

DEĐIŐKEN HAVA DEBİLİ KLİMA SİSTEMLERİ



M. HALUK SEVEL
MAK. MÜH.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	2
YAZAR HAKKINDA.....	3
1. KLİMA SİSTEMLERİNE GENEL BAKIŞ, TÜMÜ HAVALI SİSTEMLERİN TANIMI VE KARŞILAŞTIRILMASI.....	4
1.1. Klima Sistemlerinin Genel Tanımı.....	5
1.2. Sabit Hava Debili Klima Sistemleri.....	8
1.2.1. Maksimum ve Kısmi Yüklerde Çalışma Karakteristikleri.....	9
1.2.2. Çok Hacimli Binalarda Uygulama.....	11
1.2.3. Zon Isıtıcısı Kullanımı.....	12
1.3. Değişken Hava Debili Klima Sistemleri.....	13
1.3.1. Maksimum ve Kısmi Yüklerde Çalışma Karakteristikleri.....	13
1.3.2. Sağladığı Avantajlar ve Üstünlükleri.....	16
1.4. CAV ve VAV Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	17
1.5. VAV uygulamalarında Bina Karakteristikleri.....	27
1.5.1. Değişken Yük Profilleri.....	27
1.5.2. Çoklu ve Bağımsız Hacim Kontrolları.....	28
1.5.3. Müşterek Dönüş-egzost Kanalı Kullanımı.....	28
2. DEĞİŞKEN HAVA DEBİLİ KLİMA SİSTEMLERİ.....	29
2.1. VAV Terminal Üniteleri.....	30
2.1.1. VAV Terminal Ünitelerinin Genel Konstrüksiyonu.....	30
2.1.1.1. Konstrüksiyon Esasları.....	30
2.1.1.2. Kalibrasyon Esasları.....	35
2.1.1.3. VAV Terminal Ünitelerinin Otomatik Kontrolü.....	38
2.1.2. Tek Kanallı Sistemler.....	41
2.1.2.1. Tek Kanallı Sistem Uygulamaları.....	42
2.1.2.1.1. Yaz ve Kış Değişken Debi Uygulaması.....	42
2.1.2.1.2. Yaz Değişken, Kış Sabit Debi Uygulaması.....	44
2.1.2.2. Tek Kanallı Sistem Terminal VAV Üniteleri.....	47
2.1.2.2.1. Klasik VAV Üniteleri.....	47
2.1.2.2.2. Fanlı VAV Üniteleri.....	47
2.1.2.2.3. Endüksiyonlu VAV Üniteleri.....	50
2.1.2.2.4. Endüksiyon Cihazları.....	53
2.1.3. Çift Kanallı Sistemler.....	64
2.1.3.1. Sabit Debili Uygulamalar.....	66
2.1.3.2. Sabit Debi Üniteleri.....	67
2.1.3.3. Değişken Debili Uygulamalar.....	68

2.2.	VAV Uygulamalarında Kullanılan Klima Santralleri ve Otomatik Kontrol.....	71
2.2.1.	Terminal Ünitesi Kontrol Sistemleri.....	71
2.2.1.1.	Pnömatik Kontrol.....	71
2.2.1.2.	Elektronik Kontrol.....	72
2.2.1.3.	DDC/BMS Kontrol.....	74
2.2.2.	Terminal Ünitesi Kontrol Çeşitleri.....	75
2.2.2.1.	Basınç Bağımlı Kontrol Sistemleri.....	75
2.2.2.2.	Basınç Bağımsız Kontrol Sistemleri.....	76
2.2.3.	Klima Santralı Kontrol Sistemleri.....	76
2.2.3.1.	Damper Kontrolleri.....	77
2.2.3.2.	Üfleme Havası Sıcaklık ve Nem Kontrolleri.....	78
2.2.3.3.	Donmaya Karşı Koruma.....	80
2.2.3.4.	Debi Kontrolü.....	81
3.	VANTİLATÖRLERDE DEBİ REGLAJI.....	86
3.1.	Vantilatör ve Sistem Karakteristik Eğrileri.....	87
3.1.1.	Vantilatör Performans Eğrileri	87
3.1.2.	Sistem Basınç Kaybı Eğrileri.....	88
3.1.2.1.	Çalışma Noktası.....	88
3.1.2.2.	Çalışma Noktasının Değişmesi.....	89
3.1.2.3.	Vantilatör ve Sistem Modülasyon Eğrileri.....	90
3.2.	Vantilatörlerde Debi Reglaj Sistemleri.....	91
3.2.1.	Atış Ağızı Damperleri.....	91
3.2.2.	Emiş Ağızı Yönlendirici Kanatlar.....	92
3.2.3.	Değişebilir Kanat Açılırları.....	92
3.2.4.	Frekans Konvertörlü Uygulamalar.....	92
3.2.5.	Reglaj Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	94
3.3.	Sistem Statik Basıncının Kontrolü.....	95
3.3.1.	Fan Çıkışında Basınç Kontrolü.....	95
3.3.2.	Üfleme Kanalında Basınç Kontrolü.....	95
3.3.3.	Optimize Edilmiş Basınç Kontrolü.....	96
3.3.4.	Kısmi Yükteki Uygulamaların Karşılaştırılması.....	97
4.	SİSTEM YAPILANIŞLARI.....	98
4.1.	Değişken Debili Sistemlerde Hava Kanalları ve Terminal Üniteleri.....	99
4.1.1.	Kanal Tasarımı.....	99
4.1.1.1.	Genel Hız ve Basınç Münasebetleri.....	100
4.1.1.2.	Eşit Sürtünme Katsayısı.....	101
4.1.1.3.	Statik Basınç Geri Kazanımı.....	101

4.1.2. Menfez ve Difüzör Seçimi.....	102
4.1.2.1. Plenum Hücre ve Terminal Üniteleri.....	102
4.1.2.2. Lineer ve Slot Difüzörler.....	103
4.1.2.3. Tavan Difüzörleri.....	104
4.2. Perimetrik Hacimler ve İç Hacimler.....	105
4.2.1. Döşemeden Isıtma.....	105
4.2.2. Tavandan Isıtılmış Hava Sevki (dual conduit).....	105
4.2.3. Son Isıtıcı VAV Uygulamaları.....	106
4.2.4. Klima Santralından Isıtılmış Hava Sevki.....	107
4.3. Sistem Çalışma ve Kontrol Modları.....	108
4.3.1. Dolu Hacimler.....	108
4.3.2. Boş Hacimler.....	108
4.3.3. Rejime Alma İşlemleri.....	109
5. UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	110
5.1. Maksimum ve Minimum Hava Debileri.....	111
5.1.1. Maksimum ve Minimum Hava Debilerinin Belirlenmesi.....	111
5.1.2. Minimum Hava Debinin Kontrolü.....	113
5.1.3. Kış Uygulamalarında Donmaya Karşı Koruma.....	115
5.1.4. Isı Geri Kazanımı.....	116
5.1.4.1. Çift Serpantinli Sistemler.....	116
5.1.4.2. Isı Borusu.....	117
5.1.4.3. Plakalı Isı Geri Kazanım Eşanjörleri.....	117
5.1.4.4. Döner Tamburlu Eşanjörler.....	118
5.1.5. Basınçlandırma ve Basınç Kontrolü.....	120
5.1.6. Temiz Oda Uygulamaları.....	121
6. EKLER.....	124
6.1. Referanslar.....	125
6.2. Birim Dönüşümleri.....	126
6.3. Psikrometrik Diyagram.....	129

ÖNSÖZ

Değişken hava debili klima sistemleri veya en yaygın tanımıyla “VAV” sistemleri ABD’de doğan, gelişen bir sistem olup günümüzde tüm Dünya ülkelerinde yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu sistemin doğuş ve gelişmesindeki en büyük neden tümü havalı ve sabit debili klima sistemlerinin çok hacimli binalarda değişen mahal şartları nedeniyle istenen konforu sağlayamaması olmuştur. Mahallerin müstakil kontrolü ancak bu sistemin gelişmesiyle mümkün olmuştur. Çok hacimli binalarda uygulandığı taktirde her hacimde, sanki o hacim bağımsız bir zon gibi, optimum konforu değişen mahal yüklerinde dahi sağlayabilmektedir. Buna ilaveten hava ve soğutucu akışkan debilerinde sağladığı değişkenlik sayesinde işletme masrafında çok önemli tasarruflar da sağlamaktadır.

Bundan onbeş ila yirmi yıl öncesinde oldukça pahalı olan VAV terminal üniteleri, otomatik kontrol ekipmanlarında, özellikle mikro-işlemcili servomotorlarda sağlanan ilerlemeler neticesi daha verimli ve eskiye nazaran çok daha makûl fiyatlarla satın alınabilir duruma gelmiştir.

VAV terminal ünitelerinin diğer bir avantajı da HEPA filtrelerin kullanıldığı temiz odalarda, özellikle ameliyathanelerde değişen filtre basınç kayıpları karşısında gerekli olan sabit debiyi gerçekleştirmeleridir. Bu nedenle VAV terminal üniteleri günümüzde temiz oda teknolojisinin vazgeçilmez bir elemanı olmuştur.

Ülkemizde de her geçen gün daha geniş bir uygulama sahası bulan, ameliyathanelere ilaveten ofis kompleksleri, sinema ve konferans salonları gibi mahallerde de kullanılmaya başlanan bir sistemle ilgili maalesef Türkçe birkaç makalenin dışında detaylı bir referans kitabı bulunmamaktadır. Bu kitabın yazımındaki amaç bu boşluğun doldurulması ve tesisat mühendisliği konusunda çalışan projeci ve uygulamacı arkadaşlarımızın kullanabileceği bir eserin bulunmasıdır. Bu nedenle 2010 yılında İmeksan Akademi Yayınları No2/Tur olarak yayınlanan “Değişken Hava Debili Klima Sistemleri ve VAV-CAV Ünitelerinin Kullanımı” isimli kitapçığımızı genişleterek bir referans kitabı haline getirmeye karar verdik; ve neticede bu kitap meydana geldi. Bu kitap önümüzdeki yıllarda sizlerin de katkılarıyla daha da genişleyecek ve daha doyurucu bir duruma gelecektir. Bu nedenle tüm meslektaşlarımızın yapacakları tenkitlerin bu kitabın yazarını yalnızca memnun ve mutlu edeceğini bilmelerini rica ederim. Bu görüşlerin ışığı altında kitabımı beğenilerinize sunuyorum.

Tüm okuyanlara faydalı olacağını ümidiyle saygılarımı sunar, tenkit ve taleplerinizi aşağıdaki e-mail adresime iletmenizi rica ederim.

M.Halûk SEVEL

mhsevel@gmail.com

Temmuz 2014, İzmir

YAZAR HAKKINDA



M.Halûk SEVEL 1944 İstanbul doğumludur. İlk ve orta tahsilini aynı şehirde yapmıştır. 1962 yılında Kadıköy Maarif Koleji'nden mezun olduktan sonra Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü kazanmıştır. 1968 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yapmış ve 1969 yılında aynı bölümden pekiyi derece ile mezun olmuştur.

1971'de askerliğini tamamladıktan sonra ÜNTES Koll Şti (şimdi A.Ş.) girmiş ve tasarım mühendisi olarak çalışmıştır. 1973 yılında üç meslekdaşıyla SELKON isimli kendi şirketini kurmuş, klima, soğutma ve otomatik kontrol sahalarında daha geniş çalışmalar yapma olanağını bulmuştur. Buradaki çalışmaları esnasında modüler elektronik kontrol elemanlarını yurdumuza getirmiş ve klima sektöründe bu uygulamanın öncüsü olmuştur. Bu arada Selkon Ltd.Şti'nin ortak olduğu GENSA A.Ş. de fabrika müdürü ve teknik müdür olarak görev yapmış, Türkiye'de ilk fabrikasyon soğutma kompresörü imalatını gerçekleştirmiştir. 1989 yılında Selkon-GENSA Şirketler Grubu'nun dağılmasından sonra TEBA Şirketler Grubu'nda bulunan ENTE Dış Taahhüt şirketinde proje yöneticisi olarak görev yapmıştır. 2004 yılında bu görevinden kendi isteği ile ayrılan H.Sevel o tarihten bu yana İMEKSAN A.Ş.'de teknik danışman ve AR-GE sorumlusu olarak görev yapmaktadır.

2013 yılında İSKİD onursal üyeliğine seçilen Haluk SEVEL birçok araştırma ve yayınları bulunmaktadır. İmeksan A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilen, Türkiye'de ilk VAV üniteleri imal ve kalibrasyon standı, yine bir ilk olan endüksiyon cihazları ve aktif soğutmalı tavan üniteleri bu çalışmalarından bazılarıdır. Bu arada TÜBİTAK destekli bir projesi ile Türkiye'de ilk plakalı ısı geri kazanım eşanjörleri imalatı ile aynı eşanjörlerin deney standını gerçekleştirmiştir. Yazılı eserleri arasında "Değişken Hava Debili Klima Sistemleri ve VAV-CAV Ünitelerinin Kullanımı", "IAQ ve Temiz Oda Teknolojisi" , "Aktif Soğutmalı Tavan ve Endüksiyon Üniteleri", "Kapalı Yüzme Havuzlarında Nem Kontrolü" ve "Psikrometri-Tarihçe, Teori ve Uygulama" sayılabilir.

M.Haluk SEVEL evli ve iki çocuk babası olup İzmir-Mavişehir'de ikamet etmektedir.

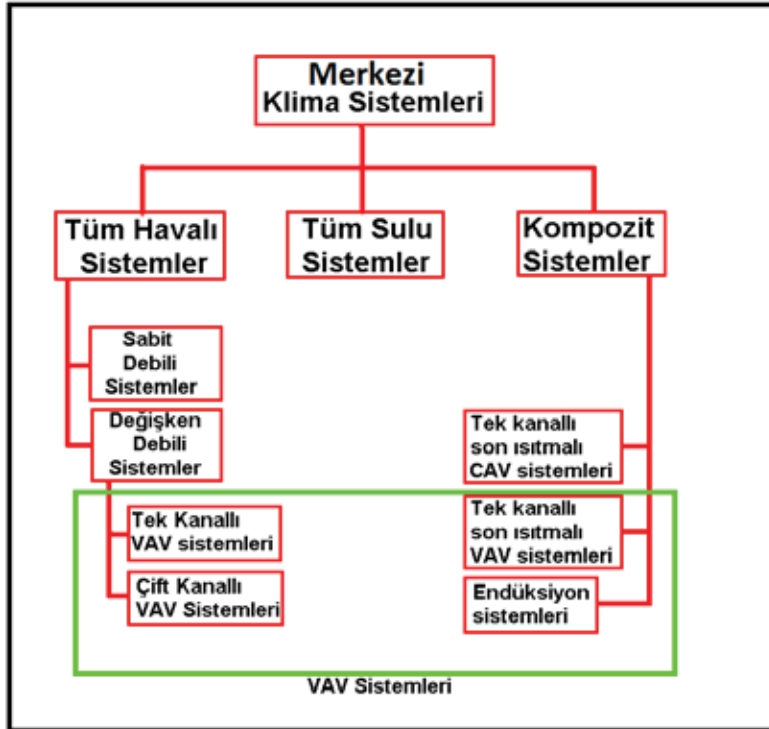
BÖLÜM-1

Klima Sistemlerine Genel Bakış, Tümü Havalı Sistemlerin Tanımı ve Karşılaştırılması

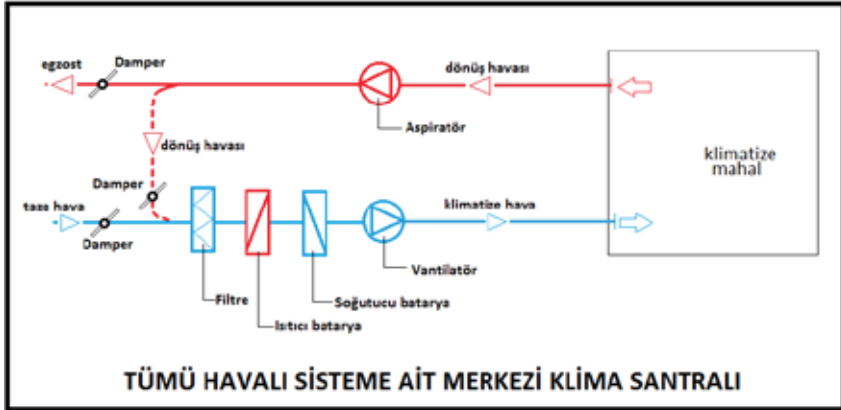
1.1. Klima Sistemlerinin Genel Tanımı

Klima sistemlerini “Merkezi Sistemler” ve “Üniter Sistemler” olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür. Merkezi sistemlerde bütün mahallerin klima yükleri tek veya birkaç merkezde bulunan ekipmanlar tarafından karşılanır ve projede belirlenen ihtiyaçlara göre mahallere dağıtılır. Dağıtım için hava kanalı, boru sebekesi gibi elemanlar kullanılır. Üniter sistemlerde ise her mahal için bağımsız bir klima ünitesi vardır. Buna örnek olarak “split” klima cihazları gösterilebilir. Bazen odalar birleştirilip çoklu “split” (multi-split) uygulamalarda yapılır ve bu uygulama da bir üniter sistemdir.

Merkezi klima sistemleri ASHRAE’e göre üç ana gruptan oluşur. Bu gruplar “Tümü Havalı Sistemler”, “Tümü Sulu Sistemler” ve “Kompozit Sistemler”dir. Tümü havalı klima sistemlerinde mahallerin duyuşur ve gizli ısı yükleri bir veya birkaç merkezde şartlandırılmış hava ile karşılanır. Aynı hava ısınma gereksiniminin olduğu zamanlarda ısıtmayı da temin etmekte kullanılır.



“Tümü Havalı Sistemler” kendi içlerinde “Sabit Debili Sistemler” ve “Değişken Debili Sistemler” olarak iki grup içinde toplanır. Tümü havalı sistemlerin müşterek bir yanı merkezi ekipmanların, bazı ayrıntılar dışında, benzerlik taşımalarıdır. Bu sistemlerin tamamında merkezi bir klima-havalandırma santrali bulunur. Keza bu sistemlerin tamamında merkezi klima santralinde şartlandırılan hava, hava kanalları vasıtasıyla mahallere dağıtılır.



Tümü havalı sistemleri iki ana kategoride incelemek mümkündür. Bu kategoriler “Tek Kanallı Sistemler” ve “Çift Kanallı Sistemler”dir. Tek kanallı sistemlerde ısıtma ve soğutma bataryaları aynı kanal sistemi içinde yer alır, mahallere tek bir kanal dağıtım sistemi ile dağıtılır. Çift kanallı sistemlerde ise sıcak hava ve soğuk hava birbirinden ayrı dağıtım sistemlerine sahiptir. Merkezi şartlandırma tek ve iki santraldan meydana gelebilir. Bu sistemleri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- Tek Kanallı Sistemler
 - Tek kanallı sabit debili sistemler
 - Tek kanallı değişken debili sistemler
 - Tek kanallı, zon ısıtıcı sistemler
- Çift Kanallı Sistemler
 - Çift kanallı değişken debili sistemler
 - Çok zonlu sistemler

Tümü havalı sistemlerin sağladığı avantajları şu şekilde özetleyebiliriz:

- Ana ekipmanların merkezi bir mahalle yerleştirilebilmeleri. Bu sayede işletme ve bakım kolaylığı sağlanmış olmaktadır.
- Klimatize mahallerde, yüksek güçlü elektrik dağıtım sistemlerine, hidronik boru şebekesine, özellikle drenaj sistemlerine gereksinim göstermez.

- Dış havanın soğutma amaçlı kullanılabilmesine olanak sağlar. Bu sayede özellikle geçiş mevsimlerinde mekanik soğutmaya ihtiyaç göstermeksizin klimatizasyonu temin eder.
- Zonlamaya, dolayısıyla sıcaklık ve nem kontrolünde esnekliğe imkan verir.
- Isı geri kazanım sistemlerine kolaylıkla adapte edilebilir.

Ancak bu avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

- Kanallar çok yer işgal etmektedir. Bu nedenle kolonlar için oldukça geniş şaftların ayrılması gerekir.
- Yatay kanal dağıtımı için kat yüksekliklerinin artırılması, birçok yerlerde asma tavan uygulaması kaçınılmazdır.
- Dış duvarı ve penceresi olan perimetre hacimlerde ısıtma işlemi için uzun süreli vantilatör çalışmaları gerekebilir.
- Otomatik debi reglaj üniteleri bulunmayan tümü havalı, sabit debili sistemlerde debi reglajı oldukça zordur.

“Tümü Sulu Sistemler”de veya daha doğru bir tanımla “Hidronik Sistemler”de mahal soğutma ve ısıtma gereksinimleri, bir veya birkaç merkezde şartlandırılmış sıvı akışkanın, genellikle suyun, boru şebekesi yardımıyla mahallere dağıtımı ve mahallerdeki terminal üniteleri ile karşılanır. Bu uygulama için gösterilebilecek en güzel örnek fan-coil’li klima uygulamalarıdır.

“Kompozit Sistemler” ise bu iki ana grubun karışımından meydana gelir. Kompozit sistemlerde hem merkezi hava şebekesi, hava kanalları hem de merkezi hidronik şebeke örneğin sıcak ve soğuk su hatları yer alır. Bu sistem, ASHRAE el kitaplarında “Havalı-Sulu Sistemler” (Air-Water Systems) olarak da tanımlanmaktadır. Bu sistemin en belirgin özelliği endüksiyon cihazlarının kullanıldığı klima sistemleridir. Bu sistemlerde fan-coil ünitelerine benzer cihazlar klimatize mahallere yerleştirilmektedir. Ancak içinde fan bulunmayan bu cihazlara primer hava kanallar vasıtasıyla iletilmektedir. Nozillardan yüksek hızda üflenen primer hava serpantin arkasında bir kısmı vakum meydana getirmekte ve bu sayede “sekonder” olarak adlandırabileceğimiz mahal havası ısıtıcı/soğutucu serpantin üzerinden endüklenerek lokal ihtiyaçlar paralelinde ısıtmakta veya soğutulmaktadır. Isıtıcı/soğutucu bataryanın ihtiyacı olan sıcak ve soğuk su merkezi hidronik şebeke sayesinde cihazlara iletilmektedir.

Son ısıtıcı VAV terminal üniteleri de kompozit sistemlere ait diğer bir örnektir.

Tümü sulu sistemler bu kitabın kapsamı dışında olduğundan yalnız endüksiyon cihazları ile son ısıtmalı değişken hava debili “VAV” sistemleri ele alınacaktır. Ayrıca

kitabımızda sabit debili sistemler ve değişken debili sistemler incelenecek, iki sistemin mukayesesi yapılacaktır.

1.2. Sabit Debili Sistemler

Tümü havalı sabit debili sistemler en yaygın uygulamaya sahip klima ve havalandırma sistemleridir. Bu sistemde mahallere sevk edilecek hava debisi o mahallin maksimum duyulur ısı yüküne göre belirlenir.

$$V = \frac{Q_{duy}}{\Delta t \cdot c_p \cdot (\frac{1}{\gamma})}$$

Burada: Q_{duy} = Mahal duyulur ısı kazancı (kCal/h)

c_p = Havanın sabit basınçtaki özgül ısısı (0,24 kCal/kg)

γ = Havanın özgül hacmi (m^3/kg)

Δt = Oda ile üfleme havası arasındaki sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

Ancak hava debisi değişen mahal yüküne bağlı olmayıp sabittir. Diğer bir ifade tarzıyla, mahal yükü ne olursa olsun üflenen hava debisi daima sabittir. Ancak değişen yük üflenen havanın sıcaklığının kompanzasyonu ile sağlanır. Bu özelliği bir örnekle gösterelim.

Örnek-1: Bir mahallin toplam klima yükü 8600 kCal/h, duyulur ısı oranı %82'dir. Mahal sıcaklığı $26^{\circ}C$, istenen üfleme sıcaklığı $16^{\circ}C$ olduğuna göre mahal hava debisini hesaplayın.

$$V = \frac{8600 \times 0,82}{0,24 \times (\frac{1}{0,87}) \times (26 - 16)} = 2556,35 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (2600 m}^3/\text{h kabul edildi)}$$

Bu hesabımızı yeni "SI" birimleri ile yaparsak:

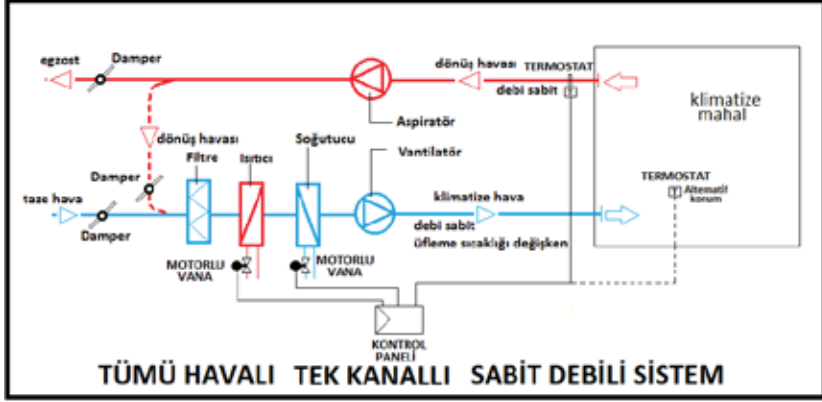
$$Q_{duy} = 8600 \times 0,82 \text{ kCal/h} = 7052 \text{ kCal/h} = 7052 \times (4,1868 \text{ kJ/kCal}) = 29525 \text{ kJ/h}$$

$$c_p = 0,24 \text{ kCal/kg} = 1,00483 \text{ kJ/kg}$$

$$\gamma = 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta t = 10^{\circ}C$$

$$V = \frac{29525}{1,00483 \times (\frac{1}{0,87}) \times (26 - 16)} = 2556,33 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (~ 2600 m}^3/\text{h)}$$



Yukarıdaki örneğimizde 26°C mahal kuru termometre sıcaklığı, 16°C ise arzu edilen klimatize hava üfleme sıcaklığıdır ve bu sıcaklık maksimum yükte gerçekleştirilecek olan üfleme sıcaklığıdır.

Hesapladığımız debi dış hava şartları ve mahal yükü ne olursa olsun sabittir. Mahal kuru termometre sıcaklığı dönüş hava kanalı veya mahalle yerleştirilen bir termostat veya sıcaklık algılayıcısı ile ölçülüp kumanda paneline (DDC panel veya BMS) bildirilir. Bu panelden gelen komutlar ile kış çalışmasında ısıtıcı batarya üzerindeki, yaz çalışmasında ise soğutucu batarya üzerindeki oransal motorlu vanaya kumanda edilerek mahal sıcaklığı sabit tutulmaya çalışılır. Bu sabit tutulma işlemi üflenen havanın sıcaklığını değiştirmek suretiyle gerçekleştirilir. Yaz klimasında 16°C olarak belirlenen sıcaklık değişen yüke bağlı olarak oransal olarak 16-26°C arasında değiştirilir.

1.2.1. Maksimum ve Kısmi Yüklerde Çalışma Karakteristikleri

Klimatize bir mahallin projelendirilmesinde maksimum şartlar esas alınır. Ancak bu şartlar bir işletme sezonu boyunca çok kısa süreli olarak meydana geldiğinden klima sistemi genelde kısmi yüklerde çalışır. Örnek olarak duyulur ısı yükünün %50 olduğu bir durumu inceleyelim.

Örnek-2: Toplam klima yükü 8600 kCal/h (36006 kJ/h), duyulur ısı oranı %82 olan bir mahallin sıcaklığı 26°C, maksimum yükte istenen üfleme sıcaklığı 16°C'tır. Belirlenen hava debisi 2600 m³/h olduğuna göre %50 duyulur ısı yükündeki üfleme sıcaklığını hesaplayın. (Dış hava şartları 33°CKT, 24°CYT'dir).

Tam yükteki duyulur ısı ($Q_{duy-100}$)=36006 x 0,82 = 29525 kJ/h

Tam yükteki gizli ısı ($Q_{giz-100}$)=36006 – 29525= 9481 kJ/h

%50 yükteki Q_{duy} = 29525 kJ/h x 0,50= 14763 kJ/h

%50 duyulur ısı yükündeki duyulur ısı oranı (RSHR)=14763/(14763+9481)=%61

(Gizli ısı kazancı insanlardan ve dahili ekipmanlardan kaynaklandığı varsayımıyla sabit kabul edilmiştir.)

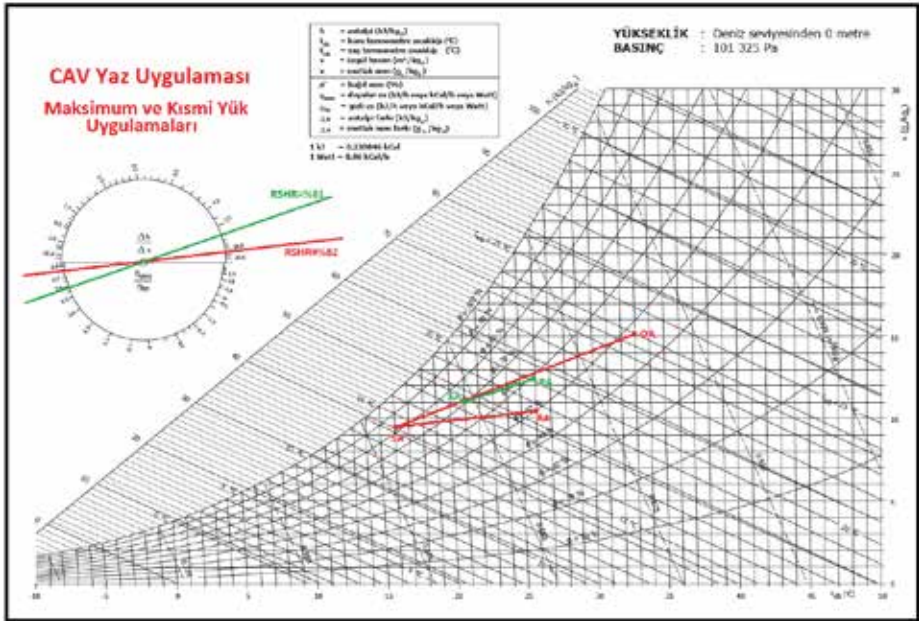
Bu durumda üfleme sıcaklığı:

$$V = \frac{14763}{1,00483 \times \left(\frac{1}{0,87}\right) \times (26 - T)} = 2600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$14763 = 3002,94 \times (26 - T)$$

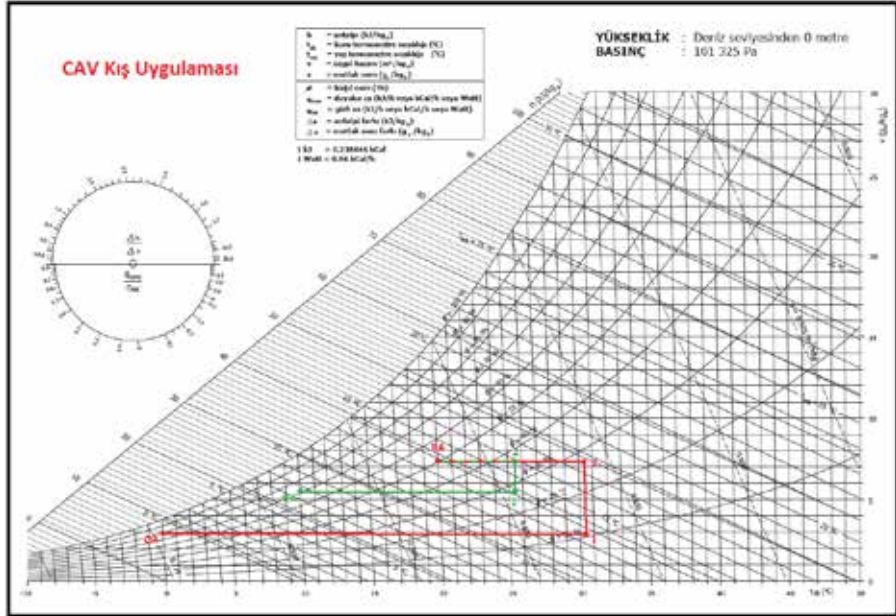
$$T = 21,08^\circ\text{C} \dots \dots \dots \text{ bulunur.}$$

Tam yük ve %50 duyulur ısı yükündeki soğutma ve mahalde ısı kazanma proseslerini psikrometrik diyagram üzerinde gösterirsek mahalde istenen bağıl nem seviyesinin tutturulmadığını ve bu seviyenin %50 ile %58 arasında değiştiğini görürüz. Aşağıdaki psikrometrik diyagramda kırmızı hatlar tam yükteki (RSHR=%82) prosesi, yeşil hat ise %50 duyulur ısı yükündeki prosesi göstermektedir.



Bu diyagramda “OA” dış hava şartlarını, “RA” mahal şartlarını, “SA” üflenen klimatize hava şartlarını, “ADP” de cihaz çiy noktasını göstermektedir. “RSHR” ise mahal duyulur ısı oranıdır.

Kış uygulamasında tam veya kısmi yüklerde çalışma karakteristiklerinde önemli değişiklikler gözlenmemekte, istenen mahal şartları daha büyük bir hassasiyetle gerçekleştirilebilmektedir. Bu durumu aşağıdaki psikrometrik diyagram üzerinde görmek mümkündür.



Kış klima prosesinde "OA-1" hattı dış havanın ısıtılmasını , "1-2" hattı ise havaya buhar püskürtülmek suretiyle bağıl ve mutlak nemin artırılmasını göstermektedir. Kısmi yüklerde ısıtıcı bataryanın yükü azalmakta, ancak buharlı nemlendiricinin oransal kontrolü ile "2-RA" doğrusu yakalanmaktadır. Bu diyagramda "2-RA" hattı mahallin ısı kaybı neticesi soğumayı göstermektedir.

1.2.2. Çok Hacimli Binalarda Uygulama

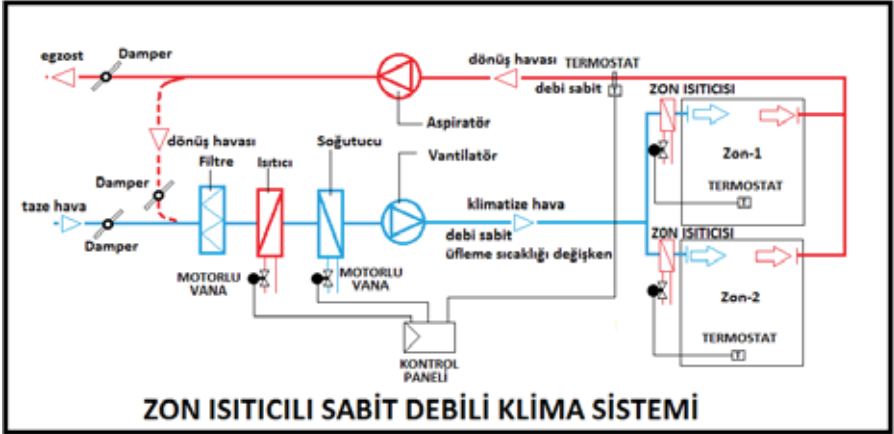
Tümü havalı sabit debili klima sistemleri yapısı nedeniyle yalnız bir termostatın uyarılarına göre kontrol edilebilir. Bu termostat çok hacimli yapılarda müşterek dönüş kanalı üzerine yerleştirilir. Bu nedenle ancak benzeri karakteristiğe sahip hacimler merkezi tek bir klima santralına bağlanabilirler. Bu durum da çoğu zaman yeterli olmaz, ani yük değişiklikleri nedeniyle mahallerde sıcaklık ve bağıl nem dalgalanmaları meydana gelir. Bu nedenle eğer bir bina değişik karakteristikte ve değişik soğutma/ısıtma ihtiyaçlarına sahip hacimlerden meydana geliyorsa her hacim müstakil bir klima sistemine sahip olmalıdır.

Bu hususu gerçekleştirmek için soğutucu batarya ve vantilatörden meydana gelen bir merkezi klima santralına ilaveten aşağıdaki iki uygulamanın yapılması gereklidir.

- Merkezi klima santralında soğutulmuş primer hava ile sıcak havanın, örneğin soğutulmamış dış havanın mahal şartlarına göre karıştırılarak sevki. Ancak bu uygulamada primer hava ile soğutulmamış dış havanın debilerinde devamlı değişiklik gerekeceği için bu uygulamayı sabit debili sistemlerde yapmak mümkün değildir.
- Zon ısıtıcısı kullanımı.

1.2.3. Zon Isıtıcısı Kullanımı

Zon ısıtıcılı bir sabit debili klima sistemi aşağıda görülmektedir. Bu uygulamada üfleme sıcaklığı en kritik, soğutma yükü en fazla olan mahalle göre belirlenir. Soğutma yükünün fazla geldiği mahallerde, yaz uygulamasında, zon ısıtıcısı devreye girerek aşırı soğutmayı giderirler.

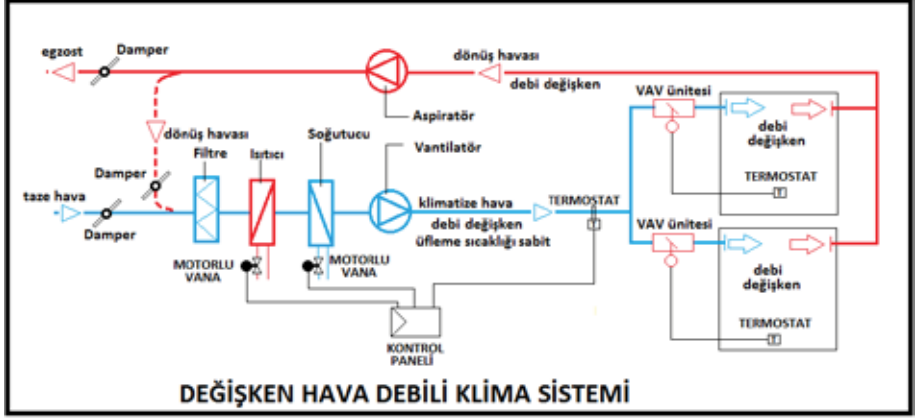


Kış uygulamasında ise en yaygın uygulama mahallere klima santralından mahal sıcaklığında, sabit sıcaklıkta ve debide hava gönderilmesidir. Mahallerin ısı kaybı zon ısıtıcıları ile karşılanır. Zon ısıtıcıları mahallerde bulunan termostatlar ve motorlu vanalar ile kontrol edilir.

Bu uygulama esasında “Tümü Havalı Sabit Debili Klima Sistemleri”nden ziyade “Kompozit Sistemler”in alt grubunu oluşturan “Tek Kanallı Son Isıtımlı CAV Sistemleri”ne aittir.

1.3. Değişken Debili Klima Sistemleri

Değişken debili klima sistemlerinin en büyük özelliği mahallere sabit sıcaklıkta hava sevk etmesi, ancak mahal klima gereksinimleri paralelinde üflenen klimatize hava debisini modüler olarak değiştirmesidir.



Yukarıdaki şematik çizimde tek kanallı bir değişken debili klima sistemi görülmektedir.

Değişken debili klima sistemleri, veya kısa tanımıyla “VAV” sistemleri ASHRAE’in klima sistemleri tanımına göre “tüm havalı” ve hava-su karışımı “kompozit” sistemlerin her ikisi içinde de yer alır. Tüm havalı klima sistemleri de kendi içlerinde “tek kanallı sistemler” ve “çift kanallı sistemler” olarak ikiye ayrılır. VAV sistemleri bu iki sistemin her ikisinin içinde de yer almaktadır.

Tek kanallı değişken debili sistemlerde, kış çalışmasında perimetrik hacimlerin ısıtma ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla VAV terminal ünitelerine hava ısıtıcı bataryalar da takılabilmektedir. Bu uygulama nedeniyle VAV sistemlerini kompozit sistemler içinde de yorumlamamız mümkündür. Değişken debili kompozit sistemlere diğer bir örnek te endüksiyonlu klima sistemleridir.

1.3.1. Maksimum ve Kısmi Yüklerde Çalışma Karakteristikleri

Değişken debili klima sistemlerinde de bir mahal için gerekli hava debisi sabit debili sistemlerde olduğu gibi hesaplanır. Burada, her iki sistemde de müştereken yapılan uygulama oda kuru termometre sıcaklığı ile üfleme havası kuru termometre sıcaklığı arasındaki farkın kabulüdür. Bu fark genelde 8°C ila 10°C olarak alınır. Daha önce sabit debili sistemlerle ilgili bölüm 1.2. “Sabit Debili Sistemler”de vermiş olduğumuz formülü burada tekrarlayacağız.

$$V = \frac{Q_{duy}}{\Delta t \cdot c_p \cdot (1/\gamma)}$$

Burada: Q_{duy} = Mahal duyulur ısı kazancı (kCal/h)

c_p = Havanın sabit basınçtaki özgül ısısı (0,24 kCal/kg)

γ = Havanın özgül hacmi (m^3/kg)

Δt = Oda ile üfleme havası arasındaki sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)

Oda kuru termometre sıcaklığı ile üfleme havası kuru termometre sıcaklığı arasındaki fark genelde $8^{\circ}C$ ila $10^{\circ}C$ alınır. Örnek-1'deki hesabı tekrarladığımızda gerekli hava debisinin $2556,35 m^3/h$ olduğunu, $2600 m^3/h$ değerinin kabul edildiğini görürüz. VAV klima sistemlerinin en büyük özelliğinin, değişen mahal şartlarını karşılamak için hava debisini değiştirdiğini ancak üfleme sıcaklığını sabit tuttuğunu belirtmiştik. Bu durumu bir örnek ile gösterelim (mukayese kolaylığı açısından Örnek-2'deki değerler aynen alınmıştır).

Örnek-3: Toplam klima yükü 8600 kCal/h (36006 kJ/h), duyulur ısı oranı %82 olan bir mahallin sıcaklığı $26^{\circ}C$, maksimum yükte istenen üfleme sıcaklığı $16^{\circ}C$ 'tır. Belirlenen hava debisi $2600 m^3/h$ olduğuna göre %50 duyulur ısı yükündeki gerekli hava debisini hesaplayın. (Dış hava şartları $33^{\circ}CKT$, $24^{\circ}CYT$ 'dir).

Tam yükteki duyulur ısı ($Q_{duy-100}$)= $36006 \times 0,82 = 29525$ kJ/h

Tam yükteki gizli ısı ($Q_{giz-100}$)= $36006 - 29525 = 9481$ kJ/h

%50 yükteki Q_{duy} = 29525 kJ/h $\times 0,50 = 14763$ kJ/h

%50 duyulur ısı yükündeki duyulur ısı oranı (RSHR)= $14763/(14763+9481)=\%61$

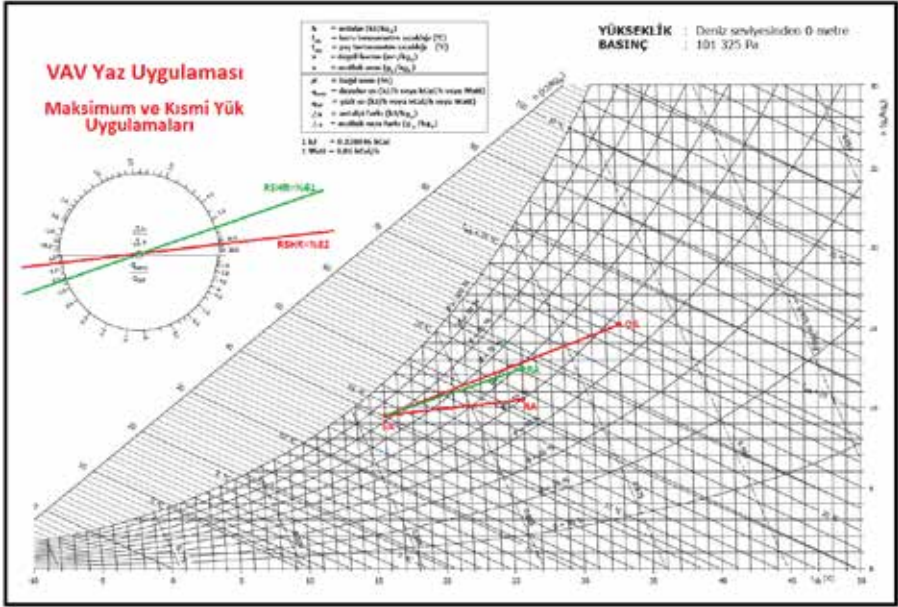
(Gizli ısı kazancı insanlardan ve dahili ekipmanlardan kaynaklandığı varsayımıyla sabit kabul edilmiştir.)

Bu durumda kısmi yükteki hava debisi:

$$V = \frac{14763}{1,00483 \times \left(\frac{1}{0,87}\right) \times (26 - 16)}$$

$V = 1.278 m^3/h$ bulunur.

Maksimum ve kısmi yükteki tek kanallı VAV uygulamalarının priksometrik diyagramı aşağıda gösterilmektedir.



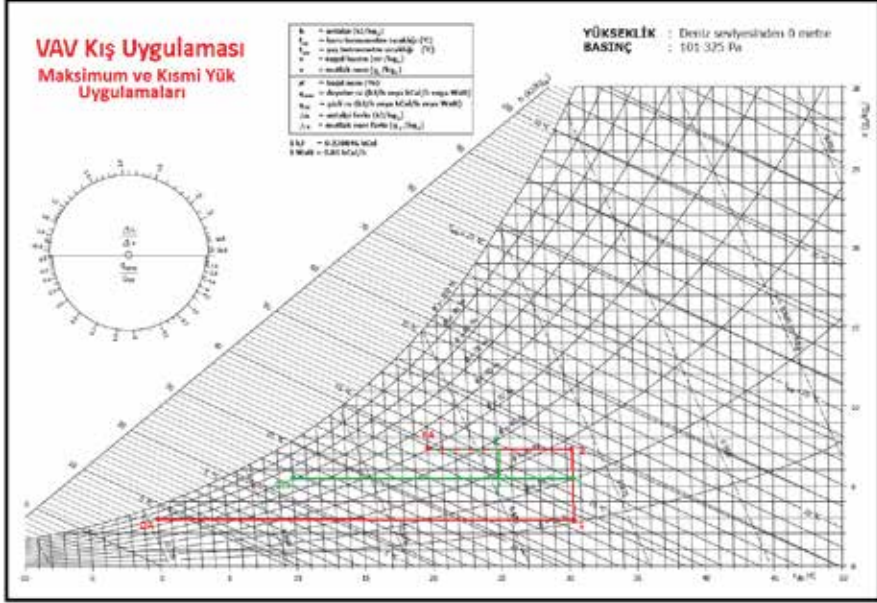
Yukarıdaki örnekte yalnız duyulur ısı yükünün %50 oranında azaldığı ancak gizli ısı yükünün değişmediği varsayımı ile oluşan kısmi yük prosesi gösterilmiştir. Bu nedenle oda duyulur ısı oranı “RSHR” %61 olmuştur. Bu durumda da mahal kuru termometre sıcaklığı 26°C olarak kalmakta, ancak bağıl nemin %50’den %58’e yükseldiğini görürüz. Bu en ekstrem durumdur. Ancak gizli ısı yükünün önemli bir kısmının enfiltrasyon ile geldiğini kabul edersek gizli ısı yükünde değişeceğini kabul etmemiz gerekir. Duyulur ısı yüküne paralel olarak gizli ısının da azalacağını kabul ettiğimizde, örneğin enfiltrasyondan gelen gizli ısı yükünün azalacağını dikkate aldığımızda “RSHR” oda duyulur ısı oranının %61’den daha yüksek değerlere ulaşacağını ve mahal şartları olan “RA” bağıl nem değerinin maksimum yükteki değere çok yakın olacağını görürüz.

Kış rejiminde ise iki değişik uygulama karşımıza çıkmaktadır.

- Minimum sabit debi, üfleme sıcaklığının modüler kompanzasyonu.
- Sabit üfleme sıcaklığı, üfleme debisinin “VAV” olarak uygulanması.

Bu sistemlerden hangisinin tercih edileceği proje müellifi kadar mimari projenin özelliklerine de bağlıdır. Tümü dış duvarlı olan, perimetrik odalara sahip bir konstrüksiyonda tesisat projesini yapan mühendis kış uygulaması için iki sistemden birini tercih edebilir. Ancak bina perimetrik hacimlere ilaveten dış duvarı olmayan iç hacimler içeriyorsa sabit debili uygulamayı seçebilir. Bu durumda perimetrik hacimlerin ısı kayıplarının kompanzasyonu için VAV terminal ünitelerinin çıkışlarına

Isıtıcı bataryalar konulması, bu bataryaların motorlu vanalar ile donatılması ve motorlu vanalara oda termostatları ile kumanda edilmesi gerekmektedir. Her iki uygulama aşağıdaki psikrometrik diyagramında görülmektedir.



1.3.2. Sağladığı Avantajlar ve Üstünlükleri

Tümü havalı klima sistemlerinde gerekli hava debisi mahal soğutma yüküne bağlı olarak belirlenmektedir. Ancak bu debi maksimum yüke tekabül etmektedir. Maksimum yaz klima yükünün tüm çalışma sezonu boyunca ancak birkaç günde ve bu günlerde yalnız azami iki ila üç saat için gerekeceğini düşünersek bu debinin kısmi yük altındaki çalışmalarda gereksiz olduğu ortaya çıkar. Bu mahsur VAV uygulamaları ile giderilmektedir. İlerideki bölümlerde anlatılacağı gibi, VAV terminal üniteleri bünyelerinde debi ölçme ve reglaj sistemleri sayesinde mahalle, ancak o andaki ihtiyacı kadar hava sevkini sağlar. Terminal ünitelerindeki bu reglaj, doğru bir otomatik kontrol sistemi seçimi ile merkezi klima santralına da yansır ve santralin üfleme ve emme-egzost debileri VAV terminal ünitelerindeki azalma ve çoğalmalar paralelinde otomatik olarak azalır veya artar. Ancak klima yükünün “sıfır” olduğu durumlarda üflenen klimatize hava debisi asla sifıra eşit olmaz. Minimum yükteki klimatize hava debisi mahallin IAQ paralelinde, mahalde mevcut insan sayısının altına düşmeyecek tarzda belirlenir. Bu uygulama gerek hava debisinin reglajı, gerekse ısıtma-soğutma için enerji kullanımındaki değişimler nedeniyle önemli enerji

tasarrufları sağlar. Doğru bir projelendirme ile %40'a varan hatta bu değerin dahi üstünde enerji tasarrufu sağlamak mümkündür.

VAV sistemlerinin sağladığı diğer bir avantaj da her mahallin bağımsız bir zon olarak çalışabilmesidir. Sabit debili klima sistemleri değişik hacimlerin değişen klima taleplerini karşılayamaz. Sabit debili üfleme havasının sıcaklığı kritik olarak seçilen bir mahalle veya daha yaygın bir uygulamayla dönüş kanalına yerleştirilen bir termostat veya sıcaklık sensörü ile yapılır. Bu durumda ortalama mahal sıcaklığı algılanıp ona göre üfleme sıcaklığı ayarlandığı için mahallerdeki yaz kliması gereksinimlerine istenen hassasiyetle cevap veremez, mahallerdeki sıcaklıklarda dalgalanma olur. Kış klimasında bu eksiklik zon ısıtıcıları ile kısmen giderilse de bu uygulama yaz kliması için mümkün değildir. Çünkü soğutucu serpantinlerin büyüklüğünden meydana gelen basınç kayıpları, yüzey kondansasyonu, damla tutucu ve terleme tavası gereksinimleri buna engel olan ana nedenlerdir.

1.4. CAV ve VAV Sistemlerinin Karşılaştırılması

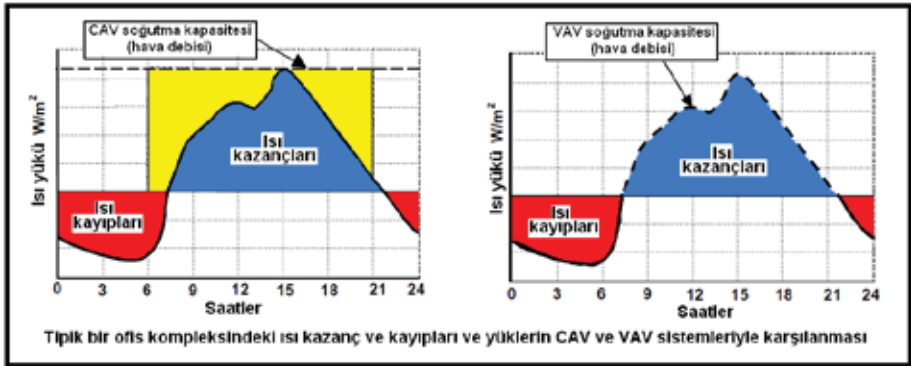
CAV ve VAV sistemleri arasındaki en önemli fark temel felsefelerinden kaynaklanmaktadır. CAV sisteminin felsefesi sabit debide hava ile klimatizasyonu gerçekleştirmek, mahal sıcaklık ayarlarını ise üfleme sıcaklığının modülasyonu ile gerçekleştirmektir. VAV sistemlerindeki temel felsefe ise üfleme sıcaklığını sabit tutmak, mahal sıcaklığını debi regraji ile gerçekleştirmektir. Diğer farklılıklar bu iki temel felsefenin uygulamalarından kaynaklanmaktadır.

Değişken hava debili klima sistemleri sabit debili sistemlerin eksikliklerini gidermek üzere 1960'lı yıllarda ilk olarak ABD'lerinde ortaya çıkmıştır. 1970 sonrası yaşanan gelişmelerde VAV terminal ünitelerinin otomasyon sistemlerindeki hassasiyet artırıcı ve maliyet düşürücü gelişmelerin neticesi ABD dışına da çıkmış, Avrupa ve Asya ülkelerinde de geniş uygulama alanı bulmuştur. Özellikle temiz oda teknolojisinde HEPA filtrelerinin kullanımı VAV terminal ünitelerinin kullanımlarını vazgeçilmez bir unsur haline getirmiştir.

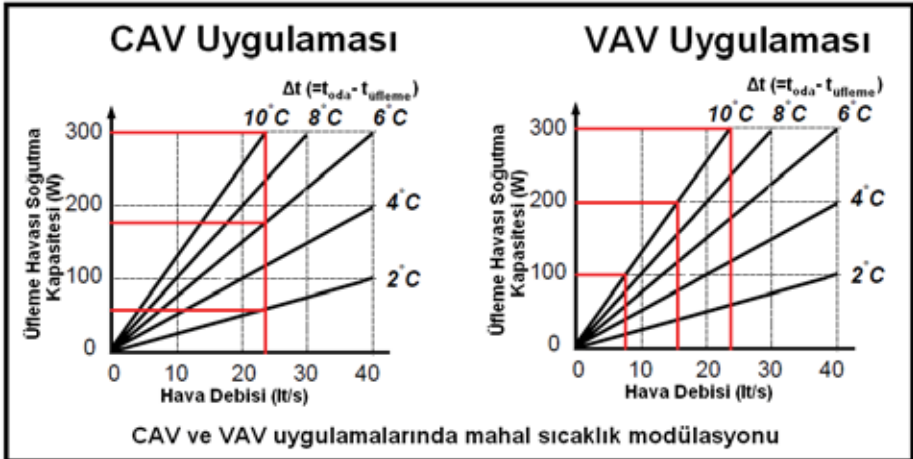
Her iki sistem arasındaki temel farklılıkları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- **Hava debisi:** Her iki sistemde de hava debileri mahallin maksimum klima yükü dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu debi genellikle IAQ iç hava kalitesinin gereksinimi olan taze hava debisinin çok üzerindedir. CAV sistemlerinde hesaplanan maksimum debi tüm uygulama esnasında sabit tutulmaktadır. Bu da mahallere, maksimum yük durumları haricinde gereksiz klimatize hava sevkiyatı ile neticelenmektedir. VAV sistemlerinde ise hava debisi aynı yöntemle hesap edilmekle birlikte mahal şartları paralelinde modüler olarak

kontrol edilmekte, yalnız gerektiği kadar hava üflenmektedir. VAV sisteminde mahallere sevk olunan minimum hava debisi o mahallin IAQ gereksinimlerine göre belirlenmiş hava debisine eşittir. Özetle CAV uygulamasında devamlı sabit debi kullanılmasına karşın VAV uygulamalarında değişken hava debileri kullanılmaktadır. Bu da işletme ekonomisi açısından VAV lehine büyük bir avantaj sağlamaktadır. Maksimum dizayn şartlarına göre hesaplanmış hava debisini CAV uygulamalarında mahallere sevk ettiğinizde kısmi yüklerde mahalde ısıtma gerekir. Bunun alternatifi de değişken üfleme sıcaklığıdır. Halbuki VAV uygulamalarında bu iki uygulama handikapının üstesinden gelinmiştir. Bu hususu aşağıdaki grafikte görebilirsiniz:



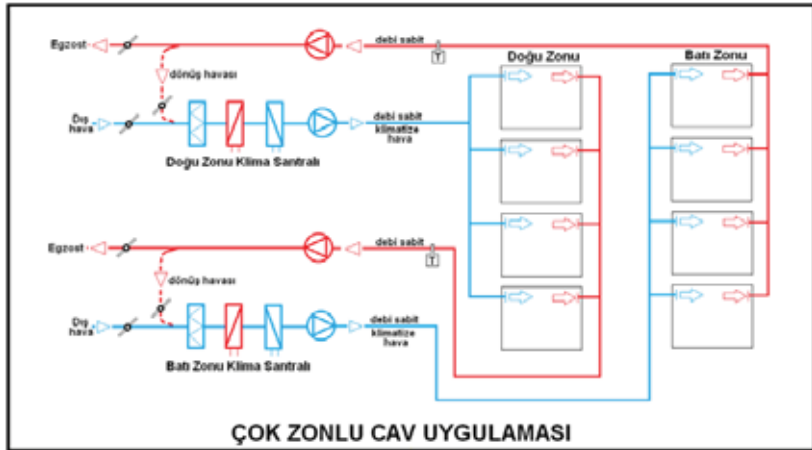
Bu grafik gösterimde, CAV uygulamasında eğer üfleme sıcaklığı sabit tutulursa sarı kısımlar yaz klimasında dahi ısıtma ihtiyacı olacağını göstermektedir. CAV uygulamaları içinde bu handikapa üfleme sıcaklığının kontrolü ile çözüm bulunmaya çalışılmıştır. VAV sistemleri ise bu hususu debi reglajı ile gerçekleştirmektedir.



Sabit debili klima sistemlerindeki üfleme sıcaklık modülasyonu ile değişken debili klima sistemlerinde hava debisi modülasyonu yukarıdaki grafikte görülmektedir.

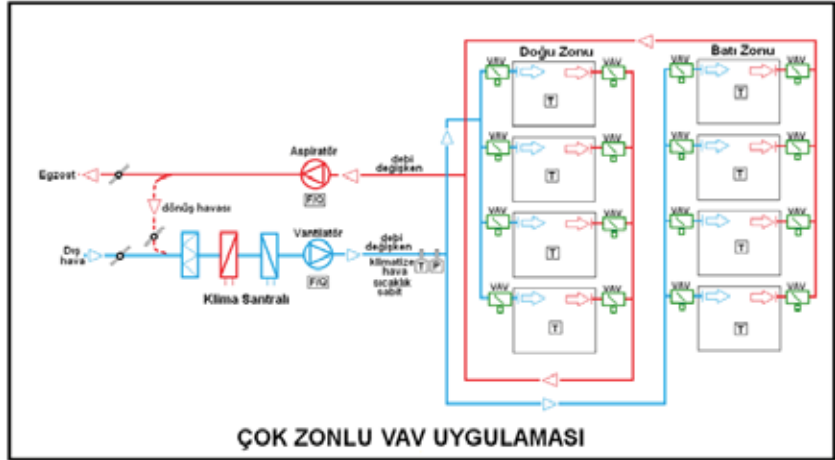
CAV uygulamalarında debinin sabit olduğunu daha önce de belirtmiştik. Yukarıdaki grafik örnekte 300 W/m^2 maksimum yükte 24 litre/saniye debideki üfleme havasının oda sıcaklığından 10°C daha düşük sıcaklıkta, örneğin oda sıcaklığı 26°C ise, üfleme havasının 16°C olduğu bir sistem gösterilmektedir. CAV uygulamasında mahal yükü 180 W/m^2 'ye düştüğünde üfleme sıcaklığı ile oda sıcaklığı arasındaki farkın 8°C 'a, 60 W/m^2 'ye düştüğünde de 2°C 'a düştüğünü görmekteyiz. Bu uygulama, oldukça düşük sıcaklık farklılıklarında oldukça zor ve dalgalanmalı bir uygulamadır. VAV uygulamalarında ise sıcaklık sabit olup kontrolü son derece kolaydır. Mahal gereksinimini debi reglajı ile gerçekleştirilmektedir.

- **Zonlama:** Bir bina yön itibarıyla günün değişik saatlerinde maksimum yüke sahip olan hacimlere sahip olabilir. Örneğin bir binanın hakim cepheleri Doğu ve Batı ise Doğu'ya bakan mahaller sabah saatlerinde, örneğin saat 9:00, 10:00'da maksimum yüke sahiptirler. Batı yönündeki mahaller ise maksimum yüke saat 16:00 ila 18:00 arasında erişirler. Doğu hacimler maksimum yükteyken Batı yönlü hacimler minimumda, Batı yönlü hacimler maksimum yüke sahipken Doğu'ya bakan mahaller ise minimum yükte. Bu husus sabit debili sistemlerde bu durumun çözümü binayı iki zona ayırıp iki değişik klima santrali kullanımı ile çözülmektedir. Benzeri uygulama aşağıdaki şemada gösterilmektedir.



Değişken debili sistemlerde iki binayı zonlamaya gerek kalmadığı gibi tek klima santrali ile sistemi çözmek mümkündür. Her oda için bağımsız debi reglajı VAV

terminal üniteleriyle yapılması bu olanağı sağlamaktadır. Bu uygulamayı aşağıdaki şemada görüyoruz.



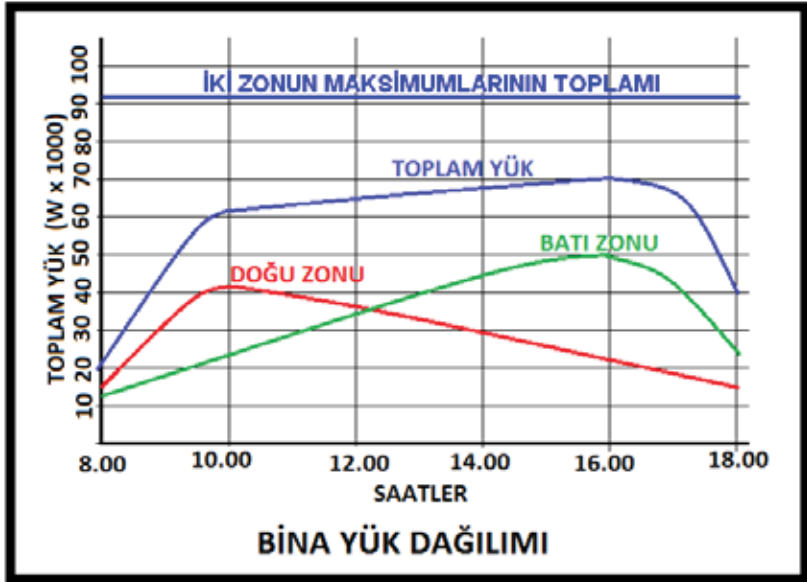
Bu farklılığı şu şekilde rakamlar kullanarak özetleyebiliriz:

İKİ ZONLU BİNA HAVA DEBİLERİ ANALİZİ							
	DOĞU ZONU			BATI ZONU			BİNA MAKSİMUMU
saat	Toplam Yük (W)	RSHR	Debi(m ³ /h)	Toplam Yük (W)	RSHR	Debi(m ³ /h)	Debi(m ³ /h)
10:00	42.000	0,82	13.500	22.000	0,70	6.000	19.500
16:00	20.000	0,71	5.500	50.000	0,82	16.000	21.500

Sabit debili (CAV) klima sistemi uygulamasında her zon için ayrı bir klima santrali kullanılacaktır. Doğu zonu klima santralının hava debisi 13.500 m³/saat ,batı zonunun klima santralının hava debisi ise 16.000 m³/saat olacaktır. Halbuki binanın maksimum yükü saat 16:00'da meydana gelmektedir ve gerekli olan hava debisi 21.500 m³/saat'tir. Kurulu iki klima santralının toplam hava debisi 13.500+16.000=29.500 m³/saat olmasına karşılık maksimum kullanma miktarı 21.500 m³/saat'ten ibarettir. Değişken hava debili uygulamada ise 21.500 m³/saat hava debili tek bir klima santrali kullanılacaktır. Mahal debi gereksinimleri ise her mahallin üfleme kanalı üzerine yerleştirilen bir adet VAV terminal ünitesi ile sağlanacaktır. VAV terminal ünitesine o mahalle yerleştirilen bir termostat kumanda edecektir. Mahal dönüş havası kanalı üzerine de bir adet VAV terminal ünitesi konulması gereklidir. Bu durumda üfleme tarafındaki VAV asil (master), dönüş havası tarafındaki VAV ise ikincil(slave) olacaktır.

Yukarıdaki tablo ile ilgili işlemlerde debi duyulur ısı yükünün havanın sabit basınçtaki özgül ısısına ($C_p=0,24$), özgül yoğunluğuna ($\delta=1,159$) ve oda sıcaklığı ile üfleme sıcaklığı arasındaki farkın 8°C alınması ile bulunmuştur. Duyulur ısı yükü toplam yük ile mahal duyulur ısı oranının (RSHR) çarpımına eşittir.

Bu uygulama önemli bir miktarda işletme ekonomisi sağlamaktadır. CAV uygulamasındaki sabit $29.500 \text{ m}^3/\text{saat}$ hava debisine karşılık VAV uygulamasında ise maksimum $21.500 \text{ m}^3/\text{saat}$ olacak, bu debi de mahallerin ve mevsimsel gereksinimlerin paralelinde minimum debi ile maksimum debi arasında değişecektir.



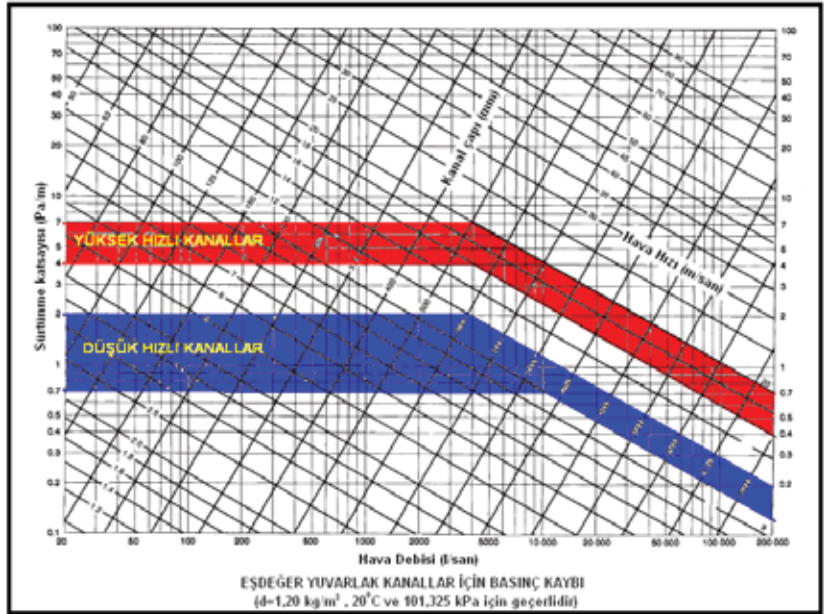
Yukarıdaki grafikte “İKİ ZONUN MAKSİMUMLARININ TOPLAMI” tanımıyla gösterilen çizgi aynı zamanda iki zona hitap eden CAV sistemi klima santrallarının toplam hava debisini, “TOPLAM YÜK” eğrisi ise tüm binaya hizmet eden tek VAV klima santralının değişken hava debisini göstermektedir.

- **Mahal sıcaklık kontrolü:**Değişken debili sistemlerde mahal sıcaklığı mahalle üflenen klimatize havanın debisinin reglajı ile sağlanmaktadır. Bu husus VAV terminal ünitesinin üzerindeki mikro-işlemcili servomotora mahalle yerleştirilen bir elektronik termostat veya BMS (bina otomasyon sistemi)’den gelen sinyaller ile gerçekleştirilmektedir. Bu sayede son derece hassas, esnek ve ekonomik bir oda sıcaklık kontrolü yapılabilmektedir.

Sabit debili sistemlerde ise mahalle sevk olunan debi sabittir. Mahal sıcaklıklarının müstakilen kontrolü mümkün değildir. Termostat dönüş kanalı üzerine konulmakta ve o klima santralının beslediği hacimlerin ortama bir değeri dönüş kanalı üzerinden ölçülebilmektedir. Bu uygulamada mahal sıcaklıklarının hassas bir şekilde kontrolü gerçekleştirilememektedir. Bu mahsur kış uygulamasında zon ısıtıcıları konması ile kısmen giderilse de yaz uygulamasında bu mümkün değildir. Çünkü soğutma serpantinlerinin ısıtma serpantinlerine nazaran çok daha sıra sayısına sahip olmaları basınç kaybını arttırmaktadır. Soğutucu bataryaların satırlarında genelde kondansasyon

meydana gelmektedir. Kondansasyonun kanala sürüklenmemesi için serpantin çıkışına damla tutucu ve altına da terleme tavası konması gerekmektedir. Damla tutucu da ilave bir basınç kaybı getirmektedir. Meydana gelen bu yüksek basınç kaybı uygulamanın ekonomik boyutlarını aşmakta, meydana gelen yoğuşmanın drene edilmesi için ilave bir drenaj şebekesine gerek duyulmaktadır. Bu nedenle zon soğutucu uygulaması tercih edilmemektedir.

- **Kanal Uygulaması:**CAV uygulamalarında klimatize hava genellikle sevk kanallarında düşük hız ve düşük basınçlı hava kanalları kullanılmaktadır. Bunun temel nedeni de ses ve gürültü nedeniyle belirli seviyelerin üstüne çıkamamaktır. Bu nedenle birçok uygulamalarda 60 ila 80 cm, hatta daha fazla asma tavan arası boşluklara gerek görülmektedir. Bu hızlar ana kanallarda 8 ila 10 m/san hava hızı, branşmanlarda da 4 ila 6 m/san hava hızı ile sınırlı kalmaktadır. Ancak VAV uygulamalarında VAV terminal ünitelerine kadar herhangi bir mahalle çıkış noktası olmadığından çok daha hızların uygulanması mümkündür. Ancak muhtemel hava kaçığının yüksek hızlarda büyük ses seviyelerine neden olacağı nedeniyle yüksek hız ve yüksek basınçlı kanal uygulamalarında dikdörtgen kesitli hava kanalları yerine spiral kenetli dairesel veya yassılaştırılmış dairesel hava kanalları (flat-oval air ducts) tercih edilmelidir. VAV terminal ünitelerinden sonra ise düşük hızlı ve düşük basınçlı kanal uygulamalarına geçilmelidir. Aşağıdaki kanal basınç kaybı diyagramında tavsiye edilen ve genelde uygulanan kanal hız ve basınç kayıpları görülmektedir.



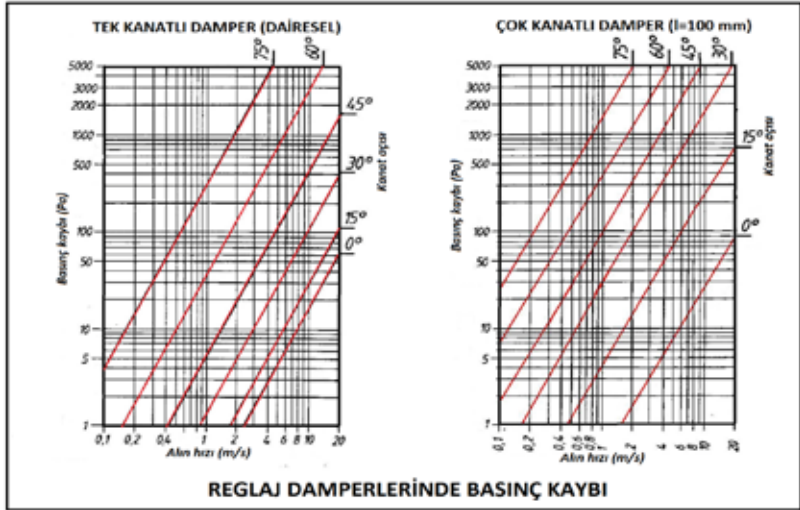
- **Statik hava sorunu:** Değişken hava debili klima sistemlerinde en çok karşılaşılan sorunlardan biri de statik (stagnant=durağan) hava sorunudur. VAV sistemlerinde de gerek kanal hesabı, gerekse menfez, difüzör gibi terminal ünitelerin seçimi maksimum yükteki hava debisine göre yapılır. Özellikle menfez-difüzör seçim ve yerleştirilmesinde mahalde hava cereyanı yaratmayan pozitif bir hava sirkülasyonu, insanların baş seviyesinde optimum hava hızları dikkate alınır. Sabit debili sistemlerde mahal klima yükündeki değişiklikler üflenen havanın sıcaklığının değiştirilmesi suretiyle regüle edildiği için hava debisi tüm işletme süresince sabittir. Eğer terminal ünite seçim ve yerleştirilmesi uygun bir biçimde yapılmışsa, bu uygunluk işletme süresince devam eder ve bir problem yaratmaz. Ancak değişken hava debili sistemlerde bu durum farklıdır. Kısmi yüklerdeki hava debilerinin düşük değerlerde olması mahallin üfleme elemanına uzak kısımlarında statik ve durağan havanın yaratılmasına neden olabilir.



Yukarıdaki resimde görülen durumun izale edilmesi için menfez ve difüzörlerin maksimum ve minimum debilerdeki performansları incelenmeli, seçim ona göre yapılmalıdır. Önerilen çözümlerden biri de menfezlerin mümkünse karşıt duvarlara konularak çapraz süpürmenin gerçekleştirilmesidir. Bu uygulama da sorunu büyük ölçüde ortadan kaldırır. Aynı durum asma tavana yerleştirilen difüzörler için de geçerlidir. Fanlı VAV terminal üniteleri ve endüksiyonlu VAV ünitelerinin kullanımı yetersiz hava dağılım sorunu için alternatif çözümler oluşturmaktadır. Fanlı ve endüksiyonlu VAV terminal üniteleri ileriki sayfalarda ele alınacaktır.

- **Ses seviyeleri:** Değişken hava debili klima sistemlerinde tam kapasitede çalışma durumunda ses seviyesi önemli bir sorun değildir. Ancak kısmi kapasitelerde, özellikle maksimum debi için VAV terminal ünitesi yüksek hızlarda, örneğin 10 m/s – 12 m/s gibi limit değerlerde seçildiyse, özellikle kısmi yük durumundaki çalışmalarda ses seviyesi istenen konfor şartlarının üzerinde oluşabilir. Çünkü kısmi yük durumundaki çalışmalarda VAV terminal ünitesi içindeki reglaj damperi kısmen kapalı (kısıklı) durumda olacaktır. Bu konum da basınç kaybına bağlı olarak ses seviyesinin artmasına neden olacaktır. Aşağıdaki diyagramda bir VAV terminal ünitesi içindeki reglaj

damperinin (dairesel klapenin) kanat açısına bağlı olarak basınç kayıplarını göstermektedir.



VAV terminal ünitesinde meydana gelen ses seviyesi de basınç kaybının bir fonksiyonu olarak gelişmektedir. Aşağıdaki tablo İMEKSAN A.Ş. üretimi IDH-D serisi VAV terminal ünitelerinin ses seviyelerini göstermektedir.

IDH-DO (izolesiz model)									
Model/Alan	Hava giriş hızı	Üfleme tarafı ,LwA (dBA)				Çeneye yansıyan,LwA (dBA)			
		125Pa	250Pa	500Pa	750Pa	125Pa	250Pa	500Pa	750Pa
500x400	2 m/s	22	26	31	34	22	27	32	35
	4	32	37	41	44	22	27	32	35
	6	38	43	48	50	26	33	38	41
	8	42	47	52	55	32	37	43	46
0,20m2	10	45	50	55	58	35	41	46	50

IDH-DI (izoleli model)									
Model/Alan	Hava giriş hızı	Üfleme tarafı ,LwA (dBA)				Çeneye yansıyan,LwA (dBA)			
		125Pa	250Pa	500Pa	750Pa	125Pa	250Pa	500Pa	750Pa
500x400	2 m/s	22	26	31	34	22	27	32	35
	4	32	37	41	44	24	29	34	37
	6	38	43	48	50	24	29	34	37
0,20m2	8	42	47	52	55	26	33	39	42
	10	45	50	55	58	31	37	42	46

20 dB'nin altında/below 20 dB

Odaya yansıyan ses seviyesi arzu edilenin üzerinde ise ünite çıkışına susturucu konulmalıdır. VAV terminal ünitelerine entegre susturucular 2. Bölüm'de incelenecektir.

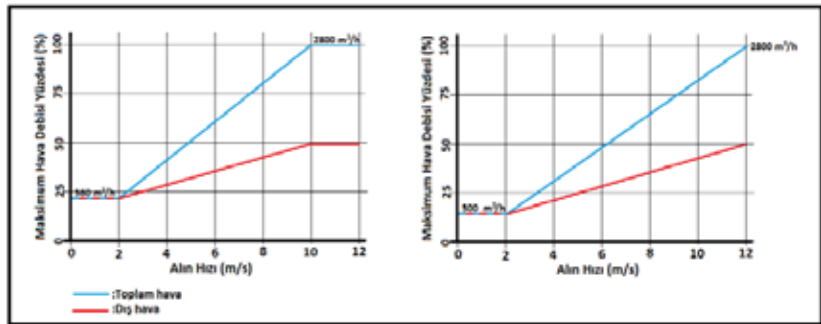
- **Yetersiz havalandırma sorunu:**

Yanlış uygulamalar sonucu değişken hava debili sistemlerde IAQ şartlarına uymayan yetersiz havalandırma ile karşılaşmaktadır. Yetersiz havalandırma

bu sistemin bir eksikliği olmayıp yanlış projelendirilmeden kaynaklanmaktadır. Değişken hava debilerinde bir mahallin maksimum hava debisi o mahallin maksimum klima yüküne göre belirlenir. Minimum hava debisi ise o mahalde mevcut insan sayısı için IAQ şartlarına göre gerekli olan hava debisidir. İmalatçı firma kataloglarında VAV terminal ünit debileri genellikle 2 m/s ila 12 m/s arasındaki alın hızlarına göre verilir. Maksimum hava debisi de proje müellifi tarafından seçilen büyüklükteki ünitenin yine proje müellifi tarafından seçilen alın hızındaki debidir. Minimum debi ise mahaldeki insan sayısına göre belirlenir. Seçilen VAV terminal ünitesindeki minimum debi bu debi olacaktır. Bu debinin tekabül ettiği alın hızı 2 m/s'nin üzerinde olabilir. Örneğin bir VAV ünitesinde istenen maksimum debi 2800 m³/saat , minimum debi de 500 m³/saat olsun. Bu durumda 2800 m³/saat için 10 m/s alın hızı olan bir ünite seçilirse minimum debinin tekabül edeceği hız 1,78 m/s bulunur. VAV uygulamalarında 2 m/s alın hızı altındaki uygulamalar sağlıklı bir çalışma olacağı için yapılacak şey iki uygulamadan birini yapmaktır.

- Bunlardan birincisi 2 m/s'nin karşılığı olan 560 m³/saat'i minimum debi olarak seçmektir. Bu durumda VAV ünitesi 2800 m³/saat maksimum (10 m/s alın hızı), 560 m³/saat (2 m/s alın hızı) minimum debilerde çalışacaktır.
- İkinci seçim ise bir büyük VAV terminal ünitesine geçip 2800 m³/saat için daha yüksek alın hızına sahip, örneğin bu debiyi 12 m/s'de veren bir ünite seçmektir. Bu durumda 500 m³/saat debiyi ünite 2,14 m/s alın hızında verecektir.

Bu uygulamalardan her ikisi de doğrudur ve tercih tamamen projenin insiyatifine kalmıştır.



Yukarıdaki örneklerde %100 dış hava ile çalışan bir değişken havalı klima sistemi kabul edilmiştir. Ancak sistem karışım havası ile çalışıyorsa, örneğin %50 karışım havası ile çalışıyorsa yukarıdaki uygulama, eğer gerekli önlem

alınmamışsa, eksik ve yanlıştır. Bu durumda merkezi klima santralının %50 dış havasının debisinin maksimum yükteki debisinin sabit tutulması, dönüş havası debisinin ise gereksinimler paralelinde regüle edilmesidir. Bu husus yukarıdaki grafikte gösterillene uygun bir otomatik kontrol donanımı ile gerçekleştirilebilir. Bu husus 2. Bölüm, 2.2.3. "Klima Santralı Kontrol Sistemleri detaylı bir şekilde incelenmektedir.

- **Enerji Tasarrufu:** Klima yükünün kaydırılabilir ve değiştirilebilir olması değişken hava debili sistemlerin en büyük avantajıdır. Sabit hava debili sistemlerde maksimum hava debisi maksimum yüke göre belirlenir. Bu yük ısı iletimi, radyasyon, enfiltrasyon, aydınlatma, ekipman ve insanlardan kaynaklanan ısı kazançlarının toplamından meydana gelir. Aynı hesap tarzı değişken hava debili sistemler için de geçerlidir. Her iki sistemde de maksimum hava debisi aynı yöntemle hesaplanır. Hesaplama en kritik şartlar dikkate alınarak yapılmaktadır. CAV sistemlerinde maksimum yüke göre belirlenen debi sabittir ve değişmez. Halbuki VAV uygulamalarında değişen ve azalan yüklere göre hava debilerini de azaltmak mümkündür. Değişen hava debileri paralelinde merkezi klima santralının hava debisinin de değişmesi işletme açısından çok büyük tasarruflar getirir. Günümüzde merkezi klima santrallerinin vantilatör ve aspiratör debilerinin reglajında frekans konvertörleri kullanılmakta, güç kullanımında önemli tasarruflar sağlamaktadır.

Diğer önemli bir husus ta kullanılmayan mahallerin devre dışı bırakılabilmesidir. 2-10 VDC kumanda sinyali ile çalışan bir VAV terminal ünitesi 2VDC'de minimum, 10VDC'de ise maksimum hava debisini mahalle sevk eder. Diğer bir deyişle 10VDC sinyalde kontrol klapesi en açık konumunda, 2 VDC'de ise minimum açıklıktadır. 0 VDC sinyal ise klapenin tam kapanması manasına gelir ki bu uygulamada kullanılmayan mahal devre dışı bırakılmış olur.

VAV uygulamalarında çok zonlu bir sistemin klimatizasyonunun tek bir klima santrali ile sağlanabileceğini önceki bahislerimizde (bkz. Konu No. 1.4. "CAV ve VAV Sistemlerinin Karşılaştırılması, sayfa-17) detaylı bir biçimde anlatmıştık. Bu uygulama da bize hava debisi açısından önemli bir avantaj sağlar.

VAV uygulamalarında, kısmi yüklerdeki hava debilerinin daha düşük değerlerde olması ısıtıcı ve soğutucu akışkan debi ve kapasiteleri açısından olduğu kadar, ısıtıcı-soğutucu ünitelerle sirkülasyon pompalarının enerji harcamaları açısından büyük tasarruflar sağlar.

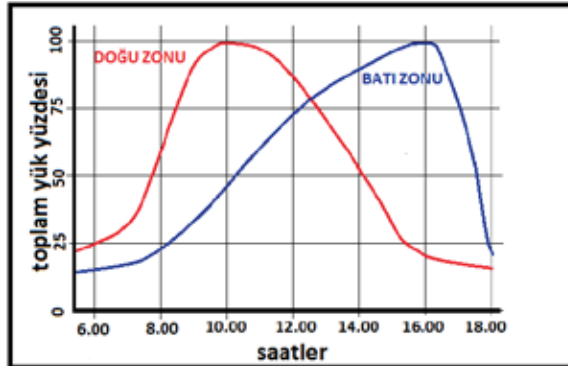
VAV sistemleri işletme masraflarının toplamında %40'a varan tasarruf sağlar.

- **İlk Tesis Maliyeti:** VAV sistemleri ve onların ayrılmaz bir parçası olan VAV terminal üniteleri, ilk kullanıma sunulduğu 1960'lı yıllarda çok yüksek fiyatlara mal oluyor ve satılıyordu. Bu rakamlar ABD Doları bazında üç sıfırlı rakamlardı. Bunun nedenlerinden biri de her VAV üreticisi firmanın kendi otomatik kontrol sistemini geliştirmesi ve bu sistemleri kendi monopollerinde bulundurmalarıydı. Ancak özellikle 1970 sonrası ve 1980'li yıllarda gelişen elektronik ve otomatik kontrol sanayi sayesinde OEM bazında özel servomotorların üretimi başladı. Bunun öncülüğünü yapan firmaların başında İsviçre'de bulunan BELIMO firması gelmektedir. Bu firmanın ve onu takip eden diğer firmaların sayesinde VAV uygulamasına uygun mikro işlemcili özel servomotorların fiyatları ABD Doları bazında iki sıfırlı seviyelere düştü. Bunun neticesi olarak VAV ünite ve sistemleri daha yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

Tek zonlu sistemlerde VAV sistemleri CAV uygulamalarından belirli bir oranda daha yüksek ilk yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Bu rakam %30 ila %50 arasında değişebilir. Ancak zon sayısı arttıkça aradaki ilk tesis maliyeti farkı azalmakta, hatta çok hacimli ve değişik kullanım mahallerine sahip komplike konstrüksiyonlarda daha da ucuza mal olmaktadır. Ancak ilk tesis maliyeti ne kadar yüksek olursa olsun, her geçen gün artmakta olan enerji maliyetleri karşısında VAV klima sistemleri uzun vadede, örneğin 10 yıllık bir çalışma sürecinde ilk tesis ve işletme masrafları dikkate alındığında çok daha avantajlı durumdadır.

1.5. VAV Uygulamalarında Bina Karakteristikleri

1.5.1. Değişken Yük Profilleri



VAV klima sistemlerinin sağladığı en önemli avantajlardan biri, bir binanın değişik hacimlerdeki konfor gereksinimlerini hassas bir şekilde karşılayabilmek ve bu

sayede vantilatör/aspiratör ve soğutucu sistemin kullandığı enerjilerden büyük tasarruflar sağlamaktır. Binanın konstrüktif ve kullanım özellikleri termik yüklerin gün boyunca değişimine neden olur. Bu eğişim şematik olarak yukarıdaki resimde gösterilmiştir. Bu değişim yıl boyunca da devam eder. VAV uygulaması ise bu değişimlerin getirdiği gereksinimleri optimum şartlarda minimum enerji tüketimiyle sağlar.

1.5.2. Çoklu ve Bağımsız Hacim Kontrolları

VAV uygulamalarının diğer önemli bir özelliği de bir bina dahilindeki değişik hacimlerin klimatolojik gereksinimlerini verimli bir şekilde sağlayabilmesidir. Bu özellik değişken hava debili sistemlerde her mahallin ayrı bir zon gibi kontrol edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu husus dış duvarı olmayıp kış aylarında dahi soğutma isteyen hacimler için de geçerlidir. İleriki bahislerde detaylı bir biçimde inceleyeceğimiz bu durum perimetrik hacimlerin VAV terminal ünite çıkışlarına ısıtıcı batarya montajı ile karşılanmaktadır.

1.5.3. Müşterek Dönüş-Egzost Kanalı Kullanımı

VAV uygulamalarında her hacim müstakil bir zon olsa dahi müşterek dönüş-egzost havası kanalı kullanırlar. Birçok durumda dönüş havası kanalı dahi kullanmadan, asma tavanın içini plenum hücre olarak kullanarak dönüş havasının merkezi klima santralına iletilmesi gerçekleştirilebilir.

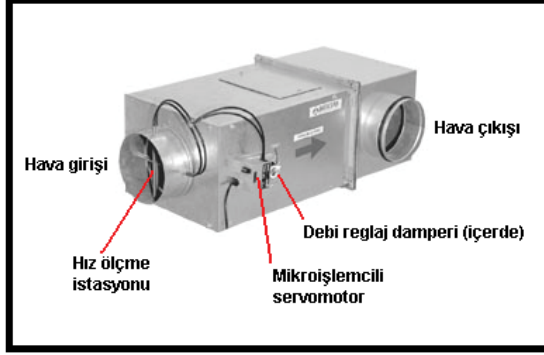
BÖLÜM-2

Değişken Hava Debili Klima Sistemleri

2.1. VAV Terminal Üniteleri

2.1.1.VAV Terminal Ünitelerinin Genel Konstrüksiyonu

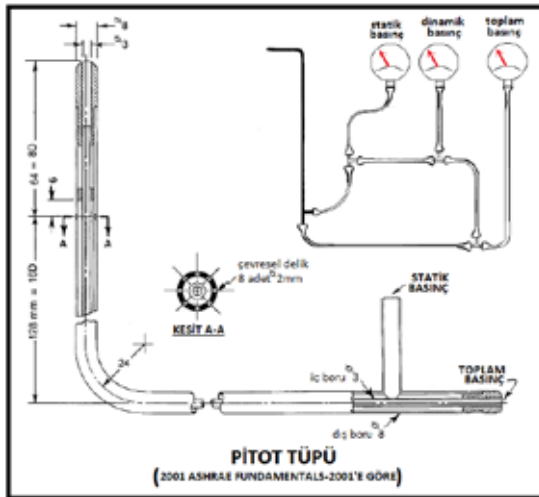
2.1.1.1. Konstrüksiyon Esasları.



VAV terminal ünitelerinin temel görevi hava debisini mahal yükü ve konfor şartları paralelinde regüle etmektir. Bu nedenle her VAV terminal ünitesinin bünyesinde üç ana eleman bulunur.

- Debi ölçüm ünitesi
- Kontrol ünitesi
- Servomotor

Debi ölçüm ünitesi bir venturi, orifis plakası veya pitot tüplerinden meydana gelir. Bu ünitenin temel görevi isminden de anlaşılacağı VAV terminal ünitesinden geçen hava debisinin ölçülmesidir. Pitot tüpü aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Pitot tüpleri kanallardaki havanın hızını ölçmek için en yaygın olarak kullanılan ölçme aletidir. Ölçümlerdeki hata oranı 2 m/s ve üzerindeki hızlarda %1 ila %5 arasındadır. 2 m/s altındaki hızlarda ise hassasiyeti büyük ölçüde kaybolur. Çünkü 2 Pa ve daha düşük basınçlarda hata oranı yükselmektedir. Bu nedenle ölçme tekniği olarak pitot tüpü kullanan VAV terminal ünitesi imalatçıları bu hızın altındaki değerlere kataloglarında yer vermemekte ve tavsiye etmemektedir.

Ünitenin hava geçiş alın alanı sabit olduğu için hava hızının hassas bir şekilde ölçülmesi yeterlidir. Çünkü ölçülen hava hızı ile kesit alanının çarpımı hava debisini verecektir. Bunu aşağıdaki gibi formülize edebiliriz.

$$\Sigma P = P_{\text{statik}} + P_{\text{dinamik}} \dots \dots \dots \text{Pa}$$

$$P_{\text{dinamik}} = \Sigma P - P_{\text{statik}} \dots \dots \dots \text{Pa}$$

$$P_{\text{dinamik}} = \frac{v^2}{2\delta} \dots \dots \dots \text{Pa}$$

$$v = \sqrt{P_{\text{dinamik}} / 2\delta} \dots \dots \dots \text{ m/san.}$$

$$V = F \times v \dots \dots \dots \text{ m}^3/\text{san.}$$

Bu işlemlerde :

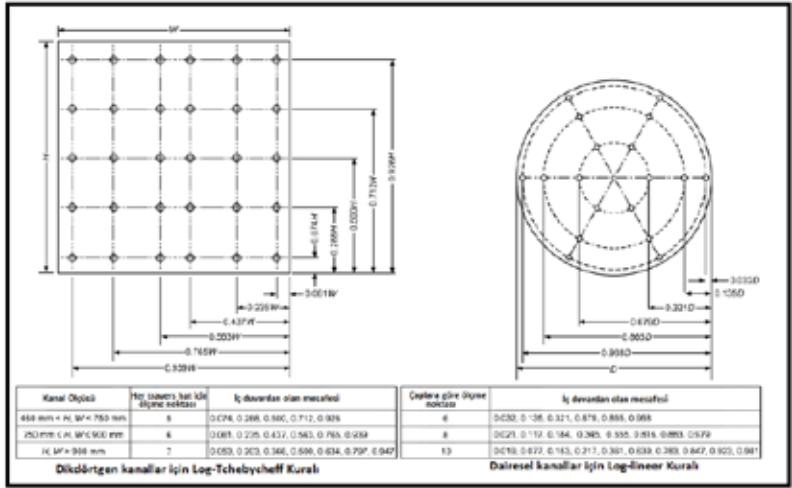
$$v = \text{hava hızı (m/san)}$$

$$F = \text{kesit alanı (m}^2\text{)}$$

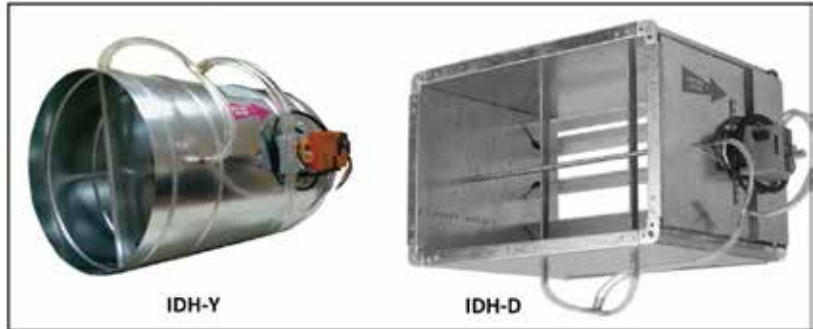
$$V = \text{hava debisi (m}^3/\text{san)}$$

VAV terminal ünitesi içinde hava akış ipçikleri değişik hızlara sahip oldukları ve farklı hız profilleri sergiledikleri için tek noktadan ölçüm yeterli olmamakta, uygulandığı taktirde büyük hata paylarına sahip olmaktadır. Bu nedenle hız ölçümünün birden çok noktadan yapılması ve bunun ortalamasının alınarak gerekli işlemlerin yapılması gereklidir. Ölçüm noktalarının dairesel ve dikdörtgen kesitli hava kanallarında kaç adet olacağı ve hangi noktalardan yapılacağı "2013 ASHRAE Handbook Fundamentals (SI)"de detaylı bir biçimde anlatılmaktadır. Yuvarlak kanallar için "Log-Tchebycheff" veya kısa tanımıyla "Log-T" metodu önerilmekte, ancak gerekli önlemlerin alınması koşuluyla "eşit-alan metodu" nun da kullanılabileceği belirtilmektedir.

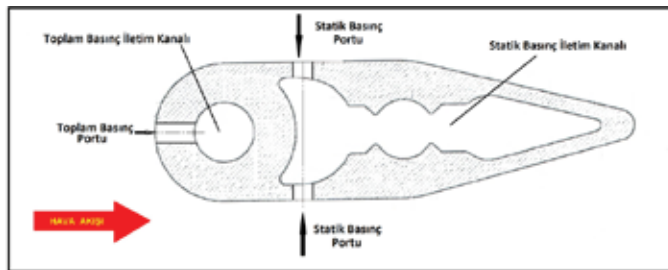
Bu ölçümlerin tamamı havanın 20°C sıcaklıkta ve 101,325 kPa basınçta olması varsayımına dayanmaktadır. Hassas ölçümler için düzeltme formüllerinin kullanılması gerekmektedir. Ancak bu düzeltmeler çok hassas ölçümler için geçerlidir.



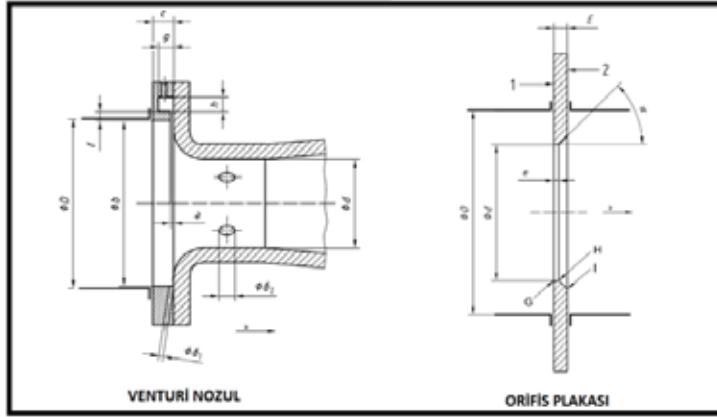
Basınç ortalamasını alabilmek için yukarıdaki şemaya uygun olarak dairesel kesitli VAV terminal ünitelerinde “+” tarzında yerleştirilmiş, dikdörtgen kesitli ünitelerde ise, büyüklük ve dikdörtgen oranına bağlı olarak “+” veya “++” tarzında pitot tüpü yerleştirilmesi yapılmaktadır. Aşağıdaki resimde İMEKSAN A.Ş. üretimi olan dairesel ve dikdörtgen kesitli VAV terminal üniteleri görülmektedir.



Yukarıdaki resimde de görülen uygulama kesiti aşağıda görülen pitot tüplerinin birbirine 90° açı ile, VAV ünitesi hava giriş tarafına yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Pitot tüpü kesiti aşağıdadır.

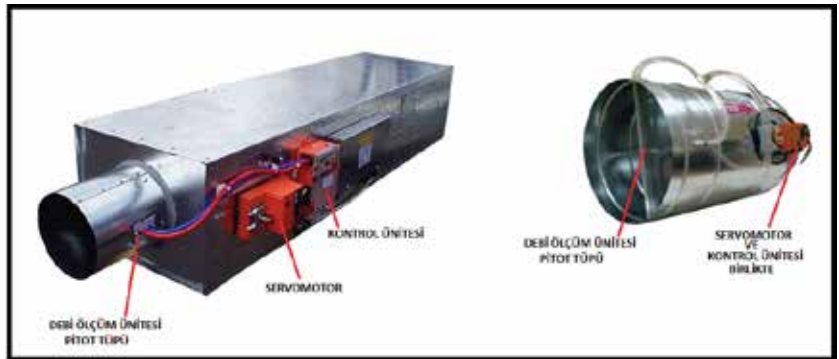


Diğer ölçüm metodları da, pitot tüpü kadar yaygın olmamakla birlikte bazı imalatçılar tarafından kullanılmaktadır. Bu ölçüm istasyonları aşağıdaki resimlerde görülmektedir.



Bu metodların detaylı tartışması ölçme teknikleri kapsamına girmektedir ve konumuz dışındadır. Ancak venturi, orifis plakası ve benzeri ölçme ekipmanı ve metodlarıyla ilgilenen okuyucularımıza ISO-52677/1, ISO-52677/2, ISO-52677/3 ve ISO-52677/1 standartlarını öneririz.

Kontrol ünitesi eski VAV terminal ünitelerinde, günümüzde de ani hareketli VAV ünitelerinde ayrı bir birim olarak, ölçme istasyonu ile oransal servomotor arasında yer almaktadır. Günümüzde ise, bir mikroprosesor olarak tanımlayacağımız kontrol ünitesi servomotorun bünyesine yerleştirilmiş bulunmaktadır.



Kontrol ünitesinin üç temel görevi vardır:

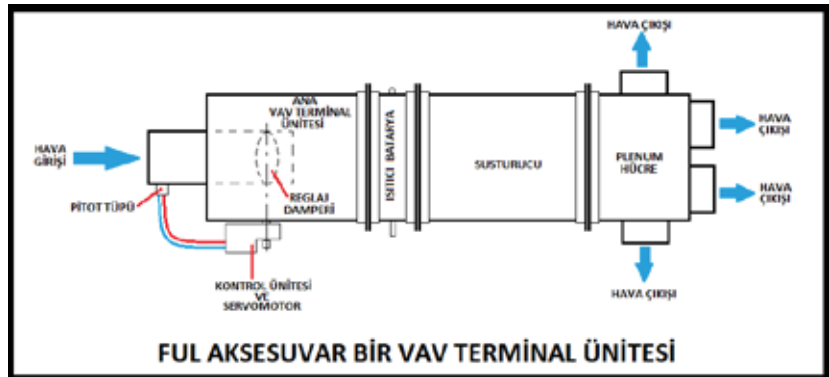
- Pitot tüpü tarafından ölçülen pnömatik sinyalleri algılayarak hava hızı ve hava debisi değerlerini belirlemek.
- Gelen pnömatik sinyalleri ve hesaplanan değerleri elektronik sinyallere dönüştürmek.

- Ölçülen değerleri termostat veya bina otomasyon sisteminden gelen sinyallerle mukayese ederek, mevcut debinin istenen konumda veya yetersiz olduğunu saptayarak servomotora kumanda sinyali göndermek.
- İstenen mahalle, örneğin bina otomasyon sistemine sinyal (feedback) göndererek hava debisi, damper konumu gibi bilgileri aktarmak ve izlenmesini sağlamak.

Servomotor, “PI” karakteristikli oransal-integral bir motordur ve genellikle 24VAC akım ve kumanda panelinden gelen 00-10VDC sinyaller ile çalışır. Servomotorun kumanda ettiği damper, dairesel kesitli VAV terminal ünitelerinde tek kanatlı klape tarzındadır. Dikdörtgen kesitli olanlarda ise çok kanatlı ve kanatları ters yöne hareketlidir. Damperlerin sızdırmazlık oranlarını arttırmak ve by-pass oranları düşürmek için yuvarlak damper kanatlarında çevre , çok kanatlı ve dikdörtgen olanlarında ise hem çevre hem de birbirleri ile kapanma anında temas eden yerleri conta ile donatılmış olmalıdır.

VAV terminal ünitesinin gövdesi genelde galvanizli sacdan ve sızdırmaz bir tarzda imal edilir. Üfleme kanalı üzerine monte edilecek olanların gövdeleri ısıya karşı izoleli olmalıdır. İzolasyon gövdenin dışına uygulanır.

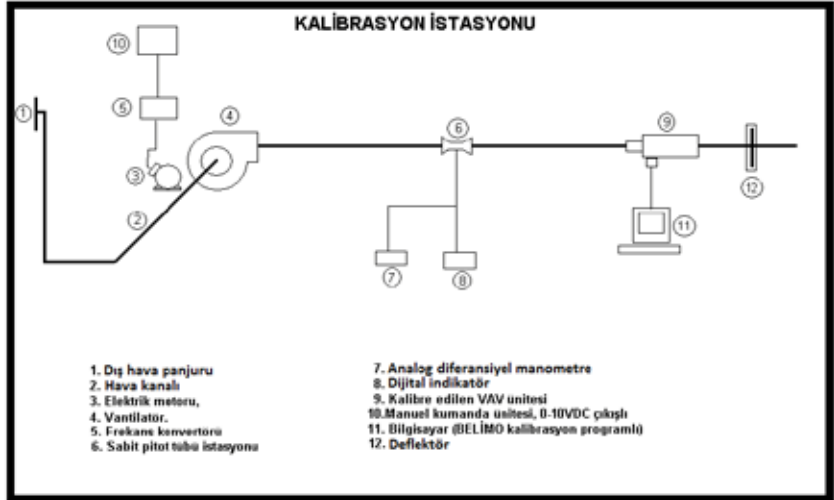
VAV terminal ünitelerinin çıkış tarafına, menfezlere klimatize hava dağıtımında kolaylık sağlamak amacıyla plenum hücreler takılabilir. Bu hücrelerden esnek hava kanallarıyla menfez ve difüzörlere havanın iletimini sağlamak mümkündür. Plenum hücre ile terminal ünitesi arasında gerektiğinde, elektrikli veya sıcak sulu hava ısıtıcı batarya, susturucu takmak, bu elemanların tümünün fabrikasyon olarak ünite üzerine montajını yapmak mümkündür. Firma kataloglarında bu elemanları bulmak mümkündür.



2.1.1.2. Kalibrasyon Esasları

VAV Terminal ünitelerinin diğer dinamik terminal cihazlarından, örneğin fan-coil cihazlarından, endüksiyon cihazlarından, statik soğutmalı ünitelerden temel farkı onlar gibi seri olarak üretilmelerine rağmen projede belirtilen değerlere göre her birinin bağımsız olarak ve teker teker kalibre edilmeleridir. Çünkü aynı model ve çaptaki VAV terminal ünitelerinin projede gösterilen görevleri, örneğin maksimum ve minimum hava debileri birbirlerinden farklıdır. Bu nedenle üretim aşaması tamamlanmış olan VAV ünitelerinin mutlaka kalibre edilmesi gerekir.

Aşağıdaki şemada İMEKSAN A.Ş.'ne ait kalibrasyon istasyonlarının akış şeması görülmektedir.



VAV terminal ünitelerinin kalibrasyonunda dikkat edilecek en önemli hususlardan biri hız ölçme istasyonunun hassasiyetidir. VAV terminal ünitelerinin kalibrasyonu esnasında kalibrasyonu yapan teknik personel tarafından hız ölçme hassasiyetinin sürekli kontrol edilmesi gerekir. Bu hususu İMEKSAN A.Ş.'nin kalibrasyon standında inceleyeceğiz. Firmada değişik çaplardaki terminal ünitelerini kalibre etmek için dört değişik kalibrasyon standı bulunmaktadır. Her standda kalibrasyon programı yüklü bir bilgisayar bulunmaktadır (No.11). Kalibre edilmek istenen minimum ve maksimum debiler bu programda belirlenir ve uygulanır. Program aynı zamanda debileri de dijital ortamda, bilgisayar monitöründe göstermektedir. Bunun haricinde

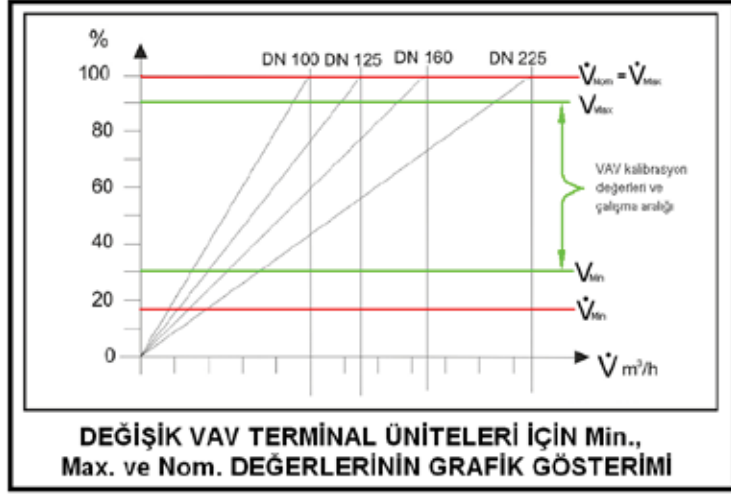
debi ölçüm ve kontrolü için bilgisayardan bağımsız bir pitot tüplü sabit ölçüm istasyonu bulunmaktadır (No.6). Bu ölçüm istasyonu biri elektronik dijital (No.8), diğeri analog (No.7) olmak üzere iki gösteregeye bağlıdır. Bu göstergelerde ölçülen dinamik basınç ve debi gösterilir. Burada okunan değerlerin arasındaki fark %5'ten fazla olmamalıdır. Keza 7 ve 8 numaralı göstergelerde okunan debi ile bilgisayar monitöründeki debi birbirlerini tutmalıdır. Buradaki farklılık ta %5'ten büyük olmamalıdır. Dolayısıyla kalibrasyon istasyonunun üç ana gruptan oluştuğunu var sayabiliriz.

- **Fan Grubu:** İstenen debiyi temin edebilecek büyüklükte bir vantilatör, elektrik motoru, frekans konvertörü ve elektrik motoru devri ile fan debisini manuel ayarlayabilmek için bir manuel kumanda ünitesinden (No.10) meydana gelmektedir. Kaba debi ayarı burada yapılır.
- **Ölçüm ve kontrol ünitesi:** Kalibre edilmiş bir pitot tüpü (No.6),dijital indikatör (No.8) ve analog basınç göstergesinden (No.7) ibarettir. Kendi içinde kontrolü gerçekleştirdiği gibi vantilatörün manuel olarak hassas ayarını da sağlar. Diğer bir görevi de kalibrasyon değerlerinin doğrulanmasıdır.
- **Kalibrasyon ünitesi:** Kalibre edilecek VAV terminal ünitesi (No.9) ile özel yazılım yüklü bilgisayardan (No.11) meydana gelmiştir. Standa monte edilmiş olan VAV terminal ünitesinin minimum ve maksimum debilerde kalibrasyonunu ve bu değerlerin VAV ünitesi üzerindeki kontrol ünitesine (servomotor bünyesinde) yüklenmesini sağlar.

Yukarıda da bahsedildiği gibi VAV terminal ünitelerinin her proje ve kullanım için ayrı ayrı kalibre edilmeleri bir zorunluluktur. Bu nedenle ünite bir bütün olarak servomotor, pitot tüpü ve damperi ile bir arada kalibre edilmelidir. Çünkü cihaz bir bütündür ve bir bütün olarak çalışacaktır. Servomotorun ayrı olarak kalibre edilmesi ve bilahare üniteye takılması kabul edilemez.

VAV terminal üniteleri kalibre edilirken nominal debileri esas alınır. Bu debi üretici firma tarafından belirlenir ve genelde o ünitenin çalışabileceği maksimum debiye tekabül eder. Üretici firmaların kataloglarına bakıldığında minimum debi, maksimum debi ve bu iki debi arasındaki debiler hız aralığıyla gösterildiğini görürsünüz. Minimum debi 2 m/saniyedir. Çünkü bu hız yaklaşık 2 paskal dinamik basınca eşittir ki pitot tüpünün hassas ölçüm yapabildiği alt sınırdır. Maksimum debi için bir üst sınır olmamakla birlikte yüksek basınç kayıpları ve ses seviyeleri ile damperlerdeki muhtemel kaçaklar nedeniyle imalatçı firmalar yuvarlak gövdeli ünitelerde 12 m/san., dikdörtgen kesitli

göveye sahip ünitelerde ise 10 m/san olarak limitlemektedir.



Kalibre edilecek VAV terminal ünitesinin “ V_{max} ” ve “ V_{min} ” değerleri yukarıdaki grafik çizimde gösterildiği gibi imalatçı firma kataloglarında gösterilen maksimum ve minimum debilerin arasında olmalıdır.

Kalibrasyon işleminin başlangıcında ilk olarak standın vantilatörü çalıştırılır. Pitot tüpünün verilerine göre istenen maksimum debiyeye yaklaşık olarak ayarlanır. Bu işlem frekans konvertörüne kumanda eden manuel kontrol ünitesi ile yapılır. İstenen debi indikatörde okunduktan sonra yapılacak ikinci işlem bilgisayara nominal debinin girilmesidir. Maksimum ve minimum debiler de nominal debinin yüzdeleri olarak girilir. Bu bilgiler, servomotor ve damperin çalıştırılması ile gerçekleştirilir ve kontrol ünitesinde mevcut mikro işlemciye aktarılır ve kaydedilir. İşlem tamamlandığında artık VAV terminal ünitesi, örneğin 2 VDC sinyal aldığı anda minimum debide, 10 VDC sinyal aldığı anda ise maksimum debide çalışacaktır. Bundan sonra doğrulama işlemine geçilir. Bu işlem esnasında vantilatörün debisi artırılır ve VAV terminal ünitesinin istenen debiyi yakalayıp yakalamadığı gözlenir. Genelde yakaladığı görülür ve işlem tamamlanır.

Her VAV ünitesi kalibre edildikten sonra mutlaka bir kalibrasyon sertifikası hazırlanmalı ve üniteye eklenmelidir. Sertifikada şu bilgiler yer almalıdır.

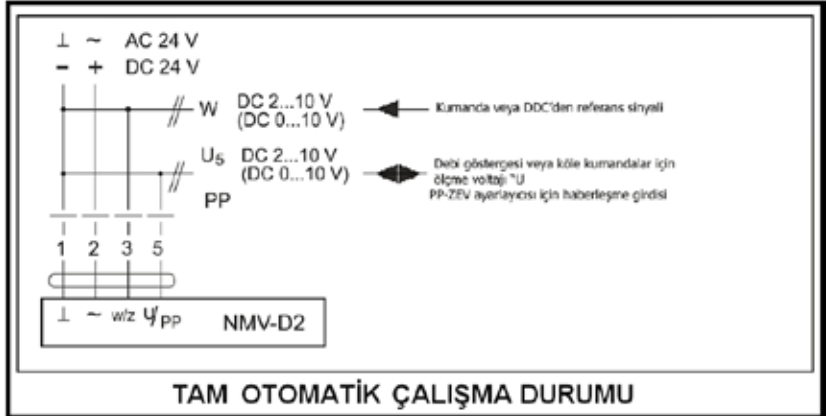
- İmalat yılı ve seri numarası
- Kalibre eden kişinin adı, soyadı ve imzası
- Müşteri/proje adı
- Projede kullanıldığı yer, varsa özel tanımı
- Kalibrasyon ölçüm değerleri ve grafiği

2.1.1.3. VAV Terminal Ünitelerinin Otomatik Kontrolü

VAV terminal ünitesi, yalnız mahal şartlarına bağlı olarak hava debisini değiştiren bir elemandan ibaret değildir. Bu üniteye çok yönlü görevler yüklenebileceği için bu görevlere uygun otomatik kontrol donanımı ile teçhiz edilmiş olmalıdır. Bu görevleri şu şekilde sıralıyabiliriz:

- Mahal kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak oransal debi reglajı.
- Yaz-kış değişimi (change-over)
- Yaz oransal debi kontrolü, kış minimum sabit debi sevki
- Kış çalışması için ısıtıcı serpantin ilavesi ve kullanımı
- Değişen basınçlar karşısında sabit debi uygulaması
- Tam kapama fonksiyonu
- Mahalde gereğine göre positif veya negatif basınç uygulaması
- Dönüş kanalındaki VAV ünitesi ile birincil-ikincil (master-slave) uygulaması
- BMS , DDC veya manuel olarak gönderilen sinyaller paralelinde konum değişiklik ve ayarı
- Bina otomasyon sistemi ile bilgi alışverişi, konum bilgi aktarılması
- Manuel kumanda olanakları
- Kalibrasyon değerlerinin değiştirilebilmesi

Bu görevleri daha da çoğaltmak mümkündür. Günümüzdeki uygulamalarda, özellikle ülkemizde ve Avrupa'daki uygulamalarda kontrol ünitesi olarak adlandırdığımız mikro bilgi işlemci ile servomotor tek gövde içinde entegre edilmiş olarak kullanılmaktadır.

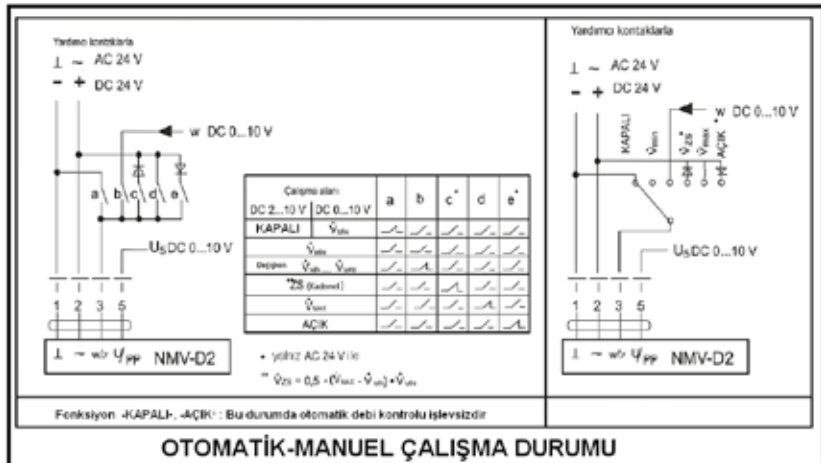


VAV terminal ünitelerinin servomotorları 24V AC ile çalışmaktadır. Bu servomotorun çalışması için gereklidir. "W" ile gösterilen kumanda sinyali ise 2-10 VDC (0-10VDC) manuel bir kumanda cihazından, bina otomasyon sisteminden, DDC kontrol panelinden veya VAV ünitesi ile uyumlu bir oda

Elektronik termostatından gelebilir. Yukarıdaki bağlantı şeması BELIMO firmasının NMV-D2 VAV servomotoruna aittir. 24VDC şebeke "1" ve "2" numaralı kelemenslere bağlanmaktadır. Kumanda cihazından iki kanallı iletken ile gelen 2-10 VDC (0-10 VDC) doğru akım kumanda sinyali de "1" ve "3" klemenslerine bağlanmaktadır. Bu sayede servomotor aldığı kumanda sinyali paralelinde harekete geçmektedir.

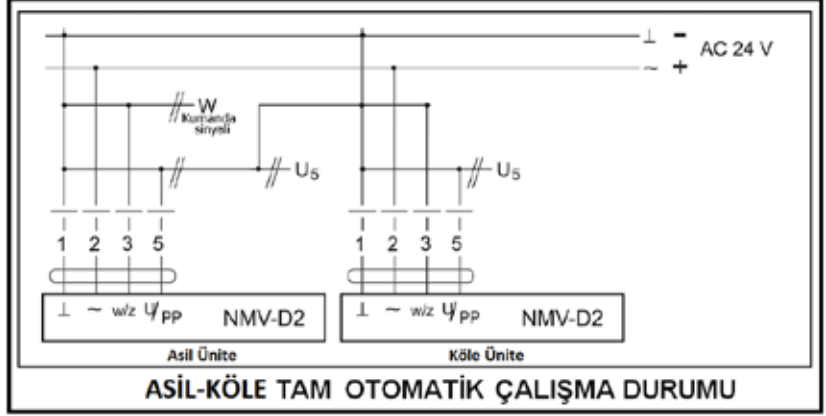
Pitot tüplerinde ölçülen dinamik basınç (hız basıncı) servomotor bünyesindeki mikro işlemciye gönderilmekte, burada elektronik sinyale dönüştürülmektedir. Bunun için yapılan en genel uygulama minyatür bir körüğün ve buna bağlı bir reostanın aracılığıyla bu sinyali üretmektir. Ancak BELIMO firması bu işlemi çok daha hassas bir şekilde, özel olarak geliştirdiği sıcak telli anemometre vasıtasıyla yapmaktadır. Ölçülen bu hız mikro işlemcide debiye dönüştürülür ve kalibrasyon esnasında yüklenmiş olan değerlerle karşılaştırılır. Örneğin ünite 2-10 VDC ile kalibre edilmişse ve gelen kumanda sinyali 4 VDC ise, ölçülen debi 4 VDC'nin tekabül ettiği debi ile karşılaştırılır. Ölçülen debinin olması gerekenden düşük olması durumunda servomotor damperi açmaya, fazla ise kapamaya başlar. "PI" karakterindeki bu işlem belirli bir salınım sonucu istenen debiyi yakalar, servomotor, bir dahaki sinyale veya debi değişikliği ölçümüne kadar, sabit konuma geçer.

VAV terminal ünitelerinin servomotorlarının diğer bir özelliği de otomatik kumandanın yanı sıra manuel kumandaya da müsait olmalarıdır. Bu çalışma tarzı aşağıdaki çizimde görülmektedir.



Bu işlevlerin gerçekleşmesi için yardımcı kontak kullanılması gereklidir. İki VAV terminal ünitesi birbirine bağımlı olarak, örneğin "asil-köle (master-slave : birincil-ikincil) olarak ta çalıştırılabilirler. Bu uygulama en yaygın olarak

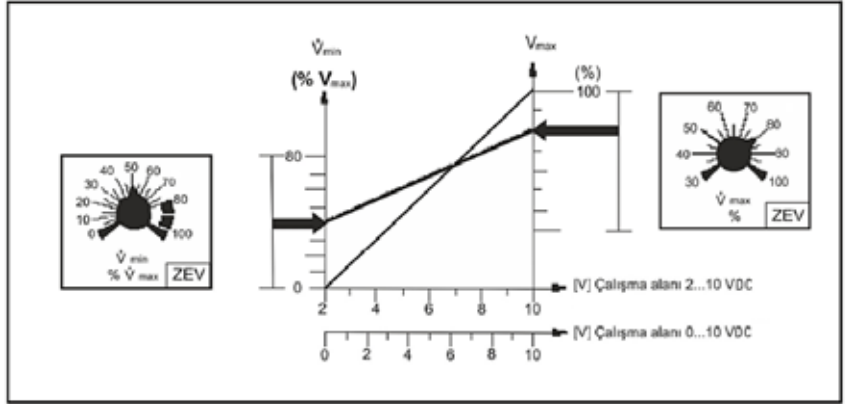
üfleme ve dönüş VAV terminal ünitelerinde yapılır. Bu uygulamada üfleme ünitesi asil ünite dir ve tüm kumanda sinyalleri bu üniteye gönderilir. Dönüş ünitesi ise köle ünite olarak, asil üniteye bağımlı olarak çalışır. Bu uygulamanın bağlantı şeması aşağıda gösterilmiştir.



Kalibre edilmiş VAV terminal üniteleri şantiyede, örneğin montaj işlemleri tamamlandıktan sonra maksimum ve minimum ayar değerleri yerinde değiştirilebilir ve yeniden ayarlanabilir. Ancak bu işlemin yapılabilmesi için iki koşul vardır.

- VAV terminal ünitesi montaj öncesi muhakkak kalibre edilmiş olmalıdır. Kalibre edilmemiş ünitelerin değerlerinin ayarlanması mümkün değildir.
- Nominal değer üzerinde ayar mümkün değildir. Örneğin maksimum debi ayarı 2400 m³/h, minimum debi ayarı 480 m³/h olan bir VAV terminal ünitesinin katalogta belirtilen nominal debisi 3000 m³/h ise maksimum debi bu rakama kadar yükseltilebilir. Bu işlemi yapan saha ekipmanının fotoğrafı ile yeniden kalibrasyon işleminin grafik gösterimi aşağıdadır.





VAV terminal üniteleri için en yaygın kumanda sinyali 0-10VDC ile 2-10VDC'dir. Bunlara ilaveten bina otomasyon sistemlerinin bazılarıyla uyumlu hale getirilebilmesi için giriş klemensine 500Ω direnç ilavesiyle 0-20mA veya 0-20mA de kumanda sinyali olarak kullanılabilir. Ancak bu özelliklerin ünitenin kalibrasyonu esnasında dikkate alınması gerekmektedir. 2-10VDC en çok tercih edilen uygulamadır. Çünkü bu uygulamada 2 VDC sinyal minimum debiye, 10 VDC sinyal maksimum debiye tekabül eder. 0 VDC sinyal de ise ünite tam kapalı duruma geçer. 0-10VDC uygulamada ise 0 VDC minimum debiye, 10 VDC de maksimum debiye tekabül eder, VAV ünitesi tam kapalı duruma geçmez. Tam kapalı durum uygulaması için ünite hava girişi tarafına ikinci bir iki konumlu servomotorlu damper konması gerekir.

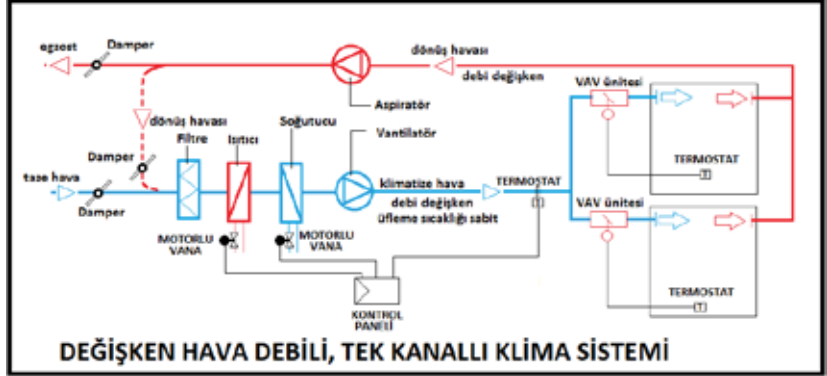
2.1.2. Tek Kanallı Sistemler

Tek kanallı değişken hava debili klima sistemleri, VAV uygulamalarının en basit olanıdır. "Yalnız soğutma" veya "yalnız ısıtma" için son derece uygun ve ekonomik çözümler sağlar. Aynı anda, simültane olarak ısıtma ve soğutma işlemlerini gerçekleştirmek bu sistem içinde, bazı değişiklik ve ilaveler yapılamadığı taktirde mümkün değildir. Bu değişiklikler aynı sistem içinde yaz-kış değişken hava debisi uygulaması, yaz değişken, kış sabit hava debisi uygulaması, terminal ünitelerine son ısıtıcı batarya ilavesi ile gerçekleştirilebilir.

Tek kanallı değişken hava debili sistemlerde yaşanabilecek en önemli sorunlardan biri de kısmi hava yüklerinde mahal havalandırılmasında sorunlar yaşanmasıdır. Genelde yanlış menfez-difüzör yerleştirilmesinden veya kısmi yüklerde gerekli taze havanın üflenememesinden kaynaklanan bu sorun ileriki bahislerde detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

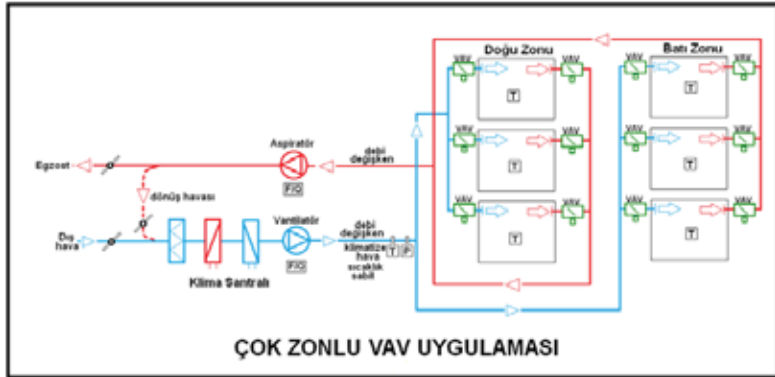
2.1.2.1. Tek Kanallı Sistem Uygulamaları

Daha önceki konularda tek kanallı değişken hava debili sistemlerinden kısaca bahsedilmiştir. Aynı şekilleri bu bahis kapsamında da sunmakta yarar görüyoruz. Aşağıda tipik bir tek kanallı değişken hava debili klima sistemi şematik olarak görülmektedir.



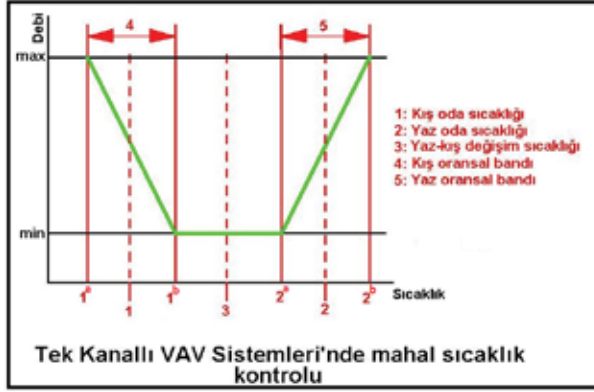
2.1.2.1.1. Yaz ve Kış Değişken Debi Uygulaması

Yaz ve kış değişken hava debisi uygulaması klimatize edilen binadaki tüm odaların perimetrik odalar olduğu, yaz uygulamasında soğutma ve kış uygulamasında ısıtma isteyen hacimlerden meydana geldiği durumlarda kullanılabilen bir sistemdir. Bu sistem, kış uygulamasında da soğutma ihtiyacı duyan, örneğin dış satırları olmayan ancak dahili ısı kazançlarının yüksek olduğu mahallerin bulunduğu binalarda uygulanamaz. Ancak binanın dış cepheleri itibarıyla çok zonlu bir yapıda olması bu uygulama için bir engel teşkil etmez.

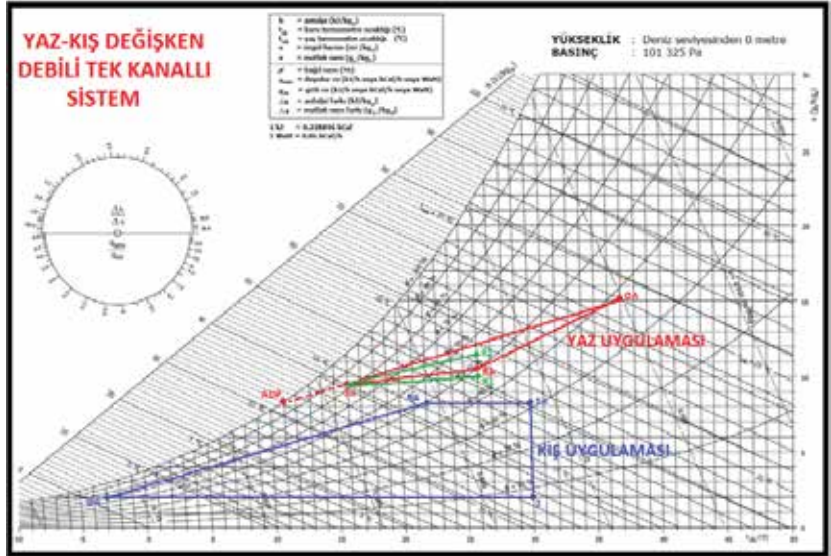


Bu uygulamanın en büyük özelliği yaz ve kış uygulamalarındaki sıcaklıkların birbirinden farklı olması ancak sezon boyunca sabit kalmasıdır. Mahallerde

sıcaklık kontrolü VAV terminal ünitelerinde debi reglajı ile yapılır.



Yukarıdaki şekil yaz ve kış çalışmalarındaki debi reglajını göstermektedir. “2^a” yaz uygulamasındaki minimum mahal kuru termometre sıcaklığını, “2^b” de aynı uygulamadaki maksimum mahal kuru termometre sıcaklığını göstermektedir. Üflenen hava debisi “2^a” sıcaklığında minimum, “2^b” sıcaklığında ise maksimum debidedir; sıcaklık artışına paralel ve lineer olarak bir debi artışı izlenir. Bu uygulamaya “paralel kumanda” tabir edilir. Bu uygulama esnasında merkezi klima santrali, proje yapımcısı tarafından belirlenen sabit sıcaklıkta hava sevk eder. Benzeri şekilde “1^a” kış uygulamasındaki minimum mahal sıcaklığıdır; “1^b” de maksimum mahal sıcaklığıdır. Debi kontrolü sıcaklık düşüşüne paralel ve lineer olarak debi artışı izlenir. Bu uygulamaya da “ters kumanda” tabir edilir. Yaz ve kış değişken debili tek kanallı VAV sisteminin tipik bir psikrometrik diyagramı aşağıdadır.



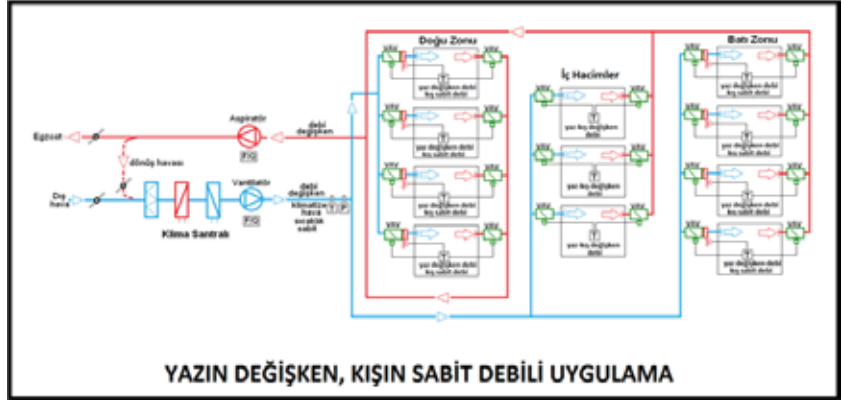
Yukarıdaki psikrometrik diyagramda %100 dış havalı bir uygulama görülmektedir. Diyagramdaki yaz uygulamasında “R1” ve “R2” değişik mahalleri, “RA” ise egzost havasını göstermektedir.Üfleme havası “SA” sezon boyunca sabittir. “SA-R1” ve “SA-R2” proses hatlarının değişik eğimlere sahip olması odaların değişik duyulur ısı oranları “RSHR”den kaynaklanmaktadır. “SA-RA” prosesi ise merkezi santral egzost havasınının ısınma prosesini göstermekte olup tüm odaların yüklerinin aritmetik toplamalarının sonucu bulunan duyulur ısı oranına bağlı bir işlemdir.

2.1.2.1.2. Yaz Değişken, Kış Sabit Debi Uygulaması



Tek kanallı sabit hava debili sistemlerin bazı mahzurları vardır. Bunlardan birincisi kış aylarında, gerekli olmamasına rağmen değişken hava debisi kullanılması ve gereken işletme ekonomisinden az da olsa uzaklaşılmasıdır. Diğer bir mahzur ise yaz-kış devamlı soğutmaya ihtiyaç gösteren, örneğin ofis bloklarındaki iç hacimlerin klimatizasyonunu karşılayamamasıdır. Bu eksiklikleri bertaraf etmek için VAV terminal ünitelerinin hava çıkışı taraflarına son ısıtıcı batarya (zon ısıtıcısı) uygulamasına gidilmiştir. Bu uygulamanın bir öncekinden en önemli farkı yaz aylarında değişken debi uygulamasına karşın kış uygulamasında sabit debi uygulamasının yapılmasıdır. Bu sistemin debi reglajını yukarıdaki şekilde olduğu gibi gösterebiliriz. Aşağıdaki akış şemasında da yaz değişken-kış sabit debi uygulamasını görmekteyiz.

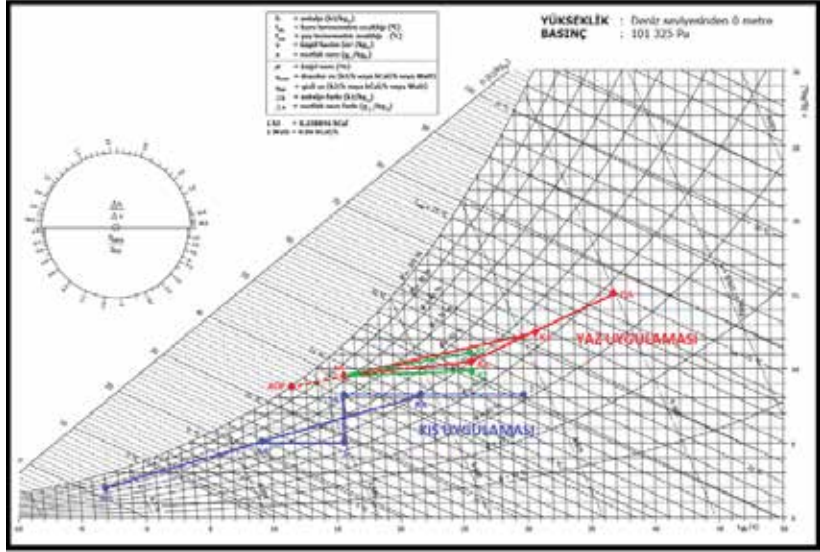
Bu sistemin en büyük özelliği yaz-kış değişken debili uygulama ile yaz değişken, kış sabit debili uygulamayı bir arada yürütebilmesidir. Akış şemasında “Doğu Zonu” ve “Batı Zonu” olarak belirlenen zonlar dış satırları olan, kış aylarında ısı kaybı neticesi ısıtmaya ihtiyaç duyan mahallerden meydana gelmektedir ve perimetrik hacimlerin tamamını meydana getirmektedir. İç hacimler ise dış duvarı ve çatı-tavanı olmayan, dolayısıyla transmisyon ısı kaybı olmayan mahallerdir. Bu tip mahaller kış aylarında dahi soğutmaya gerek duyabilirler. Mahalde bulunan insan ve ekipmanlardan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı kazançları, aydınlatma giderilmesi gerekli bir



soğutma yükü oluşturur. Bu nedenle bu mahallere kış uygulamasında dahi düşük sıcaklıkta klimatize hava sevk edilir. Mahal kuru termometre sıcaklığı ise hacimlerdeki elektronik termostat, DDC panele bağlı sıcaklık algılayıcı ve benzeri elemanlar vasıtasıyla üfleme kanalı üzerinde bulunan VAV terminal ünitesine gerekli kumanda sinyallerini göndererek üfleme debisi reglajı ile sağlanır. Dönüş-egzost kanalındaki VAV ünitesi de termostat veya DDC panelden kumanda alabileceği gibi, daha önceki konularda incelediğimiz “asil-köle” uygulamasıyla da kontrol edilebilir. Üfleme sıcaklıkları proje yapımcısı tarafından belirlenecektir. Genel uygulama yaz aylarındaki sevk havası sıcaklığının kış aylarındaki uygulama esnasında da aynen muhafaza edilmesi tarzındadır.

Yaz ve kış aylarında aynı sıcaklıkta soğuk hava üflenmesinin yaratacağı sorunları gidermek için perimetrik odalara (yukarıdaki akış diyagramında “Doğu Zonu” ve “Batı Zonu” olarak belirlenen hacimler) ait üfleme VAV terminal ünitelerinin çıkışlarına birer adet ısıtıcı batarya konulur. Bu bataryalar sıcak sulu veya buharlı olabileceği gibi elektrikli ısıtıcı da olabilir. Sıcak sulu ve buharlı ısıtma bataryalarında kontrol motorlu vanalar ile sağlanmalıdır. Sıcak sulu sistemlerde iki veya üç-yollu motorlu vanalar, buharlı ısıtıcılarda ise uygun karakteristiklerde iki-yollu motorlu vanalar kullanılmalıdır. Vanaların modüler veya iki konumlu olması oda yük karakteristikleri ve buna bağlı olarak proje müellifinin tercihine bağlıdır. Elektrikli ısıtıcılarda ise iki konumlu kumanda için kontaktör, oransal kumanda için ise tristör kullanımı tercih edilmelidir. Her iki durumda da VAV terminal ünitesi tam kapalı duruma geçtiğinde ısıtıcı elemanları devre dışı bırakacak emniyet donanımları sistemde bulunmalıdır. Bununla ilgili kumandalar VAV sermotorundaaki ilave kontaklardan veya bina otomasyon sisteminden temin edilebilir. Elektrikli ısıtıcı uygulamalarda ise lokal normlara göre belirlenmiş üst limit emniyet termostatları bulunmalıdır. Aşağıdaki psikrometrik diyagramda, % 50 karışım

havalı benzeri bir sistemin psikrometrik diyagramı görülmektedir.



Bu diyagramda kullanılan semboller bir önceki bahiste, “yaz-kış değişken hava debili sistemlerde” kullanılan sembollerle aynıdır.

Yukarıdaki örnekte yaz ve kış uygulamalarında %50 karışım havası olduğu varsayılmıştır. Buna “KA” yaz ve kış uygulamalarındaki dış hava-dönüş havası karışım noktasıdır. Yaz uygulaması değişken hava debili olduğu için 2.1.2.1.1. numaralı bahiste anlatılan yaz uygulamasından bir farklılığı yoktur. Kış uygulamasında ise karışım havası “KA” “1” noktasına kadar merkezi klima santralında ısıtılmaktadır. “1-SA” prosesi klimatize havanın “RA” mahal mutlak nem oranına kadar nemlendirilmesidir. Örneğimizde buharlı nemlendirici alınmıştır. “SA” noktası tüm hacimler için mahallere sevk havasının şartlarıdır (KT ve rH).Örneğimizde bu sıcaklık 16°C alınmıştır. Isı kaybı olmayan hacimlere üflenen bu hava VAV terminal üniteleri vasıtasıyla regüle edilmek suretiyle mahal kuru termometre sıcaklığı sabit tutarlar.

Perimetrik hacimlerde ise VAV terminal üniteleri kış uygulaması için minimum debi şartlarında çalışmaktadırlar. Bu uygulama terminal ünitelere gönderilen minimum kumanda sinyali, örneğin 2-10VDC uygulamasında 2VDC sinyal gönderimi ile gerçekleştirilir. VAV terminal ünitesinin çıkışındaki ısıtıcı batarya gelen havayı “2” şartlarına kadar ısıtırlar. “SA-RA” prosesi klimatize havanın mahal konfor şartlarına kadar ısıtılması, “RA-2” prosesi ise mahal ısı kaybının giderilmesi içindir. “2-RA” prosesi ise mahallin ısı kaybı nedeniyle sevk olunan klimatize havanın soğuma prosesidir.

2.1.2.2. Tek Kanallı Sistem VAV Terminal Üniteleri

Tek kanallı klima sistemlerinde klasik VAV terminal üniteleri, Fanlı VAV terminal Üniteleri, endüksiyon cihazları ve endüksiyonlu VAV terminal üniteleri olmak üzere dört değişik eleman kullanılmaktadır.

2.1.2.2.1 Klasik (Fansız) VAV Üniteleri

Fansız VAV terminal üniteleri, dairesel giriş-dikdörtgen kesitli çıkış, tümü dairesel ve tümü dikdörtgen gövdeli olmak üzere üç modelden oluşmaktadır. Yurtdışında, özellikle ABD ve Avrupa ülkelerinde en yaygın uygulama üfleme kanallarında dairesel giriş-dikdörtgen kesitli çıkışlı VAV terminal ünitelerinin kullanımı tarzındadır. Daha önceki bahislerde bahsettiğimiz gibi bu ünitelerin dairesel hava girişleri yüksek hızlı hava tarafıdır. Burada hava hızı 12 m/s'ye kadar çıkabilmektedir. Dikdörtgen kesitli kısım ise ünitenin plenum hücre tarafı olup düşük hızlı hava tarafıdır. Bu tarafa, herhangi bir ara parça üretimine gereksinim duyulmaksızın susturucu, elektrikli veya sulu hava ısıtıcı batarya ve hava dağıtılımı için çok çıkışlı plenum hücre eklenebilir. Plenum tarafı düşük hızlı hava tarafı olduğu için buradan elastik, esnek ve izoleli kanallarla difüzör ve menfezlere klimatize havanın iletilmesi mümkündür. Bu eklemeler fabrikasyon olarak yapılabileceği için montaj esnasında çok büyük kolaylık sağlar. Resmi 28'inci sayfa konu No. 2:1.1.1.'de görülebilir.

Dairesel kesitli, yuvarlak gövdeli VAV terminal üniteleri dairesel giriş-dikdörtgen kesitli çıkışlı ünitelere alternatif , daha düşük maliyetli üniteler olarak geliştirilmiştir. Dönüş, egzost hatlarında kullanılabildiği gibi üfleme hatlarında da kullanılabilirler. Ancak bu ünitelere susturucu, ısıtıcı batarya gibi elemanların montajı için şantiye üretimi adaptör parçalara ihtiyaç duyulur. Dairesel kesitli VAV üniteleri de 12 m/s hava giriş hızına kadar kullanılabilirler.

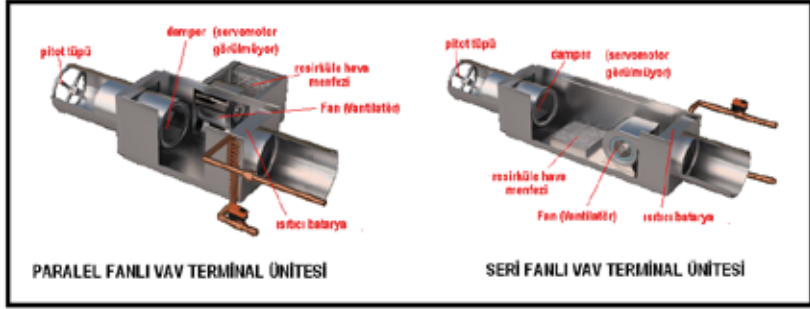
Dikdörtgen kesitli VAV terminal üniteleri 10 m/s hava giriş hızına kadar randımanlı bir şekilde çalışabilmektedir. Önce VAV ünitelerinde tek kanatlı damper bulunmasına karşılık bu ünitelerde çok kanatlı damperler bulunmaktadır. Orta ve düşük hava hızı uygulamaları için kullanılabilirler. Ancak damperlerinin çok kanatlı olması nedeniyle montaj esnasında muhtemel deformasyonlar by-pass tarzında hava kaçaklarına neden olabilir. Bu nedenle özellikle boyutları 500x500mm üzerinde olanların 4 m/s altındaki hızlarda kullanılmaması tavsiye olunur.

2.1.2.2.2. Fanlı VAV Üniteleri

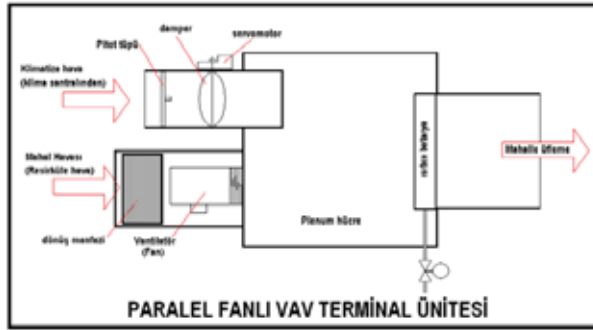
Fanlı VAV terminal üniteleri klasik VAV terminal ünitelerinin kısmi yüklerde yaratabileceği pozitif havalandırma problemlerini gidermek için tasarlanmış

ünitelerdir. Tasarımındaki temel felsefe üflenen klimatize hava ile mahal havasını değişen oranlarda karıştırıp , kısmi yüklerle bağlı kalmaksızın mahalle maksimum hava debisine eşit miktarda veya ona çok yakın hava sevk ederek pozitif havalandırma problemlerinin gidermesini temin etmektedir.

Fanlı VAV terminal üniteleri “Paralel Fanlı Üniteler” ve “Seri Fanlı Üniteler” olarak ikiye ayrılırlar. Bu ayrılık yalnız yerleşim tarzından ibaret olmayıp

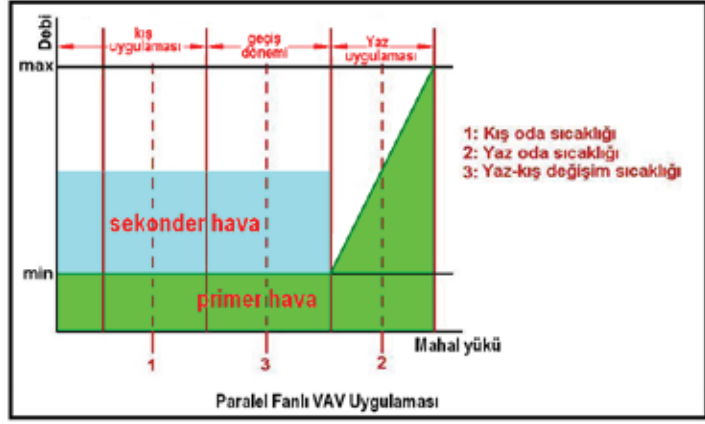


Fonksiyon açısından da farklılıklar içerir. Paralel ve seri fanlı VAV terminal ünitelerinin şematik çizimleri de bu farklılıkları ortaya koymaktadır.

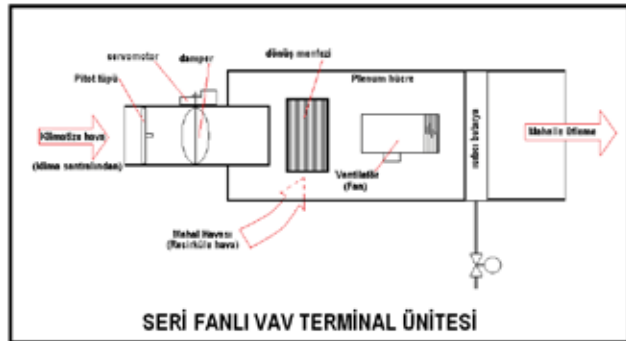


Paralel fanlı VAV terminal ünitesinde birbirinden bağımsız konumlarda bulunmakta ve hava gereksinimleri değişik yerlerden gelmektedir. Pitot tüpü, servomotor ve damperden meydana gelen VAV ünitesi primer havayı merkezi klima santralinden temin etmektedir. Fan ünitesi ise bünyesinde bulunan bir emiş menfezi vasıtasıyla mahal havasını, diğer bir deyişle sekonder havayı emmekte ve bu havayı plenum hücreye üfleemektedir. Paralel fanlı VAV terminal ünitelerinde fan devamlı çalışmamaktadır. Primer hava maksimum debideyken ve kısmi yüklerdeyken fan çalışmamaktadır. Ancak primer debi minimuma indiğinde, damper minimum debi konumuna geldiğinde fan çalışmaya başlamaktadır. Ünite çıkışındaki ısıtıcı bataryaya mecburi olmayıp proje gereksinimleri paralelinde uygulanmaktadır. Bu sayede değişken hava debili yaz sezonu uygulamalarında fan çalışmamakta, ancak debi minimuma inince fan devreye girmektedir. Minimum debi de yaz-kış değişim sezonunda, yani geçiş döneminde meydana gelmektedir. Kış uygulamasında VAV ünitesi

devamlı minimum primer hava debisi konumunda bulunmakta, bu süre zarfında fan devamlı olarak çalışmaktadır. Bu çalışma prensibi aşağıdaki diyagramda gösterilmektedir.

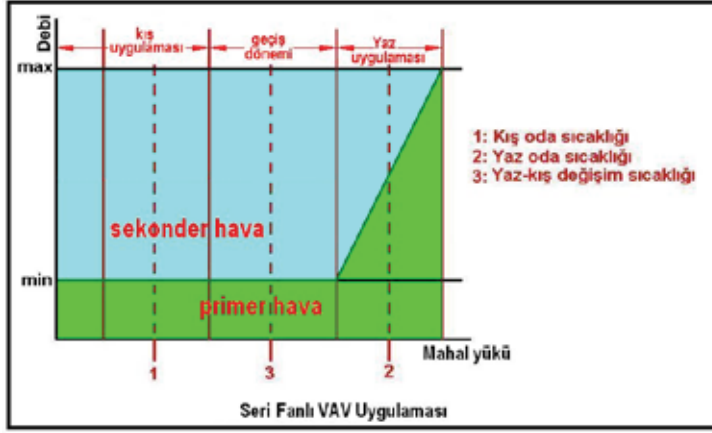


Seri fanlı VAV terminal ünitelerinde klasik VAV terminal ünitesiyle fan arka arkaya, seri olarak yerleştirilmiştir. Fan paralel fanlı uygulamanın aksine devamlı olarak çalışmaktadır ve debisi VAV terminal ünitesinden gelen debi ile dönüş menfezinden emdiği sekonder hava debisinin toplamına eşittir. Bu debi de VAV terminal ünitesinin maksimum yükteki debisine eşittir. Dolayısıyla sistem maksimum yükte çalışırken VAV damperi tam açık konumdadır ve maksimum debiyi sevk etmektedir. Bu debi de fan debisine eşit olduğundan mahalden herhangi bir emiş yapmamaktadır. Ancak kısmi yük nedeniyle klape konumu değişip primer hava debisi azaldığında fan maksimum debi ile o andaki primer hava debisi arasındaki farkı sekonder hava olarak temin etmekte ve mahalle sabit debide hava üflenmesini gerçekleştirmektedir. Seri fanlı VAV terminal ünitesi şematik çizimi aşağıda görülmektedir.



Paralel fanlı VAV terminal ünitelerinde fan debisinin maksimum debiye eşit olması şartı yoktur. Fan debisi imalatçı firma tarafından belirlenen optimum bir debidir ve bu debi maksimum debinin yaklaşık %50'si ile %80'i arasında yer alır. Seri fanlı VAV ünitelerinde fan debisi ise genelde maksimum ve minimum

debiler arasındaki farka eşittir. Bu nedenle seri fanlı VAV ünitelerinin mahalle sevk ettiği klimatize hava debisi devamlı sabittir. Bu uygulama aşağıdaki diyagramda görülmektedir.



Fanlı VAV ünitelerinin kullanımı, klasik VAV ünitelerinin kullanımından kaynaklanabilen pozitif havalandırma problemlerini ortadan kaldırmıştır. Ancak beraberinde getirdiği temel problem enerji sarfiyatının sabit debili sistemlere oranla daha düşük seviyede olmasına rağmen klasik değişken debili sistemlerden oldukça yüksektir, çünkü her ünite içinde bir radyal vantilatör bulunmaktadır. Radyal vantilatör sayısının artması da işletme ve bakım açısından ek külfet ve maliyetler getirmektedir.

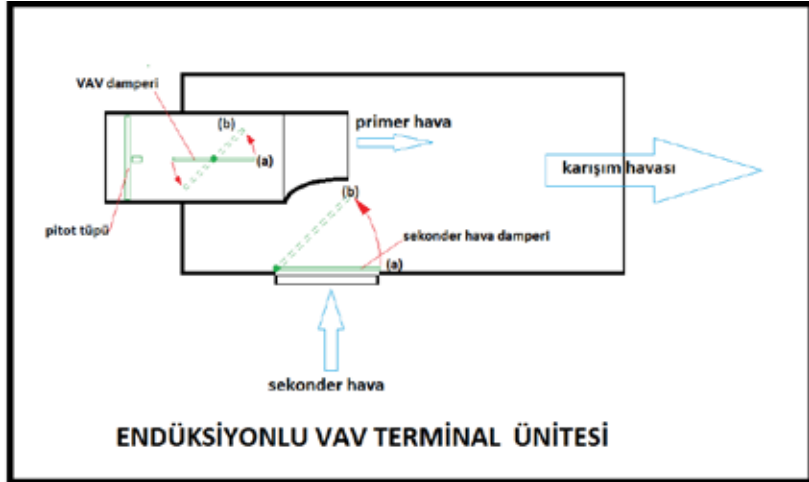
Fanlı VAV ünitelerinin birbiriyle olan mukayesesine gelince seri fanlı ünitelerin fanlı ünite uygulamaları içinde değişken hava debili klima sistemlerine en uygun ekipmanlar olarak kabul edildiğini görürüz. Çünkü seri fanlı üniteler, uygulamalarda ana sistemin değişken hava debili (VAV) çalışmasına rağmen mahallerde sabit debide hava sirkülasyonunu sağlamaktadır. Ancak seri fanlı üniteler sistem içinde devamlı çalışmak durumundadırlar. Paralel fanlı ünitelerde ise fanın devreye girmesi ancak primer hava debisinin minimuma düşmesi ile gerçekleşir. Bu nedenle seri fanlı üniteler daha fazla enerji tüketirler. Seri fanlı üniteler, ısıtıcı batarya olmaksızın yaz ve kış değişken debiye sahip VAV uygulamalarında da kullanılabilirler. Paralel fanlı üniteler ise bu uygulamaya müsait değildirlir.

2.1.2.2.3. Endüksiyonlu VAV Terminal Üniteleri

Fanlı VAV terminal üniteleri tek kanallı, fansız VAV terminal ünitelerinde sorun olabilen pozitif havalandırmaproblemlerinin giderilmesi için geliştirilmişlerdir. Problemi büyük ölçüde çözmelerine rağmen beraberlerinde enerji, işletme ve bakım problemlerini de getirmişlerdir. Endüksiyonlu VAV terminal üniteleri

fanlı ünitelerin sağladığı avantajları aynen muhafaza ederek enerji işletme ve bakım problemlerini çözmek için geliştirilmişlerdir. Bu cihazların içinde fan olmayışı bu problemleri minimuma indirmiştir. Pozitif havalandırmayı da endüksiyon cihazlarında uygulanmakta olan prensibi kullanmak suretiyle çözmektedirler.

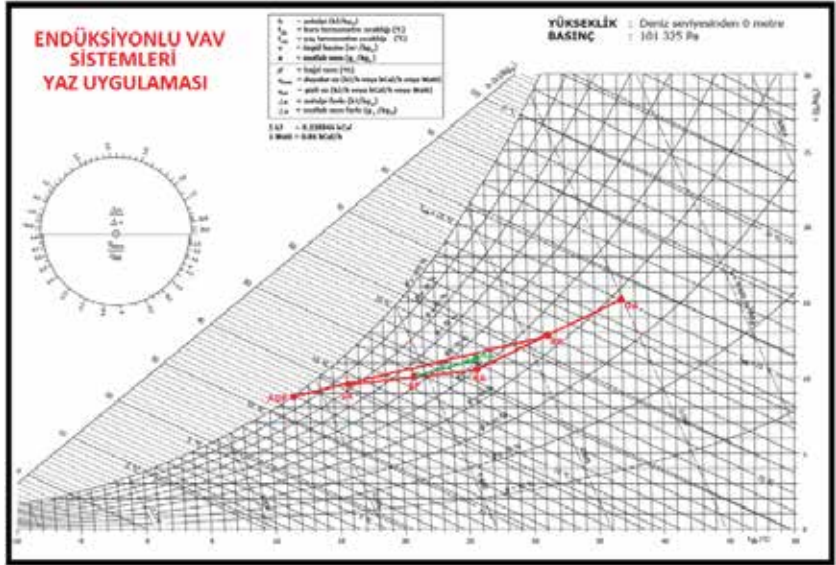
Endüksiyonlu VAV terminal üniteleri endüksiyon ünitelerinde uygulanan venturi prensibi ile klasik VAV ünitelerinin çalışma prensibinin kombinasyonu ile çalışırlar. Endüksiyonlu VAV ünitesinin şematik çizimi aşağı görülmektedir.



Buradaki temel prensip VAV ünitesinden gelen primer havanın plenuma püskürtülmesi neticesi yaratılan kısmi basınç düşümü ile sekonder hava tabir ettiğimiz mahal havasının plenum hücre içine endüklenmesi, iki havanın karışmasının mahalle üflenmesidir.

Yukarıdaki çizimde primer hava debisi, pitot tüpü ile yapılan ölçümler paralelinde oda termostadı veya DDC panel ile kontrol edilmekte, dampere kumanda eden servomotora (çizimde gösterilmemiştir gerekli sinyal gönderilmektedir. VAV damperi tam açık konumda, başka bir deyişle maksimum debide iken (konum "a") sekonder hava damperi tam kapalı konumdadır (konum "a"). Bu durumda Endüksiyonlu VAV terminal ünitesinden geçen ve mahalle sevk olunan havanın tamamı primer havadır. VAV damperinin kapama konumuna geçmeye başlaması ile, aynı servomotora bağlantı mekanizması ile bağlı olan sekonder hava damperi açmaya başlar. VAV damperi minimum konuma geldiğinde, örneğin maksimum havanın %20'sine müsaade ettiğinde (konum "b") sekonder hava damperi tam açık konuma gelmiştir (konum "b"). Yüksek hızla üflenen primer havanın yarattığı basınç farkı neticesi sekonder hava, plenum hücre üzerindeki menfezden endüklenerek primer hava ile karışır. Primer havanın maksimum havanın %20'si civarında olduğu durumlarda dahi kendi debisinden 1,5 ila 2 kat

fazla sekonder havayı endükiyebilemektedir. Bunun neticesi olarak primer hava debisinin %100 ile %20 arasında değişmesine karşılık mahalle üflenlen toplam hava debisi %100 ile %50 arasında olmaktadır.



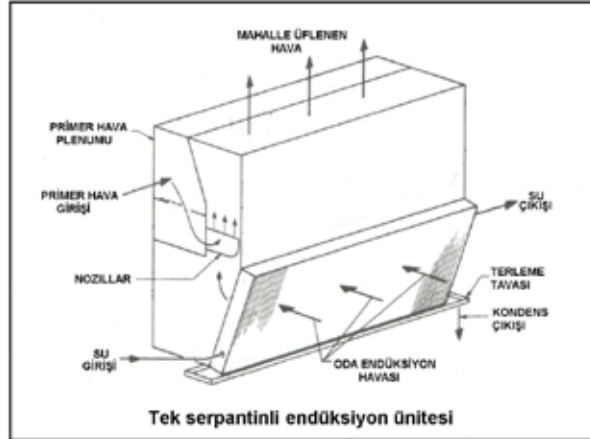
Yukarıdaki psikrometrik diyagramda %50 karışım havalı endükiyonlu VAV sisteminin yaz uygulaması görülmektedir. Bu proses daha önce sunulmuş olan tek kanallı VAV sistemi uygulamasından görünüş olarak büyük bir farkı yok gibi görünmektedir. Ancak klasik VAV uygulamalarında “SA” konumu sabittir ve bu şartlardaki klimatize hava mahalle üflenir. Endükiyonlu VAV sistemlerinde ise “SA” konumu VAV terminal ünitesinin plenum kutusuna sevk olunan havadır. Yalnız maksimum kapasitelerde bu şartlardaki hava mahalle sevk olunmaktadır. Kısmi yüklerde ise primer-sekonder hava karışımları meydana geldiğinden mahalle sevk olunan havanın konumu “SP”dir. Primer havanın yüzdesi maksimum primer hava debisine göre ne kadar düşük olursa “SP” noktası da konumu olan “RA”ya o kadar yakın olur. Bu durum bize bağıl nemin kontrolünde büyük bir hassasiyet sağlamaktadır. Şöyle ki: mahalle hava hep “SA” konumunda, ancak mahal yüküne bağılı olarak değişik debilerde sevk edilmesi durumunda, mahal duyulur ısı oranının değişmesi, daha doğrusu azalması neticesi yeşil olarak gösterilen “RA” konumu daha yukarılara çıkacaktır. Çünkü kısmi yüklerde duyulur ısı kazançları büyük ölçüde azalmış olmakta, ancak gizli ısıdaki azalmalar ya hiç olmamakta veya daha düşük miktarlarda meydana gelmektedir. Bunun neticesi olarak ta oda duyulur ısı oranı düşmekte, proses çizgimiz (SA-RA hattı) dikleşmekte; “RA” konumu kuru termometre açısından sabit kalmakla birlikte daha yüksek bağıl nem oranlarına varmaktadır. Ancak endükiyonlu VAV uygulamalarında primer-

sekonder hava karışımı gerçekleştiği için üfleme noktası “SP” olmakta, oda duyulur ısı oranının aynı miktarda azalmasına rağmen bağıl nemdeki değişiklikler klasik tek kanallı VAV uygulamalarından daha az, maksimum yük için belirlenen oda şartlarına daha yakın bir konumda olmaktadır.

2.1.2.2.4. Endüksiyon Cihazları

Endüksiyonlu klima sistemleri 1950’li ve 1960’lı yılların en popüler klima sistemlerinden biriydi. Klasik tüm havalı klima ve havalandırma sistemlerine kıyasla daha düşük hava debilerine gereksinim duymaları, aynen VAV terminal üniteli sistemlerde olduğu gibi her mahallin şartlarını müstakilen ve bağımsız bir zonmuş gibi kontrol edebilmeleri nedeniyle tercih ediliyordu. Klasik tümü havalı sistemlerin uygulanmasına mimari ve yapısal özellikleri izin vermeyen yapılara daha düşük hava debi gereksinimleri ve daha küçük kanal profilleri nedeniyle kolaylıkla tatbik edilebiliyordu. Endüksiyon cihazlarının yerleştirilmesi de genellikle bina perimetresine, radyatör ve konvektör yerleştirilmesine benzer bir şekilde yapılıyordu. Endüksiyon cihazlarının önleri ve üstleri de hava giriş-çıkışına engel olmayacak bir şekilde dekoratif paneller veya ahşap doğramalarla kapatılıyordu. Hava kanalları da aynı dekoratif uygulamayla gizlenmiş oluyordu.

Tek serpantinli, alçak duvar montajlı bir endüksiyon cihazının izometrik çizimi aşağıda görülmektedir.



Ancak 1970’lerde baş gösteren enerji krizi, petrol fiyatına bağlı olarak aşırı derecede yükselen enerji tüketim fiyatları endüksiyon cihazı uygulamalarını negatif yönde etkiledi. Bu gelişmenin temel nedeni de eski tasarım endüksiyon

cihazlarının 500 ila 750 Pa gibi yüksek giriş basınçlarına ihtiyaç göstermeleriydi. Bunun neticesi olarak ta yüksek vantilatör güçlerine gerek duyuluyordu. Buna ilaveten de üfleme nozullarındaki yüksek üfleme hızları da göreceli olarak yüksek ses seviyeleri üretiyordu. Bu nedenlerle daha düşük vantilatör güçlerine gereksinim gösteren ve daha düşük ses seviyeli VAV (Variable Air Volume = Değişken Hava Debisi) cihazların kullanımı tercih edilmeye başlandı.

Geçen zaman içinde de endüksiyon üniteleri geliştirildi. Nozullar üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmaları neticesi endüksiyon ünitelerinin basınç gereksinimleri 200 ila 300 Pa seviyesine indirildi. Basınç gereksinimlerinin azaltılması sonucu olarak gerekli vantilatör güçlerinde tasarrufa gidildi, ses seviyelerinde de düşüş sağlandı. Bu arada endüksiyon cihazı prensibi ile çalışan “active chilled beams”, aktif soğutmalı tavan üniteleri de geliştirildi. Bu sayede döşeme üzerine yerleştirilen endüksiyon cihazlarının son derece düşük açıklıklı asma tavanların içine veya asma tavan olmaksızın doğrudan tavana monte edilmeleri olanağı doğdu. Aktif soğutmalı tavan ünitelerinin kullanımı ile oda duyulur ısı oranı %80 veya daha yüksek olan yerlerde yoğunlaşma cihazların kullanımı gündeme geldi. Tasarımcılara problemler yaratan yoğunlaşma suyu drenaj borularının kullanımı da devre dışı bırakılmış oldu.

ASHRAE klasifikasyonuna göre endüksiyon sistemleriyle aktif soğutmalı tavanları kompozit sistemler, diğer bir ifade tarzıyla havalı ve sulu merkezi klima sistemleri içinde yer almaktadır. Aynı grup içinde fan-coilli klima sistemleri de yer almaktadır. Ancak gerek endüksiyon cihazlarının, gerekse aktif soğutmalı tavanların fan-coillere göre bariz üstünlükleri vardır. Bu üstünlükler de konstrüksiyonlarındaki temel farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Gerek endüksiyon cihazlarının, gerekse aktif soğutmalı tavanların içinde vantilatör bulunmamaktadır. Bunun yerine bünyelerinde primer havanın giriş yaptığı ve üzerinde yeteri sayıda nozul bulunan bir plenum hücre bulunmaktadır. Primer hava nozullardan yüksek hızla püskürtülmekte ve bu sayede sekonder hava olarak adlandıracağımız mahal havasının ısıtma-soğutma serpantini üzerinden endüklenmesini ve serpantin üzerinden geçerken de mevsimsel ihtiyaçlara göre ısıtılmasını veya soğutulmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla içinde herhangi bir fan olmaksızın mahal havasını serpantin üzerinden sirküle edilmesini sağlayarak ısıtma veya soğutma ihtiyacını karşılamaktadır. Primer hava da mahallin taze hava ihtiyacını karşılamakta, istenen şartlara kadar soğutulmakta, mahal duyulur ve gizli ısı

yükünün karşılanması da sağlamaktadır. Primer hava kanalı uygulaması olmayan fan-coilli sistemlerde mahal taze hava ihtiyacını karşılamak mümkün değildir. Ayrıca fan-coillerin oda duyulur ısı oranı paralelinde bir soğutma prosesi yapması oldukça zordur.

Endüksiyon cihazları ve aktif soğutmalı tavan ünitelerinin özelliklerini ve sistem karakteristiklerini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

1. Terminal ünitelerin içinde herhangi bir vantilatör veya motor bulunmamaktadır. Bu nedenle ısıtma-soğutma serpantinini periyodik olarak basit bir temizleme işlemi haricinde herhangi bir bakıma ihtiyaç göstermezler. Bu bakım işleminin yılda bir sefer yapılması yeterlidir.
2. Isıtma-soğutma serpantinlerinin tek sıralı olması nedeniyle temizleme işlemi son derece kolaydır.
3. Endüksiyon ve aktif soğutmalı tavan üniteleri uygulamalarında yüksek hız hava kanalları, tercihan spiral kenetli yuvarlak veya "flat-oval" kanallar ve bu kanallara paralel olarak döşenmiş su boruları bulunur. Bu uygulamada klasik tümü havalı klima-havalandırma sistemleri ile VAV sistemlerine kıyasla hacimden büyük tasarruflar sağlanır, yüksek asma tavan boşluklarına gereksinim duyulmaz.
4. Aktif soğutmalı tavan uygulamalarında, terminal ünitelerinde satıh yoğuşması olmayacağı için drenaj borusuna ihtiyaç yoktur.
5. Aktif soğutmalı tavan uygulamalarında drenaj olmadığı için soğutma serpantini konumunda herhangi bir sınırlama yoktur. Serpantin yatay olarak yerleştirilebilir. Bu sayede asma tavan içindeki boşluktan ilave tasarruf sağlanır.
6. Endüksiyon cihazlarının ve/veya endüksiyon cihazlarının duvar diplerine ve pencere önlerine yerleştirilmesi durumlarında üniteler primer hava olmaksızın tabii konveksiyonla konvektör gibi çalışıp mahallin ısı yükünü kısmen de olsa karşılarlar. Bu uygulama olanağı özellikle ofis ve benzeri mahallerde çalışma saatleri dışındaki uygulamalarda önem kazanmaktadır.
7. Yeni jenerasyon endüksiyon cihazlarıyla aktif soğutmalı tavan ünitelerinin ses seviyeleri son derece düşüktür. 26 ila 38 dB(A) arasındaki ses seviyeleri ile yatak odalarında dahi rahatlıkla kullanılabilirler.

Sistem Konsepti ve Çalışma Prensihinin İzahı

Endüksiyon üniteleri ile aktif soğutmalı tavan üniteleri venturi prensibi ile çalışır. Ünitenin bünyesinde bulunan plenum hücreye giren primer hava yüksek bir hızla nozullardan püskürtülür. Püskürtülen hava, püskürtme hızına bağlı olarak unite içinde kısmi bir vakum yaratır.

Bir mahaldeki hava basıncı statik ve dinamik hava basınçlarının toplamına eşittir. Bunu formülle şu şekilde gösterebiliriz.

$$\Sigma P = P_{\text{statik}} + P_{\text{dinamik}} = \text{Sabit}$$

Burada "P_{dinamik}" hava hızına bağlı olan basıncı göstermektedir.

Zorlanmış bir hava hareketi olmadığı, salt hava hareketinin doğal sirkülasyondan ibaret olduğu durumlarda, hızın çok düşük değerlerde olması nedeniyle dinamik basıncı sıfır kabul edebiliriz. Bu durumda mahaldeki basınç:

$$\Sigma P = P_{\text{statik}} \text{ olur.}$$

Endüksiyon cihazında primer hava üfleme işlemi yapılmadığı anlarda ısıtma-soğutma serpantininde her iki tarafındaki hava basıncı eşittir ve statik basınçtan ibarettir. Plenum hücre üzerine yerleştirilmiş nozullardan, ısıtma-soğutma serpantinine altına paralel bir şekilde hava üflemeye başladığınızda cihaz içindeki toplam basınç yine sabit kalır ancak statik basıncın bir kısmı dinamik basınca dönüşür.

$$\Sigma P_{\text{cihaz içi}} = \Sigma P_{\text{cihaz dışı}} = \text{Sabit}$$

$$\Sigma P_{\text{cihaz dışı}} = P_{\text{statik dışı}}$$

$$\Sigma P_{\text{cihaz içi}} = P_{\text{statik cihaz içi}} + P_{\text{dinamik cihaz içi}}$$

$$P_{\text{dinamik cihaz içi}} = (V^2 \times \delta) / 2 \dots \dots \dots (\text{Pa})$$

V= nozullardan üflenen havanın hızı (m/san.)

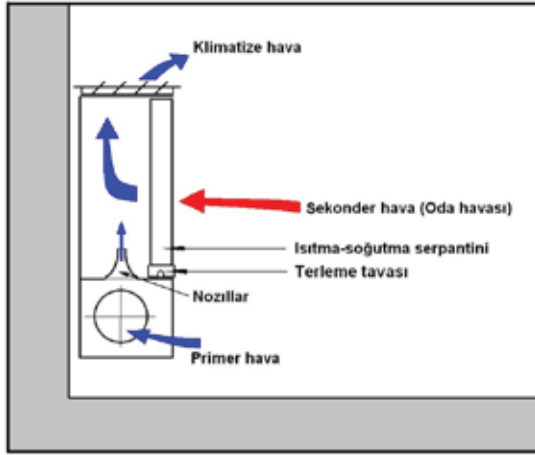
δ= havanın özgül ağırlığı (kg/m³)

Bu nedenle cihaz içinde cihaz içindeki toplam basınçta dinamik basınç kadar bir basınç düşümü sağlanır. Bu basınç düşümü nedeniyle yüksek statik basınçlı mahal tarafındaki hava ısıtma-soğutma serpantinine üzerinden endüklenir. Endüklenen havanın hızı serpantin sathına sürtünme, giriş-çıkış ve benzeri kayıplar dolayısıyla azalır. Sekonder hava debisini aşağıdaki gibi formülize edebiliriz:

$$V_{\text{sekonder}} = C \times F \times ((\Delta P_{\text{dinamik cihaz içi}} \times 2) / \delta)^{1/2}$$

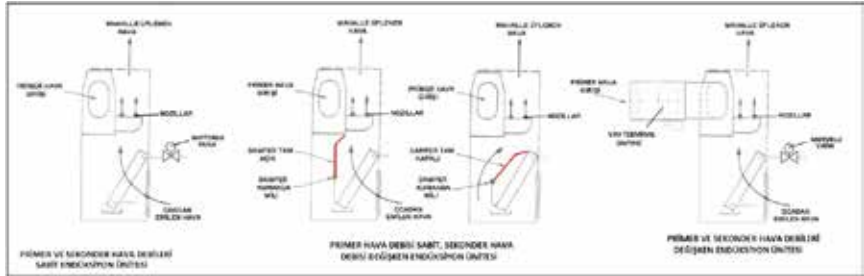
Serpantin üzerinden geçen bu havaya sekonder hava tabir edilir. Serpantin üzerinden geçerken mevsimsel ihtiyaçlara göre ısıtılan veya soğutulan hava

primer havayla karışarak mahalle sevk olunur. Bu işlemi şematik olarak aşağıdaki çizimde görebiliriz.



Döşeme Tipi Endüksiyon Cihazı Çalışma Prensibi

Endüksiyon cihazları konstrüksiyon ve kullanım itibarıyla sabit primer ve sekonder hava debili, sabit primer-değişken sekonder hava debili, değişken primer ve sekonder hava debilidirler. Bu hususu imalat özellikleri kadar tesisat projesine bağlı olarak kullanım tarzı da belirler.



Primer ve sekonder hava debilerinin sabit olduğu endüksiyon uygulamaları en yaygın kullanım alanına sahip endüksiyon sistemleridir. Bu sistemde her iki hava debisi de sabit olduğu için değişken hava debili sistem içinde mütalaa edilmezler. Ait olduğu kategori yalnızca havalı-sulu kompozit sistemlerdir. Bu uygulamada mahallin ısıtılması ve soğutması serpantine mevsimsel ihtiyaçlar paralelinde sevk olunan sıcak veya soğuk su ile gerçekleştirilir. Mahal sıcaklığı serpantin üzerindeki motorlu vana ile sağlanır.

Primer hava debisinin sabit, sekonder hava debisinin değişken olduğu uygulamalar 1960'lı yıllarda ABD'de en revaçta olan klima uygulamalarından biriydi. Bu uygulamada serpantinden geçen suyun debi ve sıcaklığının kontrolü

yerine sekonder havanın debisi oransal bir servomotorla kumanda edilen bir damper ile yapılmaktadır. Mahal gereksinimlerine göre sekonder hava debisi regule edilmekte ve bu sayede mahallin sıcaklık kontrolu yapılmaktadır. Primer hava debisi ise sabit olup mahal taze hava ihtiyacını karşılamaktadır.

Primer ve sekonder hava debilerinin her ikisinin de değişken olduğu üçüncü uygulamada primer hava debisi mahal ısı gereksinimleri paralelinde VAV terminal ünitesi vasıtasıyla kontrol edilmektedir. Primer hava debisinin azaltılması hücre içindeki dinamik basıncı da azaltacağından aynı paralelde sekonder hava debisi de azalacak ve bu surette ısıtma veya soğutma işlemi kontrol edilmiş olacaktır. Servomotorlu vana mahal sıcaklığının kontroluna yardımcı olduğu, eğer istenirse, soğutucu batarya sathındaki yoğunlaşmayı da kontrol edebilmektedir. Bu işlem batarya sath sıcaklığının mahal yoğunlaşma noktasından daha düşük bir sıcaklığa inmemesini sağlamak için su sıcaklığını kontrol etmek tarzında olmaktadır.

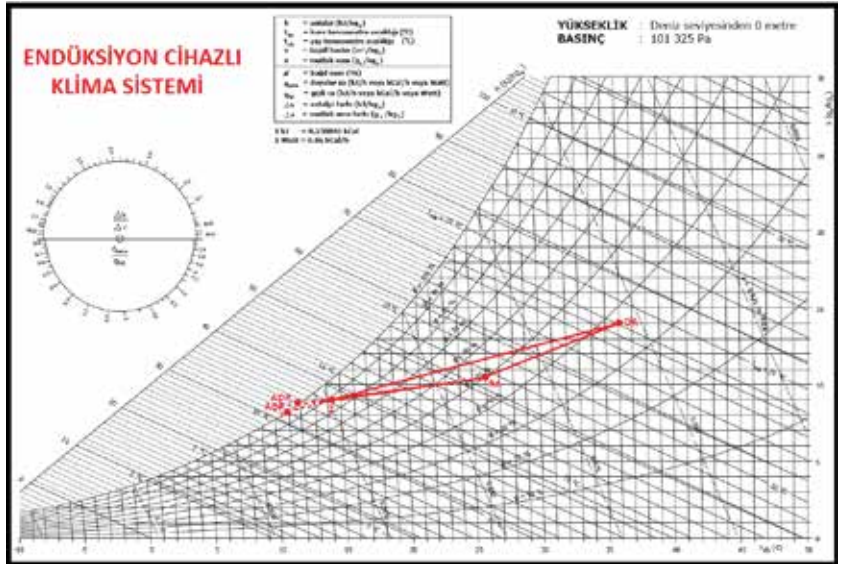
Endüksiyon üniteli klima sistemlerinin sağladığı avantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz. Bu avantajların bir kısmı VAV terminal ünitelerinin kullanıldığı tek kanallı değişken debili klima sistemlerinin sağladığı avantajlarla örtüşmektedir.

- Her mahallin sıcaklığı bağımsız olarak kontrol edilebilir.
- Sekonder hava ısıtma-soğutma bataryasının bağımsız olarak ısıtma veya soğutma modunda çalıştırılabilmesi (üç veya dört borulu sistemlerde) mahal kullanıcıya isteğe bağlı olarak ısıtma veya soğutmayı kullanma olanağı sağlamaktadır.
- Merkezi klima santralının büyüklüğü tüm diğer sistemlere kıyasla çok daha küçüktür.
- Nem kontrolu mahalde değil, merkezi klima santralında gerçekleştirilmektedir.
- Dış hava gereksinimi istenen seviyede karşılanabilmektedir.
- Mahallerde insan bulunmadığı, örneğin geceleri, mahallerin ısıtılması primer hava kullanılmaksızın sekonder hava ısıtma bataryası vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Bu durumda endüksiyon cihazı bir konvektör gibi çalışır.
- Soğutucu bataryada sath sıcaklığının kontrolu neticesi kondansasyona mani olunması bu cihazların asma tavan içlerine dahi montajına olanak sağlamaktadır. Sekonder hava soğutucu bataryasında yoğunlaşma olmamasına rağmen mahal bağlı nemi belirli bir duyulur ısı oranına kadar kontrol edilebilmektedir (bu konu ileride ele alınacaktır).

Ancak tüm sistemlerde olduğu gibi bu sistemin de bazı dezavantajları vardır.

- Birçok binalarda, mimari nedenlerle endüksiyon cihazlarının kullanımı perimetrik hacimlerle sınırlıdır; iç hacimler için başka sistemlerin kullanımı gerekebilir.
- Kullanılan kontrol elemanı sayısı tümü havalı sistemlere göre daha fazladır. Ancak bu mahsur bina otomasyon sistemlerinin kullanımı ile minimuma indirilmiştir.
- Yüksek miktarlarda taze hava ve egzost gereksinimi olan mahaller, örneğin laboratuvar ve benzeri hacimler için yeterli değildir. Endüksiyon cihazlarının kullanılması durumunda bağımsız havalandırma sistemleri gerekebilir.
- 4-borulu endüksiyon sistemleri ilk yatırım maliyeti itibarıyla en pahalı klima sistemleridir (3-borulu ve 4-borulu sistemler bu kitabın kapsamında değildir. Ayrı bir kitapta, "Hidrolik Klima Sistemleri"nde incelenecektir.)

Endüksiyon cihazlı bir uygulama örneği aşağıdaki psikrometrik diyagramda gösterilmiştir.

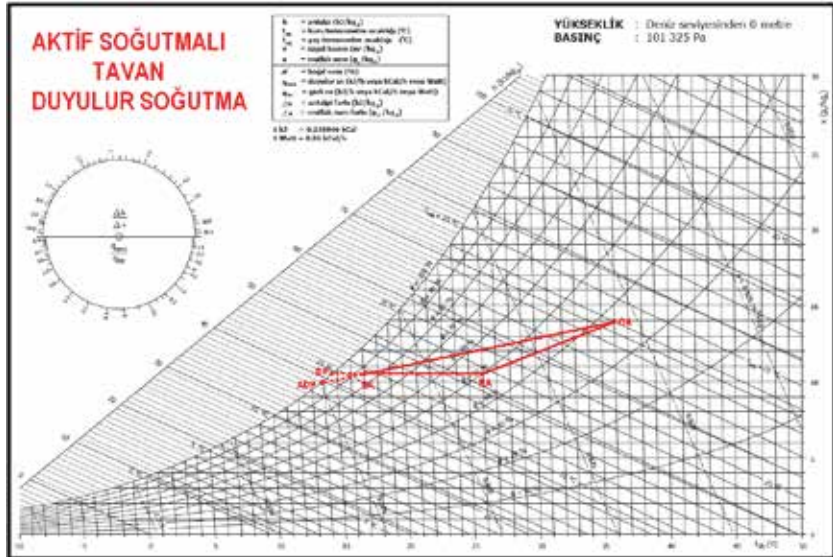


Yukarıdaki psikrometrik prosete %100 dış havadan oluşan primer hava kullanılmaktadır. "OA" şartlarındaki dış hava merkezi klima santralında "2" şartlarına kadar soğutulmakta ve endüksiyon ünitesine sevk olunmaktadır. Endüklenen sekonder hava da endüksiyon ünitesi içindeki soğutucu bataryada keza "2" şartlarına kadar soğutulmaktadır. Bu prosete primer ve sekonder

hava batarya çıkış şartları eşit alınmıştır. Primer ve sekonder hava çıkış sıcaklıklarının farklı olması durumu aktif soğutmalı üniteler bahsinde ele alınacaktır.

“OA-2” prosesinin diyagram üzerindeki eğimi sistem duyulur ısı oranı“ESH_R”den, “RA-2” prosesinin eğimi ise mahallin duyulur ısı oranı “RSH_R”en kaynaklanmaktadır. Burada her iki prosesin ekipman çiy noktaları farklıdır. Primer hava soğutma prosesi çiy noktası “ADP₁” 13°C, sekonder hava soğutma prosesi “ADP₂” ise 12°C’dir. Bu farklılık dış hava kuru termometre sıcaklığı ile bağlı neminin yüksek olduğu yerlerde, mahal duyulur ısı oranı da yüksekse daha büyük olmaktadır. Bu farklılık ta primer hava ve sekonder hava soğutucu bataryalarında farklı soğuk su sıcaklıklarının kullanımını gerektirir.

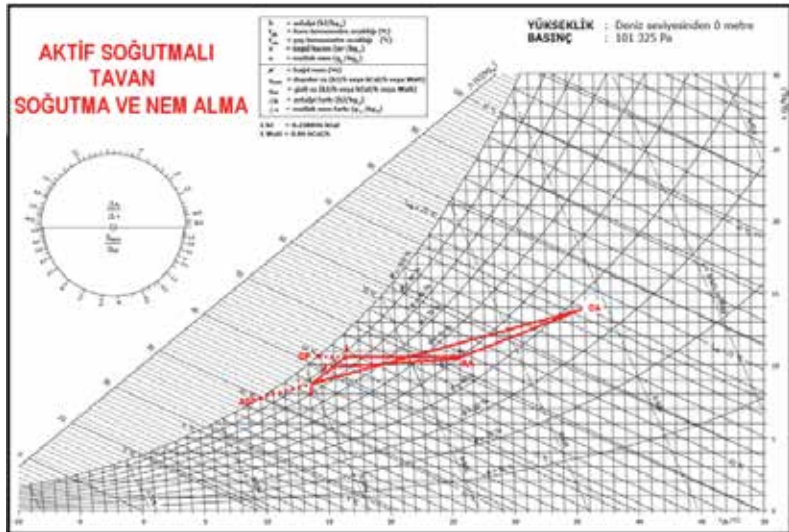
“Aktif soğutmalı tavanlar” veya diğer tanımıyla “aktif soğutmalı üniteler” konstrüksiyon olarak endüksiyon ünitelerine çok benzerler. Ancak bu ünitelerin sekonder hava bataryalarında yoğunlaşma planlanmadığı için bünyelerinde drenaj tavası bulunmamaktadır. Terlemenin olmayışı, bu ünitelerin tasarımına değişik ve geniş boyutlar kazandırmıştır. Aktif soğutmalı tavanlar yalnız duyulur soğutma yapmak için değil %80 ve daha yüksek mahal duyulur ısı oranlarında mahal konfor şartlarını da gerçekleştirmek için geliştirilmiş cihazlardır. Aşağıda salt duyulur soğutma prosesi görülmektedir.



Mahal şartları (26°C_{KT}, %50 rH) “RA”nın çiy noktası “RA”dır. Psikrometrik diyagramda bu şart 14,7°C olarak bulunmaktadır. Salt duyulur soğutma (RSH_R=%100) yapabilmek için soğutucu batarya satır sıcaklığının “RA”ya eşit

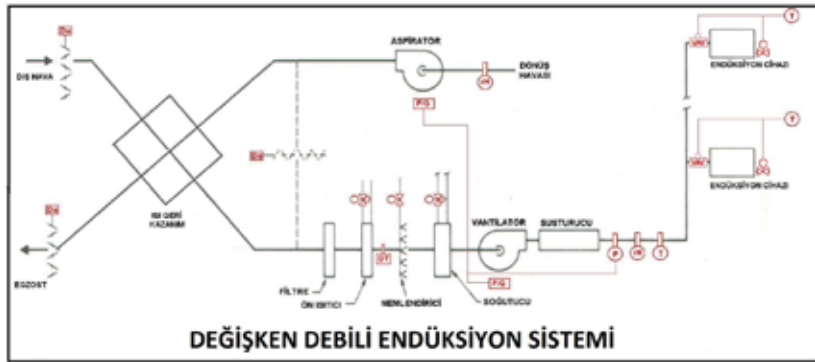
veya daha yüksek olmalıdır. Bu da, soğutucu batarya karakteristiğine bağlı olmakla birlikte, soğutucu akışkan olarak kullanılan suyun dönüş suyu sıcaklığının "DP"den düşük olmaması ile gerçekleştirilir. Bu hususun kontrolü soğutucu batarya sathına yerleştirilen bir satih termostadı ile soğutucu batarya çıkışına monte edilen bir motorlu vana ile gerçekleştirilebilir. Satih sıcaklığının "DP"nin altına düşmesi halinde motorlu vana kapanacak, satih sıcaklığı "DP" veya daha yüksek değerlere erişince açılacaktır. Bu arada kullanılan suyun sıcaklığı da çok önemlidir. Soğutucu akışkan giriş-çıkış sıcaklıkları ile soğutucu batarya yapım özellikleri, örneğin paralel akışlı, ters akışlı veya çapraz akışlı olması satih sıcaklığını belirler. Eğer serpantin yapım özelliklerini tam olarak bilemiyorsak soğutucu akışkan batarya çıkış sıcaklığını "DP"ye eşit almak doğru bir tahmin ve yaklaşım olacaktır. Eğer su giriş-çıkış sıcaklık farkı " Δt " 5°C alınıyorsa su rejiminin 10-15°C alınmalıdır. Ancak bu su rejimi primer havanın "SA" şartlarına kadar soğutulması için yeterli değildir. Çünkü primer hava soğutma prosesinin cihaz çiy noktası "ADP" 13,8°C'tır. Bu nedenle, sekonder hava soğutması için öngördüğümüz yaklaşımla primer hava soğutucu akışkan su rejiminin 8/13°C veya 9/14°C olacağını kabul edebiliriz. Daha düşük su sıcaklıkları "ADP"yi daha düşük sıcaklıklara çekeceği için, primer hava toplam soğutma kapasitesi artsa da duyulur ısı kapasitesi azalacak bunun yerine gizli ısı kapasitesi artacaktır.

Aktif soğutmalı tavanlarla, satih kondansasyonu olmaksızın %80 ve daha yüksek oda duyulur ısı oranlarında , bu şartlara uygun soğutma ve nem kontrol işlemini yapmak mümkündür. Bu işleme ait psikrometrik diyagramı aşağıda görülmektedir.



Bu uygulamada sekonder hava, yalnız duyulur ısı yükünü alacak tarzda soğutulmaktadır. Bu nedenle de sekonder hava soğutma serpantininden geçen su rejiminin giriş-çıkış sıcaklıkları serpantin satıh sıcaklığının oda çığ noktası "DP"ye eşit veya daha yüksek olacak tarzda seçilmesi gerekmektedir. Sekonder havanın soğutulma işlemi "RA-1" hattı ile gösterilmektedir. Klima santralında soğutulan havada ise bu şart aranmamaktadır. "3" noktasının temini için gerekli "2" noktasının belirlenmesi, "OA-2" primer hava soğutma işleminin gerçekleştirilebilmesi için cihaz çığ noktası ADP'ye eşit veya daha düşük bir satıh sıcaklığının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. ADP 10°C olduğuna göre kullanılması gereken soğutucu su rejimi de 6/10°C veya daha düşük sıcaklıkta olmalıdır. Bu sayede "2" noktasında primer hava çıkışı sağlanacak, "1" noktasında serpantinden çıkan sekonder hava ile karışım neticesi 15.3°C olan "3" noktası elde edilecektir.

Burada dikkat edilmesi gereken çok önemli bir husus vardır. Cihazdan çıkan toplam hava debisinin yaklaşık 1/3'ü primer hava, 2/3'ü ise sekonder havadır. Primer-sekonder hava karışım noktasını belirlerken bu husus muhakkak dikkate alınmalıdır. "3-RA" proses çizgisi mahaldeki ısınma ve nem alma işlemidir. Bu işlemin psikrometrik diyagram üzerindeki eğimini mahal duyulur ısı oranı (RSHR) belirler. Bizim yukarıdaki örneğimizde bu değer %80 olarak alınmıştır. Daha düşük primer hava sevk sıcaklıkları daha düşük soğutucu su rejimini gerektireceği için sistem tasarımı için oldukça risklidir ve maliyet arttırıcı bir unsurdur. Bu nedenle RSHF %80'den daha düşük olan uygulamalarda aktif soğutmalı tavan üniteleri yerine endüksiyon cihazları seçilmelidir.



Değişken debili, tek bataryalı bir endüksiyon sisteminde primer hava debisi, endüksiyon ünitesinin primer hava girişine monte edilen bir VAV terminal

ünitesi ile gerçekleştirilir. Bu ünite yaz-kış değişken hava debili veya yaz değişken, kış sabit minimum debide çalışabilir. Her iki durumda da odaya monte edilen elektronik termostat yaz kış değişimini otomatik olarak yapacaktır. Aynı termostatın endüksiyon cihazı üzerindeki soğutma-ısıtma müşterek bataryanın motorlu vanasına da kumanda etmesi gerekmektedir.

Endüksiyon cihazlarının girişlerinde VAV terminal ünitelerinin bulunması üfleme ve dönüş hava kanallarındaki hava debilerinin değişken olmasını gerektirir. Bunun için vantilatör üfleme kanalında basınç sensörü "P" bulunmaktadır. VAV ünitelerinin hava debisini azaltmaları durumunda üfleme kanalındaki hava basıncı yükselme tandansı gösterecektir. Bu durum "P" tarafından algılanacak ve vantilatörün motoruna kumanda eden frekans konvertörü "F/Q"ne iletilecektir. Bu sinyal neticesi "F/Q" vantilatör devrini istenen basınç seviyesine gelinceye kadar azaltacaktır. VAV terminal ünitelerinin fazla havaya gerek duymaları durumunda da kanaldaki toplam hava basıncı düşme tandansı göstereceğinden frekans konvertörü "F/Q" vantilatör devrini istenen basınç seviyesi elde edilinceye kadar yükseltecektir. Aspiratörde de bir frekans konvertörü "F/Q" bulunmaktadır. Bu konvertör vantilatör frekans konvertörü ile asil-köle olarak çalışmaktadır.

Klima santralının görevi iki türlü ifade edilebilir. Bu görev tasarımcı tarafından belirlenmelidir:

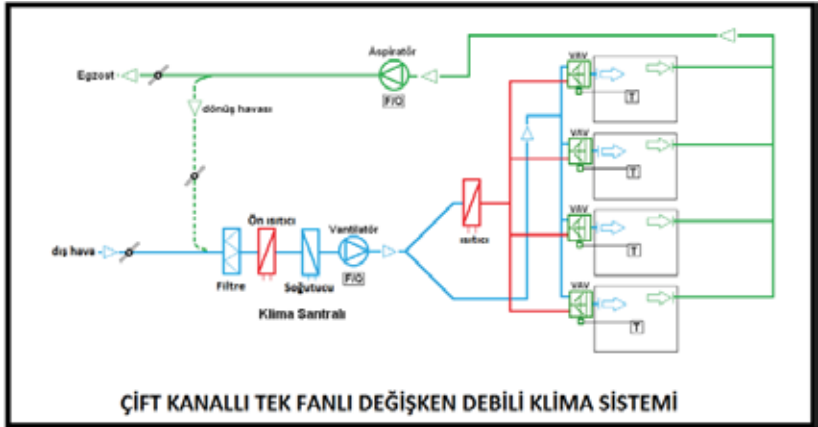
- Yaz ve kış uygulamalarında değişik üfleme sıcaklıkları. Ancak bu sıcaklıklar uygulama sırasında sabit kalacaktır.
- Yaz ve kış üfleme sıcaklıklarında dış hava sıcaklığına bağlı olarak üfleme sıcaklığı kompanzasyonu. Bu durumda, örneğin yaz uygulamasında dış hava sıcaklığı projede öngörülen ve hesaplara esas alınan maksimum sıcaklıkta iken primer hava minimum dizayn sıcaklığında, örneğin 14°C'ta üflenecektir. Dış hava sıcaklığı ile mahal dizayn sıcaklığı arasındaki fark azaldıkça da üfleme sıcaklığı mahal sıcaklığına yaklaşacaktır. Mahallin herhangi bir ısıtma ihtiyacı olmaması durumunda, özellikle yaz-kış geçiş dönemlerinde primer hava oda sıcaklığında üflenecektir. Kış uygulamasında ise yaz uygulamasının tersi yapılacaktır.

Örnek diyagramda plakalı eşanjörlü ısı geri kazanım ünitesi gösterilmiştir. Bu ünite yerine döner tamburlu ısı geri kazanım cihazı veya ısı borusu "heat pipe" kullanılabileceği gibi her hangi bir ısı geri kazanım aparatı kullanılmadan da sistem çözülebilir. Ancak enerji ve işletme ekonomileri göz önünde bulundurularak ısı geri kazanım cihazı kullanılması tavsiye edilir.

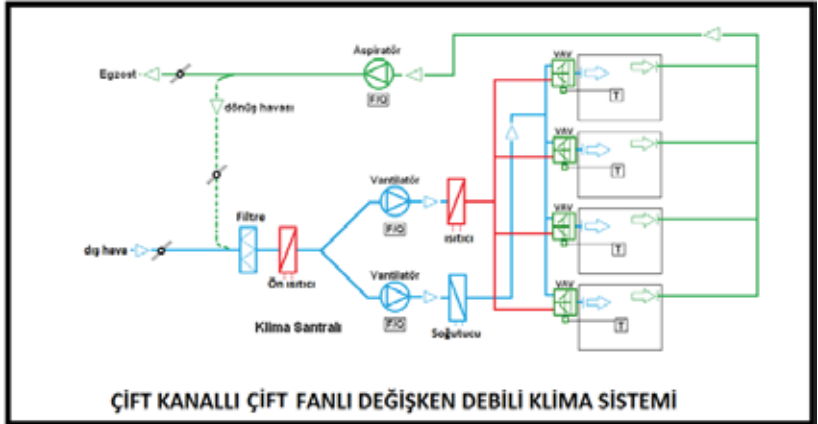
2.1.3. Çift Kanallı Sistemler

Çift kanallı değişken hava debili klima sistemleri çok zonlu bina uygulamalarına ihtiyaç gösteren mimari yapılarda kullanılmaktadır. Zonlarda meydana gelebilen ani yük değişikliklerine kolaylıkla adapta olabilme yeteneğine sahiptir. Çift kanallı sistemler, tek kanallı VAV uygulamalarına kıyasla daha yüksek ilk tesis maliyetine sahip olmalarına rağmen özellikle ABD’de yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Bu sistemde mahallere sıcak ve soğuk hava iki paralel hava kanalı ile sevk olunmakta, mahal ihtiyacına göre belirli oranlarda karıştırılarak mahalle üflenmektedir.

Bu sistemde merkezi klima santralinde şartlandırılan hava iki ayrı ve birbirine paralel hava kanalı ile sevk olunur. Kanallardan biri soğutulmuş havayı, diğeri ise ısıtılmış havayı taşımakta kullanılır. Havanın şartlandırılması ve sevk tek fanlı ve iki fanlı olarak iki değişik tarzda yapılır. Bunlarla ilgili akış diyagramları aşağıda görülmektedir.



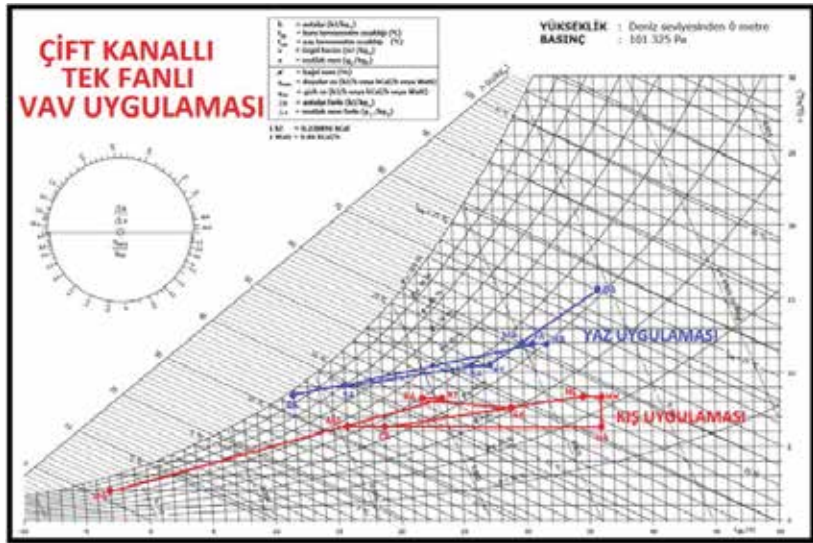
ÇİFT KANALLI TEK FANLI DEĞİŞKEN DEBİLİ KLİMA SİSTEMİ



ÇİFT KANALLI ÇİFT FANLI DEĞİŞKEN DEBİLİ KLİMA SİSTEMİ

Her iki uygulamada da birer adet ön ısıtıcı görülmektedir. Bu bataryanın görevi donma tehlikesini önlemektir. %100 Dış hava veya karışım havası ile çalışan klima santrallerinde, kış çalışması minimum debi ile olsa dahi soğutucu bataryaya giren hava sıcaklığını donmayı önleyecek bir sıcaklığın üzerinde tutabilmektir. Donma termostatlarının hassasiyetini dikkate aldığımızda bu sıcaklığın 4°C'ın üzerinde olması gerektiğini söyleyebiliriz.

Çift kanallı, çift fanlı sistemlerde eski uygulamalarda fanların debilerini belirlemek sorun yaratabiliyordu. Bunu gidermek için genelde tek fanlı sistemler uygulanıyordu. Ancak günümüze frekans konvertörlerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla bu sorun tamamen çözülmüştür. Çift fanlı uygulamalarda her fanın debisinin toplam hava debisinin %70'ine eşit almak genelde yeterli olmaktadır. Debinin fazla gelmesi, örneğin o miktarda sıcak havaya ihtiyaç olmaması durumunda, ki bu durum çift kanallı VAV terminal ünitelerinin sıcak hava debisini azaltması sonucu sıcak hava üfleme kanalında toplam hava basıncının artması ile kendini belli eder, frekans konvertörü DDC veya BMS'den aldığı kumanda sinyalleri paralelinde fanın devrini, dolayısıyla debisini istenen basınç seviyesine ulaşıncaya kadar azaltır.



Basit bir çift kanallı VAV sistemine ait yaz ve kış prosesleri yukarıdaki psikrometrik diyagramda görülmektedir. Mavi çizgilerle gösterilen yaz klima prosesinde "RA" mahal şartlarını, "OA" dış hava şartlarını göstermektedir. "RA-RT" hattı dönüş havasının kanallarda ve aspiratör motorundan kaynaklanan ısı kazancını göstermektedir. Isınan "RA" klima santralına "RT"

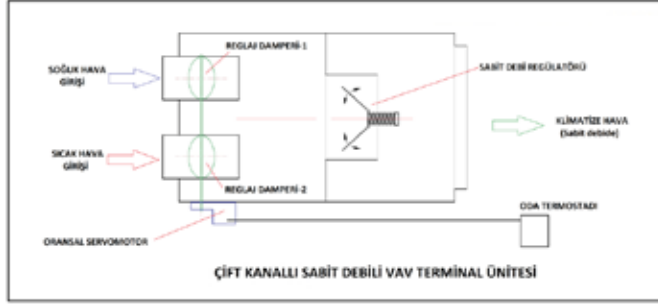
şartlarında varır ve dış hava "OA" ile belirlenen oranda karışır. "MA" iki havanın karışım şartlarını göstermektedir. Yaz uygulamasında, genelde sıcak havanın ısıtılması gerekmemektedir. Çünkü karışım havası vantilatörün motorundan az da olsa belirli bir ısı kazanmakta, "FA" konumuna, bilahare kanalda kazandığı ısı ile "HA" konumuna varmaktadır. "HA" şartı bizim çift kanallı VAV terminal ünitesine sevk ettiğimiz sıcak havadır. "FA" şartlarında vantilatörden sevk olunan hava soğutucu bataryada "CA" şartlarına kadar soğutulur. Bu hava bizim çift kanallı sistemde VAV terminal ünitesine sevk ettiğimiz soğuk havadır. Diyagramda karışıklık olmaması için "ADP" noktası gösterilmemiştir. "ADP" noktasının yaklaşık 11°C olduğu bu nedenle soğutucu suyun 6/11°C olması kabul edilebilir. "HA" şartlarındaki sıcak hava ile "CA" şartlarındaki soğuk hava çift kanallı VAV ünitesinde mahal ihtiyaçları paralelinde karıştırılarak mahalle üflenir. Mahalle üflenilen havanın karışım prosesi "CA-HA" hattı üzerinde oluşur. Karışım noktası "SA" ile gösterilmiştir. "SA-RA" prosesi ise mahal duyulur ısı oranına bağlı olarak mahalde ısınma ve nem kazanma işlemidir.

Kış prosesi de yaz uygulamasına benzerlik göstermektedir. "RA" mahal havası dönüş kanalında ve aspiratör motorundan ısı kazanarak "RT" şartına gelmekte ve belirli bir oranda dış hava "OA" ile karışmaktadır. "MA" karışım noktasındaki hava çok az miktarda ısıtılır. Vantilatör motorundan kaynaklanan ısı kazancıyla birlikte vardığı nokta "CA"dır. Psikrometrik diyagramda gösterilen "CA" kuru termometre sıcaklığından daha düşük bir sıcaklık isteniyorsa dış hava oranını arttırmak tercih edilmelidir. Sıcak hava, mahal ısı kaybını karşılamak tarzda "HA" noktasına kadar ısıtılır, buharlı nemlendirici ile "HH" noktasına kadar nemlendirilir. Sıcak hava, kanal içinde belirli miktarda ısı kaybedecek ve "HC" noktasına kadar soğuyacaktır. Bu nokta bizim VAV terminal ünitesine sevk ettiğimiz sıcak havadır. Bu hava "CA" konumundaki soğuk hava ile "CA-HC" hattı üzerinde karışarak "SA" noktasında mahal üflenir. "SA-RA" hattı mahalde ısı kaybı nedeniyle soğuma ancak bu esnada da dahili kazançlar nedeniyle nemlenme işlemidir.

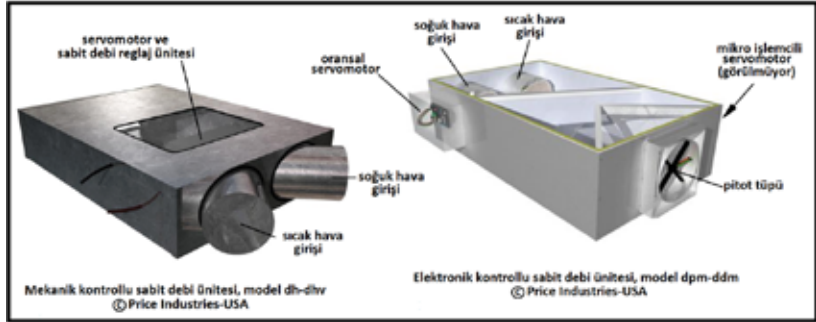
2.1.3.1. Sabit Debili Uygulamalar

Çift kanallı VAV uygulamalarının tümünde hava kanallarındaki debi değişkendir. Mevsimsel ihtiyaçlara göre sıcak veya soğuk hava debisi artırılır veya azaltılır. Ancak VAV terminal ünitesinde karıştırıldıktan sonra mahal üflenilen hava sabit debide olabilir. Bu uygulamada mevsimsel ihtiyaçlara ve/veya mahal şartlarına bağlı olarak bir havanın debisi azaltılırken diğer havanın debisi artırılır. Bu uygulamada sıcak hava debisi ve soğuk hava debisinin toplamı eşittir veya eşite çok yakındır. Bu uygulamada tek fanlı sistemler uygulanabileceği gibi vantilatör ve aspiratör için frekans konvertörü

kullanılmayabilir.



Gerekli karışım sıcaklığı, mahal termostatından gelen sinyaller paralelinde sıcak ve soğuk havanın değişen oranlarda karıştırılması suretiyle yapılacaktır. Mahalle sevk olunan karışım havası debisi sabittir ve bu debi “sabit debi regülatörü” olarak adlandırdığımız bir sabit debi kontrol ünitesi “CAV” ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle sabit debili VAV terminal ünitelerinin girişlerinde pitot tüpü kullanılmayabilir. CAV üniteleri sabit debiye kalibre edilmiş tek kanallı klasik VAV terminal üniteleri olabileceği gibi mekanik debi ayar üniteleri de olabilir.

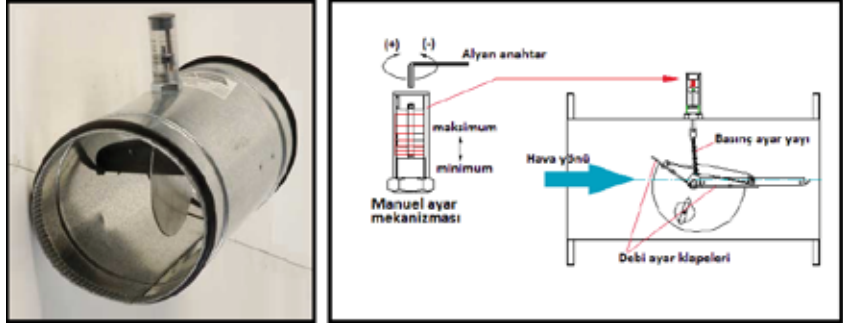


2.1.3.2. Sabit Debi Üniteleri

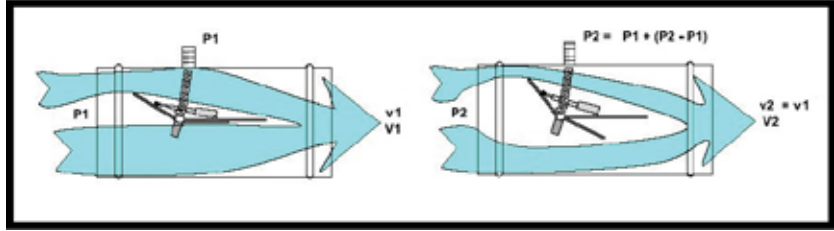
Sabit debi reglaj ünitesi olarak tek kanallı VAV terminal ünitelerinin nasıl kalibre edileceği 2.1.1.2 no’lu konuda anlatılmaktadır. Kalibrasyon esnasında “ V_{min} ” ve “ V_{max} ” değerleri birbirine eşit olarak yüklenirse VAV terminal ünitesi 2-10VDC kumanda sinyallerinde sabit debili bir CAV ünitesi olarak çalışacaktır. 0 VDC kumanda da ise tam kapalı konumuna geçecektir.

Mekanik CAV üniteleri ise bu işlemi mekanik donanımları ile gerçekleştirmektedir. Aşağıdaki fotoğrafta dairesel kesitli bir mekanik debi reglaj ünitesi aynı resmin yanındaki çizimde ise ünitenin temel elemanları

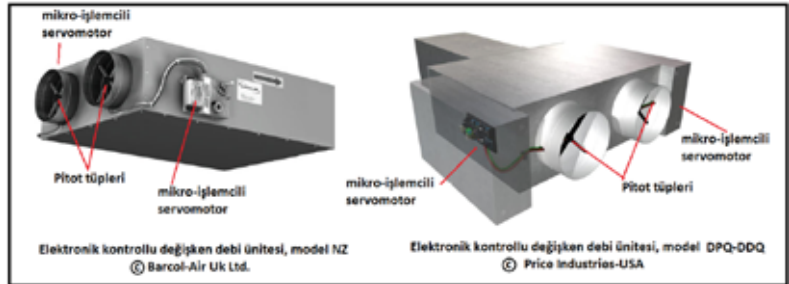
görülmektedir.



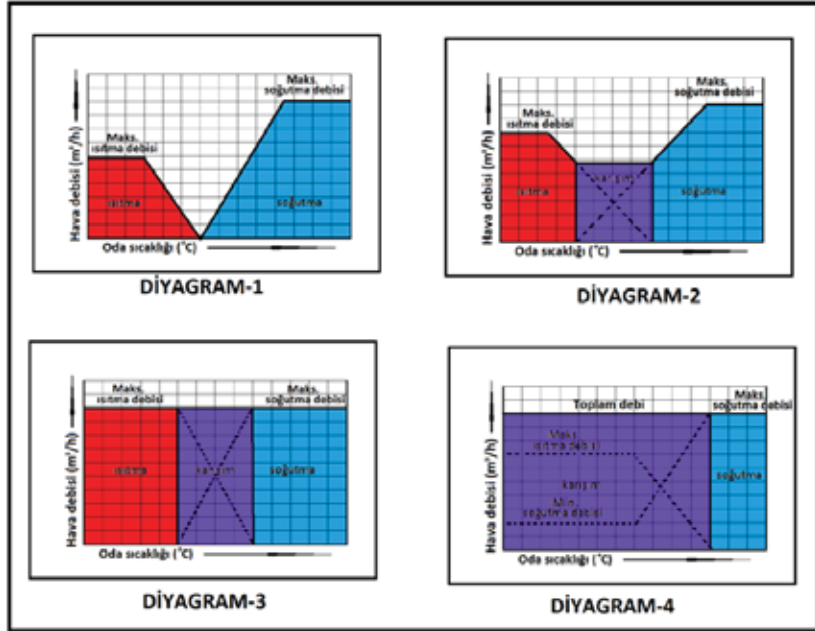
Bu sistemin temel prensibi dinamik basıncın sabit tutulmasıdır. Aşağıdaki şekilde belirli bir dairesel kesitten “V1” debisinde geçen hava görülmektedir. Bu debinin hızı “v1” olup bu hızın da karşıtı olan dinamik basınç “P1”dir. Mekanik debi reglaj ünitesinin üstünde manuel bir ayar mekanizması bulunmaktadır. Bu mekanizma üzerine değişik debi değerleri yazılmıştır. Alyan anahtarı vasıtasıyla istediğiniz debiye göre üniteyi ayarladığınızda mekanizma basınç ayar yayında “P1” değerine eşit bir yay kuvveti yaratacaktır. Eğer hava hızı “v1” değerinde ise debi ayar klapesinde hiçbir değişiklik olmayacaktır. Hava hızı “v2”ye yükseldiğinde $P2 > P1$ olduğundan artan dinamik basınç nedeniyle klape saat yönünde hareket ederek kesiti daraltacak, basınç ayar yayının gerilimi de $P2 = P1 + (P2 - P1)$ e yükselecektir. Direnç ve dolayısıyla kayıpların artması neticesi hava hızı “v2”den “v1”e düşmüş, debi de “V1”de sabit kalmış olacaktır.



2.1.3.3. Değişken Debili Uygulamalar



Değişken debili çift kanallı VAV terminal üniteleri iki ayrı dairesel kesitli VAV terminal ünitesinden meydana gelmektedir. Bu ünitelerden biri sıcak hava kanalıyla irtibatlı olan yakaya, diğeri de soğuk hava kanalına bağlı olan yakaya irtibatlandırılmıştır. Her iki VAV ünitesi DKP veya galvaniz sactan mamul tek bir gövde içinde yer almaktadır. Bu ünitenin de çıkışına susturucu, hava dağıtımı için plenum hücre monte etmek mümkündür. Bu ünitelerin kalibrasyonları birbirinin tersi olarak yapılmaktadır. Bu husus aşağıdaki çalışma senaryolarında daha iyi anlaşılmaktadır.



Diyagram-1'de görülen uygulama en basit çift kanallı değişken debili klima sistemi uygulamasıdır. Bu uygulamada soğuk havayı kontrol eden VAV birimi soğutmaya ihtiyaç duyulduğu süre zarfında çalışmakta, sıcak hava üzerindeki VAV birimi ise kapalı konumda bulunmaktadır. Soğuk hava debisi, tek kanallı VAV uygulamalarında olduğu gibi mahal ihtiyaçları paralelinde debiyi oransal olarak regüle etmektedir. Soğuk hava debisinin minimum (veya sıfır) olduğu konum yaz-kış değişim sıcaklığı olup bu noktadan itibaren sıcak hava debisi devreye girmekte mahal sıcaklığına bağlı olarak debi reglajı yapmaktadır. Sıcak ve soğuk hava VAV birimleri aynı aynı çalışmamakta, biri çalışırken diğeri sıfır konumunda bulunmaktadır. Bu sistemin en büyük eksikliği mahallenin soğutma veya ısıtma ihtiyacı minimuma inmesiyle birlikte mahalle üflenen hava debisi

de minimuma inmekte ve sıfırlanmaktadır. Bu mahsur diyagram-2’de gösterilen uygulama ile kısmen giderilmektedir. Burada minimum bir debi kabul edilmiş ve bu debinin altına düşülmemesi öngörülmüştür. Maksimum soğutma debisinde mahal ihtiyaçlarının azalması neticesi düşüş izlenecektir. Ancak bu düşüş sonunda varılacak değer önceden belirlenen bir değer altına indiğinde soğutma havasını regüle eden VAV birimi devreye girerek eksilmekte olan hava debisini karşılayacaktır. Diyagramda “karışım” olarak gösterilen bu bölge yaz-kış geçiş bölgesidir. Diyagram-1 ve diyagram-2’deki uygulamalarda maksimum sıcak hava debisi, işletme ekonomisi nedeniyle maksimum soğuk hava debisinden düşük tutulmuştur.

Diyagram-3’te sistemin devamlı olarak sabit debide çalışması öngörülmektedir. Bu uygulama bir açıdan sabit debili, çift kanallı VAV uygulamasıdır. Ancak burada kumandalar her bir VAV birimi üzerindeki pitot tüplü ölçme istasyonu ve mikro işlemcili servomotor tarafından bağımsız ancak birbiri ile senkromeşli olarak yapılmaktadır. Soğutma uygulamalarındaki maksimum debinin 10VDC kumanda sinyaline tekabül ettiğini kabul edersek (sistem çalışması 0-10VDC) debi düşmesi 10VDC’nin altındaki bir sinyalle sağlanacağı için bu sinyalin sıcak hava VAV birimince algılanması neticesi azalan soğuk hava debisi sıcak hava VAV birimince karşılanacaktır. Bu uygulama sayesinde hem mahallin ısı ihtiyacı karşılanmış olacak hem de hava debisinde bir azalma olmayacağı için pozitif vantilasyondan bir fedakarlık yapılmamış olacaktır. Soğuk hava debisinde azalmanın başladığı nokta ile sıcak hava debisinin maksimuma eriştiği nokta arası karışım havasının mahalle sevk edildiği süredir. Bunun dışında yalnız soğutma havası (mavi renk) veya yalnız ısıtma havası (kırmızı renk) sevk olunacak, ünite içinde herhangi bir karışım olmayacaktır.

Diyagram-4’de soğutma prosesi için gerekli maksimum debi mahal havalandırması için gerekli sabit debi olarak kabul edilmektedir. Soğutma sezonu uygulamasında maksimum soğutma yükünün olduğu durumlarda gerekli havanın tümü soğutma VAV birimi ile karşılanacaktır. Ancak soğuk hava debisinin azalmaya başlaması durumunda eksilen debi sıcak hava debisiyle telafi edilecektir. Isıtma sezonu boyunca tüm uygulama karışım havası tarzında olmaktadır.

Bu proseslerin tümünde soğuk ve sıcak hava sıcaklıkları için sayfa-65’deki psikrometrik diyagrama bakmaları önerilir. Bu diyagramda yaz ve kış çalışmaları ayrı ayrı gösterilmiştir.

Bu uygulamalar içinde en yaygın uygulama alanı bulan diyagram-2'deki uygulamadır. Bu uygulamada havalandırma hiçbir zaman durdurulmamakta, geçiş döneminde pozitif havalandırma için gerekli olan debi karışım havası olarak mahalle sevk edilmektedir.

2.2. VAV Uygulamalarında Klima Santralleri ve Otomatik Kontrol

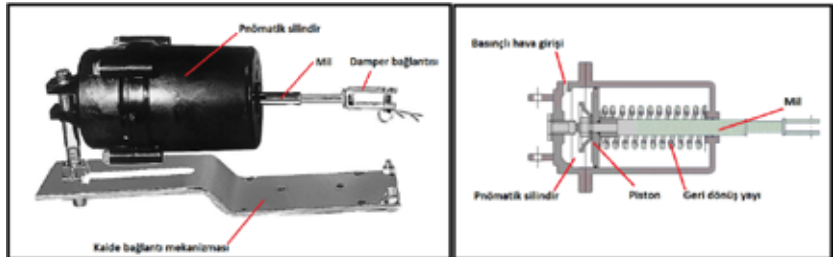
2.2.1. Terminal Ünitesi Kontrol Sistemleri

2.1.1.3 No'lu konuda "VAV Terminal Ünitelerinin Kontrolü" başlığı altında bir VAV terminal ünitesinin görevlerinden, debi reglaj sistemlerinin otomatik kontrolundan özet olarak bahsedilmiş, günümüzde ve ülkemizde en yaygın uygulama şekli olan elektronik kontrollu servomotorların kalibrasyon, çalışma tarzı ile şantiyede debi ayarlarının değiştirilebilme olasılıkları anlatılmıştı. Şimdiki konumuzda ise VAV ünitelerine uygulanmakta olan değişik kumanda sistemlerinden bahsedeceğiz. Günümüzde VAV terminal ünitelerine üç değişik otomatik kontrol sistemi uygulanmaktadır. Bu sistemler şunlardır:

- Pnömatik kontrol
- Elektronik kontrol
- DDC ve BMS kontrol

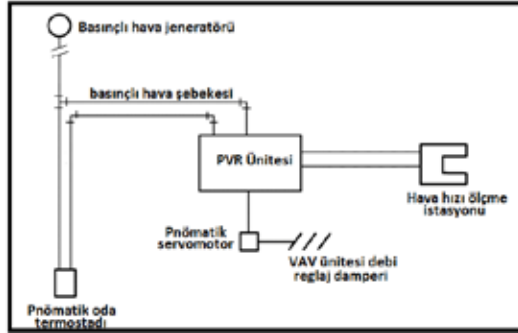
2.2.1.1. Pnömatik Kontrol

Pnömatik olarak kumanda edilen bir VAV terminal ünitesinde hava debisini oransal olarak kontrol edebilen pnömatik bir servomotor bulunmaktadır. Servomotor, bir pnömatik silindir, silindir içinde iki yönlü hareket edebilen bir piston ve pistonu bağlayan bir mil ile geri dönüşü sağlayan bir yay donanımından ibarettir. Silindire gelen basınçlı havanın piston üzerinde yarattığı kuvvet yayın gücünü yenerek milin ileri doğru hareket ettirerek debi reglaj damperinin açılmasını sağlar. Hava basıncının piston üzerine tatbik ettiği kuvvet yay gücüne eşit olduğunda damper durağan duruma geçer ve o konumda kalır. Basıncın azalmasıyla da yay pistonu geri itip damperin kapanmaya başlamasını sağlar.



Sistemin kontrol merkezi "Pnömatik Debi Regülatörü" denilen bağımsız bir regülatördür. Bu ünite İngilizce tanımının baş harflerinden meydana gelen

“PVR” kodu ile tanınmaktadır. Bu ünite hava hızı ölçme ünitesine (pitot tüpü, orifis veya venturi metre) ve pnömatik mahal termostadına basınçlı havayı taşıyan borular (genelde bakır borular) ile bağlıdır. Termostat mahal sıcaklığı ile ilgili bilgileri regülatöre pnömatik olarak ilettiğinde regülatör istenen havayı temin edene kadar servomotora “aç” veya “kapa” komutu gönderir. Hava hızı ölçme istasyonunda istenen debi okunup PVR’ye bildirilince damperin statik konuma geçmesi sağlanır. PVR ve mahal termostadı üzerindeki tüm ayarlar manuel olarak yapılır. Sistemin çalışması için nemi alınmış basınçlı hava gereklidir.

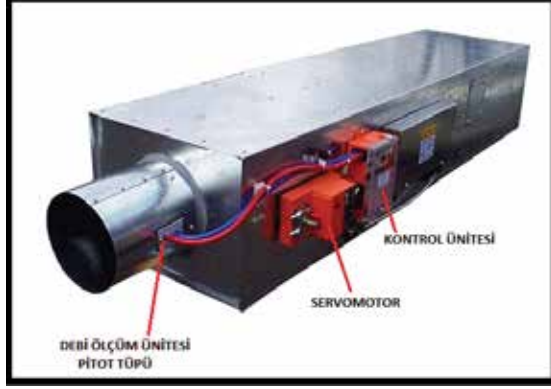


Pnömatik kumanda sistemleri ABD’de VAV terminal ünitelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

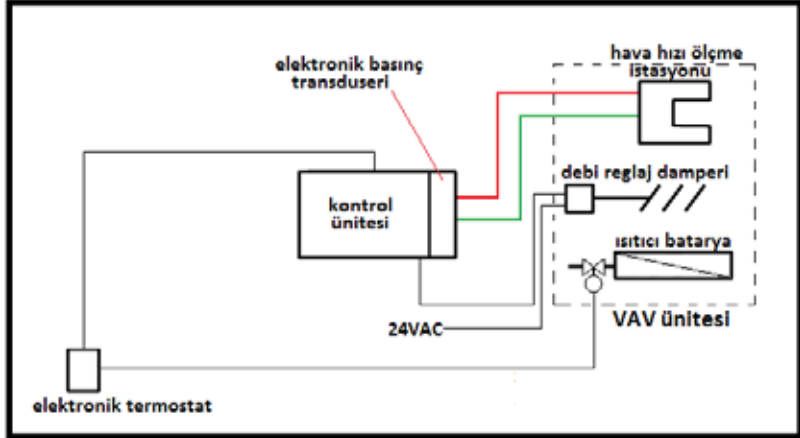
2.2.1.2. Elektronik Kontrol

VAV terminal ünitelerinde kullanılan elektronik kontrol sistemlerinde debi reglajı oransal bir elektronik servomotor ile yapılmaktadır. Servomotor iki yöne, saat ve saatin aksi yönüne hareket edebilmekte olup içinde yay geri dönüş mekanizması yoktur. Açma ve kapama işlemleri motorun dönüş yönünün otomatik olarak belirlenmesi ile yapılmaktadır. Elektronik servomotorlar 2VAC akım ile çalışırlar. Servomotorun, dolayısıyla debi reglaj damperinin konumu elektronik kontrol ünitesinden gelen 0-10VDC, 2-10VDC gibi sinyallerle gerçekleştirilir. Elektronik kontrol sisteminin beyni sayılabilecek kontrol ünitesi elektronik mahal termostadına ve hava hızı ölçme istasyonuna bağlıdır. Termostat mahal sıcaklığı ölçer ve kontrol ünitesine bildirir. Aynı zamanda mahal sıcaklığındaki değişimi de izleyerek yaz-kış konumu değişimini de kontrol ünitesine bildirir. Hız ölçme istasyonu toplamhava basıncı ile statik hava basıncını pnömatik olarak algılar, ince plastik veya bakır borularla kontrol ünitesine bildirir. Genelde kontrol ünitesi içinde bulunan elektronik basınç transduseri gelen pnömatik sinyalleri ana birime bildirir ve bu sinyallerin elektronik mahal termostadından gelen sinyallerle karşılaştırılmasını sağlar. Elektronik basınç transduseri basınç bağımsız bir ünite dir.

Şu ana kadar bahsettiğimiz sistem bağımsız “üniter” elektronik kontrollü VAV terminal ünitesi kontrol sistemidir.



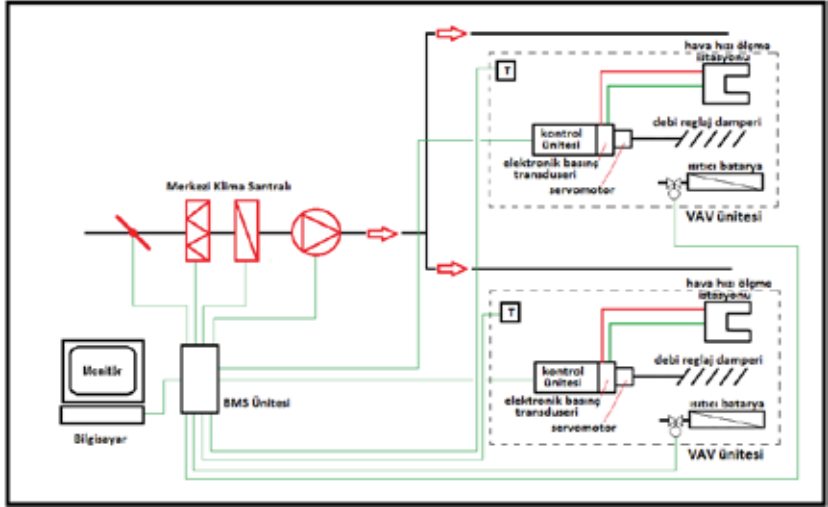
Günümüz uygulamalarında VAV kontrol sistemlerini üreten ve OEM malzeme olarak VAV üreticilerine veren firmalar kontrol ünitesi, elektronik basınç transduseri ve oransal servomotoru tek gövde içinde birleştirmişlerdir. Dolayısıyla 2.1.1.3 numaralı bahiste anlatıldığı gibi debi ölçüm ünitesinden gelen pnömatik sinyaller, elektronik termostat veya DDC panellerden gelen kumanda sinyalleri servomotor gövdesine bağlanmaktadır. Bu nedenle günümüzün VAV servomotorları mikro bilgi-işlemcili oransal servomotora dönüşmüşlerdir.



VAV terminal ünitelerinin çıkışlarına ısıtıcı batarya konulması oldukça yaygın bir uygulamadır, genellikle yaz değişken, kış sabit “minimum” debili uygulamalarda rastlanır. Böyle bir uygulamada ısıtıcı bataryanın kontrolü VAV kontrol ünitesinden bağımsız olarak, bu işleme uygun bir elektronik oda termostatı ile yapılır. Bu konu ileride detaylı bir ele alınacaktır.

2.2.1.3. DDC ve BMS Kontrol

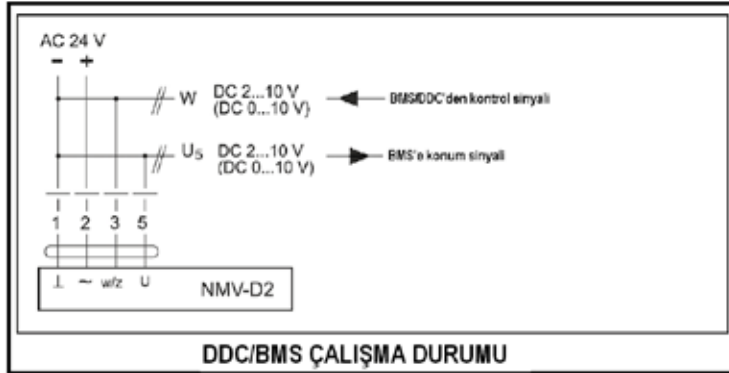
DDC (Dijital kontrollu sistemler) ve BMS (Bina otomasyon sistemleri) otomatik kontrol uygulamalarında kullanılan debi reglaj üniteleri elektronik kontrol sistemlerinde kullanılanlarla aynıdır. Temel farklılık dijital kontrollu sistemler kendi bünyelerinde bir mikro bilgi işlemci bulundurmakta ve bu üniteyi bilgi depolama, gerekli kumanda sinyallerini üretme ve gönderme, durumuna göre konum vekomut değiştirme işlemleri için kullanabilmektedir. Bu sistemde VAV ünitelerine doğrudan kumanda sinyalleri gönderen elektronik oda termostatlarının yerlerini çok daha basit ve ucuz olan elektronik hissediciler "sensörler" almaktadır. VAV terminal ünitelerine, ünite çıkışlarındaki ısıtıcı bataryalara komut sinyalleri BMS'den gelmektedir.



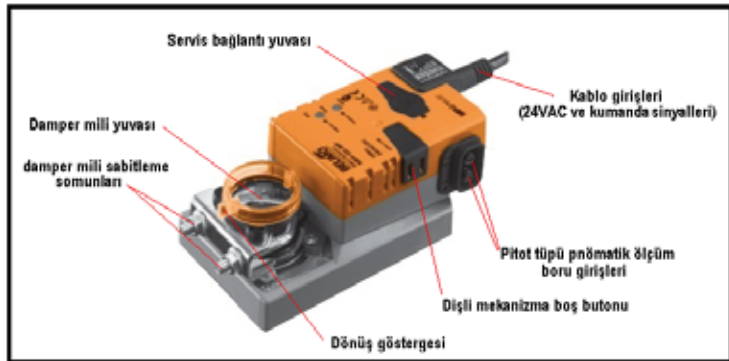
Böyle bir uygulamaya üniter elektronik kontrol sistemleriyle mümkün olmayan kompleks senaryolar yazmak mümkündür. Tüm üniteler, merkezi klima santrali, soğuk su üretici grup, sıcak su üretim ünitesi tek merkezden kontrol edilebilmektedir. BMS'in ana bilgisayar monitöründe her VAV ünitesinin hava debisi, damper konumu, mahal sıcaklığı gibi bilgileri görmek, gerektiğinde müdahale etmek mümkün olmaktadır.

Günümüzde üretilen tüm elektronik kontrollu VAV servomotorları kontrol ünitesi ve elektronik basınç transduseri ile bir bütün olarak tek gövde halinde üretilmektedir. Bölüm 2.1.1.3'de verilen BELİMO NMV-02 servomotoruna ait bağlantı şemasını tekrar sunuyoruz. Bu bağlantıda servomotorun hareketi için gerekli olan 24VAC ceryan BMS dışındaki bir gerilim şebekesinden temin edilmektedir. Mahal sıcaklık veya ayar sinyali ise direkt BMS'den gelmektedir. Mahal sıcaklık hissedici elemanı bina otomasyon sistemi BMS'e bağlı olup

sinyallerini buraya göndermekte, BMS de önceden yüklenmiş yazılıma göre VAV servomotoruna kumanda sinyali göndermektedir. NMV-02 salt bir servomotor olmayıp, mikro işlemcili kontrol ünitesini ve elektronik basınç transduserini bünyesinde bulundurmaktadır.



Aşağıdaki resimde de bir BELİMO kompakt mikro-işlemcili VAV servomotoru görülmektedir.



2.2.2. Terminal Ünitesi Kontrol Çeşitleri

VAV terminal ünitelerinde kullanılan otomatik kontrol sistemleri “**Basınç Bağımlı**” ve “**Basınç Bağımsız**” olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır. Bu iki başlık aynı zamanda VAV sistemlerinde uygulanmakta olan birbirinden farklı iki temel felsefeyi oluşturur.

2.2.2.1. Basınç Bağımlı Kontrol Sistemleri

Basınç bağımlı uygulamalarda mahal termostadı doğrudan oransal servomotor motoru vasıtasıyla debi reglaj damperinin konumunu belirler. Bu durumda debi ölçümü yapılmadığı için sevk olunan hava debisi damper konumu ile VAV ünitesine giren hava basıncının bir fonksiyonudur. Havanın gerekenden az veya fazla gelmesi durumunda mahal termostadı devamlı olarak damper konumuna müdahale eder ve düzeltmeye çalışır. Bu uygulamada mahal sıcaklığında devamlı oynamalar meydana gelecektir. Oransal kontrol bandının

geniş tutulması bu durumu kısmen giderir. Oransal bandın dar, örneğin $\pm 2^{\circ}\text{C}$ gibi tutulması durumunda ise oda sıcaklığında gittikçe büyüyen dalgalanmalar meydana gelebilir, “control hunting” dediğimiz, arzu edilmeyen durum gerçekleşebilir.

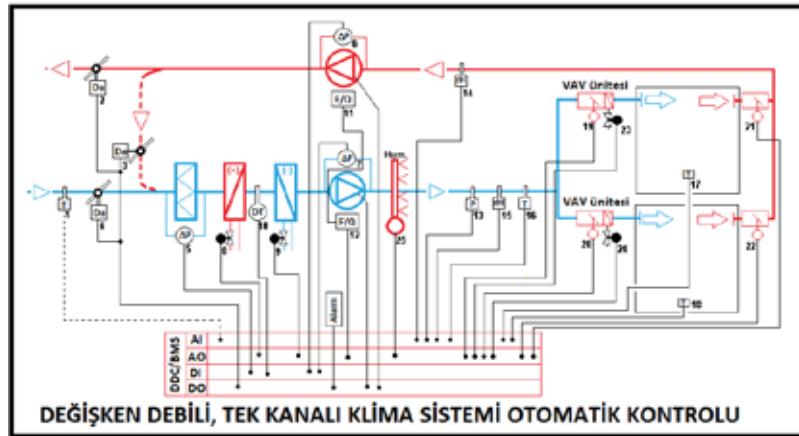
2.2.2.2. Basınç Bağımsız Kontrol Sistemleri

Basınç bağımsız uygulamalarda mahal termostadı doğrudan mahalle sabit sıcaklıkta sevk olunan havanın debisini belirler, kontrol eder. Debi reglajı termostattan gelen sinyaller paralelinde debi ölçüm ünitesi (genelde pitot tüpü) ve burada ölçülen hava hızının pnömatik kumandalı sistemlerde pnömatik debi regülatörü “PVR”, elektronik ve DDC sistemlerde elektronik basınç transduseri ve kontrol ünitesi tarafından değerlendirilip damper konumunun debi kontrollu olarak kontrolü ile gerçekleştirilir. Bu uygulamada debi regülasyonu damper ile yapıldığı için sistem kanaldaki hava basıncından bağımsız olarak çalışır. Bu nedenle basınç farklılıkları debide büyük oynamalara, dolayısıyla mahal sıcaklığında büyük dalgalanmalara neden olmaz.

Basınç bağımsız kontrol sistemleri VAV terminal ünitelerinde en çok kullanılan sistemler olup bu sayede maksimum ve minimum hava debilerinin ayarı mümkün olmaktadır.

2.2.3. Klima Santralı Kontrol Sistemleri

Değişken debili klima sistemlerinin otomasyonunda merkezi klima santrallerinin otomatik kontrolü VAV terminal ünitelerinin otomatik kontrolü kadar önemlidir ve birçok açıdan birbirine bağımlıdır. Aşağıdaki örneğimizde tek kanallı bir VAV sistemi incelenmektedir. DDC/BMS otomatik kontrolünün uygulandığı, son ısıtıcı klasik VAV terminal ünitelerinin kullanıldığı, yaz çalışması değişken, kış çalışması sabit (minimum) hava debili ve sabit dış hava-dönüş havası karışım oranına sahiptir.



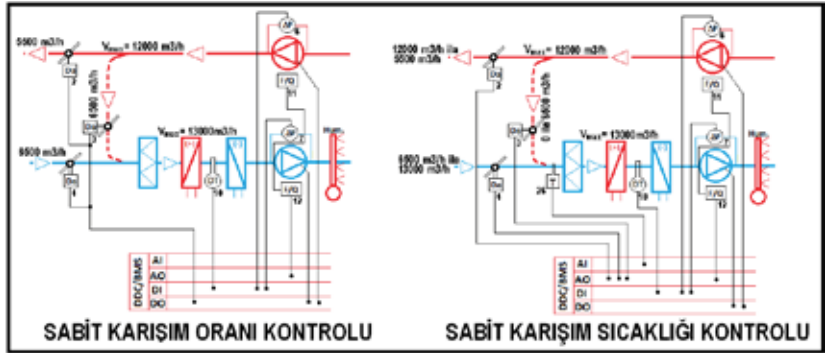
AHU-01 KONTROL NOKTASI LİSTESİ						
No.	Nokta tanımı ve tarifi	Nokta Girdi-Çıktısı				İlave Bilgi ve notlar
		AI	AO	DI	DO	
1	Kanal tipi sıcaklık hissedici	x				Dış hava sıcaklığı ölçümü
2	Damper motoru				x	egzost damperi, iki konumlu
3	Damper motoru				x	by-pass damperi, iki konumlu
4	Damper motoru				x	Dış hava damperi, iki konumlu
5	Diferansiyel basınç şalteri			x		Filtre kirliliği
6	Diferansiyel basınç şalteri			x		Aspiratör çalışma durumu
7	Diferansiyel basınç şalteri			x		ventilatör çalışma durumu
8	Motorlu Vana		x			Oransal, ısıtma bataryası
9	Motorlu vana		x			Oransal, soğutma bataryası
10	Donma termostadı			x		iki konumlu.Donma alarmı
11	Frekans konvertörü			x		Aspiratör devir ayarı
12	Frekans konvertörü			x		Ventilatör devir ayarı
13	Basınç sensörü	x				Hava basıncı
14	Bağıl nem hissedicisi	x				Dönüş havası bağıl nemi
15	Bağıl nem hissedicisi	x				Üfleme havası bağıl nemi, limitleme
16	Kanal tipi sıcaklık hissedici	x				Üfleme havası sıcaklığı
17	Oda tipi sıcaklık hissedici	x				Mahal sıcaklığı
18	Oda tipi sıcaklık hissedici	x				Mahal sıcaklığı
19	VAV servomotoru		x			Üfleme havası debi kontrolü
20	VAV servomotoru		x			Üfleme havası debi kontrolü
21	VAV servomotoru		x			Egzost havası debi kontrolü
22	VAV servomotoru		x			Egzost havası debi kontrolü
23	Motorlu Vana		x			Mahal sıcaklığı -kış
24	Motorlu Vana		x			Mahal sıcaklığı-kış
25	Buharlı nemliendirici			x		Dönüş havası bağıl nemi

Bir önceki sayfadaki akış diyagramında kontrol noktalarının konumu ve bina otomasyon sistemi (BMS) ile olan ilişkisi görülmektedir. İkinci olarak verilen tabloda da kontrol noktaları, girdi-çıkışları ve kontrol özellikleri ile ilgili kısa bilgi sunulmaktadır. Bu iki şekil, akış diyagramı ile kontrol noktası listesi uygulama projesinde her klima santrali için ayrı ayrı bulunması gereken bilgilerdir. Buna ilaveten kontrol senaryosunun da bulunması gerekir.Bütün bir kontrol senaryosu “Mode of Operations” vermek yerine tüm elemanları gruplar halinde teker teker inceleyeceğiz.

2.2.3.1. Damper Kontrolleri:

Klima santrali uygulamasında karışım havası varsa damper kontrolleri iki değişik tarzda yapılabilir. Bunlardan birincisi sabit karışım oranıdır. Bu uygulama akış diyagramı ile kontrol noktası listesinde görülmektedir. Damper konumları manuel olarak ayarlanmış olup sistem çalıştığında damperler önceden ayarlanmış “açık” konumlarına gelerek belirli bir miktarda egzost, dış hava ve dönüş havası karışımını gerçekleştirirler.Örnek olarak 13.000 m³/h maksimum hava debisi olan bir değişken debili klima santralini inceleyelim. Bu uygulamada %50 karışım oranı (6500 m³/h dış hava , 6500 m³/h dönüş havası) kullanılmaktadır. Klima santralının ve buna bağlı olarak aspiratör debisinin VAV hareketleri paralelinde azalması karışım oranını etkilememektedir. Burada damperlere BMS tarafından yalnız “aç” ve “kapa” tarzında dijital (iki konumlu) çıkış ile sinyal verilmektedir. Bu sinyal paralelinde damperler önceden ayarlanmış açık konumlarına gelmektedir. “Kapa” komutu ise

sistemin durdurulması ile verilir. Dijital çıktı “DO”olarak verilen bu sinyal vantilatörün durdurulması, vantilatör ve/veya aspiratörün arıza nedeniyle durması bir de donma termostatından gelen “donma” sinyali tarzındaki dijital girdiler “DI” neticesi verilir. Bu uygulamada kullanılan damper motorları iki konumludur. Yay geri dönüşlü servomotorların kullanımında açma elektrik motoruna verilen kumanda sinyali ile gerçekleştirilir. Sinyalin kesilmesi ile sermotorlar yay geri dönüşü ile kapama işlemini başlatırlar. Yay geri dönüşlü olmayan çift yöne dönüşlü servomotorlarda ise kumanda sinyalinin giriş klemensinin değiştirilmesi ile dönüş yönü saat ibresi veya saat ibresinin tersi olması sağlanır.



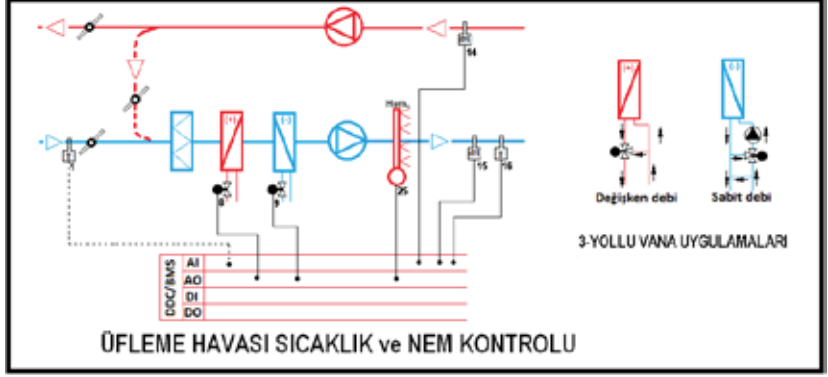
Diğer bir uygulama da sabit karışım sıcaklığıdır. Bu uygulamada dış hava ve dönüş havasının karışım oranı değil, karışım sıcaklığı esas alınmıştır. Karışım sıcaklığı “26” numaralı kanal tipi sıcaklık hissedici eleman ile algılanmakta ve BMS’e analog girdi “AI” olarak iletilmektedir. BMS de bu sıcaklığı sabit tutacak tarza 2, 3 ve 4 numaralı oransal damper motorlarına analog sinyal “AO” göndermektedir. Servomotorlar da damperlere oransal olarak kumanda ederek sabit karışım sıcaklığını sağlamaktadır.

Bu uygulamaya istendiği taktirde minimum dış hava limitlemesi ilave edilebilir. Bu uygulamada karışım sıcaklığı sabit tutulacak ancak dış hava miktarı, belirlenen minimum taze hava miktarının altına inmeyecektir. Bu husus damperlere kumanda eden servomotorlara limitleme ilavesi ile mekanik olarak yapılabilir. Diğer bir alternatif te dış hava debisinin pitot tüpü ile ölçülmesi ve minimum dış hava debisi ilgili limitlemenin BMS/DDC yazılımına ilave edilmesidir.

2.2.3.2. Üfleme Havası Sıcaklık ve Nem Kontrolleri:

Değişken hava debili klima sistemlerinde sabit üfleme sıcaklığı uygulaması yapılır. Bunun için üfleme kanalında hava sıcaklığının ölçülmesi yeterlidir. Aşağıdaki akış diyagramında “16” numara ile gösterilen kanal tipi sıcaklık hissedicinin görevi üfleme kanalı sıcaklığını algılayıp BMS/DDC’ye analog girdi “AI” olarak bildirmektir. Girdi neticesi BMS/DDC yazılıma göre önce yaz-kış

konumuna karar verir, bilahare ısıtıcı veya soğutucu bataryanın üzerindeki motorlu vanaya, gönderdiği analog çıktı "AO" ile kumanda eder. Yaz veya kış çalışmasına "16" numaralı kanal tipi hissedicinin sinyallerinden veya, alternatif olarak "1" numaralı, dış hava sıcaklık hissedicisi görevini gören dış hava emiş kanalı üzerine monte edilmiş hissediciden gelen sinyaller üzerine karar verilir. Yaz çalışması esnasında ısıtıcı batarya motorlu vanası tamamen kapalı, kış çalışmasında da soğutucu batarya motorlu vanası tamamen kapalı konumdadır.



Tek kanallı değişken hava debili klima sistemlerinde iki yollu oransal kontrollü motorlu vana kullanımı yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Ancak bu uygulamada motorlu vananın kısık çalışması veya kapanması durumunda hidronik şebekede meydana gelebilecek basınç değişikliklerine karşı gerekli önlemlerin alınmış olması gerekir. By-pass basınç regülatörleri, frekans konvertörlü (invertörlü) sirkülasyon pompalarının kullanımı önlemlerden bazılarıdır. Hidronik balans bu kitabın kapsamı dışındadır, "Hidronik Klima Sistemleri" isimli kitabımızda detaylı olarak incelenecektir.

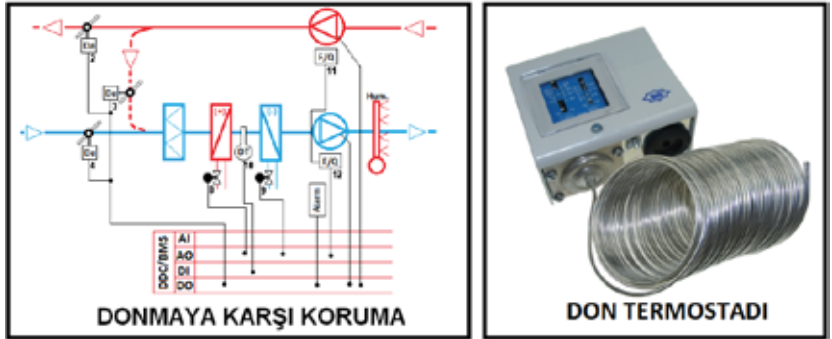
Diğer bir uygulama ise 3-yollu karıştırma vanalarının kullanımınıdır. Değişken debili uygulamada soğutucu veya ısıtıcı batarya üzerinden geçen akışkanın debisi ısıtma veya soğutma ihtiyacına göre değişmektedir. Bu uygulamada akışkan giriş/çıkış sıcaklıkları sabit kalmaktadır. Bu husus soğutucu batarya için çok önemli olup soğutucu serpantin satıh sıcaklığını ve dolayısıyla cihaz çiy noktasını (ADP) belirler. Sabit debili uygulamada 3-yollu motorlu vana ile ısıtıcı veya soğutucu batarya arasında bir "sekonder devre" sirkülasyon pompası bulunmaktadır. Bu pompa sayesinde ısıtıcı/soğutucu akışkan debisi sabit olup akışkan giriş sıcaklığı ihtiyaca göre belirlenmektedir. Sekonder devre sirkülasyon pompaları sabit debili olabilecekleri gibi frekans konvertörlü de olabilirler. Frekans konvertörlü olmaları durumunda pompanın DDC/BMS'e bağlanmasında yarar vardır. Bu durumda vantilatör ve aspiratörün hava debisinin değişmesi durumunda pompaların da debileri otomatik olarak değişecektir.

Günümüzde daha kullanışlı olmaları, daha az yer kaplamaları nedeniyle buharlı nemlendiriciler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak elde buhar yoksa ve paket tip buhar jeneratörü kullanılıyorsa nemlendiricinin besleme suyu muhakkak kireçten arındırılmış olmalıdır. Aksi takdirde nemlendirici elektrodları ve tankı bir süre sonra kireçle kaplanacak, görev göremez duruma gelecektir.

Nemlendirme proses kontrolü dönüş havası kanalı üzerine yerleştirilmiş bir kanal tipi bağıl nem hissedicisi (No.14) yardımı ile yapılır. Bu hissediciden alınan analog girdiler paralelinde DDC/BMS nemlendiriciyi oransal olarak kontrol eder. Üfleme kanalındaki kanal tipi bağıl nem hissedicisinin görevi üst limit kontrolüdür. Buradan alınan sinyaller neticesi üfleme kanalı satırlarında yoğunlaşma önlenir.

2.2.3.3. Donmaya Karşı Koruma

Eğer ısıtıcı batarya hava giriş sıcaklığı 0°C 'in altında ise ısıtıcı ve soğutucu bataryalarda donma riski mevcuttur. Bu husus özellikle %100 dış hava ile çalışan klima santralleri için geçerlidir. Karışım havalı santrallerde karışım havası sıcaklığı 0°C 'in üzerinde tasarlanmış bile olsa herhangi bir nedenle damper konumlarının mekanik arıza, harici müdahale gibi nedenlerle değişebileceği için bu tip santrallerde de donma riski mevcuttur. Donma olayının gerçekleşmesi santral bünyesinde su içeren tüm elemanları tahrip edeceği gibi klima santralının da elden çıkmasına neden olur. Bu nedenle muhakkak koruyucu önlem alınması gerekmektedir. Aşağıdaki sadeleştirilmiş akış diyagramında donmaya karşı koruma sistemi ile kapiler borulu tipik bir don termostadı görülmektedir.



Donmaya karşı kullanılan temel duyar eleman "10" numara ile gösterilen don termostadı, veya tam adıyla "donmaya karşı koruma termostadı"dır. İki konumlu basit bir termostat gibi görünmesine rağmen bazı özellikleri vardır. Bu özelliklerden biri ayarlanabilir sıcaklık skalası ve ayarlanabilir bir sıcaklık diferansı olmasıdır. Diferansı sabit olan termostadlar da kullanılmaktadır

ancak bu ayarın sahada yapılmasında ve bilinmesinde yarar vardır. Diğer bir husus ta “reset” ayarıdır. Otomatik resetli don termostatları donma riski ortadan kalktıktan sonra sisteme tekrar çalışma sinyali verebilirler. Manuel resetli olanlar ise üzerlerindeki reset düğmesine basılmadığı takdirde tekrar çalışma konumuna geçemezler. Eğer bir donma alarmı verilmişse bunun nedeninin mutlaka aranması, bulunması, giderilmesi ve giderildikten sonra resetlenmesi gerekir.

Isıtıcı ve soğutucu bataryalar üzerinde satıh sıcaklığı her noktada aynı olmadığı gibi hava akışı da eşit olmamaktadır. Bu nedenle hava akışının ve satıh sıcaklığının nispeten düşük olduğu noktalarda donma riski daha yüksektir. Ancak bu noktayı önceden belirlemek imkansız gibidir. Bu nedenle tek noktadan ölçüm yapan kuyruklu-rezervuarlı veya domuz kuyruklu termostatlar yerine uzun kapiler tipi hissedicisi olan termostatlar tercih edilmelidir. Kapiler boru, ısıtıcı bataryanın tüm satıhını kaplayacak tarzda yerleştirilmelidir.

Herhangi bir nedenle ısıtıcı batarya hava çıkışındaki sıcaklığın +5°C'ın altına düşmesi durumunda bu sıcaklık 10 numaralı don termostatı tarafından hissedilecek ve dijital girdi “DI” olarak DDC/BMS'e iletilecektir. Bu sinyal alındığında aşağıdaki görevler yerine getirilir:

- Egzost ve dış hava damperleri “2” ve “4” tam kapalı konuma, karışım havası damperi “3” açık konumuna getirilir.
- “8” numaralı ısıtıcı batarya motorlu vanası tam açık konumuna getirilir.
- Vantilatör ve Aspiratör durdurulur (bu işlem doğrudan motor kontaktörlerine kumanda ile veya frekans konvertörü üzerinden yapılabilir).
- Sesli ve görüntülü (audio-visual) bir alarm yayınlanır.

Donma sinyalinin nedenleri bulunduktan ve giderildikten sonra sistem resetlenerek tekrar çalıştırılır.

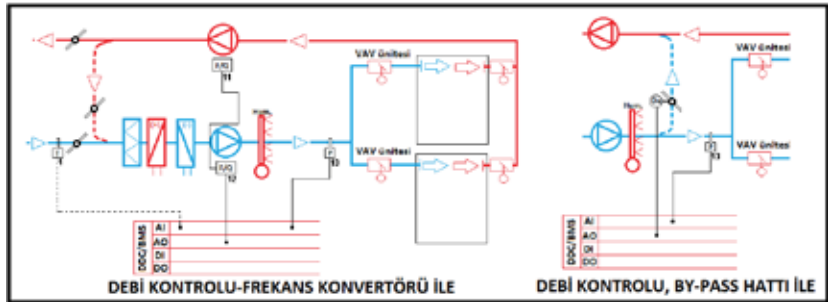
2.2.3.4. Debi Kontrolü

Değişken debili bir klima sisteminde vantilatör ve aspiratör terminal ünitelerinden kaynaklanan debi değişimlerini yerine getirebilecek tarzda seçilmiş, gerekli elektro-mekanik ve/veya elektronik donanımlarla teçhiz edilmiş olmalıdır. Vantilatörlerde değişik debi modülasyon sistemleri uygulanmaktadır. Vantilatörün yapısıyla da yakından ilgili olan bu uygulamalar kitabın üçüncü bölümünde “Vantilatör Debi Kontrol Uygulamaları” başlığı altında detaylı olarak incelenecektir. Bu bölümde otomasyon ile ilgili esaslar verilmektedir.

En basit debi kontrolü vantilatör ve aspiratör debilerinin eşit olduğu sistemlerde, üfleme kanalındaki toplam hava basıncının sabit tutulması ile

yapılan kontrol sistemidir. Akış diyagramını aşağıda görülen uygulamada üfleme kanalı üzerine yerleştirilmiş bir basınç sensörü (“P”, No.13) kanaldaki toplam basıncı algılamakta ve analog girdi olarak DDC/BMS’e iletmektedir. Basıncın artması halinde DDC/BMS’den 12 numaralı frekans konvertörüne gönderilen sinyal ile vantilatör devri, basınç istenen seviyeye ininceye kadar, düşürülmektedir. 12 numaralı frekans konvertörü ile aspiratöre ait olan 11 numaralı frekans konvertörü asil-köle olarak irtibatlandırılmışlardır. Vantilatör devrinin düşmesi (bu işlem konvertöre gönderilen, örneğin 0-10VDC kumanda sinyali ile elektrik motoruna iletilen frekansın düşürülmesi ile gerçekleştirilmektedir) aynen aspiratöre kumanda eden konvertöre de iletilmekte ve onun da aynı tarzda devrinin, dolayısıyla debisinin düşmesi gerçekleştirilmektedir.

Örneğimizde, günümüzün en yaygın uygulaması olan frekans konvertörü esas alınmıştır. Frekans konvertörü yerine vantilatör-aspiratör arasına by-pass hattı konulması da diğer bir uygulama tarzıdır. (Vantilatör ve aspiratör emişlerine “inlet guide vane” giriş havası kontrol damperleri, veya atış tarafına reglaj damperi uygulaması da yapılmaktadır. Bu son iki örnek üçüncü bölümde karşılaştırılmalı olarak ele alınacaktır.)

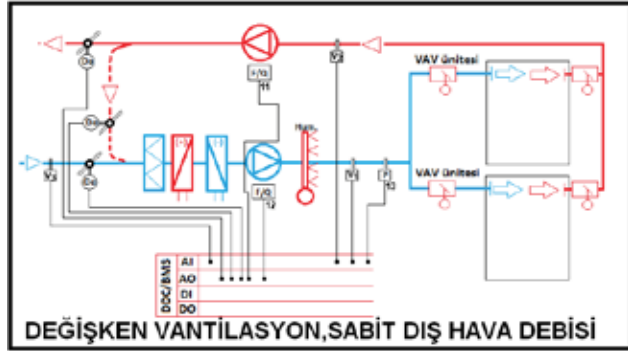


By-pass hattı uygulamasında vantilatör ve aspiratörün frekans konvertörü ile donatılmasına gerek yoktur. 13 numaralı kanal tipi basınç hissedici elemanın hissettiği ve analog girdi “AI” olarak DDC/BMS’e gönderdiği sinyaller uyarınca by-pass hattı üzerindeki oransal damper kontrollü olarak açılmakta ve üfleme kanalındaki basıncın sabit kalması sağlanmaktadır. Bu uygulama ilk yatırım maliyeti olarak ekonomik görünse de enerji tasarrufu açısından hiçbir kazanç sağlamamakta, uzun vadede çok daha pahalıya gelmektedir. Elektronikğin son derece geliştiği günümüzde bu uygulamanın 1 HP’den küçük elektrik motorlarının kullanıldığı küçük klima sistemlerinde kullanılması önerilir.

Diğer bir uygulama vantilatör ile aspiratör arasındaki debi farkının değişen değerlere bağlı kalmaksızın sabit kalması durumudur. Bu uygulama pozitif basınçlandırmanın yapıldığı ve/veya insan sayısına bağlı olarak belirli bir miktarda dış havanın gerektiği uygulamalar için geçerlidir. Bu uygulama ile ilgili bir debi münasebeti grafit olarak aşağıda verilmektedir.



Grafikte yeşil çizgiler ventilasyon, mavi çizgiler de aspirasyon debilerini göstermektedir. İki debi arasındaki fark sabit olup gerekli olan dış hava debisine eşittir. Böyle bir uygulamada üfleme kanalındaki havanın toplam basıncının ölçülmesine ilaveten vantilatör ve aspiratör debilerinin de ölçülüp DDC/BMS'e analog girdiler olarak iletilmesi gerekmektedir.



13 Numara ile gösterilen üfleme kanalı toplam basınç hissedici elemanı bu uygulamanın da vazgeçilmez temel elemanlarından biridir. Vantilatör debisi daha önce anlatıldığı gibi bu hissedicinin gönderdiği analog girdiler uyarınca DDC/BMS tarafından 12 numaralı frekans konvertörüne gönderilen sinyaller ile gerçekleştirilir. “V₁”, “V₂” hava hızını ölçen, pitot tüpü benzeri dinamik basınç transdüserleridir. “V₁”üfleme kanalındaki hava hızını, “V₂” ise dönüş havası kanalındaki hava hızını ölçer ve analog girdiler olarak DDC/BMS’e gönderir. Gelen sinyalleri yüklenmiş yazılım ile debiye dönüştüren DDC/BMS iki debi arasındaki farkı sabit tutacak tarzda 11 numaralı frekans konvertörüne analog çıktılar göndererek aspiratör debisini, devir ayar suretiyle regüle eder. Vantilatör frekans konvertörü ile aspiratör frekans konvertörü arasındaki ilişki daha önceki örneklerde gösterildiği gibi asil-köle uygulaması tarzında değildir. Vantilatör ve aspiratör frekans konvertörleri “11” ve “12” birbirinden bağımsız olarak DDC/BMS’e bağlıdır ve buradan gelen analog çıktılar “AO” ile kontrol edilir.

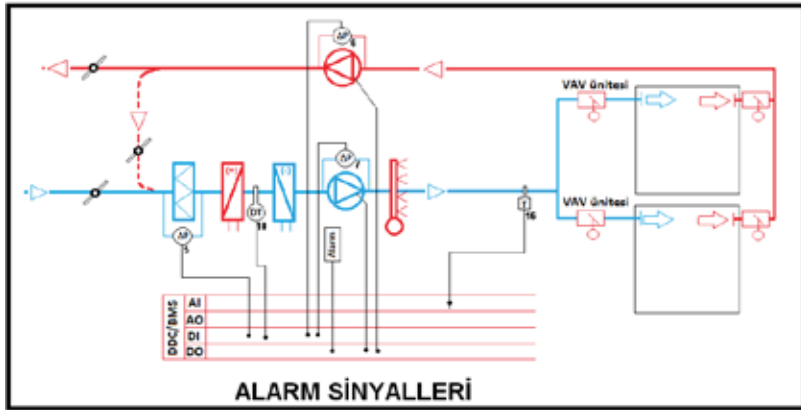
Diğer önemli bir husus ta dış hava kanalı üzerine yerleştirilen “V₃” kodu ile gösterilen hava hızını ölçen, pitot tüpü benzeri dinamik basınç transdüserleridir. “V₃”den gelen analog girdiler ile DDC/BMS dış hava debisini sabit tutmak için damper motorları “Da”lara kumanda eder. Damperlerin servomotorları da önceki misalde olduğu gibi iki konumlu olmayıp bu uygulama için oransal servomotorlarla değiştirilmiştir.

2.2.3.5. Arıza ve Durum Kontrolleri

Bir klima sisteminin sağlıklı çalışabilmesi onu meydana getiren elemanların sağlıklı çalışmasına bağlıdır. Bu nedenle tüm hareketli elemanlardan konum bilgilerinin DDC/BMS’e iletilmesi, izlenmesi, eğer verilen komut paralelinde bir işlem oluşmuyorsa bununla ilgili alarm sinyalinin verilmesi gerekir. Alarm sinyali alınması gereken yerler arasında aşağıdaki elemanlar gösterilebilir.

- VAV terminal ünitesi servomotorları(damper konumu”AI”)
- VAV terminal ünitesi ısıtıcı bataryası motorlu vanası (servomotor konumu”AI”)
- VAV terminal ünitesi elektrikli ısıtıcı bataryası emniyet termostatı(üst limit “DI”)
- Damper servomotorları konumları (iki konumu ise açık-kapalı sinyali, oransal ise konum sinyali “DI”)
- Vantilatör, aspiratör çalışma sinyali (DI)
- Hava filtresi durumu (temiz-kirli “DI”)

Yukarıda yer alan arıza-durum sinyalleri çoğaltılabilir. Ancak detaylı olarak incelenmesi konumuz dışıdır. Bu nednele yalnız vantilatör, aspiratör ve filtre ile ilgili olanlar akış diyagramında gösterilmektedir.



Filtre veya filtreler klima sisteminin en önemli parçalarından biridir. Vantilatör seçimi yapılırken maksimum filtre direnci dikkate alınır. Bu değer vantilatör tipini, devir sayısını ve elektrik motorunun büyüklüğünü etkiler. Filtrelerin

temiz iken bir başlangıç direnci vardır. Bu direnç kirlenme neticesi artmaya başlar. Eğer filtre direnci kirlenme neticesi seçilen değerin üstüne çıkarsa vantilatör istenen debiyi sağlayamaz. Bu nedenle filtre kirliliğinin, başka bir deyişle tıkanmasının kontrolü ve istenen değeri aşması durumunda gerekli uyarının verilmesi gerekir. Örneğimiz olan akış diyagramında bu işlem 5 numaralı diferansiyel basınç şalteri ile yerine getirilmektedir. İki konumlu bir basınç ölçer olan bu eleman fitlenin giriş ve çıkışı arasındaki basınç düşümünü ölçer ve ölçülen değer önceden belirlenen seviyeyi geçmesi durumunda DDC/BMS'e dijital bir girdi "DI" gönderir. Bu girdi sayesinde ses ve görüntülü bir sinyal verilir, aynı zamanda (eğer istenirse) monitörde "tıkanmış filtre" alarmı görüntülenir. Filtre temizlendikten veya değiştirildikten sonra sinyal kaldırılır ve sistem normal görevine döner.

Benzeri bir işlem de vantilatör ve aspiratör için yapılır. Aynı diferansiyel basınç şalterinin uçları vantilatör (ve aspiratör) giriş-çıkışlarına yerleştirilir. Vantilatörün çalışması debi ile birlikte bir basınç yükselmesi de sağlayacaktır. Bu yükselme giriş-çıkış arasındaki fark olarak belirlenir. Eğer fark sıfır ise vantilatör (veya aspiratör) çalışmıyor demektir. Bu tarzda bir dijital girdinin alınması durumunda alarm verilir, sistem durdurulur. Burada akla gelen bir husus şu olabilir: Acaba diferansiyel basınç şalteri yerine gerekli sinyal vantilatör ile aspiratörün yol verme tertibatından, örneğin frekans konvertöründen alınmaz mı? Evet alınabilir ancak vantilatör/aspiratör kayış-kasnak mekanizmasıyla tahrik ediliyorsa kayış kopması durumunda frekans konvertörü hala çalışma sinyali verecektir. Bu nedenle frekans konvertöründen sinyal alınsa bile diferansiyel basınç şalteri uygulaması gereklidir.

Diğer bir alarm sinyali de üfleme kanalındaki sıcaklık algılayıcıdan alınabilir. Bu uygulama için kanal tipi sıcaklık algılayıcının yanına bir de iki konumlu kanal tipi termostat koymaya gerek yoktur. 16 numaralı termostattan gelen analog girdiler bu işlem için yeterlidir.

Çok önemli bir alarm sinyali de 10 numaralı don termostadından alınır. Bununla ilgili detaylı bilgi 78'inci sayfadaki 2.2.3.3. sayılı konuda verilmiştir.

BÖLÜM-3

Vantilatörlerde Debi Reglajı

3.1. Vantilatör ve Sistem Karakteristik Eğrileri

Klima santrallerinde kullanılan vantilatörleri üç ana grupta toplamak mümkündür. Radyal ve aksiyal vantilatörler iki ana grubu oluştururlar. Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan “plug fan”lar esas itibariyle salyangozu olmayan tek emişli radyal bir fan olmakla birlikte üçüncü bir grup olarak düşünülebilir.

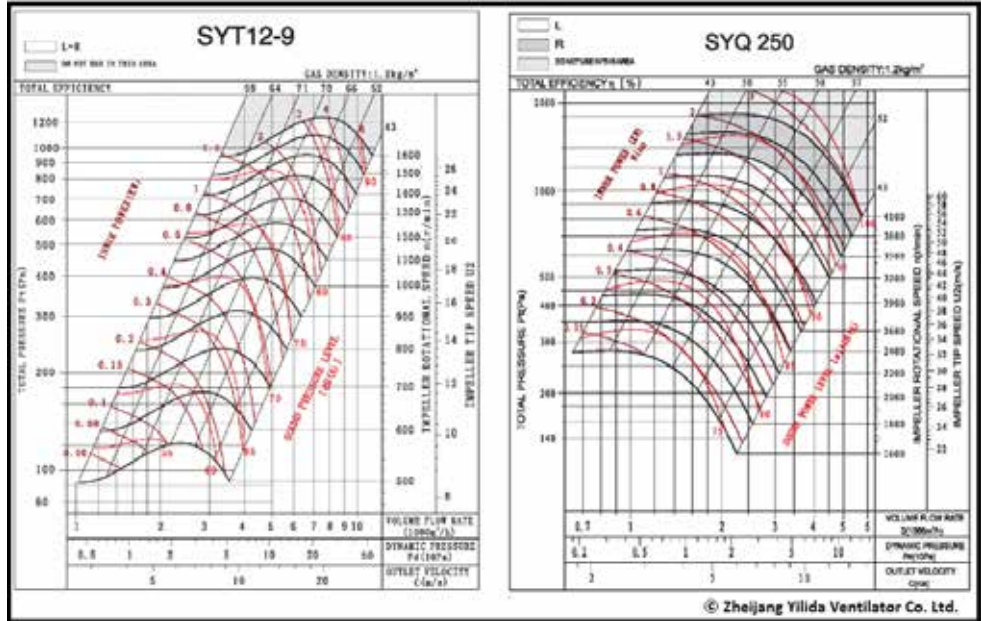
Radyal fanlar da ikiye ayrılırlar.

- Öne eğik kanatlı vantilatörler
- Geriye eğik kanatlı vantilatörler

Öne eğik kanatlı vantilatörler, isminden de anlaşılacağı gibi öne eğik çok kanatlı bir çark yapısına sahiptir. İlk tasarımcısına izafeten “Sirocco” tipi fan olarak ta adlandırılırlar.



3.1.1. Vantilatör Performans Eğrileri



Öne eğik kanatlı vantilatörler oldukça yatık bir karakteristik eğriye sahiptir. Toplam basınç iki noktada zirve yapar. Serbest üfleme arttıkça vantilatörün çektiği güç te artar. Bu özellik

elektrik motoru seçiminde muhakkak dikkate alınmalıdır. Genelde alçak ve orta basınç sınıflarında kullanılırlar. Geriye eğik kanatlı fanlara oranla daha alçak dönme hızında çalışırlar ve daha düşük ses seviyelerine sahiptirler.

Geriye eğik kanatlı fanlar geriye eğimli az sayıda kanattan oluşan bir çarka sahiptir. Orta ve yüksek basınç uygulamalarında kullanılırlar. Öne eğik kanatlılara nazaran daha yüksek verime sahiptirler. Daha yüksek dönme hızlarında çalışırlar.

“Plug fan”lar yapı ve karakteristikleri itibariyle geriye eğik kanatlı fanlara benzerler.

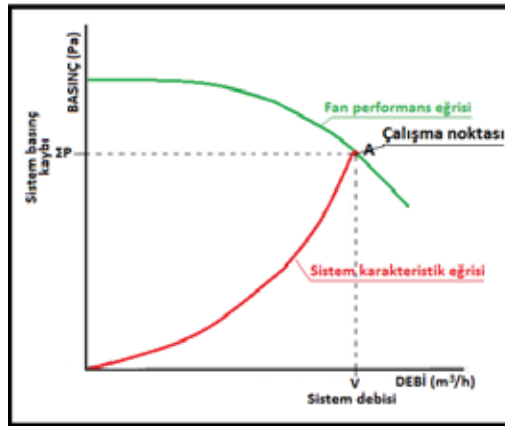
3.1.2. Sistem Basınç Kaybı Eğrileri

3.1.2.1. Çalışma Noktası

Bir klima sisteminin debisinin nasıl hesaplandığı 3.2. sayılı “Sabit Debili Sistemler” isimli konuda anlatılmıştı. Bu debinin tüm mahallere iletilmesi için belirli bir basınca ihtiyaç vardır. Bu basınç hava hızının oluşturduğu dinamik basınç ile statik basıncın toplamından oluşur. Statik basınç kanallardaki sürtünme kayıpları ile özel kayıplardan meydana gelir.

$$\Sigma P = \Sigma P_{stat} + \Sigma P_{dyn}$$
$$\Sigma P_{stat} = \Sigma (L \cdot R) + \Sigma \left(C \cdot \frac{V^2}{2 \cdot \gamma} \right)$$

Özel kayıplar kanal üzerindeki, dirsek, klape vb. elemanlarla menfez, difüzör, VAV terminal kutusu gibi elemanlar ve klima santralından kaynaklanan dirençlerin toplamıdır. Bu kayıpların tümüne sistem basınç kaybı denir.



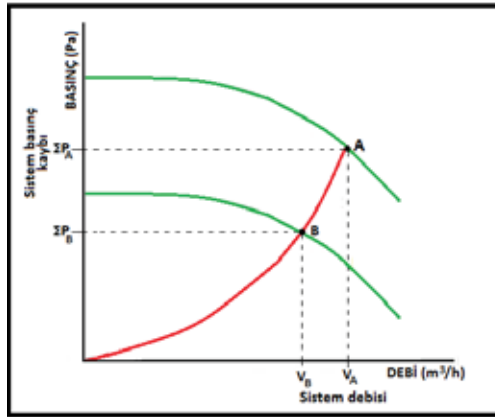
Sistem basınç kaybının debi ile, dolayısıyla hava hızıyla matematiksel bir ilişkisi vardır. Basınç kaybı debinin karesi ile orantılıdır.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2$$

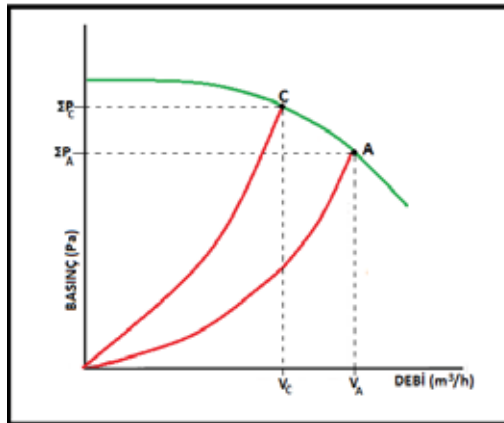
münasebet ikinci derece bir eğridir. Yukarıdaki grafikte kırmızı hat olarak gösterilmiştir. Kırmızı sistem karakteristik eğrisinin vantilatör karakteristik eğrisi ile kesiştiği nokta da çalışma noktasını oluşturur.

3.1.2.2. Çalışma Noktasının Değişmesi

Sistemde basınç kaybına neden olan, yani direnç yaratan elemanların karakteristiklerinde bir değişiklik olmadığı taktirde çalışma noktası sistem karakteristik eğrisi üzerinde değişecektir. Buna örnek olarak fan devrinin değiştirilmesini gösterebiliriz. Hava debisi fanın dönme hızıyla orantılı olarak değişecek, basınç kaybı ise değişen hava debisi oranının karesi ile orantılı olarak değişecektir. Dolayısıyla basınç değişikliği vantilatör devir değişikliğinin karesi ile orantılıdır.

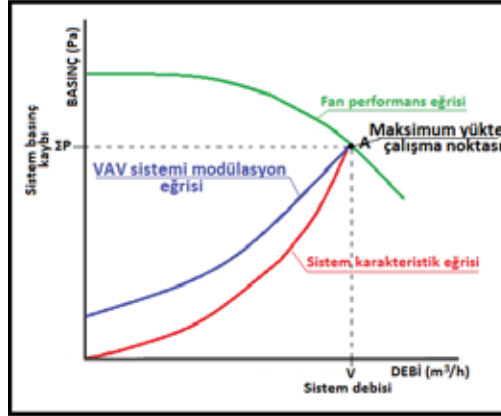


Bir de fanın devrini değiştirmeden sistem direncinin değiştiği durumu inceleyelim. Sistem üzerinde, örneğin vantilatör çıkışında bir damper olduğunu veya hijyenik uygulamalarda olduğu gibi bir hassas filtre (F7 ila F9) olduğunu farzedelim. Bu durumda "A" noktamız vantilatör performans eğrisi üzerinde sola doğru, "C" noktasına hareket edecektir. Aynı zamanda da sistem karakteristik eğrisi değişecektir. Çünkü sistemi oluşturan elemanların yarattığı dirençte değişiklik meydana gelmiştir.



3.1.2.3. Vantilatör ve Sistem Modülasyon Eğrileri

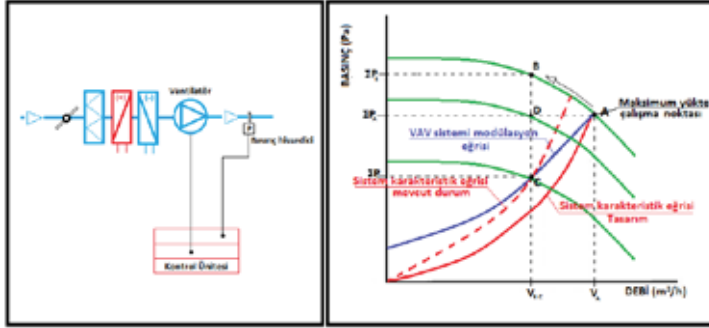
Değişken hava debili klima sistemlerinde tasarım hava debisi maksimum yüke göre belirlendiği için VAV terminal ünitesi içindeki debi regraj damperi tam açık olarak kabul edilir. Bu nedenle, damper kanadının 0° konumu için imalatçı firma kataloğunda herhangi bir direnç belirtilmemişse VAV terminal ünitesi reglaj damperinin sisteme verdiği direnç sıfır olarak kabul edilir (VAV terminal ünitesi bünyesinde plenum kutu, susturucu, ısıtıcı batarya gibi elemanlar bulunuyorsa bu elemanların yarattığı direnç mutlaka hesaba dahil edilmelidir). Ancak kısmi yüklerde hava debisi değişecek, bu paralelde de reglaj damperinin konumu değişecektir. Önceki sayfalarda debi değişikliğinin, eğer sistemi meydana getiren elemanların karakteristiklerinde bir değişiklik olmazsa sistem karakteristik eğrisi üzerinde meydana geleceğini belirtmiştik. Reglaj damperinin konumunun 0° 'den 90° 'ye doğru hareketi reglaj damperi karakteristiğinde bir değişiklik yapacak, bir direnç artımı meydana gelecektir. Başka bir deyişle, hava debisinin azalmasının karesiyle orantılı olarak sistem basınç kaybı da azalacaktır. Ancak bu azalmaya reglaj damperinin konumu nedeniyle basınç kaybı artışı eklenecektir.



Dolayısıyla değişken hava debili bir klima sisteminde VAV terminal ünitesinin kısmi yükler nedeniyle hava debisini azaltması neticesi klima santralindeki vantilatörden gerçekleştirilmesi istenecek eğri "Sistem Karakteristik Eğrisi" olmayıp "VAV Sistemi Modülasyon Eğrisi" olacaktır. Bu hususun gerçekleştirilmesi de bir kapalı devre kumanda sistemi ile gerçekleştirilecektir.

Mahallerdeki maksimum yükün azalması neticesi VAV terminal üniteleri projede öngörülen maksimum hava debisine ihtiyaç duymayacakları için regraj damperini kısarak suretiyle mahalle üflenen hava debisini azaltacaklardır. Reglaj damperinin kısık duruma geçerek debi reglajı yapması neticesi sistemdeki basınç kaybı artacaktır. Bu durumda vantilatörün devir hızı henüz değişmediği için maksimum yükte çalışma noktası olarak gösterilen "A" noktası fan performans eğrisi üzerinde sola kayarak "B" noktasına gelecektir. "B" noktasına gelinmesi neticesi "Sistem Karakteristik Eğrisi-Tasarım" değişikliğe uğrayarak "Sistem Karakteristik Eğrisi-Mevcut Durum"u oluşturacaktır. Ancak bizim istediğimiz "B" noktasında çalışma değildir. Her ne kadar bu nokta bizim için gerekli debiyi sağlıyorsa da sistemde gereğinden

fazla bir basınç oluşmuş bulunmaktadır. Bizim arzumuz “VAV Sistemi Modülasyon Eğrisi” üzerindeki “C” konumunu elde etmektir. Bu durum da ancak fan devrinin modülasyonu ile mümkündür. Ancak kontrol ünitesinin bu işleme uygun programlanabilir bir ünite olması gereklidir.



Bu dengeyi sağlamak için yukarıdaki çizimin sol tarafında bulunan basitleştirilmiş akış kontrol şemasındaki kontrol çevrimine ihtiyaç duyulmaktadır. Üfleme kanalı üzerinde, uygun bir noktaya yerleştirilmiş olan basınç hissedici eleman algıladığı basıncı kontrol ünitesine iletir. Bu uygulama neticesi olarak kontrol ünitesi vantilatörün devrini azaltır. Kontrol ünitesi önceden programlanmış ve “VAV sistemi modülasyon eğrisi” ile ilgili girdiler yüklenmiş ise “C” noktasındaki çalışmayı temin etmek üzere vantilatörün devrini düşürecektir. Ancak böyle bir yazılımın yüklenmesine uygun değilse yalnızca bir sabit basınç regülatörü olarak “ ΣP_A ”nın sabit kalmasını sağlamak üzere vantilatörün “D” noktasında, daha yüksek bir devirde çalışmasını sağlayacaktır. Her iki durumda da “B” konumunda çalışmaya oranla bir enerji tasarrufu söz konusudur. Ancak kısmi yükte “C” konumunda çalışmak “D” konumunda çalışmaya oranla daha ekonomik bir yaklaşım oluşturmaktadır. İki durum arasındaki fark özellikle öne eğik kanatlı radyal vantilatörlerde çok daha belirgindir.

3.2. Vantilatörlerde Debi Reglaj Sistemleri

Vantilatörlerde debi kontrolü dört değişik tarzda yapılmaktadır. Bu sistemlerden “Değişebilir Kanat Açılırları” uygulaması yalnız aksiyal vantilatörlerde uygulanmaktadır. Diğer üç sistem ise hem radyal hem de aksiyal vantilatörlerde uygulama alanı bulmaktadır. Bu sistemler şunlardır.

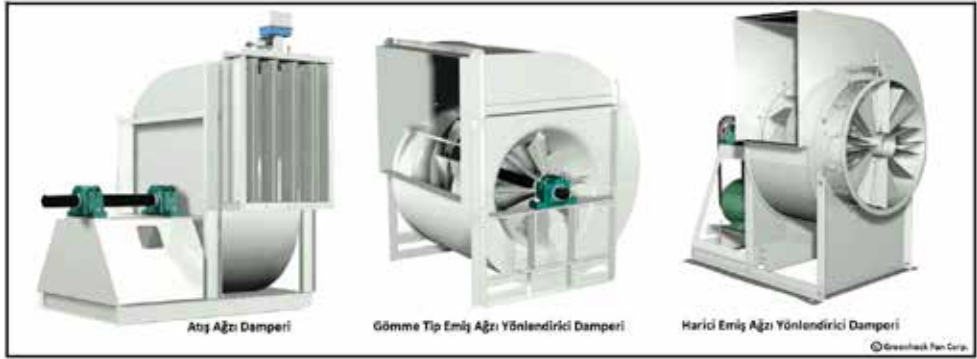
3.2.1. Atış Ağız Damperleri

Vantilatörlerin atış ağızına damper konulması en eski debi reglaj uygulamasıdır. Bu uygulamanın temel prensibi vantilatörün dönüş hızını değiştirmeksizin atış ağızında yeterli direnci yaratarak debinin istenen seviyeye düşürülmesidir. Bu uygulamada kanala monte edilmiş basınç hissedici elemandan gelen sinyaller paralelinde kontrol ünitesi (bkz. resim sayfa-89) atış ağızı damperi oransal servomotoruna kumanda sinyali göndererek açma-kapama veya kısmi kapama işlemlerini gerçekleştirecektir. Atış ağızı damperindeki basınç düşümü “ $\Sigma P_B - \Sigma P_C$ ” kadar olacaktır (bkz. resim). VAV terminal ünitesi girişindeki basınç kısmen

azalacağı için ünite daha rahat ve sessiz çalışma olanağı bulacaktır. Debi azalması neticesi vantilatör motor gücünde bir enerji tasarrufu gerçekleşecektir. Bu tasarruf öne eğik kanatlı radyal vantilatörlerde oldukça belirgindir. Geriye eğik kanatlılarda ise orantılı olarak daha az bir enerji tasarrufu gerçekleşecektir. Diğer metodların daha yüksek verimliliğe sahip olmaları nedeniyle atış ağız damperi uygulaması günümüzde çok nadiren yapılmaktadır.

3.2.2. Emiş Ağız Yönlendirici Kanatlar

Emiş ağız yönlendirici kanatlar veya yaygın tanımıyla IGV (IGV= Inlet Guide Vanes) diğer bir vantilatör debi reglaj sistemidir. Bu sistem de atış ağız damperi gibi kısma hareketi neticesi belirli bir basınç kaybı yaratarak 89'uncu sayfadaki şekilde gösterilen "ΣP_B-ΣP_C" basınç kaybını gerçekleştirmek suretiyle VAV terminal ünitesindeki girişi "C" noktasına indirmektedir. Atış ağız damper uygulamasından tek farkı vantilatörün emiş tarafında olmasıdır. Atış ağız damperi ile benzer uygulama karakteristiklerine sahiptirler (bkz. Konu No. 3.2.5.). Aşağıdaki resimde her iki damper tipi de görülmektedir.



3.2.3. Değişebilir Kanat Açlıları

Değişebilir kanat açlıları yalnız aksiyal fanlarda kullanılabilen bir debi reglaj uygulamasıdır. Bu uygulamada aksiyal fanın kanatları bağımsız miller üzerine yerleştirilmiştir ve göbekten yataklanmıştır. Millerin ucuna bağlanmış olan mekanizma sayesinde kanat açlıları, kanatçıkları birbirlerine paralel bir tarzda mil eksenini etrafında döndürmek suretiyle değiştirilerek vantilatör karakteristiklerinin değişmesi sağlanmaktadır. Bu mekanizma sayesinde vantilatörün devrini değiştirmeksizin, veya herhangi bir direnç yaratacak ayarlanabilir bir mekanizma, örneğin damper kullanmaksızın debi reglajı sağlanmaktadır. Ancak göbek mekanizmasının karışıklığı ve maliyetinin yüksekliği dolayısıyla çok büyük fanlarda, debisi 100.000 m³/h gibi olanlarda kullanılmakta, küçük aksiyal fanlarda devir sayısının reglajı tercih edilmektedir.

3.2.4. Frekans Konvertörlü Uygulamalar

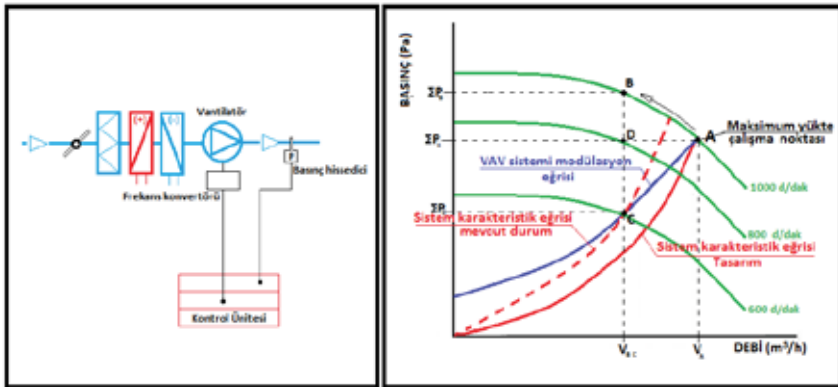
Frekans konvertörü ile vantilatör debi reglajı günümüzde en çok kullanılan, kullanımı her geçen gün yaygınlaşan bir uygulamadır. Frekans konvertörleri, diğer tanımıyla invertörler alternatif akımın frekansını değiştiren elektronik veya elektro-mekanik bir cihazdır. Bunun bir türevi olan "Değişken Frekansla Tahrik" (VFD = Variable Frequency Drive) üniteleri elektro-

mekanik sistemlerde alternatif akımla çalışan elektrik motorlarının devrini, frekans ve voltaj girdisini değiştirmek suretiyle değiştirir. Bu uygulama klima teknolojisinde yalnız vantilatör ve aspiratörlerde değil, sirkülasyon pompalarında, soğutmada kullanılan vidalı, “scroll” ve yarı hermetik kompresörlerde de kapasite kontrolü için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle değişken debili klima sistemi uygulayıcıların karşısına değişik tarzlarda çıkmaktadır.



Yukarıdaki resimde Mitsubishi firması tarafından üretilen değişik boyutlardaki frekans konvertörleri görülmektedir. Frekans konvertörleri manuel olarak kontrol edilebildiği gibi dışarıdan gönderilen sinyaller ile de kontrol edilebilir. Günümüzün elektronik frekans konvertörleri BacNet, MetasysN2, Siemens FLN, LonWorks gibi sistem protokolleriyle haberleşebildiği gibi 0-5VDC, 0-10VDC, 0-20mA gibi analog girdilerle motor frekanslarını 0-60 Hz arasında ayarlayabilmektedir.

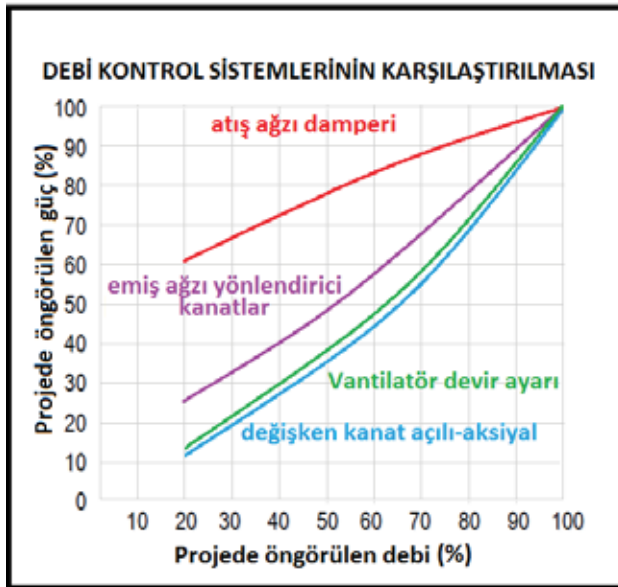
Frekans konvertörlü uygulamalarda kontrol ünitesinin yapısı, yüklenmiş olan yazılım çok önemlidir. Eğer VAV modülasyon eğrisi ile doneler kontrol ünitesine yüklenmemişse, veya ünite buna müsait değil de yalnızca basınç hissediciden aldığı sinyalleri analog çıktı tarzında frekans konvertörüne iletebiliyorsa bu durumda VAV terminal ünitesi tarafından “A” konumundan “B” konumuna getirilmiş olan hava debisi gereksinimi neticesi statik basınç “ ΣP_A ” sabit tutulacak, vantilatör bunun neticesi 1000 d/dak yerine 800 d/dak’ta çalışacaktır.



Bunun neticesi olarak ta 800 d/dak vantilatör karakteristik eğrisi üzerinde yer alan “D” konumu gerçekleştirilmiş olacaktır (Diyagramdaki vantilatör dönüş hızı değerleri örnek olarak verilmiştir.) Halbuki optimum çalışma durumu sistem VAV sistemi modülasyon eğrisi ile “V_{B,C}” dikmesinin kesiştiği “C” konumudur. Ancak bu durumun gerçekleşebilmesi için VAV sistemi modülasyon eğrisi (debi-basınç münasebetleri) ile ilgili donelerin kontrol ünitesi görevini yapan DDC/BMS kontrol paneline yüklenmiş olması gerekir.

Diğer bir uygulama tarzı da üfleme kanalı üzerinde basınç ölçümü yerine vantilatör üfleme ağzına yakın bir yerde hava debisinin ölçülmesidir. Bu durumda da DDC/BMS paneline VAV sistemi modülasyon eğrisi esas alınarak hazırlanmış debi-basınç donelerinin veya formülün yüklenmiş olması gereklidir.

3.2.5. Debi Reglaj Sistemlerinin Karşılaştırılması



Yukarıdaki mukayese tablosu geriye eğik kanatlı radyal fanlar (çift emişli veya “plug-fan”lar) ile kanat açıları ayarlanabilir aksiyal fanlar esas alınarak hazırlanmıştır. Grafik değerleri yalnızca fikir vermek amaçlı olup laboratuvar çıktıları değildir. Mukayese edilen sistemler arasında enerji tasarrufu açısından verimi en düşük olan atış ağızı damperi uygulamasıdır. Bu uygulamada fanın debisi azalmakla birlikte basıncı artmaktadır. Bunun neticesi olarak az ama belirgin enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu tasarruf öne eğik kanatlı radyal fanlarda daha fazla, geriye eğik kanatlı radyal fanlarda ve plug-fanlarda daha azdır.

Diğer uygulama olan emiş ağızı yönlendirici kanatlar atış ağızı damper uygulamasına kıyasla daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır. Radyal fanlarda fan devrinin değiştirilmesi en büyük enerji tasarrufunu sağlamaktadır. Günümüzde bu işlem frekans konvertörleri (invertörler) ile gerçekleştirilmektedir. Debinin %100'den %20'ye azaltılmasında devir

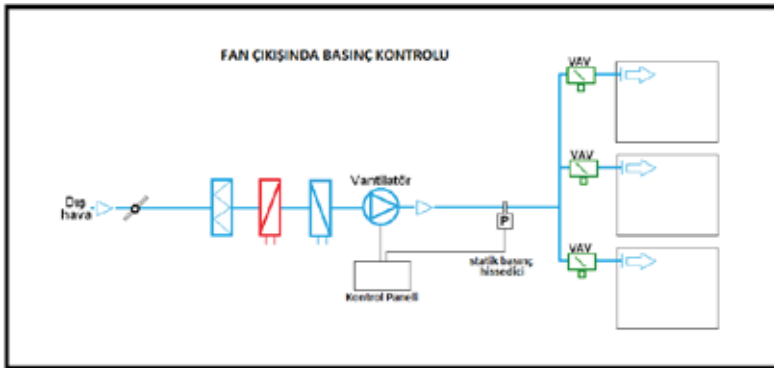
sayısının ayarlanması kadar değişken kanat açılı uygulamalar da yaklaşık aynı oranda, %80'in üzerinde tasarruf sağlamaktadır.

3.3. Sistem Statik Basıncının Kontrolü

Bahsettiğimiz dört kontrol sisteminin tamamı fan kapasite kontrolünü yapabilmek için statik basınç sinyaline ihtiyaç duyarlar. Kontrol ünitesi ölçülen değer ile olması gereken değerleri karşılaştırır, buna göre gerekli kontrol önlemlerini alır. Bu sistemleri aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

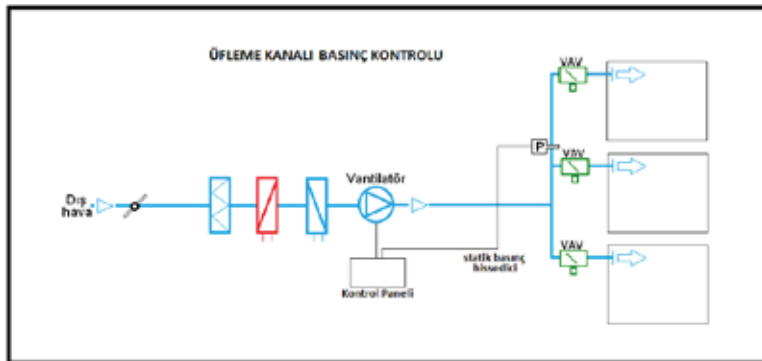
3.3.1. Fan Çıkışında Basınç Kontrolü

Fan çıkışına yerleştirilen bir adet statik basınç hissedici elemanla yapılan ölçümlerdeki temel amaç üfleme kanalındaki havanın basıncını sabit tutmaktır. Hissedici elemandan alınan sinyaller paralelinde kontrol paneli vantilatör üzerindeki kontrol elemanlarına kumanda ederek üfleme kanalı girişindeki basıncı sabit tutmaya çalışır. Bu uygulama en temel basınçla bağlı vantilatör debi kontrol sistemidir.



3.3.2. Üfleme Kanalında Basınç Kontrolü

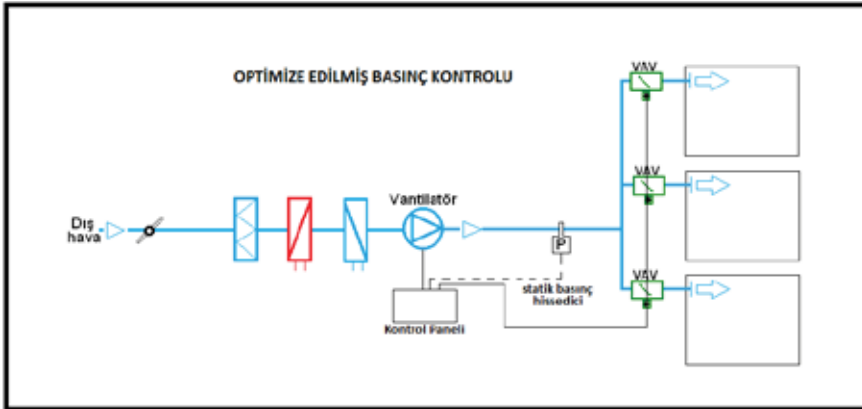
Fan çıkışındaki dalgalanmalar ölçme hassasiyetini etkileyeceği için basınç hissedici elemanın üfleme kanalı üzerinde, kritik VAV terminal ünitesine daha yakın bir yere konulması önerilmektedir. Bu uygulama ile en uzak mesafedeki ünitenin de güvence altına alınacağı varsayımı vardır.



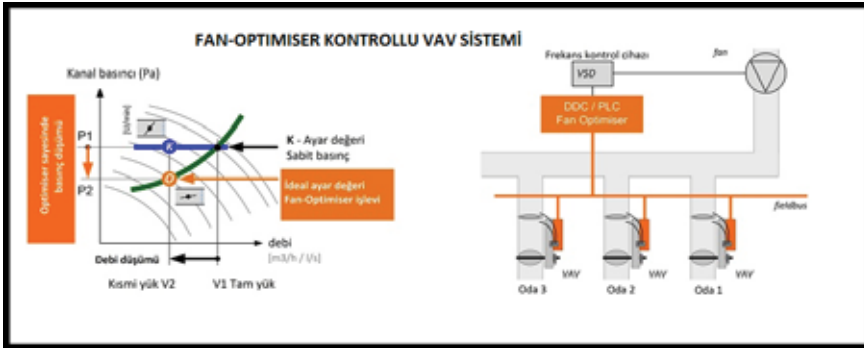
Fan çıkışında basınç kontrolü ile üfleme kanalı üzerinde basınç kontrolü arasında çok büyük bir fark yoktur. Çünkü her iki metod da üfleme kanalındaki statik basıncın sabitlenmesini öngörmektedir. Halbuki, daha önceki bahislerde de anlatıldığı gibi sistemin azalan debi nedeniyle o kadar basınca ihtiyacı yoktur.

3.3.3. Optimize Edilmiş Basınç Kontrolü

Bu nedenle optimize edilmiş statik basınç kontrolü metodu geliştirilmiştir. Diğer bir adı da “Optimize VAV Sistemleri” olan bu metodda vantilatör çıkışına yine bir basınç hissedici eleman yerleştirilmekte ve bu konumdaki statik basınç ölçülmektedir. Buna ilaveten tüm VAV terminal ünitelerinin damper konumları da bina otomasyon sistemine tek kablolu haberleşme ağı üzerinden (MP-Bus, LONWORKS, Modbus vb.) iletilmektedir. Damperlerin konumlarına bağlı olarak, istenen statik basınç temin edilmiş olsa dahi vantilatörün devri düşürülmekte ve sistemin daha düşük bir statik basınçta çalışması sağlanmaktadır. Bunun neticesi olarak VAV terminal ünitelerinin damperleri kısmen daha açık bir konuma gelmekte, sistem de daha düşük bir toplam basınçla çalışmaktadır. Bu uygulama daha önce bahsettiğimiz “VAV Modülasyon Eğrisi”nin gerçekleştirilmesidir ve radyal fanlarda en optimum enerji tasarrufunu sağlamaktadır.



Bu konuda bir gelişme de VAV terminal ünitelerinin servomotorlarını üreten BELİMO firmasından gerçekleştirilmiştir. “Fan Optimiser” sistemi olarak adlandırılan bu uygulamada statik basınç hissedici kaldırılmıştır. Aşağıda şematik olarak gösterilen bu sistemde damper



konumları kontrol paneline haberleşme ağı “fieldbus” tarafından iletilir. Gelen bilgiler “Fan Optimiser” tarafından değerlendirilir ve damperlerin çoğu optimum çalışma aralığında olana kadar fanlar optimum ayar noktası olan “O” konumuna kadar getirilir. Neticede VAV sistemi daha düşük devirde, daha düşük basınçta çalıştırılarak enerji tüketimi ve ses seviyesi ciddi ölçüde azaltılmış olur.

3.3.4. Kısmi Yükteki Uygulamaların Karşılaştırılması

Kısmi yükteki uygulamaların karşılaştırılmasında ABD’li TRANE firması %75 kısmi yükte çalışmayla ilgili yaptığı bir etüdün neticesinde vantilatör çıkışında yapılan basınç kontrolü ile enerjide %40, optimize edilmiş basınç kontrolü ile %57 enerji tasarrufu yapıldığını tespit etmiş bulunmaktadır. İkinci olarak incelediğimiz BELİMO firması ise aşağıdaki tabloyu sunmaktadır.

Kontrol Yöntemi	Fan	Kanal Basıncı @ son VAV	VAV kutusu damper konumu	İnvertör hız	Fan		
					akım	tüketim	
- Sabit basınç kontrolü	Besleme fanı	295 Pa	% 31...39	30,6 Hz	9,30 A	2,60 kWh	
	Dönüş fanı	250 Pa	% 21...43	28,7 Hz	9,21 A	2,47 kWh	
						Fan Σ	5,07 kWh
- Fan-Optimiser sistemi	Besleme fanı	45 Pa	% 50...90	20,6 Hz	6,70 A	1,07 kWh	
	Dönüş fanı	20 Pa	% 47...90	18,6 Hz	5,87 A	0,77 kWh	
						Fan Σ	1,84 kWh
Gerçek çalışma koşullarında tasarruf (!)						-3,23 kWh	-64%

Bu ölçüm seçilen bir günde bir ofis kompleksinde gerçekleştirilmiştir ve sadece söz konusu olan zaman ve şartlarda %64 enerji tasarrufu yapıldığı tespit edilmiştir. Sisteme ve kısmi yük şartlarına, örneğin dahili yükler, hava şartları, kullanım tarzı gibi girdilere bağlı olacağı bir yıllık bir çalışma süresinde enerji tasarrufunun %20 ile %50 olacağını belirtmektedir. Bu sayede de EN 15232 A-sınıfı uyumlu bir çözüme yaklaşılmış hatta gerçekleştirilmiş olacaktır.

BÖLÜM-4

Sistem Yapılanışları

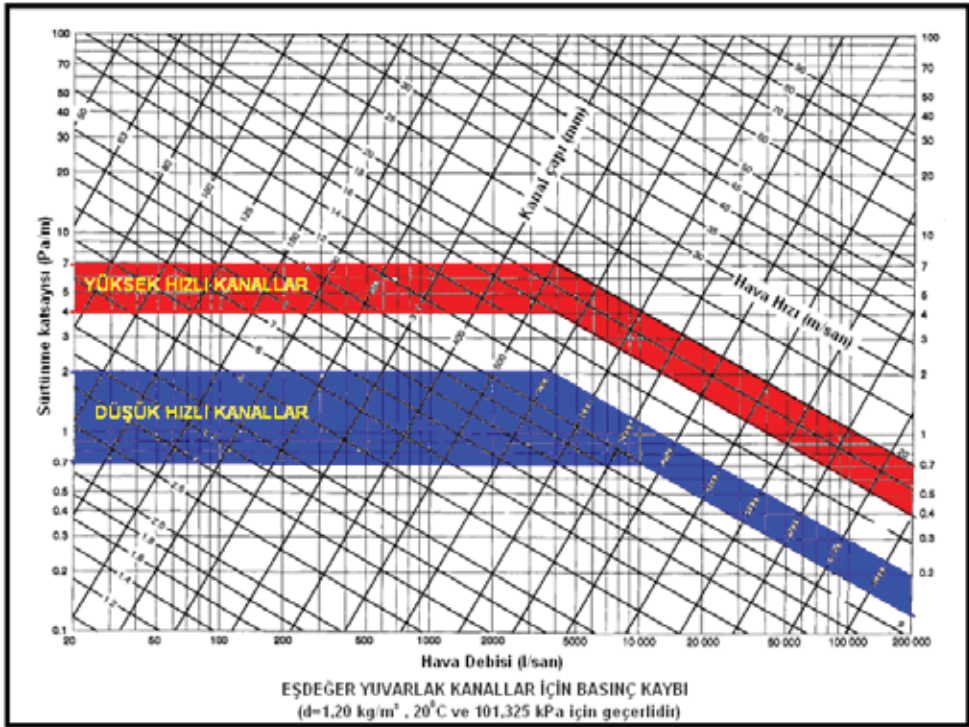
4.1. Değişken Debili Sistemlerde Hava Kanalları ve Terminal Üniteleri

4.1.1. Kanal Tasarımı

Kanal tasarımında proje mühendislerince en çok aşağıdaki iki metod kullanılmaktadır.

- Eşit sürtünme katsayısı metodu
- Statik basınç geri kazanım metodu

Bu metodlar özet olarak aşağıda incelenecektir. Ancak tasarımda kullanılan metod ne olursa olsun, değişken hava debili klima sistemleri kanal tasarımında hesaplar yüksek hız ve yüksek basınçlı kanallar esas alınarak yapılmalıdır. Fabrikasyon üretim yuvarlak ve/veya yassılaştırılmış yuvarlak (flat-oval) hava kanalları ve eklem parçaları (fittings) tercih edilmeli ve kullanılmalıdır. Dikdörtgen kesitli kanal kullanılacaksa sac kalınlığında yüksek basınç dikkate alınmalı, kanal konstrüksiyonu %100 sızdırmaz (hermetik) olmalıdır. Kanal üzerindeki ufak bir delik veya birleşme aralığının bile büyük gürültülere neden olacağı unutulmamalıdır.

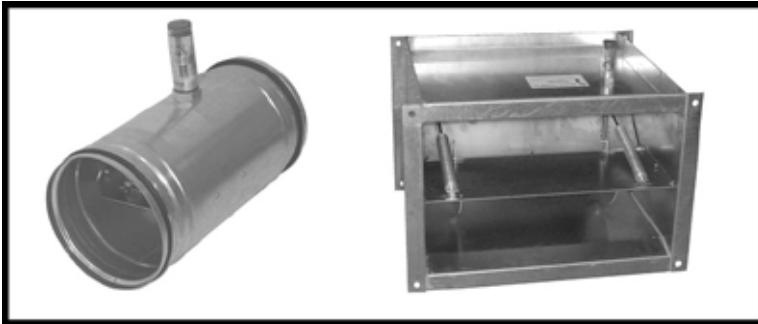


1.Bölüm’de vermiş olduğumuz kanal basınç kaybı diyagramını bu bölümde tekrar veriyoruz. Ventilator çıkışından VAV terminal ünitesi girişine kadar olan kısım yüksek hız, yüksek basınç kanalı olarak tasarlanmalıdır. VAV terminal ünitesinden sonraki kısım, örneğin üfleme menfez ve difüzörlerine kadar olan kısım ise klasik düşük hızlı hava kanalları tarzında projelendirilebilir. Dönüş ve egzost havası kanalları ise düşük hızlı olarak projelendirilebilirler.

4.1.1.1. Genel Hız ve Basınç Münasebetleri

Değişken hava debili klima sistemlerinde üfleme kanalları için tavsiye edilen projelendirme aralığı 4 Pa/m ila 7 Pa/m'dir. Ancak maksimum hava hızının 20 m/san.'yi geçmemesi de öneriler arasındadır. Buna göre toplam hava debisi 4.000 lt/san. (14.400 m³/saat) üzerindeki sistemlerin ventilasyon kanalı hava hızları 16 m/san ila 20 m/san arasında alınabilir. 4.000 lt/saniye'nin altındaki debilerde ise 4-7 Pa/m sabit sürtünme katsayısı kullanılmalıdır.

- VAV terminal ünitelerine bağlanan branşmanlarda VAV ünitesinin giriş ölçüleri tercih edilmeli, redüksiyonlardan kaçınılmalıdır. Bu durumda terminal ünitelerinin maksimum ve minimum çalışma hava hızı değerlerine bağlı kalınmış olunacaktır. Örneğin birçok üretici firma VAV ünitelerinin üst çalışma limiti olarak 12 m/san, alt çalışma limiti olarak ta 2 m/san hava hızını vermektedir. Proje olarak ünite seçimi için 10 m/san maksimum hız, 2 m/san minimum hızı tekabül eden debilerde bir VAV ünitesinin seçildiğini varsayalım. Bu ünitenin de giriş çapının $\phi 200$ mm olduğunu kabul edelim. Branşman kanalı tasarımında bu çapa sadık kalınırsa önerilen çalışma limitleri içinde kalınmış, türbülans ve ölçüm hatalarından arınmış bir sistem çalışması gerçekleşecektir.
- VAV terminal üniteleri branşman ayrımlarından, reglaj veya kapatma damperlerinden minimum dört çap uzaklıkta olmalıdır.
- Branşmanlar üzerine debi-basınç reglajı için "iris" damper veya benzeri debi regraj üniteleri konulmalıdır.
- VAV terminal ünitesinin damperinin mili muhakkak yatay (yere paralel) konumda olmalıdır. VAV servomotoru montaj esnasında ünitenin altında veya üstünde kalmamalıdır.
- Üfleme kanalı üzerindeki VAV üniteleri izoleli olmalıdır. Fabrikasyon izoleli olanlar tercih edilmeli, izolasyonun şantiyede yapılması cihetine gidilmemelidir.
- Her mahal müstakil bir zon olarak kabul ediliyorsa muhakkak ayrı bir VAV terminal ünitesine sahip olmalıdır. Aspirasyon kanalı üzerine de VAV terminal ünitesi konmalıdır.
- Bir branşman üzerine birden fazla VAV terminal ünitesi seri olarak bağlanmamalıdır. Başka bir ifade ile ventilatör ile klimatize mahal arasında yalnız bir adet VAV terminal ünite olmalıdır.
- Bir branşman ve/veya ana kanal üzerinde sabit ve değişken hava debili uygulamalar olabilir. Değişken debili hacimler için nasıl VAV terminal ünitesi uygulanıyorsa sabit debili hacimler için de CAV terminal üniteleri kullanılmalıdır. Aksi taktirde sabit hava debisi uygulanan hacimlerde debiyi sabit tutmak mümkün olmaz. Sabit debili hacimler tek bir branşman üzerinde birleştirilip tek bir CAV ünitesi kullanılabilir.
- Kullanılan CAV üniteleri sabit debiye ayarlanmış VAV terminal üniteleri olabileceği gibi mekanik CAV üniteleri de olabilir (bkz resim) .



4.1.1.2. Eşit Sürtünme Katsayısı

Proje mühendisleri tarafından en çok kullanılan kanal hesap ve boyutlandırma metodudur. Bu metotta kanalın beher metre uzunluğu için bir basınç kayıp katsayısı, örneğin 5 Pa/m seçilir. Bu değer tüm ana kanallar ve branşmanlar için uygulanır. Ancak debinin 4,000 lt/saniyeyi geçmesi halinde sabit sürtünme katsayısı terk edilip sabit hız uygulamasına geçilir. Bu hususu bir de şu şekilde izah edebiliriz. 6,000 lt/san debili bir sistemin ana üfleme kanalı 14 m/san ila 20 m/san arası sabit bir değerde ve sabit hızda, debi 4,000 lt/saniyeye düşüncüye kadar tasarlanır. 4,000 lt/san'den sonra ise sabit hız uygulaması terk edilip sabit basınç kaybı uygulamasına geçilir.

Bu metoden en pratik yönü manuel olarak kolayca yapılabilmesidir.

4.1.1.3. Statik Basınç Geri Kazanımı

Statik basınç geri kazanımı ile hava kanallarının hesaplanması ve ölçülendirilmesi kanal içindeki hava hızının düşmesi neticesi düşen hızın, başka bir deyişle azalan dinamik basıncın statik basınca dönüşmesi temel prensibine dayanır. Örneğin bir branşmanda, debi bölünmesi neticesi ana kanalda hava hızı düşecektir. Hava hızının ne kadar düşeceğini proje mühendisi belirler. Düşen hava hızı neticesinde de belirli miktarda statik basınç geri kazanılır. Branşmandaki konik veya prizmatik daralma (eğer öngörülmüşse) belirli bir miktarda basınç kaybına neden olur. Buna özel eleman basınç kaybı denir. Ancak hava debisi azaldığından kanal içindeki havanın hızı da düşer ve düşen hız kadar dinamik basınç statik basınca dönüşmüş olur. Eğer statik basınca dönüşen hız düşümü özel eleman basınç kaybindan fazla ise statik basınç geri kazanılmış olur. Bu hesap tarzıyla klima santralından tüm terminal ünitelerine kadar olan basınç kaybını eşit tutmak mümkündür. Manuel olarak yapılması oldukça zor ve uğraştırıcı olan bu hesap tarzı için bilgisayar yazılımları mevcuttur.

VAV terminal üniteleri üzerindeki damperin kısma neticesi basınç kaybına neden olacağı ve bu sayede gerekli debi reglajını gerçekleştireceği varsayımı ile hareket edilmemeli, terminal ünitelerinin girişlerine kadar olan kanal basınç kayıplarının mümkün olduğunca eşit veya birbirine yakın olarak belirlenmesi yoluna gidilmelidir. Bu sayede VAV kontrolleri daha kolay ve hassas olacak, gereksiz gürültü yaratılması ile enerji israfı engellenmiş olacaktır.

4.1.1.4. Öneriler.

4.1.1.1 sayılı bahiste VAV terminal ünitelerinin yerleştirilmesiyle ilgili bazı önemli hususlar anlatılmıştı. Bu konumuzda da kanal konstrüksiyonu ile ilgili ilave hususlara değineceğiz.

- Projelendirme esnasında ana kanalların ve branşmanların mümkün olduğunca simetrik olmasına dikkat ediniz. Bu özellik basınç dengelenmesinde size büyük yarar sağlayacaktır.
- Ana kanalların, ana branşmanların mümkün olduğunca insansız mahallerden, koridorlardan geçmesini sağlayınız.
- Klima santrali ile VAV terminal ünitesi arasındaki kanallarda asla esnek (flexible) kanal kullanmayınız. Çünkü bu kanallar yüksek basınç ve yüksek hız kanallarıdır. Yuvarlak esnek kanalları VAV terminal ünitelerinin çıkışından sonra kısa mesafeler için kullanabilirsiniz.
- Fan gürültü seviyesini kontrol ediniz, gerekirse fan çıkışına fabrikasyon susturucu koyunuz. Gerekli taktirde VAV terminal ünitelerinin çıkışlarına da susturucu koyabilirsiniz. Kanalların iç yüzeylerine akustik kaplama yapılmasını tercih etmeyiniz.

- VAV terminal ünitelerini branşman ayrılmaları yakınına koymayınız. Minimum mesafe VAV terminal ünitesi giriş çapının (veya dikdörtgenlerde geniş kenarın) minimum dört katı mesafede olmalıdır.
- Klima santralına yakın branşmanlarda iris damper veya benzeri reglaj damperi kullanınız.

4.1.2. Menfez ve Difüzör Seçimi

Menfez ve difüzör seçiminde, sabit hava debili ve tümü havalı havalandırma-klima sistemleri için geçerli olan kuralların tümü aynen geçerlidir. Ancak değişken hava debili klima klima sistemleri, isminden de anlaşılacağı gibi mahal yüküne bağlı olarak değişken klimatize hava sevk eden sistemlerdir. Çok önemli olan bu husus menfez, difüzör ve benzeri terminal üniteleri yerleşiminde dikkate alınmalıdır.

Menfez ve difüzörler maksimum yüke bağlı olarak belirlenen hava debilerine, üfleme mesafesine göre, ses seviyeleri de dikkate alınarak seçilir. Ancak kısmi yüklerde hava debisi azalacağından istenen üfleme mesafesi gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle vantilyasyon ve aspirasyon menfezlerinin birbirine yakın olarak, örneğin aynı yan duvar veya asma tavanın aynı cephesine yerleştirilmesi durumunda bu problemle karşılaşmak mümkündür. Bunun iki çözümü vardır.

- Debiye bağlı olarak kanat açıları ayarlanabilen özel difüzörlerin kullanımı. Bu tip difüzörler nozıl tipinde, kurveli iki kanada sahiptirler. Debinin azalması durumunda kanatlar birbirine yaklaşarak kesiti daraltır ve üfleme hızının sabit kalmasını sağlar. Bu işlem mekanik olarak gerçekleştirilebildiği gibi servomotor yardımıyla da yapılabilir. Genelde yan duvar uygulamaları için tercih edilmelidir.
- Üfleyici ve emici menfez/difüzörlerin karşılıklı duvarlara, asma tavanda karşı köşelere yerleştirilmesi bu sorunu büyük ölçüde çözer. Üfleyici ve emici menfezlerin ilk hızları değişse dahi emici menfezin yarattığı kısmi vakum nedeniyle emici menfez tarafına doğru sürekli bir hava hareketi olacaktır. Bu işlem içten yanmalı motorlarda “cross scavenging” boyuna süpürmeye benzer. Benzer bir uygulama aşağıdaki resimde görülmektedir.



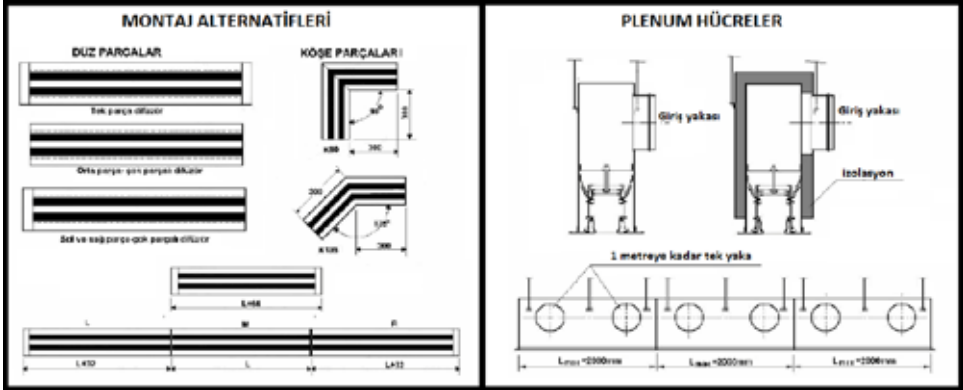
4.1.2.1. Plenum Hücre ve Terminal Üniteleri.

Değişken debili klima uygulamalarında plenum hücreli terminal üniteleri önerilir. Bu durumda VAV terminal ünitesinin çıkış tarafına fabrikasyon olarak bir plenum hücre monte edilmiş olacaktır. Bu hücre klimatize havanın dağıtımını sağlayacaktır. Aynı şekilde üfleyici ve toplayıcı menfez ve difüzörlerin de plenum kutulu olması önerilir. Böyle bir uygulamada plenum hücre ile üfleyici

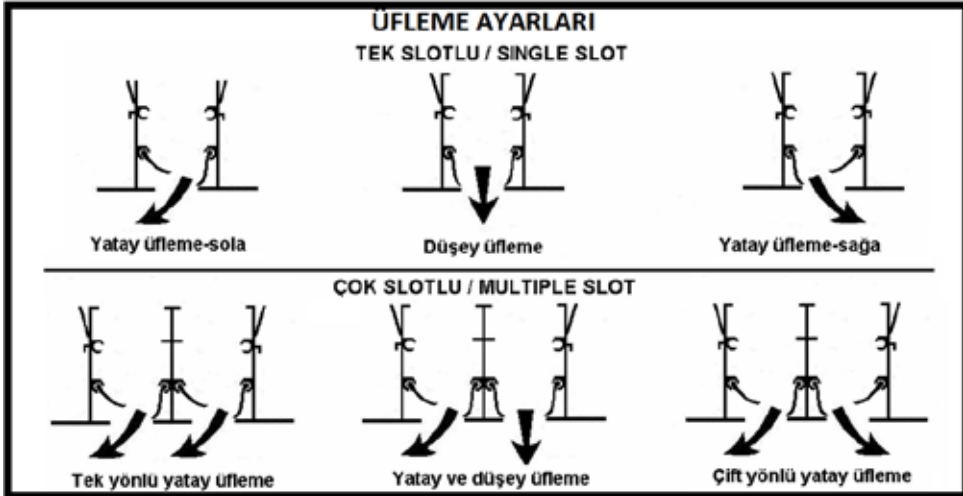
menfezler arasındaki bağlantı dairesel kesitli fleksibl kanallarla gerçekleştirilecektir. Bu suretle dirsek, redüksiyon, adaptör gibi parçaların kullanımından kaçınılmış olacak, kaçaklar ve basınç kayıpları minimuma indirilmiş olacaktır.

4.1.2.2. Lineer ve Slot Difüzörler.

Lineer ve slot difüzörler değişken hava debili klima sistemlerinde en çok kullanılan difüzör tiplerinden biridir. Yapısal özellikleri sayesinde son derece estetik bir görünüme sahiptirler ve mimariyle çok güzel bir uyum sağlarlar. Slot difüzörleri uç uca ekleyerek bütün bir duvar boyunca veya köşe birleştirme parçaları kullanmak suretiyle bütün bir odayı asma tavan içinden çepeçevre dolaşmak mümkündür. Aşağıdaki çizimdeki "Montaj Alternatifleri" kısmında tek ve çok parçalı slot



difüzörlerin montaj şekilleri, köşe birleştirme parçaları görülmektedir. Aynı çizimin sağ tarafındaki "Plenum Hücreler" kısmında da izoleli ve izolesiz plenum kutular görülmektedir. İzolasyon malzemesi üretici firmaya göre değişiklik göstermekle birlikte en çok kullanılan izolasyon malzeme köpürtülmüş kauçuk şilteleri ve üzeri alüminyum folyo kaplı camyünü kullanılmaktadır. Genelde 2 metre uzunluğu geçen slot difüzörler çok parçalı olarak üretilmektedir. 1 metre uzunluğa kadar tek yaka, daha uzun olanlarda ise her 1 metre uzunluk için bir yaka kullanılmaktadır.



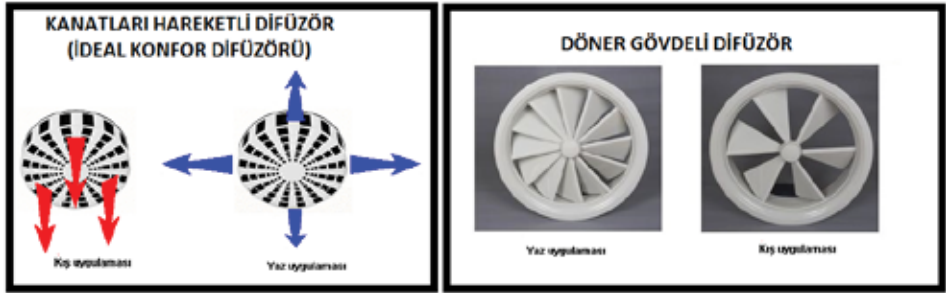
Slot difüzörlerin önemli bir özelliği de atış ağızına yakın yerdeki yönlendirici kanatlar sayesinde istenen üfleme yönünün önceden belirlenebilmesidir. Lineer menfezlerde bulunmayan bu özellik değişken hava debili klima sistemlerinde pozitif havalandırmanın sağlanmasında büyük bir üstünlük sağlamaktadır.

4.1.2.3. Tavan Difüzörleri.

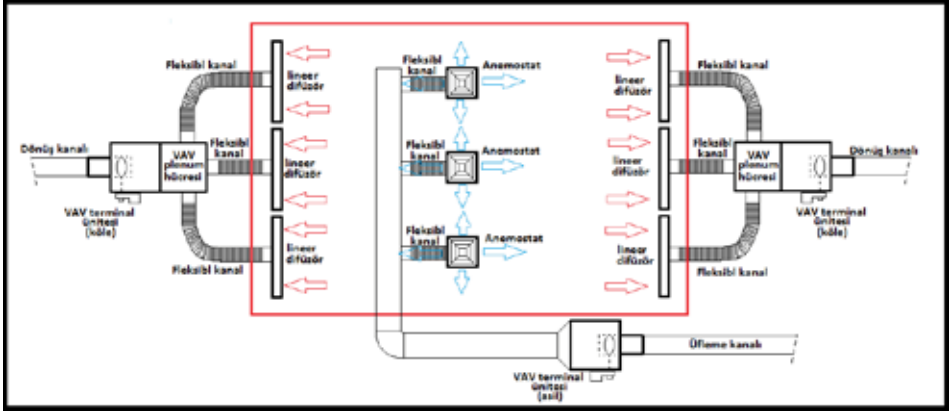
Havalandırma literatüründe yer alan tavan difüzörlerinin tamamı değişken hava debili klima sistemlerinde kullanılabilir. Yuvarlak ve kare anemostatlar, helisel üfleli difüzörler, kanatları hareketli difüzörler ve döner gövdeli difüzörler bunların bir kısmıdır.



Tavan yüksekliği 3,5 metrenin üstünde olan hacimler için kanatları yaz-kış durumuna göre hareketli difüzörler veya döner gövdeli difüzörler kullanılmaktadır. Aşağıdaki resimde her iki modelin yaz ve kış çalışmasındaki konumları ve üfleme durumları görülmektedir.



Helisel difüzörler 2.6 metre ile 4 metre arası tavan yüksekliği olan mahaller için ideal üfleme üniteleridir. Helisel bir patern ile havayı üflediğinden mahal havası ile üfleme havası çok çabuk ve kısa mesafede birbirine karışır. Bu özellik sayesinde üfleme ve mahal havası arasındaki sıcaklık farkı alışılmış olan 8 ile 10°C'ın üstünde, örneğin 12 hatta 14°C alınabilir. Bu sayede gerekli olan maksimum hava debisi de aynı oranda azalmış ve belirli bir oranda enerji tasarrufu sağlanmış olur. Tavan yüksekliği 4 metrenin üstünde olan hacimlerde teleskopik difüzör, jet nozlu gibi terminal elemanları da kullanılabilir. Ancak bu tip bir uygulamada minimum debideki atış mesafelerinin kontrol edilmesi, eğer yetersiz kalıyorsa ona göre tedbir alınması gerekir. Anemostatların kullanıldığı bir uygulama aşağıdaki çizimde görülmektedir.



Bu uygulamada da kısmi yüklerde pozitif havalandırma yapılabilmesi için enine süpürme uygulanmıştır.

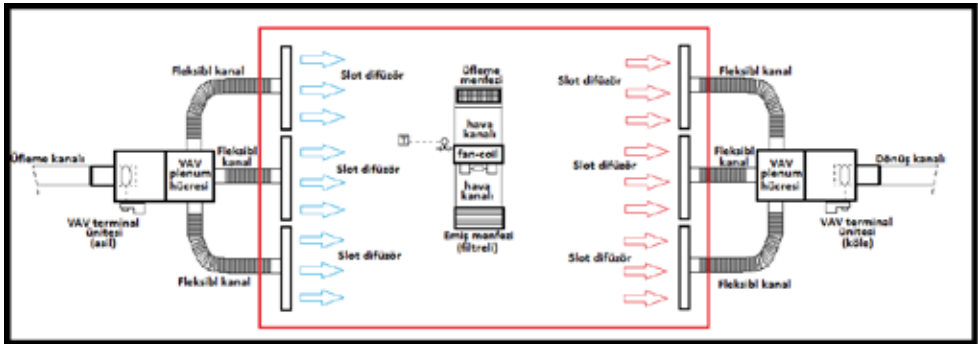
4.2. Perimetrik Hacimler ve İç Hacimler

Perimetrik hacimler, genelde bir yapının ekseriyetini oluşturan, yaz aylarında ısı kazancı, kış aylarında da ısı kaybı olan hacimlerdir. Bu nedenle hem soğutma, hem de ısıtmaya ihtiyaç gösterirler. Bu nedenle karşımıza değişik VAV klima uygulamaları çıkar.

4.2.1. Döşemeden Isıtma

Bu uygulamada ısıtma prosesi değişken hava debili sistemin görevi dahilinde değildir. Sistem yalnız yaz kliması (soğutma) ve havalandırma ihtiyacını karşılar. Yaz çalışmasında mahallin yük durumuna göre hava debisinin VAV terminal üniteleri vasıtasıyla ayarlanması ile yaz ve geçiş mevsimlerinin gerekli soğutma ve havalandırma ihtiyacı karşılanır. Kış uygulamasında ise sistem ve VAV terminal üniteleri yalnız taze hava ihtiyacını karşılamak üzere minimum debide çalışırlar. Isıtma ise döşemeye yerleştirilmiş borularla yapılır. Döşemeden ısıtma yerine radyatör, döşeme tipi konvektör veya fan-coil üniteleri de kullanılabilir.

4.2.2. Tavandan Isıtılmış Hava Sevki (dual conduit)

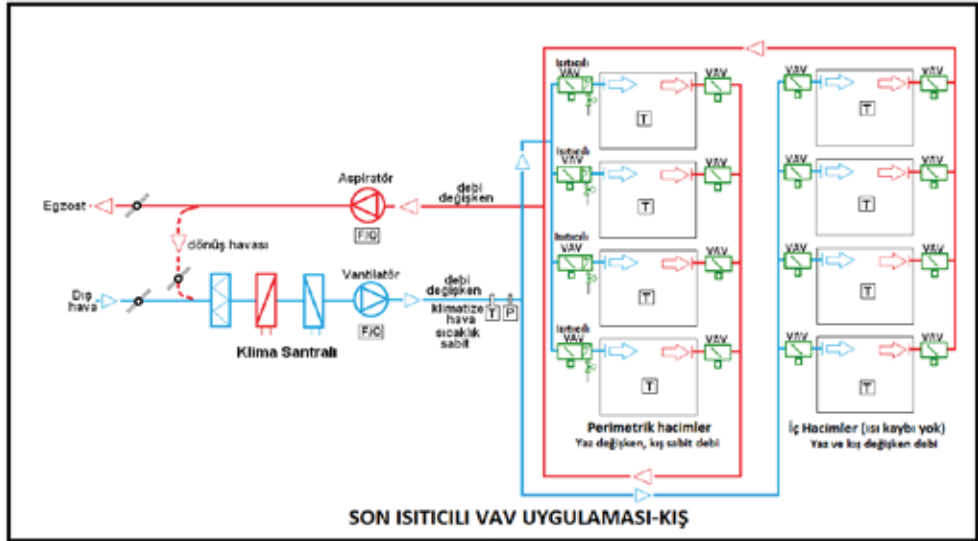


Bu uygulamada da değişken hava debili klima sistemi, bir önceki uygulamada olduğu gibi yalnız soğutma ve taze hava ihtiyacını karşılar. Isıtma için asma tavan içine monte edilmiş kısa kanallara

bağlı fan-coil üniteleri kullanılır. Kış uygulamasında mahal sıcaklığı fan-coillerin ısıtıcı bataryalarına kumanda edilmek suretiyle gerçekleştirilir. Bu çalışma esnasında VAV klima sistemi mahallere minimum debide hava göndermektedir. Benzer bir uygulama 105'inci sayfadaki çizimde gösterilmektedir.

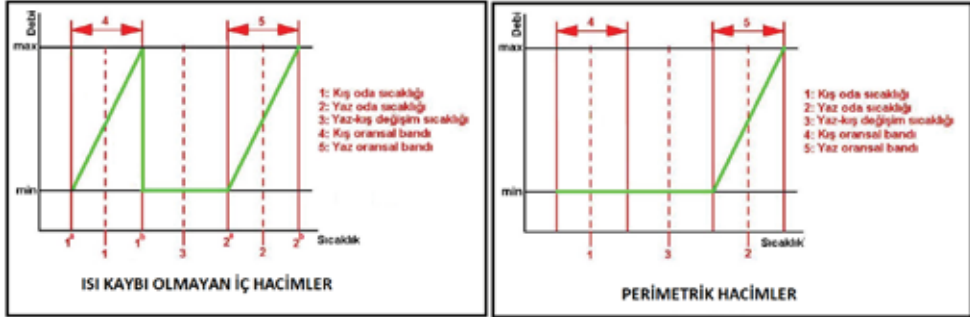
4.2.3. Son Isıtıcı VAV Uygulamaları

Son ısıtıcı VAV terminal ünitesi uygulaması perimetrik hacimlerle ısı kaybı olmayan hacimlerin bir arada bulunduğu yapılarda yaygın olarak kullanılan değişken debili klima sistemlerinden biridir. Bu uygulamada merkezi klima santrali yaz ve kış uygulamalarında minimum sıcaklıkta, örneğin 14°C veya 16°C'ta klimatize havayı mahallere sevk eder. Bunun nedeni ısı kaybı olmayan iç hacimlerin kış çalışmasında da soğutmaya ihtiyaç göstermeleridir. İç hacimler kış çalışmasında da aynen yaz çalışmasında olduğu gibi değişken debili soğutma prosesine devam ederler. Perimetrik hacimlerin kış uygulamasında herhangi bir soğutmaya ihtiyacı olmaması, bilakis ısıtmaya ihtiyacı olması nedeniyle bu hacimlere ait VAV terminal üniteleri minimum hava debisinde çalışmaya başlarlar. Mahallerin ısı ihtiyacı ise VAV terminal ünitelerinin çıkış tarafına konan ısıtıcı bataryalar ile sağlanır. Bu bataryalar sıcak su ile çalışabileceği gibi elektrikli de olabilirler. Ancak elektrikli ısıtıcı kullanımında bazı emniyet tedbirlerinin alınması gereklidir. Örneğin hava akışı durdurunda elektrikli ısıtıcı devre dışı bırakılacaktır. Keza üfleme sıcaklığı önceden belirlenen bir değerin üzerine çıktığında emniyet termostatı devreyi kesecektir gibi.



107'inci sayfada da perimetrik hacimlerle ısı kaybı olmayan iç hacimlerin iç sıcaklığa bağlı olarak hava debisi kontrolleri grafik olarak görülmektedir. Perimetrik hacimlerde yaz mahal sıcaklığı oransal olarak kontrol edilmekte, ancak mahal sıcaklığının belirli bir sıcaklığın altına düşmesi halinde sistem devamlı minimum hava debisinde çalışmaktadır. Örneğin mahal sıcaklığını 26°C ve oransal bandı 2°C aldığımızda mahal 27°C'ta maksimum debi ile, 25°C'ta da minimum debi ile çalışmaktadır. Kış

sıcaklığının 22°C alındığını kabul edersek, bu sıcaklık 25°C'in altında olduğu için sistem tüm ısıtma periyodu boyunca minimum hava debisinde çalışacaktır.

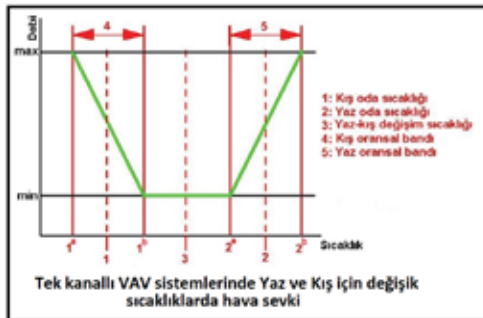


Isı kaybı olmayan mahallerde ise durum farklıdır. Burada da yaz mahal sıcaklığının 26°C, kış mahal sıcaklığının 22°C ve her iki durumda da oransal bandın 2°C olduğunu varsayarsak her iki iç dizayn şartı için VAV sistemi benzeri bir çalışma gösterecektir. Yaz çalışmada sistem 25-27°C arasında oransal çalışacaktır. 25-21°C arası ise geçiş zonu olduğundan mahal sıcaklığı 23°C'a düşünceye kadar minimum debide çalışacak. 23-21°C arasında da aynen Yaz çalışmada olduğu gibi bir oransal çalışma sergileyecektir. Eğer mahal şartı yaz ve kış için aynı ve 26°C alındıysa sistem devamlı olarak 2^a-2^b aralığında çalışacaktır.

4.2.4. Klima Santralından Isıtılmış Hava Sevki

Klimatize edilen tüm mahallerin kış uygulaması esnasında ısıtmaya ihtiyaç göstermesi, örneğin binada ısı kaybı olmayan iç hacimlerin bulunmaması durumunda uygulanabilen bir sistemdir. Son derece yaygın olarak kullanılan bu sistem sayesinde döşemeden ısıtma, fan-coillerle tavandan ısıtılmış resirküle hava sevki gibi uygulamalar gereksiz olur.

Yaz uygulamalarındaki sabit sıcaklıkta hava sevkine benzer bir uygulamadır. Ancak yazın sevk olunan hava ile kışın sevk olunan havanın sıcaklıkları birbirinden farklıdır. Kış üfleme sıcaklığı maksimum yaz ebisi esas alınarak, maksimum ısıtma yüküne göre belirlenir. Yaz çalışması esnasında üfleme havası mahal yüküne bağlı olarak değişiklik gösterir. İşlem 2^a-2^b arasındaki oransal band içinde maksimum ve



minimum debi arasında sıcaklık artışına bağlı düz oransal değişim gösterir. Kış çalışmada ise 1^a-1^b arasında sıcaklığa bağlı olarak oransal değişim gösterir. Ancak bu değişim ters oransal çalışmadır, çünkü sıcaklığın düşmesi durumunda debi artmakta, sıcaklık arttıkça debi azalmaktadır.

4.3. Siste Çalışma ve Kontrol Modları

Değişken debili klima sistemlerinin tasarımında, şu ana kadar anlatılan çalışma modlarına ilaveten üç değişik çalışma modunun da dikkate alınmasında yarar vardır. Bu ilave modlar sistemin otomasyonu ile ilgili olup şunlardan meydana gelmektedir.

- Dolu hacimler
- Boş hacimler
- Rejime alma işlemleri

4.3.1. Dolu Hacimler

Bu çalışma modunda bina, zon veya hacim normal kullanım durumundadır. Ofis kompleksi, alış-veriş merkezi gibi yapılarda gündüz, çalışma saatleri dahilinde meydana gelir. Hastane ve benzeri kuruluşların büyük bölümünde ise 24 saat devamlı olarak bu çalışma modu uygulanır. Bu çalışma esnasında projede öngörülen sıcaklık , bağıl nem ayarları gerçekleştirilir, havalandırma ise devamlı olarak gerçekleştirilir. Bu modun temel karakteristikleri şunlardır.

- Merkezi klima ünitesinin vantilatör ve aspiratörü devamlı olarak çalışır.
- Mahal sıcaklığı önceden belirlenen sıcaklıkta, “set-point” değerinde tutulur.
- Mahalle sevk edilen hava, mahal ısı yüküne bağlı olarak modüler bir tarzda ayarlanır.
- Mahal yük durumu, yaz-kış çalışma durumu ne olursa olsun hiçbir zaman minimum debinin altına düşülmez.
- Vantilatör, VAV ünitelerinin çalışmalarına bağlı olarak statik basıncın değişmesiyle gerekli statik basınç ve debi değişikliklerini gerçekleştirir.
- Karışım havalı sistemlerde dış hava damperi ile by-pass damperi konumları, gerekli olan dış havayı temin edecek tarzda otomatik olarak ayarlanır.

4.3.2. Boş Hacimler

Bu çalışma modu ticari kuruluşlarda karşılaşılan bir durumdur ve genelde geceleri meydana gelir. O anda mahalde insan bulunmadığından klimatizasyon ve havalandırma gerekmez. Mahal sıcaklığı kontrol edilmez, vantilatör ve aspiratörün çalışması durdurulur veya aralıklı olarak kontrollü çalışması sağlanır. Ancak, özellikle kış çalışmasında mahallin ısısının çok düşmemesi, örneğin 15-16°C'ın altına inmemesi için önlemler alınır. Böyle bir önlemin yaz çalışmasında yapılması gerekli değildir. Bu çalışma modunun temel amacı enerji ve işletme maliyetinden tasarruftur. Bu modun temel karakteristikleri şunlardır.

- Herhangi bir hacimde, özellikle perimetrik hacimlerde sıcaklığın belirlenen bir değer altına düşmesi durumunun haricinde vantilatör ve aspiratör çalışmaz. Ancak hacimlerde ısıtma başka türlü gerçekleştiriliyorsa, örneğin tavadan ısıtılmış hava sevki, döşemeden ısıtma gibi sistemler mevcutsa vantilatör ve aspiratörün bu moddaki çalışma esnasında devreye girmesi gerekmez.
- Dış hava damperi kapalıdır, by-pass damperi açıktır.
- Eğer ısıtma işlemi değişken hava debili klima sistemiyle karşılanıyorsa, bu çalışma modunda VAV terminal ünitelerinin ayarları (“set-point”leri) otomatik olarak minimum konuma getirilir. Bu işlem BMS/DDC kontrol sistemlerinin bünyesindeki yazılım ile gerçekleştirilir.

4.3.3. Rejime Alma İşlemleri

Bu çalışma modu "Boş Hacimler" çalışma modundan normal çalışmaya, "Dolu Hacimler" moduna geçiş sürecini kapsar. Genelde sabah saatlerinde, örneğin ofis komplekslerinde mesai başlama saatinden belirli bir süre önce başlar. Temel amaç mümkün olan en kısa sürede hacimleri, istenen konfor şartlarına getirmektir. Ancak bu çalışma modu süresinde bina ve hacimler insansız olacağından taze hava gerekmez, sistem resirküle hava ile çalışır (dış hava damperleri kapalı, by-pass damperi açıktır). Bu modun temel karakteristikleri şunlardır.

- Merkezi klima santralı vantilatör ve aspiratörü devamlı olarak maksimum debide çalışır. Bunun tek istisnası, kış uygulamasında ısıtma başka yöntemlerle gerçekleştirilmesi durumudur. Bu durumda fanların devreye girmesinin gereği yoktur; ısıtma sisteminin çalışması ile yetinilir.
- Dış hava damperleri bu çalışma modu esnasında kapalı konumdadır. İşlem resirküle hava ile gerçekleştirilir. Ancak mahalde normal çalışma modu öncesi herhangi bir nedenle kısmi havalandırma, örneğin koku giderme vb gerekiyorsa dış hava damperleri kısmen açık konuma getirilebilir.
- VAV terminal ünitelerinin damperleri tam açık konumunda bulunur. Üniteler maksimum kapasitede çalışır.

Bu moddaki çalışma iki şekilde sona erer.

- Mahallerin istenen sıcaklık konumuna gelmeleri veya,
- Rejime alma işlemleri için belirli bir sürenin belirlenmiş olması ve bu sürenin sona ermesi.

Bu işlemlerin tamamı BMS/DDC bünyesindeki yazılımlarla gerçekleştirilir.

BÖLÜM-5

Uygulama Örnekleri

5.1. Maksimum ve Minimum Hava Debileri

Tümü havalı klima sistemlerinin tümünde mahal maksimum hava debilerinin hesaplanması aynıdır. Hesaba esas alınan bina yapı itibarıyla birden fazla cepheye ve dolayısıyla zona sahipse ve tek merkezi klima santralı kullanılacaksa her iki zonun maksimum hava debilerinin toplamı yerine bina maksimum hava debisinin kullanılması daha doğru bir uygulama olur. Örneğin bina batı ve doğu zonlarından oluşuyorsa, doğu zonunun maksimum yükü saat 10.00'da, batı zonunun maksimum yükü saat 16.00'da meydana geliyorsa doğu zonu için saat 16.00 yük hesabını, batı zonu için de saat 10.00 yük hesabını yapmak gerekir. Bu durumda saat 10.00'daki ve saat 16.00'daki yükler ve bu yüklerle göre belirlenen hava debileri saat bazında toplanacak, hangisi büyükse bina yükü olarak o esas alınacaktır. Klima santralı da bu yüke göre belirlenecektir.

Diğer önemli bir husus ta bir zonu meydana getiren odalarda maksimum yükün aynı anda oluşmayacağıdır. Bu nedenle proje müellifi merkezi klima santralının hava debisini belirlerken bir diversite faktörü (çarpım katsayısı) kullanabilir. Genelde kullanılan faktör 0.80 ila 0.90 arasındadır.

5.1.1. Maksimum ve Minimum Hava Debilerinin Belirlenmesi.

Hava debisinin hesap yoluyla belirlenmesi 1.2. numaralı "Sabit Debili Sistemler" isimli konuda örneğiyle birlikte anlatılmıştı. Aynı hesap tarzı değişken hava debili klima sistemleri için de geçerlidir. 1.2. numaralı konudaki örneği tekrar veriyoruz.

Örnek-1: Bir mahallin toplam klima yükü 8600 kCal/h, duyulur ısı oranı %82'dir. Mahal sıcaklığı 26°C, istenen üfleme sıcaklığı 16°C olduğuna göre mahal hava debisini hesaplayın.

$$V = \frac{8600 \times 0,82}{0,24 \times \left(\frac{1}{0,87}\right) \times (26 - 16)} = 2556,35 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (2600 m}^3/\text{h kabul edildi)}$$

Bu hesabımızı yeni "SI" birimleri ile yaparsak:

$$Q_{duy} = 8600 \times 0,82 \text{ kCal/h} = 7052 \text{ kCal/h} = 7052 \times (4,1868 \text{ kJ/kCal}) = 29525 \text{ kJ/h}$$

$$c_p = 0,24 \text{ kCal/kg} = 1,00483 \text{ kJ/kg}$$

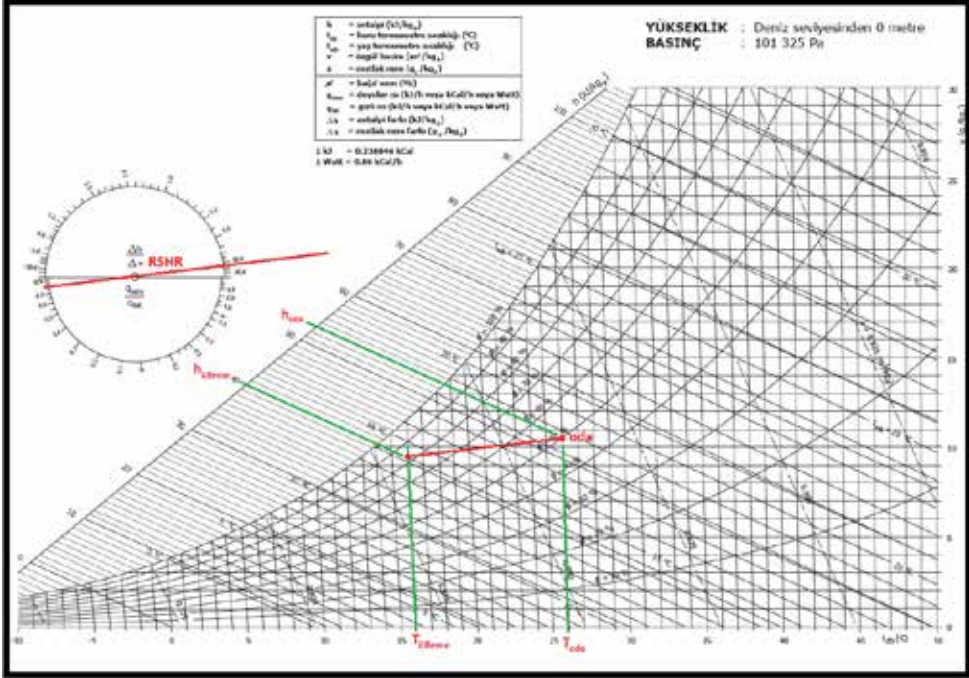
$$\gamma = 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$V = \frac{29525}{1,00483 \times \left(\frac{1}{0,87}\right) \times (26 - 16)} = 2556,33 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (~ 2600 m}^3/\text{h)}$$

Bu hesap tarzında duyulur ısı yükü esas alınarak hava debisi belirlenmiştir. Bu hesap tarzındaki önemli bir faktör proje müellifi tarafından mahal havası ile üfleme havası arasındaki sıcaklık farkı (ΔT)nin kabulüdür. ΔT klasik menfez kullanımında 8 ila 10°C kabul edilir (yukarıdaki örnekte bu fark 10°C alınmıştır). Ancak helisel üfleme difüzörlerde bu sıcaklık farkı 12 ila 14°C alınabilir.

Bazı projecilerimiz hava debisini toplam ısı yükü üzerinden hesaplamaktadır. Esasında iki yöntemin birbirinden hiçbir farkı yoktur. Fark olmadığını, yukarıdaki örneğimizi esas alarak aşağıdaki psikrometrik diyagramda inceleyebiliriz.



Kuru termometreler arasındaki farkın debi, özgül ısı (c_p) ve özgül yoğunluk ile çarpımı bize mahal duyulur ısı yükünü verir. Entalpi farklarının debi ve özgül yoğunluk ile çarpımı ise mahal toplam ısı yükünü verir. Dolayısıyla duyulur ısı yükünün özgül yoğunluk, (c_p) ve (ΔT)'ye bölümü bize hava debisini verecektir. Keza toplam ısı yükünü özgül yoğunluk ve (ΔT)'ye bölersek te aynı hava debisi bulunacaktır. Bu hesapımızı yeni "SI" birimleri ile yapalım.

$$\Sigma Q = 8600 \text{ kCal/h} = 8600 \times (4,1868 \text{ kJ/kCal}) = 36007 \text{ kJ/h}$$

$$\gamma = 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_{oda} = 53 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{üfleme} = 40,5 \text{ kJ/kg}$$

$$V = \frac{36007}{\left(\frac{1}{0,87}\right) \times (53 - 40,5)} = 2506,09 \text{ m}^3/\text{h} (\sim 2600 \text{ m}^3/\text{h})$$

Aradaki $50 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik debi farkı psikrometrik diyagramda yapılan okuma hatalarından kaynaklanmaktadır. Neticede her iki hesap tarzı da aynı sonucu vermektedir, her iki metod da projeciler tarafından kullanılabilir. Hatta metodlardan biri ile maksimum hava debisi hesaplandığında diğer metod doğrulama amaçlı olarak kullanılabilir.

5.1.2. Minimum Hava Debisinin Kontrolü

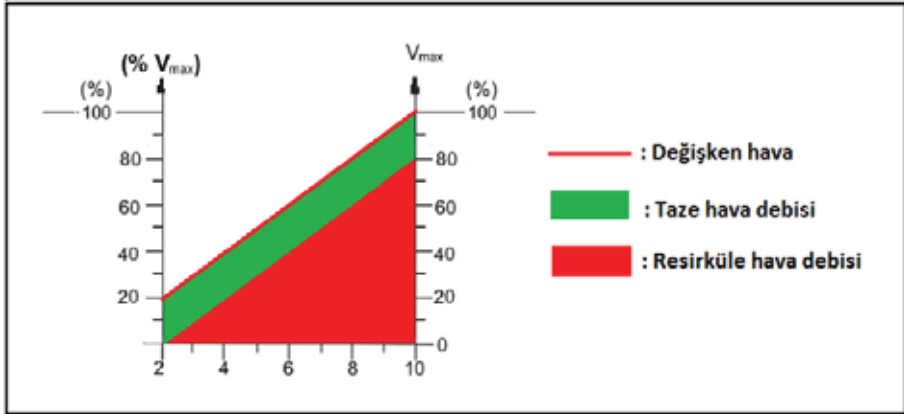
Değişken hava debili klima sistemlerinde minimum hava debisi iç hava kalitesinin "IAQ" temini amacıyla belirlenen bir hava debisidir. Genellikle bu debi, eğer herhangi hava kirletici bir unsur mevcut değilse, mahallerdeki insan sayısına bağlı olarak belirlenir. Carrier'ın 1960 ve 1970'lerde yayınlanan literatürlerinde, örneğin 1965 baskısı "Handbook of Air Conditioning System Design" isimli kitabın 1-97'nci sayfasındaki 45 numaralı tabloda havalandırma standartları verilmektedir. Bu değerlerden zamanında ülkemizde uygulanabilir olanları aşağıda gösterilmektedir.

Uygulama	sigara içme durumu	Kişi başına hava debisi (m ³ /h)		Beher m ² döşeme alanına göre (m ³ /h)
		Tavsiye edilen	Minimum	
Apartmanlar, vasat, (sosyal mesken)	biraz	34	26	
Apartmanlar, lüks konut	biraz	51	43	2
Bankalar	sıkca	17	13	
Berber dükkanları	oldukça	26	17	
Güzellik salonları	sıkca	17	13	
Broker odaları	çok yoğun	85	51	
Kokteyl salonları, barlar	yoğun	51	43	
Koridorlar	yok			1,6
Büyük mağazalar	yok	13	8,5	0,3
Yönetici odaları	açık yoğun	85	51	
Fabrikalar	yok	17	13	0,6
Cenaze evleri	yok	17	13	
Garajlar	yok			6,3
Hastane-ameliyathaneler	yok			12,6
Hastane-özel odalar	yok	51	43	2,1
Hastane-koğuşlar	yok	34	26	
Otel odaları	yoğun	51	43	2,1
Lokanta mutfakları	yok			25
Özel mutfaklar	yok			12,5
Laboratuvarlar	biraz	20	26	
Toplantı Salonları	çok yoğun	85	51	8
Genel Ofisler	biraz	26	17	
Özel ofisler	yok	43	26	1,6
Özel ofisler	oldukça	51	43	1,6
Kafeteryalar	oldukça	20	17	
Lokantalar	oldukça	26	20	
Okul odaları	yok			
Perakende satış mağazaları	yok	17	13	
Tiyatrolar	yok	13	8,5	
Tuvaletler (yalnız egzost)				12,6

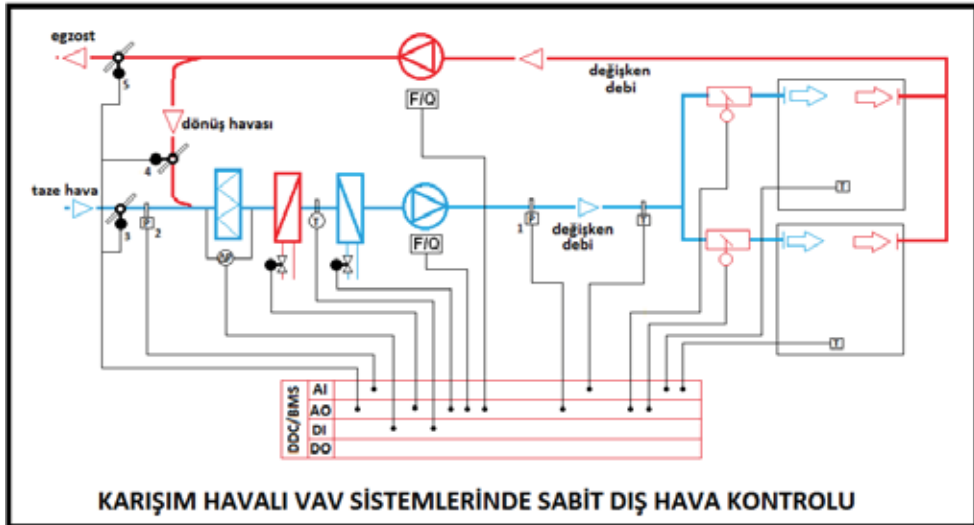
Yukarıdaki tablo yalnızca bilgi amaçlı olarak verilmiştir. Ancak bu kuralların uygulandığı bazı ülkeler hala vardır. Ancak son yıllardaki gelişmelerin ışığı altında hava kirliliği ve hijyen koşulları dikkate alınarak kapalı mahallerde tütün ürünlerinin tüketimi yasaklanmıştır. Havalandırma konusunda yapılan araştırmalar da yukarıdaki gösterilen kişi başına taze hava miktarlarının yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Günümüzde kişi başına 60 m³/saat taze hava önerilmektedir. İnsan sayısının belli olmadığı mahaller, örneğin koridorlar ve benzeri hacimler için yukarıdaki tabloda verilen birim alan başına taze hava debileri uygulanabilir.

Değişken hava debili merkezi bir klima santralının minimum hava debisinin belirlenmesinde mahallerin taze hava gereksinimlerinin toplamı dikkate alınacaktır ve bu miktarlar mahal bazında belirlenecektir. Ancak mahallerde VAV terminal üniteleri kullanıldığından minimum hava debisinin o mahaldeki VAV terminal ünitesinin 2 m/saniye'deki giriş hızından daha düşük olmaması gerekir. Çünkü bu hızın altında VAV terminal ünitelerinin pitot tüpleri ölçme hassasiyetlerini kaybederler. İkinci bir husus ta VAV terminal ünitelerinin kalibrasyon özelliğinden kaynaklanmaktadır. VAV terminal ünitesinin maksimum ve minimum hava debileri kalibrasyon esnasında belirlenir ve

sabitletir. Minimum debi maksimum debinin %20'sinin altına olamaz. Onun için minimum hava debisi her mahal için taze hava gereksinimi, 2 m/san hava hızındaki VAV terminal ünitesinin debisi ve maksimum hava debisinin %20'sinin hangisi büyükse minimum debi olarak o miktar esas alınarak belirlenecektir. Bu çalışmayı aşağıdaki resim ile gösterebiliriz.



Değişken hava debili klima sistemlerinde toplam hava debisi mahallin yük durumuna göre değişken olmasına karşın taze hava debisi sabittir. Toplam hava debisinin maksimum olan debisi, eğer karışım havası varsa resirküle hava ile taze hava debilerinin toplamından meydana gelir. Minimum hava debisi ise doğrudan taze hava debisine eşittir veya VAV terminal ünitelerindeki minimum hız limitlemesi nedeniyle biraz daha büyüktür. Dolayısıyla maksimum hava debisinde karışım havası ile çalışan bir klima santralının minimum hava debisi %100 dış havadan oluşabilir. Bu nedenle bu uygulamada dış hava debisini sabit tutacak tarzda önlem alınması gereklidir. Eğer sistem %100 dış hava ile çalışıyorsa böyle bir önleme gerek yoktur.



Basitleştirilmiş bir karışım havalı değişken debili klima sisteminin otomatik kontrol sistemi şematik olarak yukarıdaki akış şemasında gösterilmektedir. Bu şemada "P" rumuzu ile gösterilmiş "1" ve "2" numaralı elemanlar difansiyel basınç algılayıcılarıdır (sensörleridir). "1" numaralı algılayıcının görevi daha önceki sayfalarda detaylı olarak incelenmiştir. Ana görevi üfleme kanalındaki basınç değişikliğine bağlı olarak vantilatör dönme hızını, dolayısıyla debi ve basıncı regüle etmektir. "2" numaralı algılayıcı da taze hava kanalındaki hava hızını algılar ve doneleri analog girdi "A1" olarak DDC/BMS'e iletir. "3", "4" ve "5" numaralı elemanlar ise sırasıyla dış hava, by-pass ve egzost havası kanalı üzerindeki damperlere kumanda eden oransal servomotorlardır. DDC/BMS "2" nolu algılayıcıdan gelen sinyaller paralelinde, bünyesinde yazılım paralelinde "3", "4" ve "5" numaralı servomotorlara kumanda ederek taze hava debisinin sabit kalmasını sağlar. Klima santrali maksimum debide çalışırken belirli konumda olan damperler, minimum debiye gelindiğinde "4" numaralı servomotor by-pass damperini tamamen kapatır. "3" ve "5" numaralı damperler ise vantilatör ve aspiratör kumandalarından bağımsız olarak egzost ve taze hava debilerini sabit tutar.

5.1.3. Kış Uygulamalarında Donmaya Karşı Koruma

Tüm havalı klima sistemlerinde olduğu gibi değişken hava debili klima sistemlerinin merkezi klima santralleri için, eğer dış hava sıcaklığı 0°C'ın altındaysa daima donma riski mevcuttur. Bu risk özellikle yalnız yaz iklimi için tasarlanmış, kış aylarında çalışmayan sistemler için çok büyük boyutlardadır. Bu nedenle donmaya karşı gerekli önlemlerin alınması gereklidir. Isıtıcı bataryanın içindeki akışkan, örneğin sıcak su, donma riskinin olduğu zamanlarda sürekli çalışma halinde olacağı için normal koşullarda donma olayı olmaz. Ancak sirkülasyon pompasının herhangi bir nedenle devre dışı kalması, açık durumda olması gereken kapatma vanalarından birinin kapalı konumda olması batarya üzerindeki ısıtıcı akışkanı engelliyeceği için donma riski meydana gelebilir. Bu durumda alınacak ilk önlem ısıtıcı bataryanın hava çıkış tarafına iki konumlu bir donma termostatının monte edilmesidir. Ancak ısıtıcı batarya hava çıkış sıcaklığı her noktada aynı olmayacağı için tek hissedicili termostat yerine uzun bir kılcal borulu hissedicisi olan donma termostatı tercih edilmelidir. Bu sayede ısıtıcı bataryanın hemen hemen tüm yüzeyinde hava çıkış sıcaklığının ölçümü yapılabilecektir. Donma termostatları muhakkak manuel resetli olmalıdır. Hava çıkış sıcaklığı yükselse dahi devreye girmemelidir. Bu sayede arızanın nereden kaynaklandığı araştırılabilir; arıza giderildikten sonra manuel olarak "reset" düğmesine basılarak sistem normal çalışmaya geçirilebilir. Donma termostatından "donma sinyali geldiğinde, ki bu sinyal DDC/BMS'e dijital bir girdi "DI" olarak iletilecektir, DDC/BMS kontrol ünitesinin aşağıdaki işlemleri yapması gerekir.

- Sesli ve/veya ışıklı bir ikazın yayınlanması.
- Vantilatör ve aspiratörün durdurulması
- Egzost ve dış hava damperlerinin tam kapalı, by-pass (resirküle hava) damperinin tam açık konuma getirilmesi.
- Sistemin durmasına rağmen sirkülasyon pompasının çalışmaya devam etmesinin sağlanması.

Yalnız soğutma bataryalı, yaz çalışması için tasarlanmış merkezi klima santrallerinde bataryanın drene edilmesi, yani içinde akışkanın boşaltılması uygun bir yöntemdir. Batarya içindeki akışkanın su-etilen glikol karışımından meydana gelmesi de bu riski ortadan kaldıracak diğer bir uygulama tarzıdır. Ancak etilen glikol boru içi film katsayısını azaltacağından ısı transfer katsayısı azalacak, bunun neticesi olarak ısıtıcı-soğutucu bataryanın ısı verimini de düşürecektir.

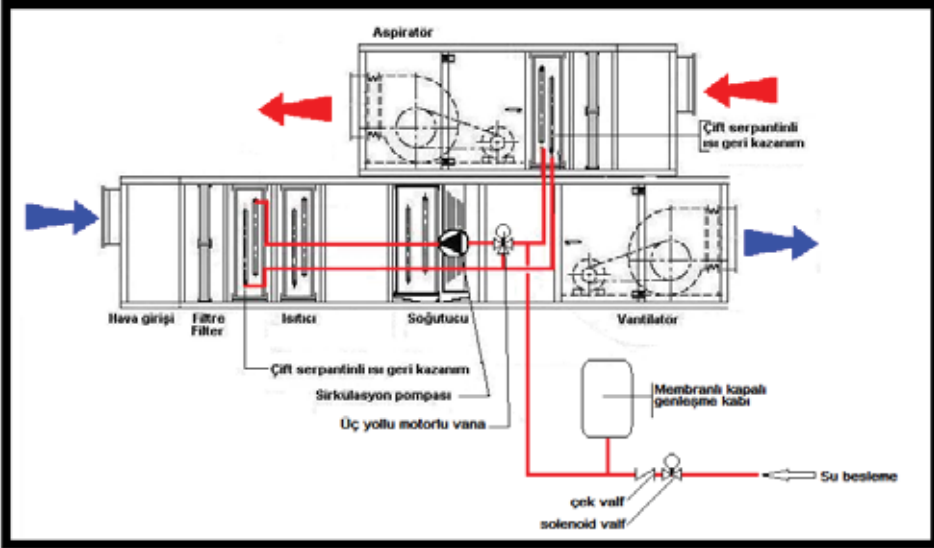
Isı geri kazanım ünitelerinin kullanımı da donma riskini azaltabilir. Bu husus bir sonraki bahiste ele alınacaktır.

5.1.4. Isı Geri Kazanımı

Isı geri kazanımlı klima santrallerinin kullanımı yalnız değişken hava debili klima sistemlerine mahsus bir uygulama değildir. Sabit hava debili klima sistemlerinde de olduğu gibi dört değişik ısı geri kazanım sistemi değişken hava debili klima sistemlerinde de kullanılmaktadır. Salt bilgilendirmek amacıyla bu sistemler aşağıda şematik olarak, gerekli teknik açıklamalarıyla birlikte gösterilmektedir.

5.1.4.1. Çift Serpantinli Sistemler

Kullanımı en eski olan ısı geri kazanım sistemidir. Isı geri kazanım verimi düşük, duyulur ısı bazında %40 civarında olmasına rağmen bazı avantajları vardır. Örneğin klima santrali ile egzost fanının değişik yerlerde olması durumunda dahi kolaylıkla uygulanabilir. Rusya Federasyonu'nda yaygın olan tümü havalı klima uygulamalarında klima santrali zemin veya bodrum katta, egzost fanı/fanları ise çatı katında konuşlandırılmaktadır. Sistem iki ayrı serpantinden oluştuğu ve birbirine boru şebekesi ve sirkülasyon pompası ile bağlandığından uygulama kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Aşağıdaki çizimde çift serpantinli bir ısı geri kazanım uygulaması görülmektedir.



İki serpantin arasındaki sirkülasyon bir santrifuj pompa ile sağlanır. Sistemdeki sıvının özgül hacmi sıcaklık ile değişeceğinden bir genişleme kabının kullanılması gereklidir. Günümüzdeki uygulamalarda membranlı kapalı genişleme kapları kullanılmaktadır. Resimde görülen üç yollu motorlu vana iki konumlu olup defrost uygulaması olan ısı geri kazanım sistemlerinde kullanılmaktadır. Buradaki uygulama şudur. Aspiratör tarafındaki ısı geri kazanım serpantini üzerinde bir adet diferansiyel basınç şalteri bulunmaktadır (çizimde gösterilmemiştir). Egzost edilen hava serpantin üzerinden geçerken soğur ve içindeki mutlak nemi serpantin üzerine bırakır. Eğer satih sıcaklığı 0°C 'ın altında ise satihda karlanma başlar. Bir müddet sonra bu karlanma artar ve serpantin üzerindeki hava basınç kaybının artmasına neden olur. Artış önceden belirlenen bir seviyeye geldiğinde diferansiyel basınç şalteri üç yollu motorlu vananın egzost tarafındaki serpantininden gelen akışkanın portunu kapatıp by-pass portunu açarak serpantin üzerindeki akışı ve dolayısıyla soğumayı durdurur. Sıcaklığı mahal sıcaklığına eşit olan egzost havası da bir müddet sonra karlanmayı eriterek defrostu tamamlar. Hava tarafı

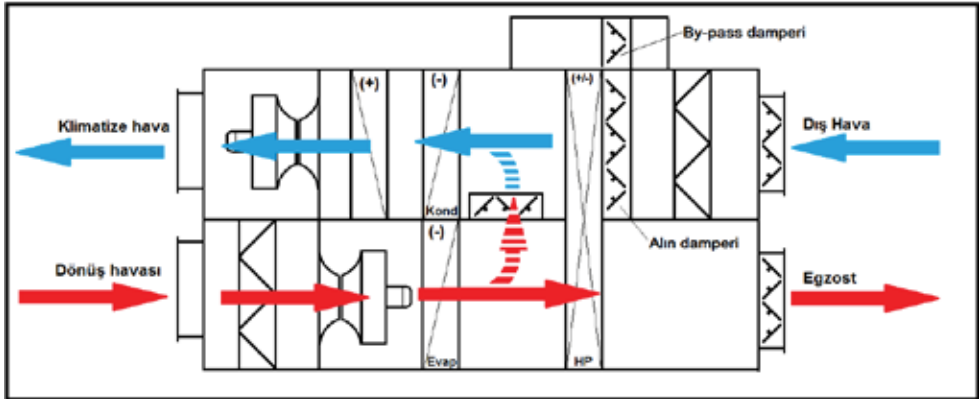
basınç kaybı normal seviyeye düşünce diferansiyel basınç şalteri by-passı kapatıp ısı geri kazanımını normal çalışma moduna döndürür.

Dış hava sıcaklığının 0°C'in altında olduğu uygulamalarda dış hava sıcaklığına bağlı olarak sisteme etilen glikol eklenmesi gereklidir. Aksi taktirde sistemde donma meydana gelir.

Çift serpantinli ısı geri kazanım sistemleri yalnız duyulur ısı bazında ısı geri kazanımı yaparlar, gizli ısı geri kazanımı yapmazlar. Özellikle yaz uygulamalarında entalpi bazındaki geri kazanım verimleri %40'ın çok daha altındadır.

5.1.4.2. Isı Borusu

Isı borusu da çift serpantinli ısı geri kazanım ekipmanları gibi ısı taşınımı için hidronik bir eleman kullanan sistemdir. Ancak su veya etilen glikollü su yerine soğutucu akışkan kullanır. Bu uygulamada iki katlı santral kullanılması zorunludur. Üzerinden geçen sıcak egzost havasının içindeki ısı nedeniyle ısınan soğutucu akışkanın yoğunluk değişikliği nedeniyle yükselmesi ve ısıyı dış havaya (kış klimasında) aktarması, bu esnada soğuyup yoğunlaşarak tekrar alçılması ile çevrimi tamamlayarak ısı transferini sağlar.



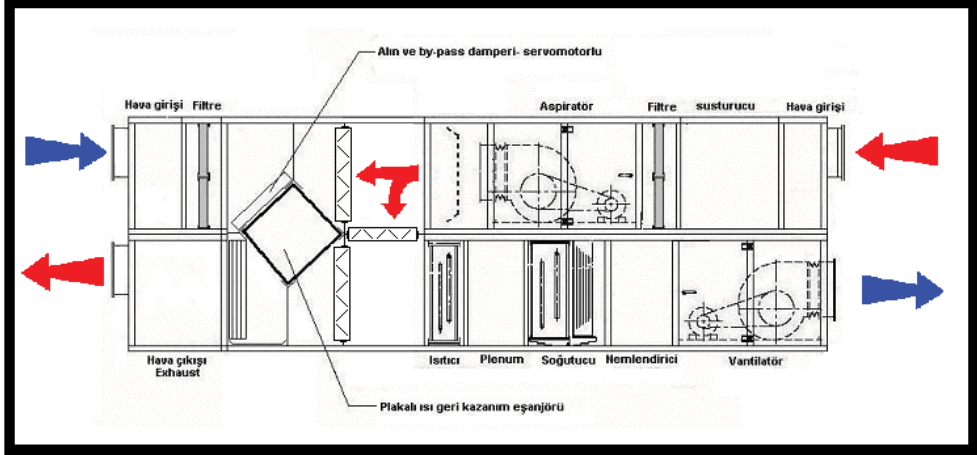
Duyulur ısı bazında ısı geri kazanım verimi %40 civarlarında olan bu uygulama gizli ısı transferi yapamaz. Yaz uygulamalarında dış hava egzost havası kuru termometre sıcaklığının egzost havası kuru termometre sıcaklığından daha yüksek olması nedeniyle verimi büyük ölçüde düşer. Kış uygulamasında dış hava sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda egzost havası tarafında sathı karlanması olabilir. Karlanmanın hangi dış hava sıcaklıklarında başlayacağı ısı borusunun verimiyle ilgili olduğundan üretici firmanın kataloglarına başvurulması gerekir. Eğer karlanma riski varsa ısı borusunun dış hava tarafına bir by-pass konulmalı, by-pass ve ısı borusu sathına da alın damperleri konulmalıdır. Normal çalışmada by-pass damperi kapalı, alın damperi açık durumda olacaktır. Defrost sinyali geldiğinde alın damperi kapanarak ısı borusu üzerinden soğuk havanın geçişini engelleyecektir. Eş zamanlı olarak açılan by-pass damperi de havanın by-pass hattı üzerinden geçmesini sağlayacaktır.

5.1.4.3. Plakalı Isı Geri Kazanım Eşanjörleri

Plakalı ısı geri kazanım eşanjörleri kullanımı en yaygın olan ısı geri kazanım elemanlarından biridir. Dört köşe, kare kesitli ve çapraz akımlı plakalı eşanjörlerde ısı geri kazanım verimi %50 ila %65 arasındadır. Altı köşeli, ters akımlı eşanjörlerde verim %85'lere kadar çıkmaktadır. Ancak bu

modellerde basınç kaybı yüksek olduğu için küçük debili klima santrallerinde, ısı geri kazanım ünitelerinde uygulama alanı bulabilmektedir.

Plakalı eşanjörlerin plakaları metaldir ve genellikle alüminyum levhalardan üretilmektedir. Bu nedenle yalnız duyulur ısı geri kazanımında kullanılabilirler. Selüloz esaslı, lityum bromür emdirilmiş plakalardan üretilmiş eşanjörler hem duyulur hem de gizli ısı geri kazanımını gerçekleştirirler. Ancak lityum bromürün sağlığa zararlı olması nedeniyle Avrupa'da hijyenik klima sistemlerinde kullanımı yasaklanmıştır, konfor klimasında da kullanımı önerilmemektedir. Aşağıdaki çizimde karışım havalı, plakalı ısı geri kazanım eşanjörlü bir merkezi klima santrali görülmektedir.



Plakalı ısı geri kazanım uygulamalarında da dış hava sıcaklığına bağlı olarak egzost hava tarafında karlanma ve bu nedenle tıkanma riski mevcuttur. Buna karşı en çok yapılan uygulama plakalı eşanjörün yanına, dış hava için bir by-pass geçişi koymaktır. By-pass geçişi ile eşanjörün dış hava girişi tarafındaki alına birer adet damper monte edilecektir. İki konumlu bir servomotorla kumanda edilecek bu damperlerden normal çalışmada alın damperi açık, by-pass damperi kapalı olacaktır. Defrost sinyali alındığında alın damperi kapanacak, by-pass damperi açılacaktır. Egzost tarafındaki karlanma giderildikten sonra normal çalışmaya geçilecektir. Defrost durumu iki konumlu bir diferansiyel basınç şalteri ile kontrol edilebilir.

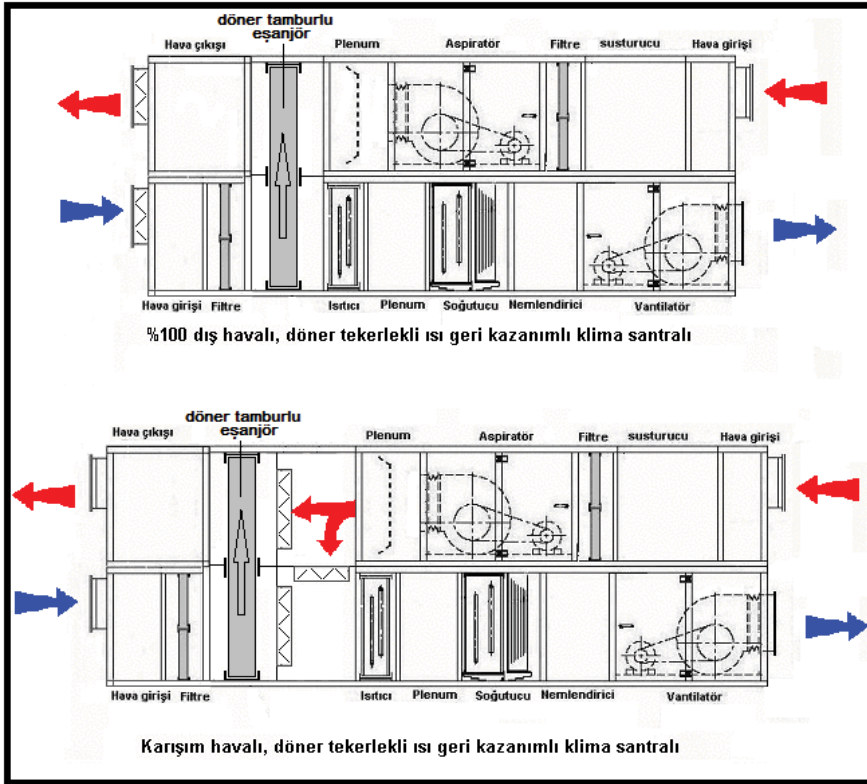
5.1.4.4. Döner Tamburlu Eşanjörler

Döner tamburlu ısı geri kazanım eşanjörleri tipik bir kararsız rejim ısı transferi uygulamasıdır. Isı geri kazanım sistemleri arasında en yüksek ısı geri kazanım verimine sahiptir. Çalışma tarzı dönme neticesi üzerine yüklenmiş olan egzost havasının ısını dış havaya transfer etmektir. Bu nedenle yüksek verime sahiptirler. Salt duyulur ısı bazında geri kazanım yapan modeller olduğu gibi duyulur ve gizli ısı bazında, toplam entalpi geri kazanımı yapanlar da mevcuttur. Döner tamburlu ısı geri kazanım eşanjörleri konstrüktif açıdan üç değişik modelden oluşmaktadır.

- Salt alüminyum folyodan üretilmiş olanlar. Bu modeller yalnız duyulur ısı bazında ısı transferi gerçekleştirirler, gizli ısı bazında bir ısı transferleri yoktur. Üç model içinde ilk tesis maliyeti en düşük olanlardır. %75, %85 gibi duyulur ısı bazında yüksek bir ısı geri kazanımı sağlarlar.

- Oksitlenmiş satha sahip olanlar. Bu modeller alüminyum folyodan üretilmiş olan tamburların özel banyolarda işleme tabi tutulması neticesi satırlarında ince bir alüminyum oksit tabakası yaratılması ile üretilir. Satır kaplamasının özelliği sayesinde havadaki nemi absorbe edip dış havaya transferini sağlarlar. Bu modellerin duyulur ısı geri kazanım verimleri %70-85, gizli ısı geri kazanım verimleri ise duyulur ısı geri kazanım veriminin yaklaşık yarısı kadardır.
- Satır silika-jel kaplanmış olanlar. Alüminyum folyodan üretilmiş tamburların, tamburu oluşturan alüminyum folyonun satırlarının özel bir işleme silika-jel ile kaplanması suretiyle üretilir. Bu modellerin duyulur ısı ve gizli ısı geri kazanım verimleri son derece yüksektir; her ikisi de %70-85 civarındadır.

Aşağıdaki şematik resimde döner tamburlu ısı geri kazanım sistemine sahip iki değişik klima santrali görülmektedir. Üstteki %100 dış havalı, alttaki ise karışım havalı uygulamadır.

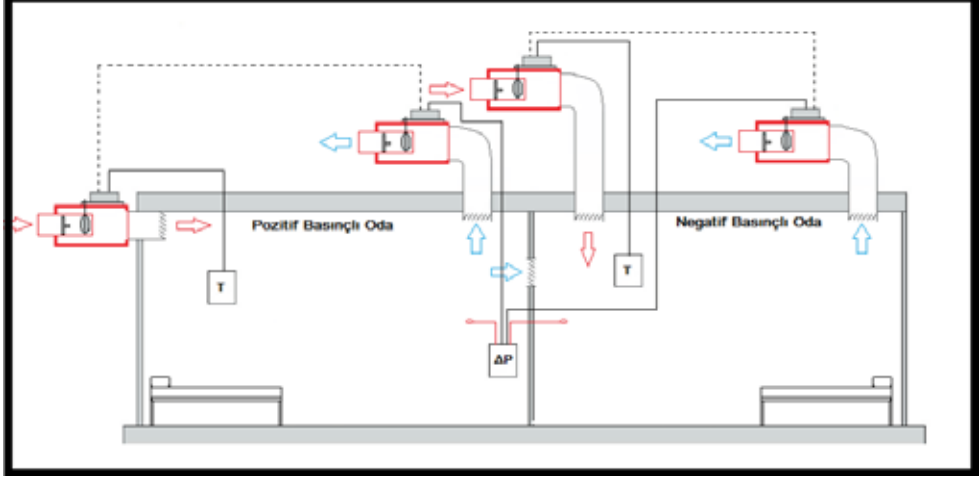


Döner tamburlu ısı eşanjörlerinde karlanma nedeniyle tıkanma olayı çok ender görülür. En yaygın defrost uygulaması normal çalışmadaki 50 ila 100 d/dak olan dönme hızının 5 d/dak gibi çok düşük bir seviyeye düşürülmesi, bu sayede karlanmanın oluştuğu satırların daha uzun süreli sıcak hava ile temas etmesini sağlamaktan ibarettir.

Tambur büyüklüğü belirlenirken değişken debili klima santralının maksimum debisi dikkate alınmalıdır. Bu değer %100 dış havalı santrallarda toplam debiye, karışım havalı santrallarda ise maksimum dış hava debisine eşittir.

5.1.5. Basınçlandırma ve Basınç Kontrolü

Bir mahallin basınçlandırılması, çevre hacimlerle veya bitişik odayla aralarındaki basınç farkının sabit tutulması VAV terminal ünitelerinin kullanımı ile kolaylıkla gerçekleştirilebilir.



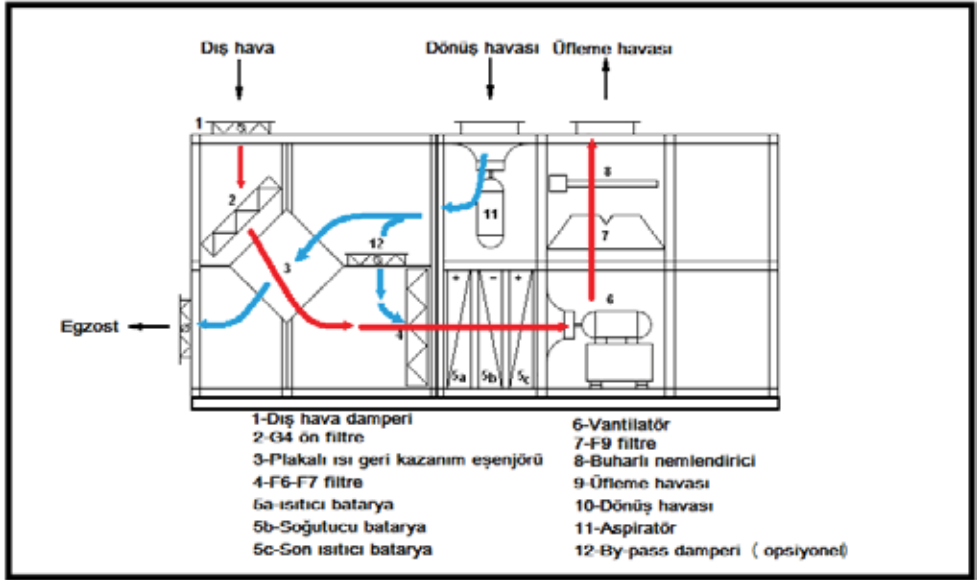
Yukarıdaki çizimde biri pozitif basınçlı, diğeri negatif basınçlı iki komşu mahal görülmektedir. Negatif basınçlı odadan pozitif basınçlı odaya hava geçişi istenmemektedir. Soldaki odanın yoğun bakım odası, sağdaki odanın ise bulaşıcı hastalıklara ayrılmış bir oda olduğunu farz edelim (aynı faraziye soldaki odanın laboratuvar, sağdaki odanın da herhangi bir çalışma odası olması tarzında da yapılabilir). Bu durumda sağdaki odadan soldaki odaya herhangi bir hava geçişi istenmemektedir. Bunun gerçekleştirilmesi için soldaki odanın pozitif basınçta, sağdaki odanın da negatif basınçta tutulması gerekir. Bu durumda dönüş-egzost havasının bir kısmı pozitif basınçlı odadan negatif basınçlı odaya devamlı olarak geçecek, negatif basınçlı odadaki kontamine havanın pozitif basınçlı odaya akışı engellenmiş olacaktır.

Her oda da değişken hava debili klima sistemine sahiptir. Mahal sıcaklıkları odalarda bulunan "T" oda termostatlarınca algılanmakta ve üfleme kanalı üzerinde bulunan VAV terminal ünitelerine kumanda edilerek üflenen hava debisi kontrol edilmektedir. Dönüş hava kanalı üzerinde bulunan VAV terminal üniteleri de üfleme kanalı üzerindeki VAV terminal ünitelerine bağlı olup asil-köle sistemi ile çalışmaktadır. Üfleme debisinin artış ve eksilişine bağlı olarak dönüş-egzost havası debisi de ayarlanmaktadır. Pozitif basınçlı odanın üfleme debisi dönüş havası debisinden belirli bir miktarda daha büyüktür. Negatif basınçlı oda da dönüş havası debisi üfleme debisinden daha büyüktür. Bu sayede iki oda arasında bir basınç farkı yaratılmaktadır. Bu basınç farkının örneğimizde 20 Pa olduğunu varsayalım. Otomatik kontrol sisteminin görevi bu basınç farkını sabit tutmak ve bu değer altına düşmesine engel olmaktır. Bunun için sisteme "ΔP" diferansiyel basınç sensörü konulmuştur. Bu sensör hissedici uçları vasıtasıyla iki oda arasındaki basınç farkını algılamaktadır. İki oda arasındaki basınç farkı 20 Paskalın altında düştüğünde dönüş havası kanalı üzerindeki VAV terminal ünitelerine oransal olarak kumanda ederek pozitif basınçlı odadan emilen hava debisini azaltmakta, negatif basınçlı odadan emilen hava debisini de arttırmaktadır. Ancak basınç farkının 50 Pa'ın üzerinde olmaması gerekir. Zira böyle bir durumda pozitif basınçtaki odanın kapısının açılması zorlaşır. Dönüş kanalı üzerindeki VAV terminal ünitelerine kumanda edilirken asil-köle bağlantı sisteminin önüne geçilerek basınç farkı kumandası devreye girer.

5.1.6. Temiz Oda Uygulamaları

Temiz oda uygulamaları şu ana kadar anlattığımız değişken hava debili sistemlerden oldukça farklıdır. Bu odalarda DIN 1946/4'e göre klima sisteminin asla kapatılmaması gerekir. Oda kullanım halindeyken tam debide, kullanım dışı iken ise alçak debide çalışması gerekir. Örneğin 1946/4-1989'a göre (bu standart 2008'de yenilenmiş ve DIN 1946/4-2008 olmuştur) 2400 m³/saat debisi olan bir temiz odanın (ameliyathane) kullanım dışı olduğu zamanlardaki debisi minimum 1200 m³/saat olmalıdır. Bu nedenle sistemin yerine getirmesi gereken şartlardan iki debili olmalıdır.

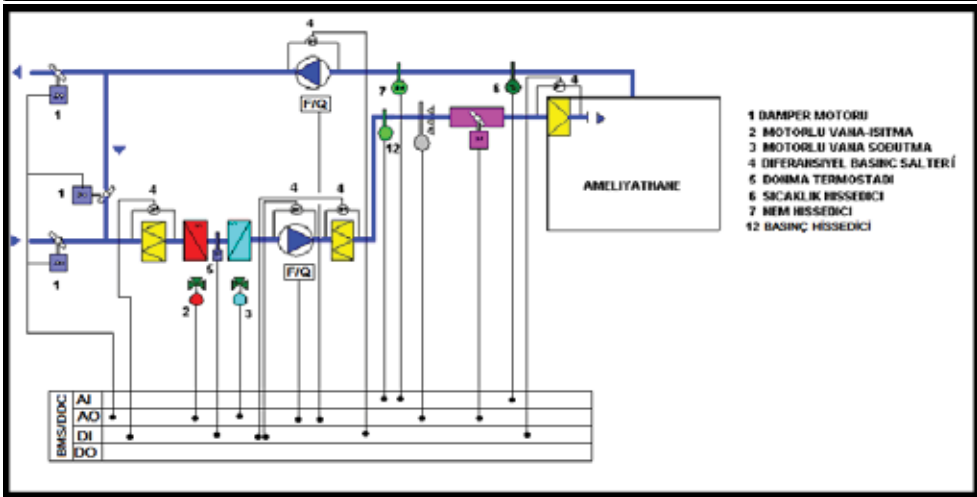
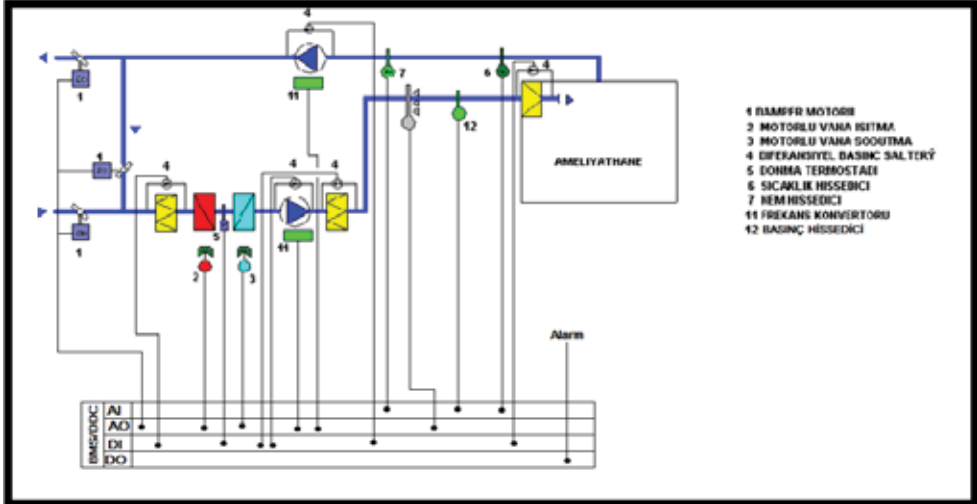
Bu temiz odalarda hijyenik şartları temin edebilmek amacıyla HEPA filtreler kullanılmaktadır. Bu filtrelerin başlangıç dirençleri 100 Pa civarında olup kirlenme nedeniyle basınç kayıpları 700Pa değerine kadar yükselmektedir. Bu değişen basınç karşısında debiyi sabit tutmak için, eğer klima santrali yalnız bir temiz hacime hizmet ediyorsa değişken debili, frekans kontrollü vantilatöre sahip bir klima santrali kullanılmalı, eğer birden fazla hacime hizmet ediyorsa frekans kontrolüne ilaveten her hacim için birer adet VAV terminal ünitesi kullanılmalıdır. Aynı şekilde dönüş-egzost havası kanalında da, üfleme kanalındaki VAV terminal ünitesi ile asil-köle bağlantısına sahip VAV üniteleri kullanılmalıdır.



Yukarıdaki çizimde DIN 1946/4'e göre tasarlanmış bir ameliyathane klima santrali görülmektedir. "5c" olarak gösterilen son ısıtıcı bataryanın görevi ısıtma işleminden ziyade "5b" soğutma bataryası ile birlikte çalışarak nem kontrolünü sağlamaktır. Debi ölçüm ve kontrolü kolaylığı açısından radyal fan yerine "plug-fan" kullanılmıştır. Bu fanların emiş hunisi üzerinden yapılan ölçümlerle fan debisi belirlenebilmekte, bu sayede frekans konvertörlerine kumanda edilerek istenen fan debisi gerçekleştirilmektedir.

Aşağıdaki iki akış diyagramında da tek temiz odaya hizmet eden VAV terminal ünitesiz klima santrali

ile birden fazla ameliyathaneye hizmet eden VAV terminal ünitelerine sahip bir sistemin otomatik kontrol diyagramları görülmektedir.



VAV terminal ünitesi sistemlerde ünitenin görevi HEPA filtre üzerinden geçen debiyi regüle etmektir. Bu işlemi bir örnekle daha rahat açıklayabiliriz. HEPA filtre üzerinden geçen hava debisinin 2400 m³/saat olduğunu kabul edelim. HEPA filtremizin başlangıç basınç kaybı 100 Pa, tam kirlendiğinde ise 700 Pa olması halinde VAV terminal ünitesi "700-100=600 Pa" bir direnç yaratarak VAV+HEPA direncinin sabit, dolayısıyla hava debisinin sabit olmasını sağlar. Bu işlemi de bünyesindeki klapeyi oransal kontrol etmesi ile gerçekleştirir.

VAV terminal ünitesinin kalibrasyonu maksimum ve minimum olmak üzere iki değer üzerinden yapılır. Eğer kumanda sinyali olarak 2-10VDC seçilirse 10VDC kumanda sinyalinde maksimum debi olan 2400 m³/saat , 2VDC kumanda sinyalinde de minimum debi olan 1200 m³/saat ünite tarafından gerçekleştirilir.

Klima santralı birden fazla temiz odaya hizmet ediyorsa bazı odaların kullanımda, bazı odaların da kullanım dışı minimum debide olmaları olasıdır. Bu husus VAV terminal üniteleri tarafından

gerçekleştirilir. Ancak enerji tasarrufu açısından klima santrali fanlarının da frekans konvertörlü olmaları tercih edilmelidir. Bu uygulama ile debi ihtiyacı kullanım nedeniyle azaldığında üfleme kanalında artan basınç "12" numara ile gösterilen basınç hissedici eleman tarafından algılanıp analog girdi "AI" olarak BMS/DDC'ye iletilecek ve fanın devri de frekans konvertörüne gönderilen analog çıktı "AO" sinyali ile gereken tarzda değiştirilecektir.

Tek bir temiz odaya hizmet eden klima santrallerinde VAV terminal ünitesi kullanımı gerekmediğinden bu görev klima santrali tarafından yerine getirilecektir

BÖLÜM-6

Ekler

6.1. REFERANSLAR:

- 2000 ASHRAE Systems & Equipment Handbook
- VAV Systems –Trane TRC014EN.PPT, 2001
- Intro to Constant Volume And VAV Systems, Frank Moccio, Primera Engineers
- Belimo 4.NMV-D2M katalog
- Belimo VAV-Compact NMV-D2M katalog
- Belimo CR24-B1/B2/B2E/B3 katalogları
- Belimo Fan-Optimizer Sistemleri
- High-Performance VAV Systems. John Murphy, ASHRAE Journal, October-2011
- Optimized Fan Control in Variable Air Volume HVAC Systems Using Static Pressure Resets. John William Kimla, Texas A&M University
- Adapting Variable Air Volume (VAV) Systems for Office Buildings without Active Control Dampers. Mari-Liis Maripuu, 2006
- İMEKSAN, IDH-K VAV terminal üniteleri kataloğu

BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

Birim dönüşümleri için çarpımlar

Btu	x	1055,056	=	J
Btu/ft ²	x	11 356,53	=	J/m ²
Btu/ft ³	x	37 258,951	=	J/m ³
Btu/gal	x	278 717,1765	=	j/m ³
Btu/hr	x	0,2930711	=	W
Btu/lb	x	2,326	=	kJ/kg
Btu/lb.°F (özgül ısı)	x	4,1868	=	kJ/(kg.°K)
EER	x	0,293	=	COP
ft	x	0,3048	=	m
ft	x	304,8	=	mm
inç	x	25,4	=	mm
inç (civa sütunu) (15°C'ta)	x	3,3864	=	kPa
inç (su sütunu) (15°C'ta)	x	248,84	=	Pa
ft ³ /min (cfm)	x	0,471947	=	l/s
ft ³ /min (cfm)	x	1,699	=	m ³ /h
lb	x	0,453592	=	kg
psi	x	6,895	=	kPa
Kalori	x	4,186800	=	J
Kalori	x	3,968 x 10 ⁻³	=	Btu
Btu	x	0,2519958	=	Kcal

Birim dönüşümleri için çarpımlar

1-BASINÇ

psi	İnç H ₂ O	İnç Hg	atm.	mm Hg	bar	kg/cm ²	Pa
1	=27,708	=2,036	=0,068046	=51,715	=0,068948	=0,70307	=6894,8
0,036091	1	0,073483	2,4559x10 ⁻³	1,8665	2,4884x10 ⁻³	2,537x10 ⁻³	248,84
0,491154	13,609	1	0,033421	25,400	0,033864	0,034532	3386,4
14,696	407,19	29,921	1	760,0	1,01325	1,03323	101 325
0,0193368	0,53578	0,03937	1,31579x10 ⁻³	1	1,3332x10 ⁻³	1,3595x10 ⁻³	133,32
14,5038	401,86	29,53	0,98692	750,062	1	1,01972	100 000
14,223	394,1	28,959	0,96784	735,559	0,980665	1	98066,5
1,45038x10 ⁻⁴	4,0186x10 ⁻³	2,953x10 ⁻⁴	9,8692x10 ⁻⁶	7,5x10 ⁻³	10 ⁻⁵	1,0197x10 ⁻⁵	1

2- KİTLE

lb	grain	ons	kg
1	=7000	=16	=0,45359
1,4286x10 ⁻⁴	1	2,2857x10 ⁻³	6,480x10 ⁻⁵
0,0625	437,5	1	0,02835
2,20462	15432	35,274	1

3- HACİM

in ³ (cu.in)	ft ³ (cu.ft)	galon	lt	m ³
1	=5,787x10 ⁻⁴	=4,329x10 ⁻³	=0,0163871	=1,63871x10 ⁻⁵
1728	1	7,48052	28,317	0,0028317
231	0,13368	1	3,7854	0,0037854
61,02374	0,035315	0,264173	1	0,001
61023,74	35,315	264,173	1000	1

4- ENERJİ

Btu	ft-lb _f	kalori	J (W.san)	W.h
1	=778,17	=251,9958	=1055,056	=0,293071
1,2851x10 ⁻³	1	0,32383	1,355818	3,76616x10 ⁻⁴
3,9683x10 ⁻³	3,08803	1	4,1868	1,163x10 ⁻³
9,4782x10 ⁻⁴	0,73756	0,23885	1	2,7778x10 ⁻⁴
3,41214	2655,22	859,85	3600	1

5- ÖZGÜL AĞIRLIK

lb/ft ³	lb/gal	g/cm ³	kg/m ³
1	=0,13368	=0,016018	=16,018463
7,48055	1	0,119827	119,827
62,428	8,34538	1	1000
0,062428	0,008345	0,001	1

6- ÖZGÜL HACİM

ft ³ /lb	gal/lb	cm ³ /g	m ³ /kg
1	=7,48055	=62,428	=0,062428
0,13368	1	8,34538	0,008345
0,016018	0,119827	1	0,001
16,018463	119,827	1000	1

7- SICAKLIK DÖNÜŞÜMLERİ

		°K	°C	°R	°F
Kelvin	x °K=	X	X - 273,15	1,8X	1,8X - 459,97
Celsius	x °C=	X + 273,15	X	1,8X + 491,67	1,8X - 32
Rankin	x °R=	X/1,8	(X-491,67)/1,8	X	X - 459,97
Fahrenheit	x °F=	(X + 459,67)/1,8	(X-32)/1,8	X + 459,67	X

PSİKROMETRİK DİYAGRAM

YÜKSEKLİK : Deniz seviyesinden 0 metre
BASINÇ : 101.325 Pa

h	= entalpi (kJ/kg _a)
t_{db}	= kurutma noktası sıcaklığı (°C)
t_{wb}	= ısı birimsizlik sıcaklığı (°C)
v	= özgül hacim (m ³ /kg _a)
x	= nemlilik oranı (g _a /kg _a)
ϕ	= nemlilik oranı (%)
Q_{sens}	= duyarlı ısı (QJ/h veya kCal/h veya Watt)
Q_{tot}	= toplam ısı (QJ/h veya kCal/h veya Watt)
Δh	= entalpi farkı (kJ/kg _a)
Δx	= nemlilik oran farkı (g _a /kg _a)

1 kJ = 0.238846 kCal
 1 Watt = 0.86 kCal/h

