VAV) değişken hava hacimli sistemin uygulanması ve performansı ile ilgilidir.

#### VAV- "Variable Air Volume" Kavramı:

Değişken hava hacimli sistem kavramı, iklimlendirme tesisatında, sabit sıcaklıkta verilen hava debisinin yük değişimleri ile ilgili azalıp çoğalmasını ifade eder. Bu kavram, iki değişik oda yükü için, aşağıdaki örnekler ile açıklanabilir.

##### ÖRNEK 1:

Oda yükü..... 1500 watt  
Oda Sıcaklığı.....24 °C  
Havuzun verilmiş sıcaklığı. ..15 °C

1 bar norm basınçta havanın yaklaşık olarak madde fiziki değerleri, CP=1005 olarak madde fiziki değerleri,

$C_p = 1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$\delta = 1,21 \text{ kg/m}^3$  alınmıştır.

Odaya verilecek hava debisi;

$$V_1 = \frac{\text{Oda Yüğü}}{\delta \cdot C_p (t_2 - t_1)} = \frac{1500}{1,21 \cdot 1005 (24 - 15)} = 0,137 \text{ m}^3/\text{s}$$

olarak bulunur.

##### ÖRNEK 2:

Oda yükü değişip 750 Watt'a düştüğünde hava debisi,

$$V_2 = \frac{750}{1,21 \cdot 1005 \cdot (24 - 15)} = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

değerinde olması gerekir. Bulunmuş değerlerden anlaşılacağı gibi, hacme ait yük değişimi ile içeriye verilen hava debisi de değişmektedir.

## 1.1. HACİMLERE HAVANIN GÖNDERİLMESİ

Yüksek basınçlı hava üreten, merkezi bir hava santralında hazırlanan hava, standartlara ve amaca uygun tasarımı yapılmış kanallar yardımı ile şartlandırılacak hacimlere gönderilir.

Eğer kanal bir tane ise, buna tek kanallı sistem (single duct System): çift kanaldan oluşan bir sistem ise, buna

da çift kanallı sistem (dual duct system) adı verilir. Çift kanallı sistemde, kanalın bir tanesinden soğutulmuş hava, diğerinden ısıtılmış hava geçirilmektedir.

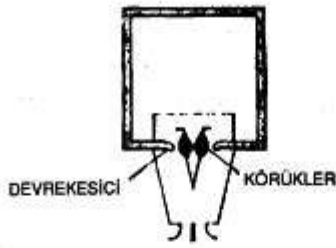
Bu kanallardan, iklimlendirilecek herbir hacim için ayrı bransmanlar alınır ve bunlar düzenleyici kutulara (Terminal Boxes) bağlanır. Bu kutuların çıkışında ise menfezler bulunmaktadır. Kutuya gelen yüksek basınçlı hava, basıncı düşürülerek hacme verilmektedir.

Ancak verilecek hava debisi, hacmin yük ihtiyacına göre olmakta ve hava debisi, hacim içine uygun yerleştirilmiş izleyiciden alınan sinyale göre otomatik kontrol ile kumanda edilmektedir. Bu hava debisini azaltıp çoğaltan kutulara "VAV Terminal Box" adı verilir. Bundan sonraki bölümde, önce hava debisi değişimini ayar eden kutuların çalışına prensipleri açıklanmıştır.

## 1.2 HAVA DEBİSİNİ AYAR EDEN KUTULAR

Bağımsız bir hacimde hava debisini kumanda eden, yani azaltıp çoğaltan sistemlerden başlıcaları açıklanmıştır.

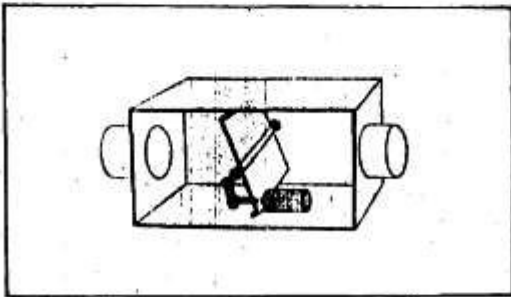
### KÖRÜKLÜ KESKİN ÜFLEME AĞIZLI SİSTEM:



Şekil 1: Körüklü Sistem

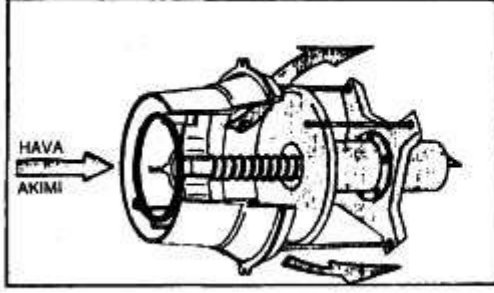
Şekil 1 ile şematik gösterilmiş bu sistemde, hava debisi değişimlerinin sağlanması, körüğün şişme derecesine bağlı olarak gerçekleştirilir. Körük ise, bir termostat sistemine bağlı olup, kanal içi basınç ile dengelenmektedir. Burada, "System Powerd" denen bir kontrol düzeni kullanılmaktadır.

### DAMPERLİ SİSTEM

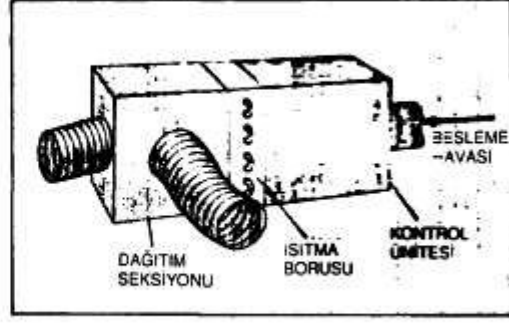


Şekil 2: Damperli Sistem

## HAVA VALFLİ SİSTEM



Şekil 3: Hava Valfli Sistem



Şekil 4: Tekrar ısıtmalı kontrol kutusu

Şekil 3'te perspektif olarak gösterilmiş bu sistemde, hava valfi, orantısız çalışma prensipli bir buhar veya su vanasına benzer şekilde çalışmaktadır. Bu tip sistemlerdeki valilerin, yani kutuya bağlı hava valilerinin, orantısallığı, konumu ile lineer veya doğru orantılı hava debisi değişimi temin etme biçimindedir. Şekil 3'ten de görülebileceği gibi, belirli çaplı dairesel bir diskin, kesik koni biçiminde bir şekil içinde veya geriye doğru hareketi ile hava debisi ayar edilmektedir.

Değişken hava hacimli sistem (VAV - System), başlıca iki temel prensipte olur.

1. Akımı kesme (Schutoff) Sistemi.
2. Ara geçitli (Bypass) Sistemi

### 1. AKIMI KESME (SCHUTOFF) SİSTEMİ

Akımı kesme (Schutoff) sistemi incelendiğinde, gerçek -VAV- sisteminin bu olduğu anlaşılır. Çünkü bu sistemde, sistem elemanının bulunduğu bölümdeki yük değişimlerinde, hava debisi değiştirilecek şekilde hareket edilerek fana tesir edilir.

Bu sebeple, hava verici fana verilen enerji doğrudan azaltılır veya çoğaltılır. Bunun anlamı, enerji harcamından tasarruf demektir.

Bilindiği gibi, klapelerin bulunduğu bu kutulara (Control units = kontrol üniteleri) adı verilir. Bu kutular aynı zamanda hava dağıtım kutuları olup, konstrüksiyonlarda altı menfeze kadar irtibatlandırılabilir veya kutudan itibaren bir kanal düzeni içinde birçok menfezler bağlanabilir.

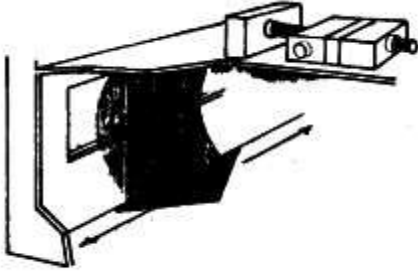
Bazı durumlarda, kontrol kutusu ile menfez birbirine rijit bir şekilde bağlanmış olabilir. Bunun avantajı, kutu ile menfez arasında herhangi bir kanal bağlantısı bulunmamasıdır.

### SOĞUTMA ÜNİTESİ (REHEAT UNİTS)

#### KONTROL KUTUSU: Tekrar ısıtmalı

Bu ünite bir soğutma elemanıdır. Ancak üzerinde elektrikli veya sıcak sulu bir ısıtıcı mevcuttur.

Burada soğutma yükü düşüşüne bağlı olarak hava valfi akış kesitini küçültür ve saptanan minimum pozisyona ulaşır. Bu durumdan sonra, soğutma yükü son değere geldiğinde ve ısıtma isteği haşladığından ısıtıcı faaliyete geçer. Verilen minimum havalandırma havasını ısıtarak içeriye vermeye başlar.

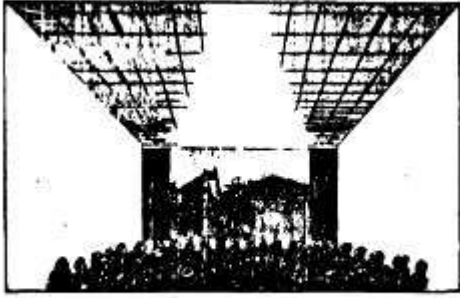


Şekil 5: Dışta Soğutma Ünitesi

Şekil 5'te perspektifte gösterilmiş reheat ünitesi, genelde (perimeter) dış zonlarda kullanılır. 0 ile 250 W/m ısı kayıplı dış duvarlı hacimlerde örneğin iki yönde hava üfleyen difüzörler kullanılır. Bu difüzörler hacmin ortasına konulabilir. 250 ile 400 W/m Isı kaybı olan dış duvarlı hacimlerde tek yönde üfleyici menfezler (difüzörler) kullanılır.

Menfezden havanın üfleme yönü doğrudan dış duvar yüzeyi üzerine yapılmalıdır. Bu üflemede, havanın duvar yüzeyine ilk ulaştığı noktadaki hızı 0,8 m/sn olmalıdır.

Yapı inşa elemanlarından olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için, kesinlikle gerekli önlemler alınmalıdır. Bu sebeple, "VAV -Reheat Ünitelerini limitli ısıtma ihtiyaçları durumunda kullanmak gerekir.



Şekil 6: Salonda Reheat Ünitesi

Şekil 6'da gösterilmiş reheat üniteleri, hava hareketinin az olması istenen hacimlerde kullanılmalıdır. Örneğin, tiyatro ve sinema salonları gibi gizli ısıyı yüksek, fakat duyulur ısıyı az olan yerlerde kullanılırlar. Bilindiği gibi bu tür yerlerde insanlar sakin oturmakta ve uzun süre ışıklar söndürülmektedir. Duyulur ısının azalması ile terminal ünitesi normal olarak kısıntı durumuna geçer. Sonuçta yetersiz bir hava hareketi oluşur.

Reheat ünitesi, hava debisini azaltırken diğer taraftan havalandırma limitinin altına düşmeyecektir. Bunun yanında gönderilen bu hava debisi ile hacmin ısı kayıpları karşılanacaktır. Reheat sistemlerde, önce soğutulma sonra ısıtılma nedeni ile enerji kaybı söz konusudur. Ancak yine de VAV reheat üniteleri sabit hava debili sistemlere oranla enerji tasarrufuna sahiptir.

Örneğin bir auditorium tesisinde çalışan sistem için aşağıdaki şartlar verilmiş olsun:

Hava debisi.....: 0,5 m<sup>3</sup>/sn.

Veriş havası sıcaklığı.....: 12°C

Dönüş.....: 28°C

Ortam Sıcaklığı.....: 24°C

Ayrıca, auditorium çalıştığında, duyulur ısı yükü oranı %25 olarak verilmiştir. Yük azalmasına bağlı olarak, 0,5 m<sup>3</sup>/s debisindeki havanın 21°C 'de içeriye verilmesi gerekiyor olsun. Burada verilmiş sabit hava debisinin "reheatı" aşağıdaki değerde olur.

### Soğutma :

0,5 m-Vs 1,21kg/m<sup>3</sup> 1005 j/kg °C (28-12) °C=9728,4 Watt

### Isıtma:

0,5 m-Vs 1,21 kg/m<sup>3</sup>; < 1005 j/kg °C (21-12) °C = 5472,2 Watt

Toplam = 15200,63 Watt

Bulunmuş değerlerden anlaşılacağı gibi, sabit hacimli sistemde, verilen havayı, dönüşte 28°C sıcaklıkta alıp 12°C sıcaklığa soğutarak 9728,4 W enerji harcamak ve daha sonra içeriye verirken 21°C'ye yükseltmek 5472,2 W enerji sarf etmek gerekir. Buna göre, sabit hacimli sistemde, %25'lik bir ısı yükü için 15200,63 W enerji harcanması gereklidir.

Diğer taraftan, "VAV" değişken hava hacimli sistemde reheat ünitesi hava debisini %50 indirerek 0,25 m<sup>3</sup>/s olarak içeriye vermiş olsun. Bu indirim, havanın içeriye 18°C 'de verilmesini gerektirir. 18 °C sıcaklıktaki havayı şartlandırma için harcanacak enerji miktarı, aşağıdaki gibi belirlenir.

### Soğutma:

0,25 m<sup>3</sup>/s 1,21 kg/m<sup>3</sup> 1005 kj/kg (28-12)= 4864,2 W

### Isıtma:

0,25 m<sup>3</sup>/s 1,21 kg/m<sup>3</sup> 1005 kj/kg (18-12)=1824,0,8 W

Toplam: 6688,28 W

Bulunan bu son değer, daha önce, aynı işi görmek için sabit hacimli sistemde 15200,63 Watt ile karşılaştırıldığında kazançlı bir sonuca ulaşıldığını göstermektedir.

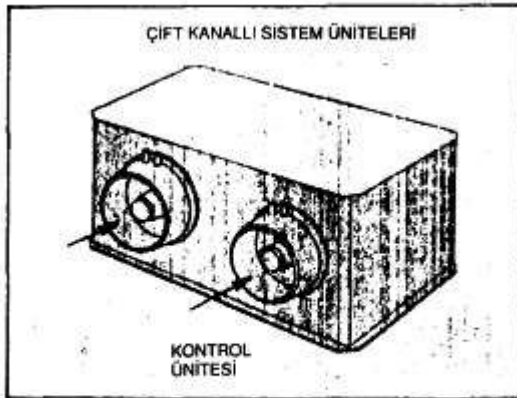
"VAV" - Değişken hava hacimli sistemin kısmi yüklerdeki kazancı;

- 1) Fan için gerekli enerjinin azaltılması.
- 2) Soğutma makinası için gerekli enerjinin azaltılması, olarak özetlenebilir.

Yani "VAV" sistemi için, kısmi yükte çalışmadan meydana gelen bu çift yönlü enerji tasarrufu, sisteme ait önemli bir özelliktir.

Hava debisinin azalması, Fan için gerekli güç azalmasına ve soğutma serpantini üzerinden geçen hava debisinin azalması da akışkanın dönüş sıcaklığının düşmesine sebep olur. Bunun sonucunda, soğutma makinası gücünü kısma başlar. Bu da soğutma enerjisinin azaltılması anlamına gelir.

## ÇİFT KANALLI SİSTEM ÜNİTELERİ (DUAL DUCT UNITS)



Şekil 7: Çift kanallı Sistem

Çift kanallı sistemin kontrol ünitesi şekil 7'de perspektif olarak gösterilmiştir. Bu ünite iki adet hava valfi ile veya damperi ile donatılmıştır. Bu valilerin birinden soğuk hava verilirken diğerinden sıcak hava verilmektedir. Bu tip kutular, modüler şekilde, oransal fonksiyonlu sıcak hava valfi ile oransal fonksiyonlu soğuk hava valfi düzeninde çalışırlar.

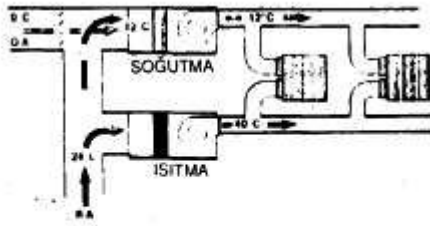
Eğer her iki valfte oransal fonksiyonlu ise, sıcaktan soğuğa veya soğuktan sığağa geçiş olduğunda hacim içindeki hava hareketi azalır. Ancak maksimum enerji tasarrufu sağlayabilmek için, bir valfi kapatmadan diğerini açmamak gerekir.

Çift kanallı sistem ünitelerinin yerine, aynı hizmeti görececek diğer bir tip " VAV" ünitesi kullanmak mümkündür.

### "REHEAT" ÜNİTESİ:

- Dış duvarında veya dışa temaslı bölümlerde ısı kaybı 250 W/m ise, iki yollu kanal ortasında difüzör kullanılır. Isı kaybı 250 W/m arasında ise, bir yollu difüzör kullanılır ve üfleme dış duvar üzerine yapılır.

- Az hava hareketi istendiğinde minimum hava debisi ile hava verilir.



Şekil 8: İki Valfli modüleri Çift Kanal Sistemi:

Eğer şekil 8'de şematik gösterilmiş çift kanal sisteminin her iki valfi modüle edilirse ve çift fan kullanılırsa, enerji performansı en yüksek sistem elde edilir. Bu sistemde, fanlardan bir tanesi soğuk, diğeri sıcak hava üretmektedir.

Şekil 8'den de görüleceği gibi, dönüş havası aynı kanaldan yapılmakta ve her iki fan da paylarına düşen hava miktarlarını almaktadır. Isıtma ünitesi dönüş havasını, soğutma ünitesi ise dönüş havası ve dış havadan oluşan karışımı çekmektedir. Bu şekilde, soğutma ünitesi bir ekonomizer gibi çalışmaktadır. Dış hava sıcaklığı izin verdiği takdirde, ekonomizer, dönüş havası ile dış havayı karıştırarak soğutma serpantininin yükünü düşürür.

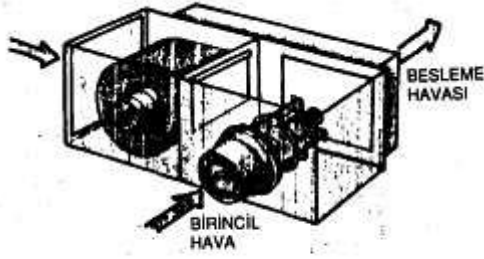
Bu örnekte, 0°C sıcaklıktaki dış hava, 24 °C sıcaklıktaki dönüş havası ile karıştırılarak 12°C sıcaklıklı hava üretebilmektedir. Bu sıcaklık tasarım sıcaklığıdır. Bu şekilde soğutma enerjisine ihtiyaç yoktur. Diğer taraftan ısıtma bölümünde 24°C sıcaklıktaki dönüş havası 40°C sıcaklığa yükseltilerek içeriye verilmektedir. Eğer her iki taraf için bir tek fan kullanılırsa idi, buradaki örnekte görüldüğü gibi, soğutma tarafı, aynı kalacak, fakat ısıtma tarafında hava sıcaklığı 12°C'den 40°C'ye yükseltilecekti.

Her ikisinde, ısıtmada ve soğutmada, dönüş kanallarının aynı olması, reheat için herhangi bir ısı kaybına neden olmamaktadır.

Çift kanallı sistem, esas itibarı ile bir "all - air heat recovery" tüm hava geri kazanma sistemidir. Çünkü iç bölgelerdeki ısı, dış duvar ısıtma ihtiyacında kullanılmak üzere bu yöne transfer edilir.

### FAN GÜÇ (FAN-POWERED) ÜNİTELERİ:

Bunlar iki şekilde olmaktadır. Biri (a) Paralel fan güç ünitesi diğeri de (b) seri fan güç ünitesi olarak adlandırılır.

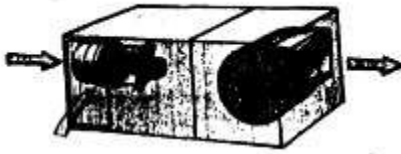


Şekli 9: Paralel Fan Güç Ünitesi.

a) "VAV" sisteminde kullanılan bir paralel fan güç ünitesi. Şekil 9'da perspektif soğutma konsepti olan bir damper veya valf vardır. Dönüş havasını resirküle eden yardımcı bir fan bulunmakta ve bu sayede ısıtma ile birlikte hacim içinde hava hareketinin düzenli olması sağlanmaktadır.

Paralel fan güç ünitesi performansı, konvansiyonel "VAV" kontrol ünitesinin şartlı hava veriş miktarının minimuma indiği andan itibaren başlamaktadır. Bu noktadan itibaren soğutma enerjisi tesirini kaybetmeye başlar ve ilk kademe ısıtma, fanın çalışması ile devreye girer. İlk anlarda sıcak plenum havası ısıtma için yeterlidir ve hacimdeki hava hareketi fan yardımı ile sağlanır. Daha fazla ısıtma gerektiğinde, elektriksiz rezistanslı ısıtıcı veya kontrol vanalı sıcak sulu ısıtıcı devreye girerek, (resirkülasyon havası + minimum havalandırma havası) ile birlikte hacmin ısıtma ihtiyacı karşılanır.

b) Fan güç ünitelerinin diğer bir türü ise, şekil 10'da perspektif olarak gösterilmiş seri fan güç ünitesidir. Bu ünite, paralel fan güç ünitesinden farklıdır.

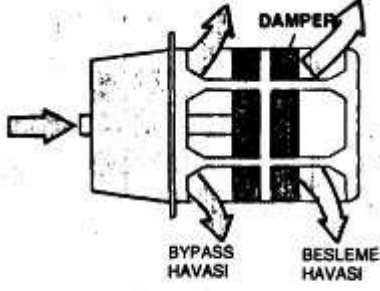


Şekil 10: Seri fan güç ünitesi

Bu cihaz, fan çalıştığı sürece sabit debi ile hava verir. Hava valfi, hacimdeki termostat yardımı ile soğutma yüküne uygun konuma gelir. Soğutulmuş hava fan hücrelerine gönderilir. Hacmin soğutma havası azaldığında hava valfi kısılmaya başlar. Ancak fan çalışmasına devam eder ve eksilen havayı, "By-Pass" yaparak çevreden, örneğin asma tavan arasından alıp sürekli, hacim içersine, sabit debide hava verir. Eğer ısıtma isteniyorsa hava valfi kapanır veya minimum dış hava pozisyona gelir. Bu arada, elektrikli ısıtıcı ve sıcak sulu sistem devreye girer.

## 2. ARA GEÇİTLİ (BY- PASS) SİSTEMİ

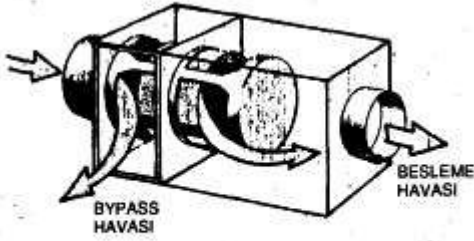
Bu sistemde "VAV-SCHUTOFF" akımı kesme sisteminden farklı olarak şartlandırılacak hacme, ihtiyaç duyulan miktarda hava miktarı gönderilmekte ve ihtiyaç olmayan hava miktardan asma tavan aralığında ple-numa dönüş havası olarak bırakılmaktadır.



Şekli 11. Ara Geçitli (BY- PASS) Sistemi

Şekil 11'de şematik olarak "By- pass" sistemine göre imal edilmiş bir düzen gösterilmiştir. Bu sistemde silindir içinde hareket eden bir damper mevcuttur.

Damper, hareketi sırasında her iki tarafındaki deliklerden çıkan hava debisini değiştirir. Böylece bir tarafı azaltırken, diğer tarafı çoğaltır.

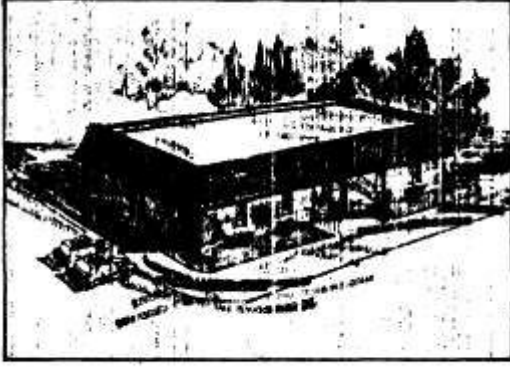


Şekil 12: "Bypass" yapan kutu

Şekil 12 ile perspektif olarak "bypass, yapan bir kutu düzeni gösterilmiştir. Burada, yük talebi arttığında, damper hava girişi yönüne doğru kayarak "bypass" deliğini kapatmaya başlar. Böylece, havanın hacme verildiği delik daha açılarak, verilen hava debisi artar. Böylece "Bypass" veya veriş tarafları orantısal olarak değiştirilir.

"Bypass" girişi ile birlikte asma tavan arasında plenum'da bulunmaktadır. Bu hava, pelenumda emiş ağzına doğrudan ulaşmaktadır. Bu nedenle, fanın çektiği enerji yönünden, "VAV-Bypass" sistemi de bir sabit hava hacimli sistem olmaktadır. "Bypass VAV" sistemi kontrol üniteleri genellikle küçük kapasitelerde, yaklaşık 0,1 ile 1 m<sup>3</sup>/s, arasında imal edilirler ve küçük tesislerde kullanılırlar. Böylece küçük tesislerde, çok zonlu bölgesel olan gereksinimi karşılamak için bu sistem çok uygundur.



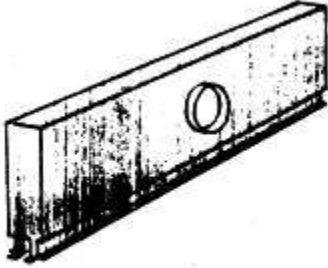


Şekil 13: Küçük Yapılarda "Bypass" Sistemi

Şekil 13'te görülen yapılar, bu sistemin uygulanmasında çok iyi sonuçlar alınan yerlerdir. Özellikle küçük klinikler ve küçük ofisler bu sistem için çok uygundur. Küçük yapılar, gün boyunca nispeten büyük yük değişimleri göstermezler. Bu nedenle, enerji tasarrufu çok önemsiz bir miktar olduğundan çok büyük yük değişimlerine cevap veren akımı kesme "shutoff" sistemi yerine ara geçitli "By pass" sistemini kullanmak daha ekonomik olur.

Tüm bunlar için eğer bir yapı, fazla yük değişimi göstermiyor fakat değişik (zon) bölge kontrollerine ihtiyaç duyuyor ise, ara geçitli "Bypass VAV" sistemine adaydır denilebilir.

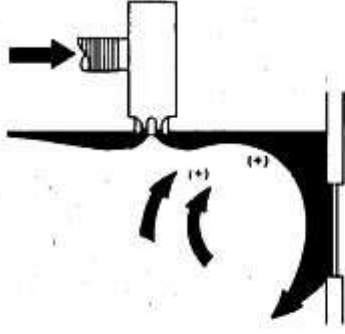
#### **LİNEER SLOT MENFEZ "Linear Slot Diffuser"**



Şekil 14: Lincer Menfez

Bilindiği gibi "VAV" sisteminde, ister (shut-off) akımı kesme, ister (by-pass) ara geçitli sistem olsun, kontrol kutularından dağıtılan hava, hacimlere lineer menfezler ile ulaştırılır.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi, menfezler kontrol kutuları ile ya birlikte veya flexible hava borusu ile uzaktan birbirine bağlanmıştır. (Slot diffuser) Lineer menfezler firmalara göre muhtelif uzunlukta üretilirler.



Şekil 15: Menfez



Şekil 16: Damper ile Debi Ayarı

Şekil 15'te şartlandırılacak hacim içersine havayı üfleyen bir menfez şematik olarak gösterilmiştir. Bu şekilde oklar ile gösterilmiş hava hareketi şekline "Coanda" olayı adı verilen BM "Coanda Efect"i menfezin çıkış ağzında anan hava hızından oluşan çıkış basıncının yükselerek imaya dönme hareketi vermesi nedeni ile tavanda negatif bir statik basınç oluşturmasıdır. Bu negatif statik basınç nedeni ile hacim içindeki hava tavan yönünde yükselerek, tavadaki havanın hızına eşit olacak şekilde karışını olayı gerçekleşmektedir. Örneğin 2.8 m tavan yüksekliği olan bir hacimde, bu karışma ve yükselme süreci, tabandan itibaren 1,6 m yükseklikte başlamakta ve bu yüksekliğin üzerinde oluşmaktadır. Sonuçla, hava hareketleri 1,6 m yüksekliğin üzerinde olduğundan, hacim içersinde bulunanların kendileri herhangi bir rahatsız edici hava akımı hissetmemiş olurlar.

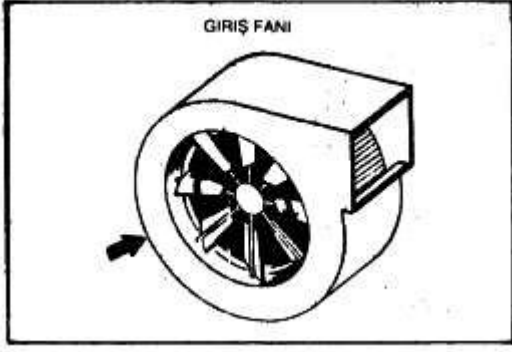
Lineer (slot diffuser) menfaatlerini, hava miktarlarının azalmasında "Coanda" tesiri yerini rahatsız edici hava akımına bırakmayacak, yumuşak ve sakinleştirici bir hava akımı oluşacak şekilde seçmek gerekir. Tam hava miktarlarında "Coanda" tesiri %5'in altına düşmemelidir.

### "VAV " SİSTEMLERİNDE FAN KONTROLÜ

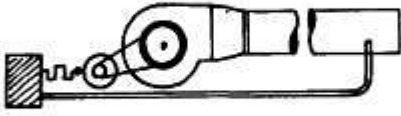
Esas itibarı ile "VAV" sistemlerinde enerji tasarrufu fanlarda gerçekleştirilmektedir. Çünkü, şebekeden hava çekme miktarı, yük durumuna göre azalır çoğalmaktadır. Merkezi fan sisteminin bu duruma uyum sağlaması gerekmektedir. Fandan alınan hava debisi aşağıdaki şekilde ayar edilir.

- 1) Fan çıkışına konan damper ile,
  - 2) Fan girişine yerleştirilmiş (vana) ile,
  - 3) Fan devir sayısını değiştirmek dolayısıyla fan tahrik eden elektrik motorunun devir sayısını değiştirerek.
- 1) Fan çıkışına konan ve kumanda edilen damper şematik olarak şekil 16'da gösterilmiştir.

- 2) Fan Girişinde; yerleştirilmiş hava vanaları ile hava debisi ayarı Şekil 17'de gösterilmiştir.

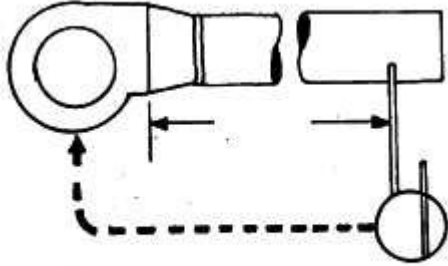


Şekil 17: Giriş Debi Ayarı



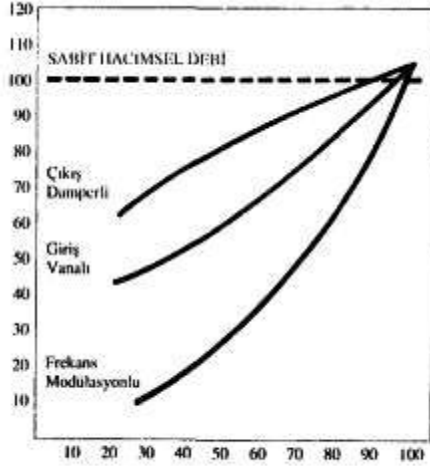
Şekil 18: Devir Sayısı Ayarı

Fanı tahrik eden elektrik motorunun devir sayısı değiştirerek yapılan debi ayarı şekil 18'de gösterilmiştir. Buradaki otomatik kontrol da, kontrol büyüklüğüne uyan elektriki sinyal olarak statik basınç sensörü ile elde edilmektedir. Şekil 19'da bu duyar elemanın verici fandan itibaren kanal içinde ne kadar uzağa konması gerektiği gösterilmiştir. Burada, fandan itibaren ana kanal uzunluğunun  $2/3$  ü ile  $3/4$  ü arasında bir uzaklıkta bulunması gerektiği anlaşılır.



Şekil 19: Statik basınç sensörü yeri

Burada açıklanmış üç farklı debi kontrol sisteminde, en iyi sonuç, fanı tahrik eden elektrik motorunun devir sayısının, frekans modülasyonu yöntemi ile değiştirilmesi sayesinde elde edilebilir. Bunu daha iyi anlayabilmek için, şekil 20'de mukayeseli olarak gösterilmiş diyagram eğrilerini incelemek yeterlidir.



Şekil 20. Debi Kontrolunda Güç

Şekil 20'de gösterilmiş eğrilerden, debi kontrolünün değişik üç yöntemine ait eğrilerinin mukayesesi yapılabilir. Örneğin %40 bir hacimsel debiye düşüşte, sırası ile güç olarak yapılan tasarruf, yaklaşık olarak

- 1) Çıkış damperli için, %20
- 2) Giriş vanalı için, %50
- 3) Frekans modülasyonlu sistem için, %80; değerindedir.

Diğer bir karşılaştırma sekiz adet 34000 m<sup>3</sup>/h (20000 cfm) hacimsel debili ve 1000 Pa (4 inç) statik basınç değeri bulunan bir yapı için yapılabilir. Bu tesisin yılda 4000 saat çalıştığı ve elektriksel birim maliyetinin 7 sent/kwh olduğu varsayılmıştır. Şekil 21'de verilmiş tabloda, üç yöntemden her biri için senelik işletme giderleri verilmiştir.

Debi Kontrol Yöntemi	Senelik Enerji Masrafları	Frekans Modülasyonlu ile Fark
Frekans Modülasyonlu	\$ 14.200	---
Giriş Vanası ile	24.300	\$ 10.100
Çıkış Damperli	34.900	20.700
Sabit Debili	37.500	23.300

Şekli 21 İşletme masrafları, Karşılaştırma

## KAYNAKÇA

- 1- TRANE Vari Trane Variable Air Volume Systems Manual S.I. Units.
- 2- TRANE Application engineering manual Rooftop/VAV system design
- 3- Landis and Gyr, Air-Conditioning plants E/50-421 Ventilating and air-conditioning
- 4- Variable air volume application, design and installation considerations LENNOX Segment 67B
- 5- Carrier, Technical development program introduction to variable air volume air conditioning system design multiroom buildings.
- 6- YORK application data, variable speed air systems Form 100.01-ADI.I
- 7- 1987 ASHRAE HANDBOOK-HVAC Systems and Applications