

DEPLASMANLI HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

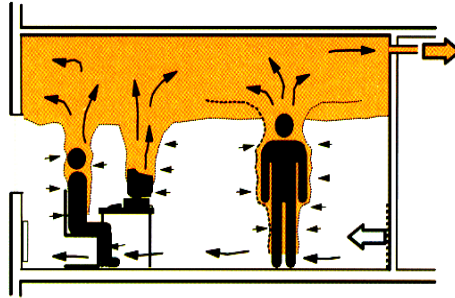
İbrahim BİNER

1. ÖZET:

Günümüzün modern hava dağıtım tekniklerinden biri olan Deplasmanlı Havalandırma Sistemleri, bu çalışmada detaylı bir şekilde incelenmeye çalışılacaktır. Çalışma endüstriyel olmayan ortamlar için yapılmıştır.

2. GİRİŞ :

Kısaca tanımlama ile DH Sistemlerinde şartlandırılmış hava, ortama döşeme kotu civarından verilmekte ve tavan kotundan emilmektedir. Amaç, insan baş yüksekliği civarı olarak tanımlanan "yaşam bölgesi" 'nde (occupied zone) gereken konfor şartlarının sağlanması ve bu arada hava kalitesinin en iyi düzeye eriştirilmesidir.



Şekil 1. Deplasmanlı Havalandırma Sistemi [1]

Alternatifi olan karışımli hava dağıtım sistemlerine göre, özellikle restaurantlar, toplantı odaları, sınıflar, konferans salonları, tiyatrolar, süpermarketler ve havaalanları gibi yüksek tavan kotları olan yerlerde çok daha iyi sonuçlar alınmaktadır.

DH Sistemlerinin, genellikle aşağıda belirtilen durumlarda uygulanması tercih edilmektedir.

- Havayı kirleten unsurların, ortam şartlarına göre daha sıcak ve/veya hafif olduğu ortamlarda;
- Ortama verilen havanın, ortamdaki daha soğuk olmasında bir mahzur bulunmayan yerlerde;
- Tavan yüksekliği 3 m'den daha yüksek mahallerde;
- Oda büyüklüğüne oranla çok fazla hava debisi ile koşullandırmanın gerektiği uygulamalarda;

Buna karşın hava kalitesinin çok fazla önemsenmediği uygulamalarda genellikle karışımli hava dağıtım sistemlerinin sıklıkla uygulandığı görülmektedir. Aşağıdaki durumlarda DH Sisteminin uygulanması tercih **edilmemelidir.**

- Hava kalitesi kavramının önemsenmediği, ana sorunun sıcaklık olduğu uygulamalarda;
- Tavan yüksekliğinin 2,3 m'den daha az olduğu mahallerde;
- Havayı kirleten unsurların ortam şartlarına göre daha soğuk ve/veya ağır olduğu ortamlarda;
- Isıtmanın hava ile yapılması istenen mahallerde;

Diğer Sistemlere Göre Güçlü Olunan Noktalar

- Yaşam bölgesinde (occupied zone) istenen bir dizayn sıcaklığında daha düşük soğutma yüklerine ihtiyaç gösterir;
- Yılın daha uzun bir diliminde free cooling olanağı sağlar;
- Yaşam bölgesinde mükemmel bir hava kalitesi yaratır;

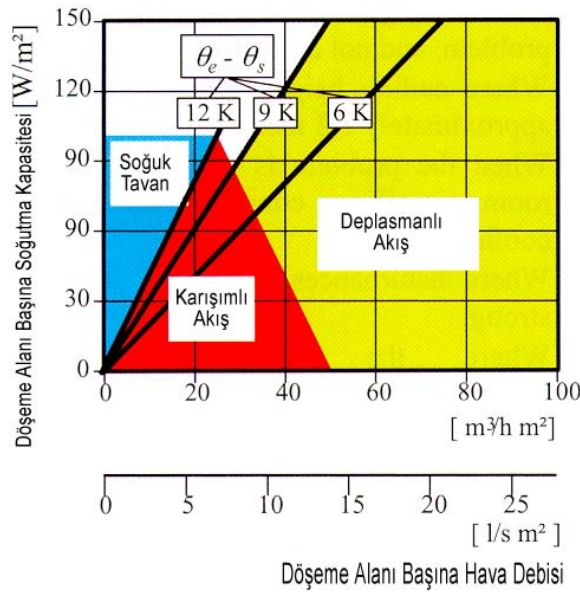
Zayıf Olunan Noktalar

- Döşeme kotu civarında istenmeyen hava akımları oluşabilir. Bunu engellemek için doğru projelendirme ve difüzörler önünde gereken mimari önlemlerin alınması gerekir;
- Çok daha fazla difüzör yüzeyleri gerektirdiğinden mimaride dikkat gerektirir;

2.1. Hangi Durumlarda Hangi Sistem Uygulanmalı?

Şekil 2'de, istenmeyen hava akımlarının (draught) oluşmaması için hangi hava dağıtım sisteminin uygulanması gerektiği görülmektedir. Buna göre;

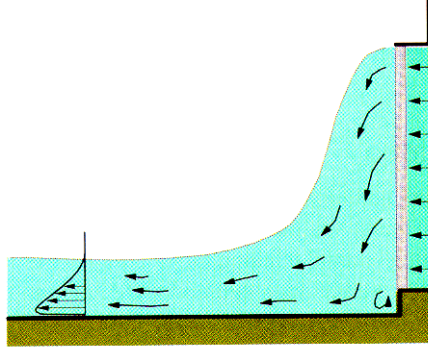
- Çok yüksek hava debileri için DH Sistemi rahatlıkla kullanılabilir. Ancak bu durumda difüzörler için uygun alanlar yaratılmalıdır. Döşeme tipi difüzörler alternatif olarak kullanılabilir.
- Hava debileri yaklaşık $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 'ye kadar ve soğutma yükleri $60 \text{ W}/\text{m}^2$ veya daha üzeri uygulamalarda yaygın olarak karışimli hava dağıtım sistemleri (mixing ventilation) kullanılmaktadır. (Şekildeki kırmızı üçgen)
- Daha büyük soğutma yüklerinde ve küçük hava debilerinde karışimli hava dağıtım sistemleri ve soğuk tavan sistemi beraber uygulanabilir.



Şekil 2. Değişik hava debileri ve ısı kazançları için öngörülen havalandırma sistemleri [2]

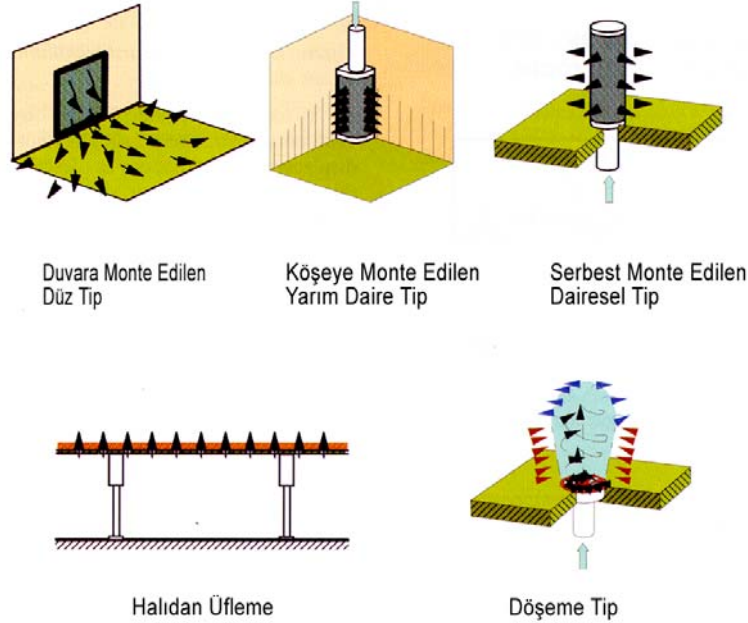
2.2. Difüzör Seçimi – En Önemli Faktör!

Uygulamalardan gelen istenmeyen hava akımları (draught) problemlerinin başlıca nedeni, yetersiz difüzör seçimidir. Düşük sıcaklık farkları için (oda sıcaklığı – üfleme sıcaklığı) seçilen bir difüzör, yüksek sıcaklık farkı ile çalıştırılırsa, döşeme kotunda hava akımı problemine neden olur. (Şekil 3) Dolayısıyla uygulamalarda, teknik değerleri laboratuvar ortamında ölçülerek verilmiş iyi bilinen imalatçıların uygun difüzör tipleri kullanılmalıdır.



Şekil 3. Doğru seçilen bir difüzörde istenmeyen hava hareketlerinin olduğu bölge çok daha sınırlıdır.

Standart olarak imal edilen birçok difüzör tipi bulunmaktadır. En çok kullanılan tip, duvar içinde entegre edilen difüzördür. Bunun dışında duvar üzerinde veya köşesinde kullanılan tipler olduğu gibi döşeme üzerinde serbest olarak konulan veya döşeme içine gizlenen tipler de mevcuttur. Hatta bazı uygulamalarda yükseltilmiş döşeme üzerindeki halının kendisi de difüzör olarak kullanılabilir, ancak bu durumda döşemenin temiz olması gerektiğinden birçok uygulamada tercih edilmez. (Şekil 5)



Şekil 5. Bazı standart difüzör tipleri

2.3. Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Dikkat edilmesi gereken en önemli husus, döşeme seviyesinde bulunan havanın sıcaklığıdır. Paratikte ortama verilen hava, ortam sıcaklığından daha düşük olduğundan, seçilecek difüzörün üfleme havası ile ortam havasını doğru oranda karıştırmaları gerekir. Ayrıca özellikle yüksek indüksiyon oranı ile tasarlanmış mahallerde, difüzör yüzeylerine yakın bölgelerde hava hızının problem yaratmamasına dikkat edilmelidir.

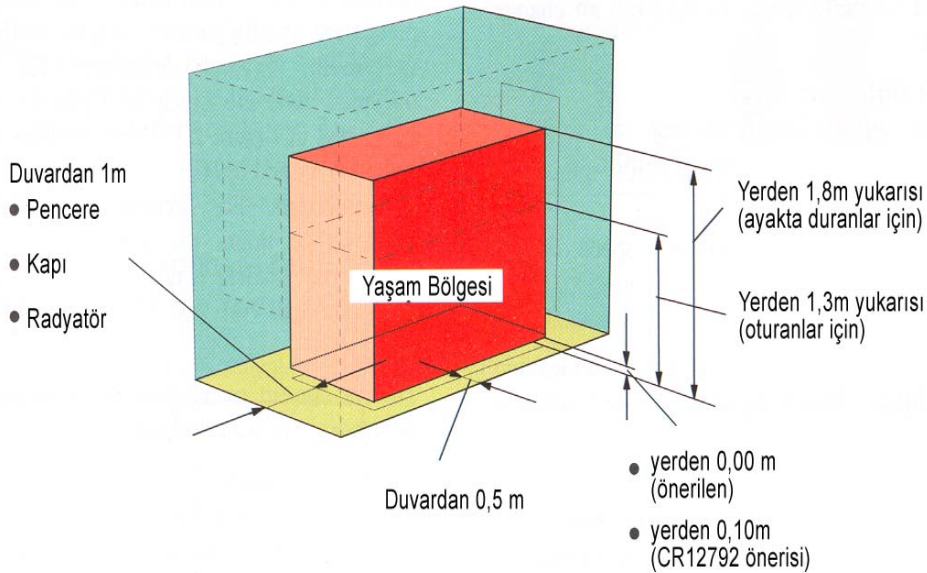
2.4. Yaşam Bölgesi (Occupied Zone)

Klimatize edilen mahallerde, insanların sürekli olarak işgal ettikleri, bir başka deyişle mahal içerisinde çoğunlukla bulunmaları gereken bölgeye "yaşam bölgesi" denmektedir. (occupied zone) Avrupa Normlarında bu alan Tablo 1'de tanımlandığı gibidir. Ayrıca Şekil 6'da üç boyutlu olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Yaşam bölgesi tanımında insanlar ve çeşitli iç oda elemanlarından olan uzaklıklar

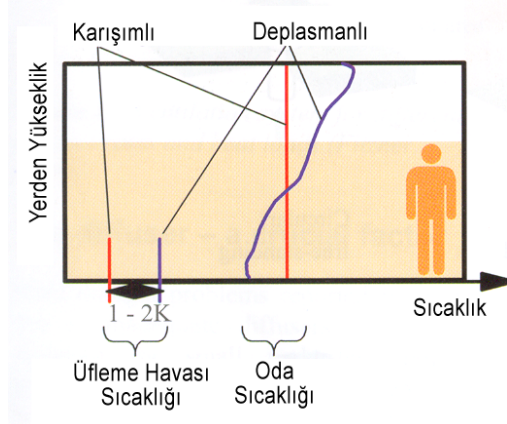
Oda Elemanı	Oda elemanının iç yüzeyinden olan uzaklık (m)	
	Tipik değer	CR 12792'de tanımlanan
Dış pencereler, kapılar ve radyatörler	0,5 – 1,5	1,0
Dış ve iç duvarlar	0,25 – 0,75	0,5
Döşeme (Alt sınır)	0,00 – 0,2	0,00***
Döşeme (Üst sınır)	1,30* - 2,0**	1,8

- * Ağırlıklı oturulan bölgeler için
 ** Ağırlıklı ayakta durulan bölgeler için
 *** prEN 13799'dan sapma



Şekil 6. Yaşam bölgesinin (occupied zone) gösterimi

DH Sistemlerinde ortam sıcaklığı döşemeden tavana doğru artış gösterir. Bunun anlamı, yaşam bölgesinin odanın en soğuk bölgesi olmasıdır. Karışımli hava dağıtım sistemleri ile karşılaştırıldığında üfleme havası sıcaklığı ortam sıcaklığından tavan yüksekliği 3 m'ye kadar olan mahallerde 1-2 K, daha yüksek mahallerde 4 K'e kadar daha düşük olmaktadır. (Şekil 7)

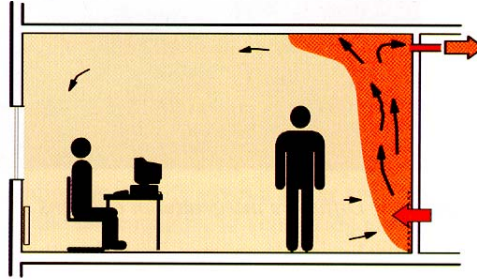


Şekil 7. Deplasmanlı ve karışımli havalandırma sistemlerinde tipik düşey sıcaklık dağılımı

Böylece yıl boyunca free cooling yapılabilme dönemi çok daha uzun olduğundan toplamda daha az enerji tüketimi sağlanır.

2.5. Isıtma

Eğer bir mahal, ortama verilecek hava ile ısıtılmak zorunda ise DH Sistemi kesinlikle kullanılamaz. Ortamdan daha sıcak üflenen hava, yoğunluğunun daha az olması sebebiyle tabaka halinde hemen yükselecek ve dönüş menfezine kısa devre olacaktır. (Şekil 8) Dolayısıyla üflenen havanın çok az kısmı yaşam bölgesine ulaşacağından gereken ısıtma ihtiyacı karşılanamayacaktır.



Şekil 8. Üfleme havası sıcaklığının ortam sıcaklığından yüksek olması durumunda kısa devre oluşur.

3. DEPLASMANLI HAVALANDIRMA SİSTEMİ HAKKINDA TEMEL BİLGİLER

Bu bölümde, DH Sistemi uygulanan bir mahalde sıcaklık gradyeninin ve kirletici konsantrasyonunun hesaplanmasıyla ilgili kriterler verilmeye çalışılacaktır. Ana konu başlıkları olarak;

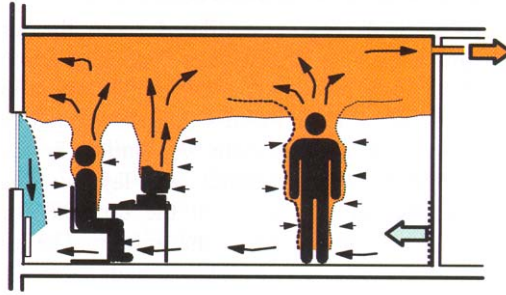
- Hava akışı
- Sıcaklık dağılımı
- Konveksiyon akışları;
- Kirlilik dağılımı;
- Isıl konfor konuları ele alınacaktır;

3.1 Deplasmanlı Havalandırma Prensibi

İklimlendirilen bir mahalde hava akışı başlıca iki şekilde olur. Karışımli (seyreltilerek) veya deplasmanlı. Karışımli akışta üfleme havası ile mahal havası tamamen karışır ve böylece kirlilik konsantrasyonu tüm mahalde üniform hale gelir. Deplasmanlı akışta ise ortama verilen hava, yoğunluk farkı nedeniyle döşeme kotunda bir katman oluşturur. Bu nedenle hava kalitesi, karışımli akışa göre çok daha iyidir.

DH Sistemleri, yüksek ısı kazancı olan endüstriyel mahallerde yıllardır kullanılmaktadır. 80'li yılların ortalarından bu yana, özellikle İskandinav ülkelerinde, endüstriyel olmayan mahallerde de kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda ise bu sisteme tüm dünya ülkelerinde ilgi çok artmıştır. Bu sistem, mahal içerisindeki sıcaklık ve havalandırma etkenliğinin iyileştirilmesi yönünde çok avantajlı fırsatlar vermiştir.

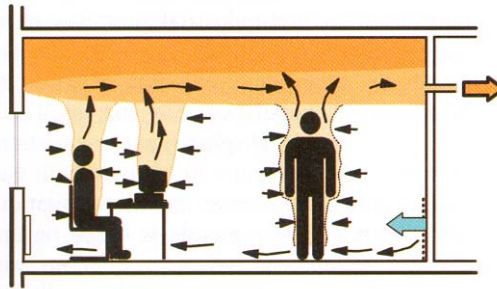
Prensip, mahal içerisinde havanın yoğunluk farkı nedeniyle iki ayrı katman yaratmaya dayanır. Nispeten sıcak ve kirliliği üst katman ile soğuk ve temiz alt katman. (Şekil 9) Bunu sağlamak için ortama döşeme seviyesinde çok düşük hız ve sıcaklık farkında hava verilir ve tavan seviyesinden emilir. Mahal içerisinde bulunan ısı kaynaklarının (insanlar, bilgisayarlar vs.) oluşturduğu serbest konveksiyon nedeniyle, ısı kaynakları üzerinde dikey hava hareketleri başlar. Bu ısı kaynakları aynı zamanda kirlilik kaynakları ise, bu dikey hava hareketleri kirliliği de taşıyacağından daha sıcak ve kirliliği hava yukarıya doğru yükselir.



Şekil 9. Deplasmanlı havalandırma sistemi uygulanmış bir mahaldeki hava akımının şematik gösterimi

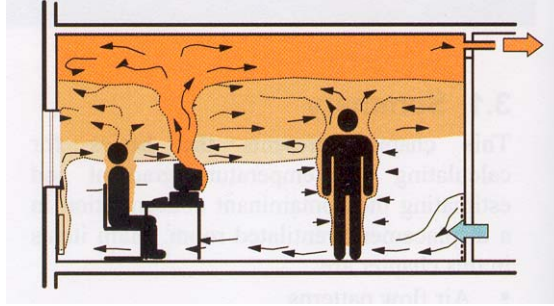
3.2 Hava Akış Eğrileri

DH Sistemi uygulanan bir mahaldeki hava akış eğrileri; ısı kaynakları üzerindeki konveksiyon akımları ve mahal içerisinde bulunan soğuk yüzeyler tarafından yönlendirilir. Bu sistemin temelde ayırıcı özelliği, hava katmanları oluşturmasıdır. En sıcak katman en üst katta, en soğuk ise en altta bulunur. Hava, yatay hava katmanları arasında rahatça hareket eder ancak katmanlar arasında geçiş olması için daha güçlü bir kuvvet gerekir. Şekil 10'da da görüldüğü gibi dönüş menfezinin konumlandırıldığı yer en sıcak ve/veya en kirliliği bölge olmak zorundadır ki bu fiziksel olarak yoğunlukla en yüksek kotta olur.



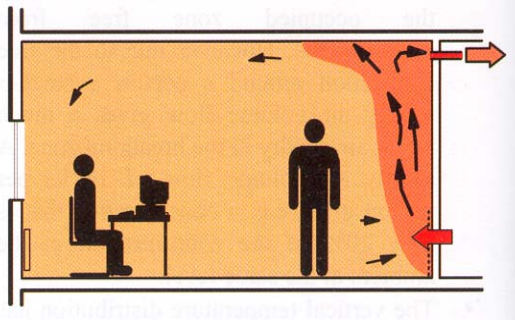
Şekil 10. Yatay hava akımları

Dikey hava akımları ise, sıcak ısı kaynakları üzerindeki konveksiyon sayesinde ve soğuk yüzeyler üzerinde oluşur. Sıcak ısı kaynakları (insanlar, bilgisayarlar, lambalar vs.), üzerlerinde yukarıya doğru hareketlenen konveksiyon akımları yaratırlar. (Şekil 11.) Isı kaynağının gücü ve geometrisine bağlı olarak bu akımlar tavana kadar direk yükselebilir veya tavana ulaşmadan önce bir kotta durgun hale gelebilir.



Şekil 11. Konveksiyon nedeniyle oluşan dikey hava akımları

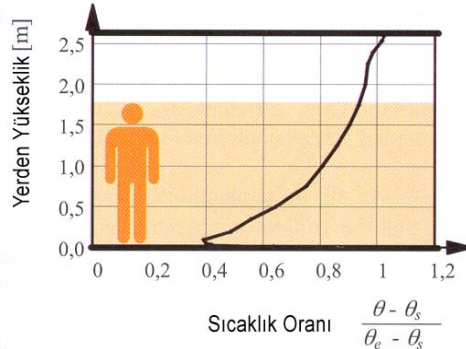
Mahalde bir ısı kazancı söz konusu olduğu sürece bilindiği gibi mahale verilen hava sıcaklığı, mahal sıcaklığından daha düşük olmak zorundadır. Eğer tam tersi olursa, yani verilen hava sıcaklığı daha yüksek olursa, Şekil 12'de görüldüğü gibi kısa devre oluşacaktır. Bununla beraber oluşan kısa devre akımı, odanın geri kalanında bir miktar sirkülasyon yarattığından, bazı uygulamalarda bu yöntemle mahalde, kullanım saatinden önce bir miktar ısıtma yapılmaktadır.



Şekil 12. Üfleme havası sıcaklığının ortam sıcaklığından fazla olması kısa devreye sebep olur.

3.3 Sıcaklık Dağılımı

DH Sistemlerinde soğuk hava yaşam bölgesine (occupied zone) direk verildiğinden döşeme seviyesinde istenmeyen hava akımlarının (draught) oluşma potansiyeli mevcuttur. Buna ilaveten yoğunluk nedeniyle ortam içinde oluşan hava katmanları konforsuzluğa neden olabilir. Bununla birlikte Şekil 13'de görüldüğü gibi sıcaklık dağılımı oda yüksekliği boyunca, difüzör bölgesi hariç çok fazla değişim göstermemektedir.



Şekil 13. DH Sistemi uygulanan bir mahaldeki düşey sıcaklık dağılımı.

3.3.1 Döşeme Seviyesindeki Sıcaklık

Döşeme seviyesinden ortama verilen hava sıcaklığı, indüksiyon ve konveksiyon nedeniyle yükselir. Döşeme seviyesindeki sıcaklığın boyutsuz gösterimi şöyledir:

$$K = \frac{\theta_f - \theta_s}{\theta_e - \theta_s} \quad (1)$$

θ_f : Döşeme seviyesindeki hava sıcaklığı

θ_s : Ortama verilen hava sıcaklığı

θ_e : Dönüş havası sıcaklığı

Toplam sıcaklık farkı, hava debisiyle birlikte ortamdaki uzaklaştırılan ısı miktarını belirler:

$$q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_e - \theta_s) \cdot 10^{-3} = \Phi_{\text{tot}} \quad (2)$$

q_v : Hava debisi (ℓ/s)

ρ : Hava yoğunluğu = $1,2 \text{ kg/m}^3$

c_p : Havanın özgül ısısı = 1000 J/kg K

Φ_{tot} : Ortamdan uzaklaştırılan ısı (W)

Literatürde aşağıdaki denklem, döşeme seviyesindeki boyutsuz sıcaklığın tahmin edilmesinde kullanılır. [3]

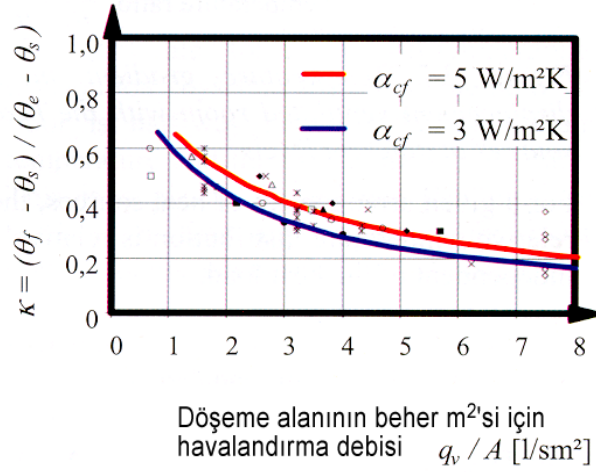
$$K = \frac{1}{\frac{q_v \cdot 10^{-3} \cdot \rho \cdot c_p}{A} \left[\frac{1}{\alpha_r} + \frac{1}{\alpha_c} \right] + 1} \quad (3)$$

A : Döşeme alanı (m^2)

α_r : Radyasyon etkisiyle oluşan ısı transfer katsayısı ($\sim 5 \text{ W/m}^2\text{K}$)

α_c : Konveksiyon etkisiyle oluşan ısı transfer katsayısı ($\sim 4 \text{ W/m}^2\text{K}$)

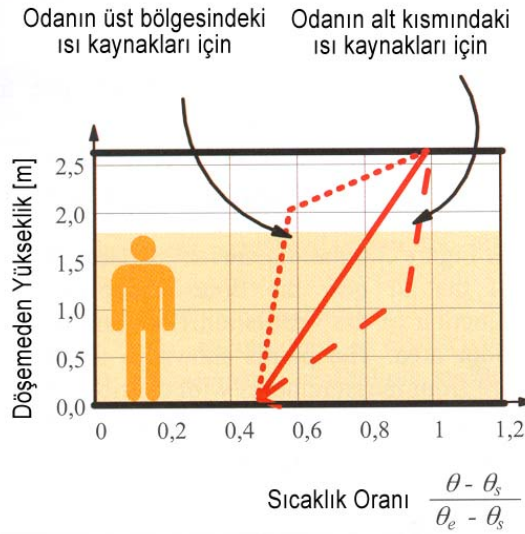
Şekil 14'de döşeme seviyesindeki boyutsuz sıcaklığın, döşeme alanının her bir m^2 'si için belirlenen hava debisinin bir fonksiyonu olarak gösterimi yer almaktadır. Şekilde görülen noktalar, mahalde yayılı ısı kaynağı olarak bulunan 11 noktanın ölçümlerini göstermektedir. [4]



Şekil 14. Döşeme seviyesindeki boyutsuz sıcaklığın, döşeme alanının her bir m²'si için belirlenen hava debisinin bir fonksiyonu olarak gösterimi

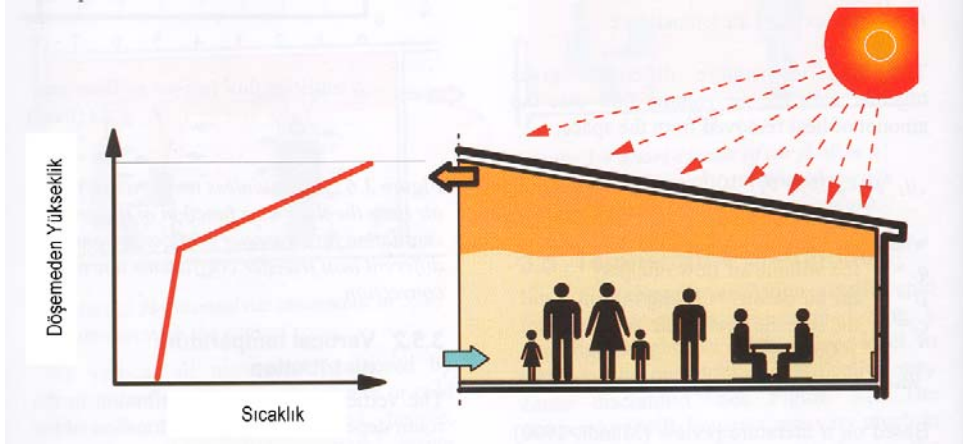
3.3.2 Düşey Sıcaklık Dağılımı

Düşeyde oluşan sıcaklık dağılımı, ısı kaynaklarının düşeydeki lokasyonu ile yakından ilintilidir. Eğer ısı kaynakları mahalın alt zonunda bulunuyorsa sıcaklık gradyeni alt zonda daha büyük olur ve bu durumda üst zonda sıcaklık daha stabildir. Öte yandan bunun tersi durumda sıcaklık gradyeni alt zonda daha küçük olur ve üst zonda gittikçe büyür. (Şekil 15)



Şekil 15. Değişik seviyelerdeki ısı kaynakları için oluşan sıcaklık gradyenleri

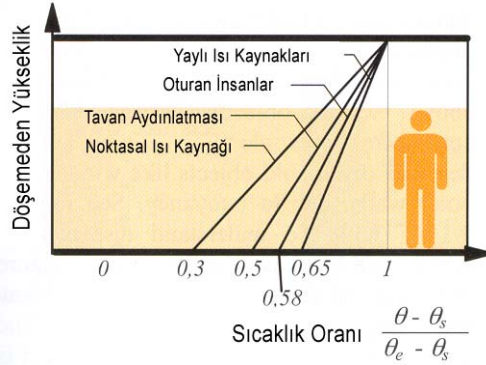
İç ısı kaynakları belli olan bir mahalde sıcaklık dağılımı, dış ısı kazançlarından bağımsızdır. Sıcaklık gradyenini etkileyen en güçlü faktör, ısı kazancının mahaldeki konumu, yani yüksekliğidir. Örneğin ısı kazancı en çok çatıdan olan bir mahalde, sadece yaşam bölgesinin DH Sistemi ile klimatize edilmesi yeterlidir (Şekil 16)



Şekil 16. DH Sisteminin verimli olduğu bir örnek.

Bununla beraber, döşeme kotundaki hava sıcaklığı θ_f ve düşey sıcaklık gradyeni sadece hava debisi ve soğutma yükünün bir fonksiyonu değil, aynı zamanda mahaldeki ısı kaynaklarının tipinin de bir fonksiyonudur.

Nielsen (1996) ve Brohus ve Ryberg (1999)'in çalışmalarına göre döşeme seviyesindeki bağıl sıcaklık **K** (Bakınız Denklem 1), çeşitli ısı kaynakları tipleri için 0,3 ile 0,65 arasındadır. (Şekil 17)



Şekil 17. Değişik ısı kaynakları için düşey sıcaklık dağılımları

Bir adet yoğun bir yük için, örneğin endüstriyel bir mahaldeki küçük bir fırın için **K** değeri **0,3**'tür. Tavan aydınlatması, döşeme yüzeyine radyasyon yoluyla ısı iletimi yaptığından düşey sıcaklık gradyeni oluşturur ve döşeme seviyesindeki değeri **K = 0,5**'dir.

İnsanların ağırlıklı ısı kazancını oluşturdukları mahallerde **K** değeri **0,58** değerini almaktadır. Eşit olarak yayılı yük bulunan mahallerde ise **K = 0,65**'dir.

Şekil 17'de; düşey sıcaklık dağılımının, yüksekliğin lineer bir fonksiyonu kabul edilerek bulunan çeşitli sıcaklık gradyenleri görülmektedir. Eğer mahalde birçok farklı ısı kaynakları mevcut ise "**%50 kuralı**"nın uygulanması tavsiye edilir (Bölüm 3.4)

3.3.3 Sıcaklık Etkenliği

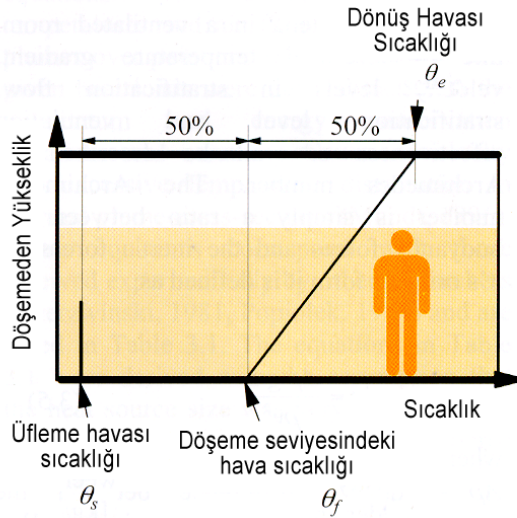
Dönüş havası sıcaklığı (egzost havası), yaşam bölgesindeki ortam havası sıcaklığından daha yüksek olduğundan sıcaklık etkenliği tanımı şöyle yapılmaktadır.

$$\epsilon_{\theta} = \frac{\theta_e - \theta_s}{\theta_{oz} - \theta_s} \quad (4)$$

θ_{oz} : Yaşam bölgesindeki ortalama hava sıcaklığı

3.4 Sıcaklık Dağılımı İçin Pratik Yaklaşımlar

Şekil 13 ve 15’de görüldüğü gibi mahalde sıcaklık yükseklik ile artmakta, sıcaklık profili de ısı kaynaklarının mahaldeki yerine ve şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Birçok pratik uygulamada sıcaklık profilinin, Şekil 18’de gösterildiği şekilde olduğu kabul edilebilir.



Şekil 18. Düşey sıcaklık dağılımı için “%50 kuralı”

Düşey sıcaklık dağılımı için “%50 kuralı” bize şunu söyler: Döşeme seviyesindeki hava sıcaklığı, üfleme sıcaklığı ve dönüş sıcaklığının toplamının yarısıdır. Bu kural, birçok normal oda ve normal difüzör için ilk yaklaşım olarak kullanılabilir.

Normalden yüksek tavan yüksekliği olan mahallerde bu fark, %50’nin altındadır. Bu gibi mahallerde ise “%33 kuralı” uygulanabilir.

3.5 Arşimed Sayısı

DH Sistemi uygulanan bir mahalde düşey sıcaklık gradyeninin oluşması; hava katmanları arasındaki hız seviyeleri, hava katmanlarının oluşması ve havalandırma etkenlikleri gibi birçok olay Arşimed Sayısı ile tanımlanabilir. Arşimed Sayısı, basitçe sınır tabaka kuvvetleri ile eylemsizlik kuvvetlerinin arasındaki oran olarak tanımlanır. Formül, orijinalinde şöyledir:

$$A_r = \frac{\Delta\rho \cdot g \cdot L}{\rho \cdot V^2} \quad (5)$$

$\Delta\rho$: Sıcak ve soğuk hava arasındaki yoğunluk farkı (kg/m^3)

g : Yerçekimi ivmesi = 9.81 m/s^2

L : Karakteristik uzunluk (m)

ρ : Hava yoğunluğu (kg/m^3)

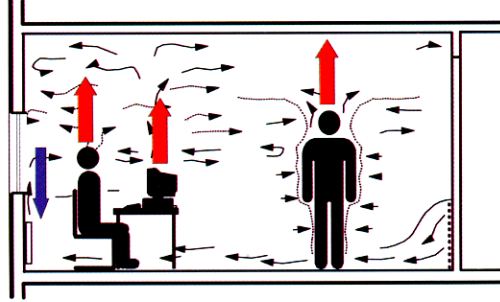
V : Karakteristik hava hızı (m/s)

Arşimed Sayısı birçok formda ifade edilebilir ancak aşağıdaki temel kavramlar hepsinde aynıdır:

- Yüksek Arşimed Sayısı, sınır tabaka kuvvetlerinin baskın (dominant) olduğunu gösterir.
- Düşük Arşimed Sayısı ise eylemsizlik kuvvetlerinin (hızlarının) baskın olduğunu gösterir.

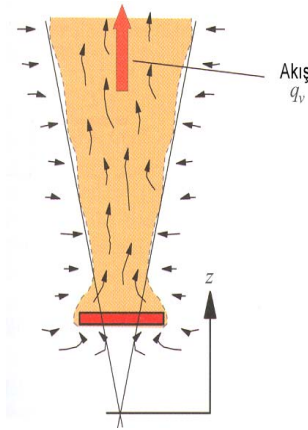
3.6 Konveksiyon Akımları

Doğal konveksiyon akımları, DH Sistemlerinin itici gücünü oluştururlar. Bir nevi sistemin motorudurlar. Doğal konveksiyon akımı, havanın sıcak yüzeyler ve/veya cisimler üzerinden yükselmesi, soğuk yüzeyler ve/veya cisimler üzerinden de aşağıya doğru hareket etmesidir. (Şekil 19)



Şekil 19. Konveksiyon akımları – sistemin itici gücü

DH Sisteminin anlaşılması için öncelikle doğal konveksiyonun doğasının ve bu akımların büyüklüğünün anlaşılması gerekir. Sıcak bir cismin üzerinden yükselen konveksiyon akımı, sıcak bir hacim oluşturur. Buna İngilizce literatürde “**thermal plume**” veya kısaca “**plume**” denilmektedir. Türkçe tam karşılığı sözcük bulunmakta zorluk çekildiğinden bu kavram İngilizce orijinali ile kullanılmaya devam edilecektir (Şekil 20)



Şekil 20. Yatay bir ısı kaynağı üzerinde oluşan “plume”

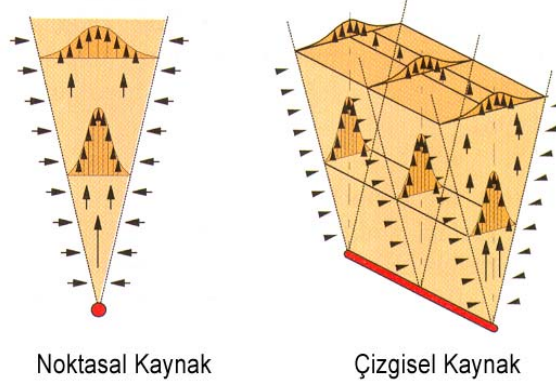
Isı kaynakları üzerinde ve dikey yüzeyler üzerinde oluşan konveksiyon akımlarının (plume) içindeki sıcaklık ve hızların incelenmesi için ampirik, analitik ve bilgisayar destekli akışkanlar dinamiği yöntemleri kullanılmaktadır.

Pratikte her türlü “plume” akışı türbilanslı akıştır ve türbilanslı akışlar için kullanılan kanunlar kullanılarak teorik incelemeler yapılır.

Konveksiyon akımları içerisindeki hava miktarı, yükseklikle birlikte artar. Bu hava miktarının büyüklüğü, ısı kaynağının sıcaklık ve geometrisine bağlı olduğu gibi, onu çevreleyen mahal sıcaklığına da bağlıdır. Konveksiyon akımını harekete geçiren itici güç, yoğunluk farkı nedeniyle oluşan sınır tabakası gücü olduğundan, oda içerisindeki sıcaklık gradyanı, “plume” yüksekliğini etkiler.

3.6.1 Nokta ve Çizgi Isı Kaynakları

Nokta ve çizgi şeklindeki ısı kaynakları üzerinde oluşan konveksiyon akımları (plume), yıllarca incelenmiştir. (Şekil 21)



Şekil 21. Noktasal ve çizgisel kaynaklar üzerinde oluşan “plume”

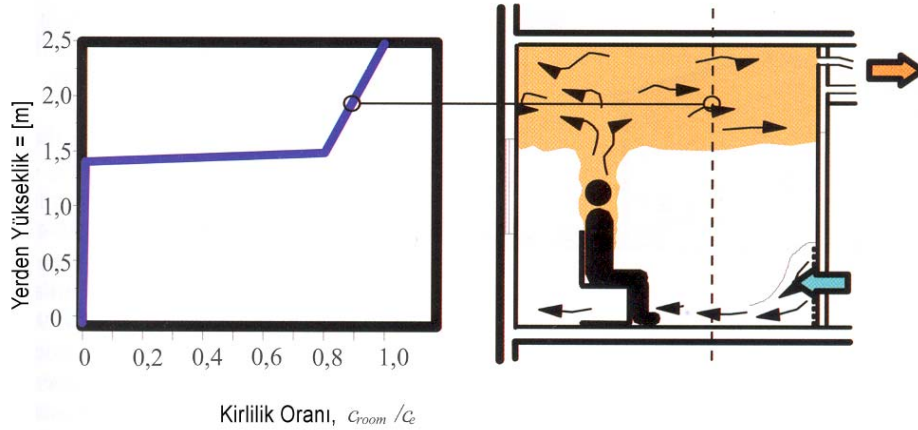
Bu yaklaşımların sonucunda çok detaylı olarak teorik araştırmalar yapılmış ve gerçek hayatta çeşitli ısı kaynakları için oluşan konveksiyon akımları için bazı modellemelere ulaşılmıştır.

Bu çalışma içinde, konunun bu teorik tarafına yer verilmeyecektir.

3.7 Kirlilik Dağılımı

DH Sistemi uygulanmış bir mahaldeki kirlilik dağılımı, kirlilik kaynaklarının pozisyonuna ve ısı kaynağının aynı zamanda bir kirlilik kaynağı olup olmadığına bağlıdır.

İdeal durumda, tüm kirleticiler konveksiyon akımları sayesinde mahalin üst zonuna taşınırlar.(Şekil 22)

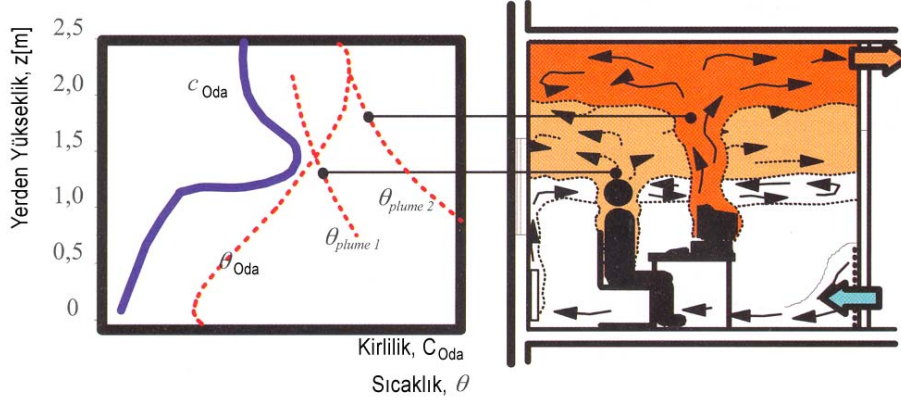


Şekil 22. Sıcak kirlilik kaynakları bulunan bir uygulamadaki kirlilik dağılımının şematik gösterimi

Eğer kirlilik kaynakları soğuk ve döşeme seviyesinde düzgün olarak yayılı ise, kirlilik dağılımı, Şekil 18'de görülen sıcaklık dağılımı gibi olacaktır. [5]

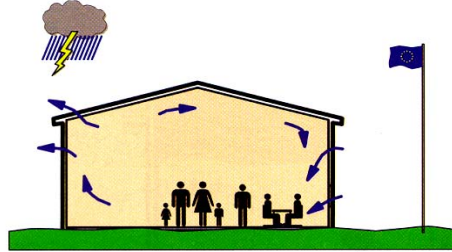
Bununla birlikte eğer kaynak çok zayıf ise, konveksiyon akımları düşük kotlarda yeterli olmadığından kirlilik yaratan partiküller bu seviyede asılı kalacak, ancak daha güçlü konveksiyon akımlarının indirekt

etkileriyle ve yavaşça üst zona taşınabilecektir. (Şekil 23) Kirlilik konsantrasyonu, aşağı doğru olan konveksiyon akımlarından da şüphesiz etkilenecektir. Özellikle kış sezonunda, izolasyonu zayıf dış duvarların yüzeyinde aşağı doğru konveksiyon akımlarının oluşması kaçınılmazdır. Ancak her halükarda mahalde pozitif konsantrasyon gradyeni olduğu sürece, yaşam zonundaki kirlilik konsantrasyonu, karışımli havalandırma sistemlerine oranla daima daha az olacaktır.



Şekil 23. Kirlilik kaynağının (insan) en sıcak kaynak olmadığı uygulamadaki kirlilik dağılımının şematik gösterimi

İzolasyonu zayıf bir çatı detayı, aynen izolasyonu zayıf dış duvarlardaki gibi, kış sezonunda konsantrasyon gradyenini, aşağı doğru oluşan konveksiyon akımları nedeniyle azaltacaktır. (Şekil 24) Buna karşılık çatısı güneş tarafından ısıtılan bir yapıda üst zon ısıtıldığı için DH Sisteminin çalışmasına olumlu katkısı olur. (Şekil 16)



Şekil 24. Sızdırmazlığı ve izolasyonu kötü bir yapıda DH Sisteminin etkinliği azalır, daha çok karışım havalı sisteme benzer

3.8 Havalandırma Etkenliği

Havalandırma etkinliği için çeşitli tanımlar yapılmıştır. Havalandırma verimini tanımlarken şu iki kavram birbirinden ayrılmalıdır.

Kirleticilerin Ortamdan Uzaklaştırılma Etkenliği (ϵ_c)

Mahalde uçuşkan halde bulunan kirleticilerin hangi hızda mahalden uzaklaştırıldığı ölçüsüdür.

Hava Değişim Verimliliği (ϵ_a)

Mahaldeki havanın değişim hızının ölçüsüdür.

DH Sistemi uygulanan bir mahalde hava değişim verimi genelde karışimli havalandırma sistemlerinden daha yüksektir. ($\epsilon_a = \%60 - 70$ DH Sistemleri için, $\epsilon_a = \%50$ Karışimli havalandırma sistemleri için) [6]

DH Sistemlerinde havalandırma etkinliğinin en uygun tanımlamaları bir sonraki bölümlerde yapılmıştır.

3.8.1 Kirleticilerin Ortamdan Uzaklaştırılma Etkenliği

Kirleticilerin Ortamdan Uzaklaştırılma Etkenliği aşağıdaki formülle tanımlanır:

$$\epsilon_c = \frac{C_e - C_s}{C_{ort} - C_s} \quad (6)$$

C_e : Dönüş havasındaki kirlilik konsantrasyonu

C_s : Üfleme havasındaki kirlilik konsantrasyonu

C_{ort} : Oda içindeki ortalama kirlilik konsantrasyonu

Yaşam bölgesinde (occupied zone) ise şöyle tanımlanır.

$$\epsilon_c = \frac{C_e - C_s}{C_{oz} - C_s} \quad (7)$$

C_{oz} : Yaşam bölgesi içindeki ortalama kirlilik konsantrasyonu

3.8.2 Kişisel Maruz Kalma İndeksi

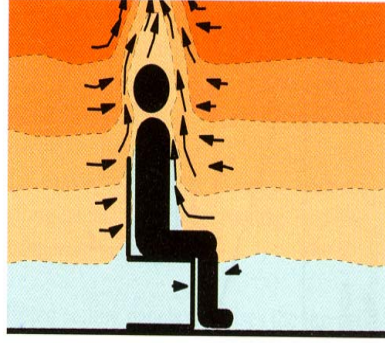
Kişilerin etrafındaki termal akış ve kişilerin kendi hareketlerinden oluşan hava akışı içinde, kişilerin solunumuna direk giren kirlilik konsantrasyonu tanımlanabilir. Bu değer, ortam içindeki baş seviyesinde ve kişilerin olmadığı bir ortamda ölçülen kirlilik konsantrasyonundan çok farklıdır.

Brohus and Nielsen (1996), tarafından bu kirlilik konsantrasyonu, “**Kişisel maruz kalma indeksi**” olarak şu şekilde tanımlanmıştır. [7]

$$\epsilon_{exp} = \frac{C_e - C_s}{C_{exp} - C_s} \quad (8)$$

C_{exp} : Solunumla alınan konsantrasyon

Baş seviyesinden daha aşağıda temiz hava katmanı oluşturmak mümkündür. Böylece bölgesel olarak ölçülen havalandırma indeksinden çok daha yüksek kişisel maruz kalma indeksi elde edilmiş olur. Zira kişilerin üzerinde oluşan konveksiyon akımları nedeniyle temiz hava alt zondan üst zona doğru yükselir. (Şekil 25)



Şekil 25. Kişinin etrafındaki termal konveksiyon akımları, nefes alma bölgesinde daha temiz bir hava oluşmasını sağlar

Yaşam zonu içerisindeki hava akımlarında ve kişilere yakın kirletici kaynakları olan bölgelerde yapılan kişisel maruz kalma indeksi ölçümlerinde çok düşük değerler elde edilmiştir.

3.9 Bazı Sınırlamalar

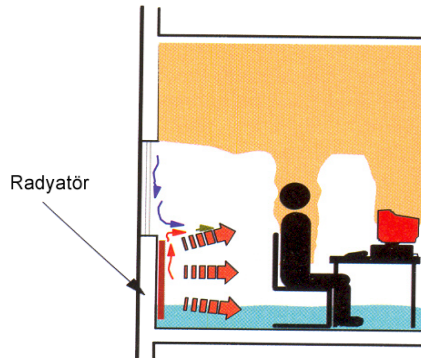
DH Sistemlerinde ısı konfor anlamında sınırlayıcı faktörlerden birisi, döşeme kotundaki hava hızının değeridir. ISO 7730 Standardında bu değer yaz mevsiminde 0,25 m/s, kış mevsiminde 0,15 m/s'yi geçmemesi istenir. Uygulamalarda difüzör yüzeyine çok yakın bölgede bu değerler daha yüksek olarak gerçekleşir. Bu bölgenin uzunluğu, difüzörün tipine ve mahalın ısı yüküne göre imalatçı kataloglarında belirtilmelidir.

ISO 7730'da belirtilen diğer bir sınırlayıcı faktör ise sıcaklık gradyenidir. Döşeme kotundan itibaren 0,1m ile 1,1m arasında bu değer 3 K/m'den az olmalıdır. Bazı ülkelerde bu değer 2 K/m olarak uygulanmaktadır.

3.10 Isıtma

Radyatörlerle:

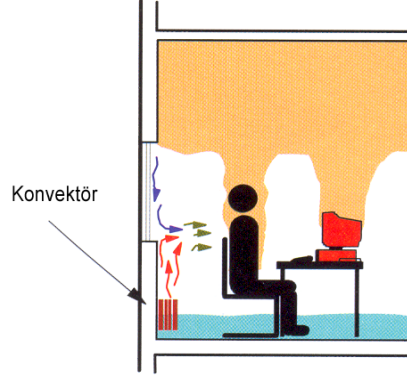
DH Sistemi ile birlikte ısıtma için uygulanacak en iyi çözümlerden biri radyatör kullanmaktır. (Şekil 26) Radyatörler, mahal içinde en soğuk noktaların altına yerleştirilmelidir. (pencereler, dış duvarlar gibi) Bu sistemde ısı transferinin büyük kısmı radyasyon, çok az kısmı konveksiyon ile oluşur. Radyatör tarafından oluşturulan konveksiyon sayesinde soğuk yüzeylerden aşağı doğru oluşacak konveksiyon akımları engellenir.



Şekil 26. Radyatör uygulaması

Konvektörlerle:

Pencereler altına yerleştirilen konvektörler ile DH Sistemi uyumluluğu gayet iyidir. Konvektör üzerinde oda havasının bir kısmı da indüklenerek karışım sağlanır. (Şekil 27)

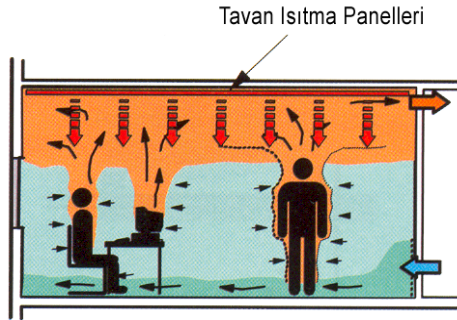


Şekil 27. Konvektör uygulaması

Tavan Panelleri ile:

En uygun çözümlerden biridir. Isıtma ihtiyacının normal olduğu uygulamalarda tavan sıcaklığı, döşeme sıcaklığından 3-4K daha fazla tutulur, böylece tavadan döşemeye doğru $20W/m^2$ civarında bir ısı transferi sağlanır. Tavan sıcaklığındaki az bir artış, oda ısıtması için yeterli enerjiyi sağlamaktadır. Tavan panelleri üzerinde oluşan konveksiyon akımları da, tavadan ısı kaybının yarattığı negatif etkiyi yok eder.

Ayrıca tavan panelleri, ısı katmanını oluşumunu stabilize ettiği için DH Sistemleri için bir avantajdır. (Şekil 28)

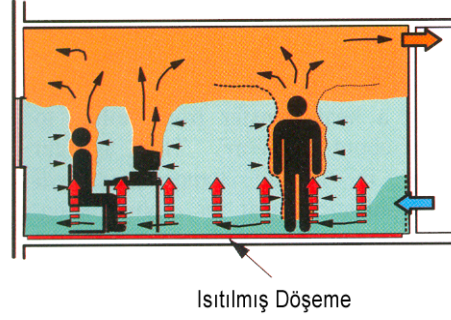


Şekil 28. Tavan panelleri uygulaması

Döşemeden Isıtma ile:

Normal koşullarda döşemeden ısıtma sistemi oldukça uygundur. Isı iletiminin bir kısmı, soğuk yüzeylere doğru radyasyon ile oluşur. Konveksiyon ile oluşan ısı iletimi ise, döşeme kotunda yayılı bulunan havayı ısıtır. (Şekil 29)

Eğer döşeme çok sıcak olursa, bu durumda ısınan hava yükselirken bir miktar indükleme yapar ve alt zonda hava karışımı oluşur. Pratik uygulamalarda döşeme sıcaklığının $25^{\circ}C$ civarında ve mahale verilen hava sıcaklığının mahal sıcaklığından 2K veya daha fazla soğuk olması durumunda, mahale verilen havanın döşeme seviyesinde yine yayılı olarak bulunduğu gözlenmiştir.

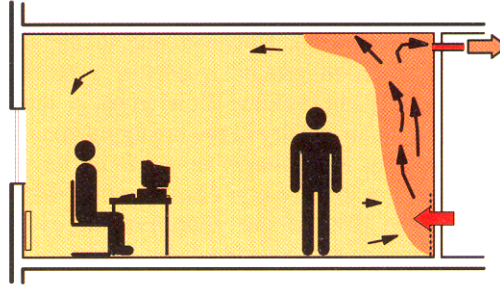


Şekil 29. Döşemeden ısıtma uygulaması

Sıcak Hava ile:

Ayrı bir sıcak hava kaynağı ile veya DH Sistemi ile verilen havanın ısıtılması ile ısıtma yapmak kesinlikle önerilmemektedir. Sıcak hava süratle yükselir ve oda havasını indükliyerek karıştırır. Daha önce de belirtildiği gibi havanın kısa devre olması riski yüksektir. (Şekil 30)

DH Sisteminde, mahale verilen havanın ısıtılarak ortama verilmesi uygulaması, bir tek mahalin kullanım saatinden önce ortamın ısıtılması için yapılabilir. Personel ortama intikal ettikten ve çalışma başladıktan sonra insanlardan ve cihazlardan ortama intikal eden ısı kazancı, normalde mahalin ısı kaybını dengeleyecek şekilde mimari önlemler alınarak uygulanabilir.



Şekil 30. Sıcak hava uygulaması (DH Sistemleri için tavsiye edilmez)

3.11 Sonuç

DH Sistemi uygulanan mahallerdeki kirlilik konsantrasyonu, karışımli havalandırma sistemi uygulanan mahallere göre daima daha iyidir.

Teorik olarak DH Sistemi uygulamalarında, kişileri yaşam bölgesinde kirletici faktörlerden uzak tutmak için kişi başına 20 l/s (72 m³/h) hava debisi ihtiyacı vardır. Ancak kişiler etrafında serbest konveksiyon akımları olduğundan, daha az hava debisi ile de nefes alınan bölgede kaliteli hava elde edilebilir.

Düşey sıcaklık dağılımına dikkat edilmelidir. Döşeme seviyesinde soğuk hava riskini elimine etmek için uygun difüzör kullanılmalıdır.

4. HAVA DAĞITIM ELEMANLARI (DİFÜZÖRLER)

DH Sistemlerinde, karışımli havalandırma sistemlerinde de olduğu gibi istenmeyen hava akımları (draught) oluşturmadan hava dağılımını gerçekleştirmek en önemli konudur. Uygulamalardan gelen şikayetlerin çoğu yanlış difüzör seçiminden kaynaklanmaktadır. Şu iki husus iyi bilinmelidir:

- Perfore saçtan mamul basit bir difüzör veya sıradan bir menfez kullanımı, döşeme kotunda istenmeyen hava akımları (draught) oluşturur.
- Değişik amaçlar için değişik aerodinamik karakteristiği olan difüzörler bulunmaktadır. Mahal sıcaklığına göre çok düşük üfleme sıcaklığı uygulanan sistemlerde çok özel difüzörler kullanılmalıdır.

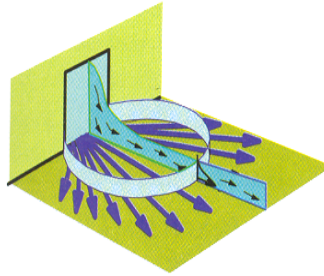
Bu bölümde, istenen performansa ulaşmak için daima uygun difüzör seçiminin yapılması gerektiği üzerinde durulacaktır. Difüzör seçiminde, ürünleri ile ilgili güvenilir teknik bilgileri veren firmaların seçiminin ne kadar önemli olduğu anlatılmaya çalışılacaktır.

4.1 Düşük Hızlı Difüzörlerin Hava Akışı

- **Soğuk Hava İçin**

Normalde üfleme havası sıcaklığı, oda sıcaklığından 1 ila 8K daha soğuktur. Bu durumda difüzörden çıkan hava aşağı doğru akar ve döşeme üzerinde bir katman oluşturur. (Şekil 31)

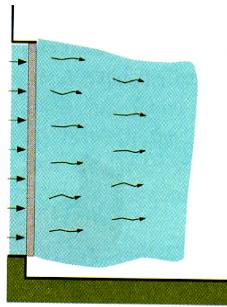
Soğuk Üfleme Havası



Şekil 31. Soğuk hava, yaşam bölgesine radyal olarak akar.

- **Eşit Sıcaklıktaki Hava İçin**

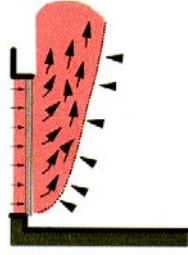
Üfleme sıcaklığı ile oda sıcaklığı aynı ise, hava akışı odaya doğru yatay bir şekilde olacaktır. (Şekil 32)



Şekil 32. Eşit sıcaklıktaki havanın hareketi.

- **Sıcak Hava İçin**

Üfleme sıcaklığı oda sıcaklığından fazla ise hava difüzörden çıkar çıkmaz yukarıya doğru yükselecek ve bir hava katmanı oluşturmayacaktır. (Şekil 33) DH Sisteminde bu uygulama ancak ön ısıtma amacıyla ve mahal boş iken yapılabilir.



Şekil 33. Sıcak havanın hareketi.

4.2 Komşu Bölge

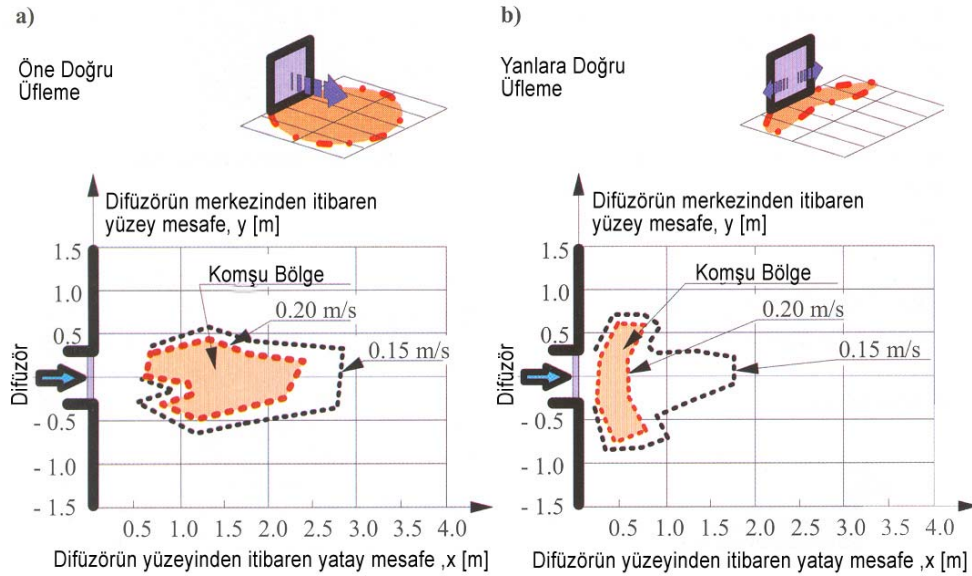
Duvar tipi bir difüzörden hava ortama verildiğinde, yaşam bölgesi içinde, hava hızı nedeniyle istenmeyen hava akımlarının (draught) oluştuğu bir bölge oluşur ki buna “draught zone” veya “**komşu bölge**” (**adjacent zone**) denir.

Difüzörden itibaren, hava hızının kabul edilebilir sınır olan 0,2 m/s'ye düştüğü bu bölgenin uzunluğu (l_n) olarak tanımlanmaktadır.

“Draught” etkisi sadece hava hızına değil, aynı zamanda sıcaklığına ve yüksek türbilans yoğunluğuna da bağlıdır. Ancak işi basitleştirmek için hava hızı değerinin 0,2 m/s'yi geçmemesi istenir. Bu konuda daha detaylı inceleme için CEN Report 1752 (1998)'ye başvurulabilir.

“Draught” etkisinin önlenmesi konusu, düşük hızlı difüzörlerin geliştirilmesinde en önemli husustur.

Döşeme kotunda bu istenmeyen etkiyi ortadan kaldırmak için genellikle oda havası ile üfleme havası arasında bir miktar karışım yapılması gereklidir. Bazen uygulamada komşu bölgeyi yaşam bölgesi dışında oluşturmak için hava duvara paralel olarak da üflenebilir. Şekil 34' de tipik iki durum görülmektedir.

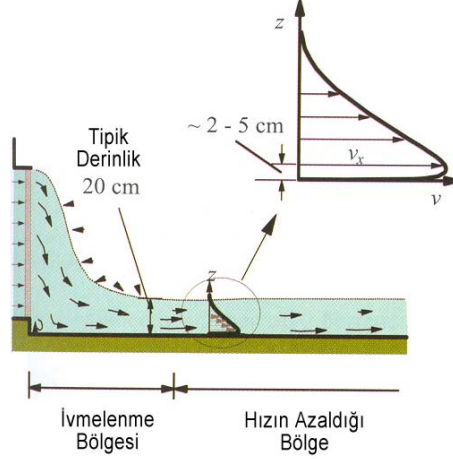


Şekil 34. Duvar tipi difüzör için komşu bölge. Difüzör bilgileri: Yükseklik: $H = 0,9\text{m}$ Genişlik: $B = 0,6\text{m}$
Hava debisi: $q = 40\text{ l/s}$ Sıcaklık farkı: $\Delta\theta_s = 6\text{K}$

4.3 Duvar Tipi Difüzörün Hava Dağılımı

Yaşam bölgesi içindeki hava akışı, Şekil 31'de görüldüğü gibidir. Bu şekilde, havanın yaşam bölgesine radyal bir hareketle girdiği ve odanın tüm döşeme yüzeyini kapladığı açıkça görülmektedir.

Nordtest [8] tarafından bu akış ikiye ayrılmış ve ivmelenme ve hızın azalması bölgeleri olarak tanımlanmıştır. (Şekil 35)



Şekil 35. Üfleme havasının mahal havasından soğuk olduğu uygulamada, difüzör önündeki hız dağılımı.

3.11.1 Akış Derinliği

Tipik akış derinliği 20cm civarındadır. Hızın en yüksek olduğu kısım, bu derinliğin %10'u civarında, yani döşeme seviyesinden yaklaşık 2cm üstte gerçekleşir. (Şekil 35)

Ölçümlerden anlaşılmaktadır ki, yatay akıştaki hızlar oldukça düşük, ve akış derinliği tüm yüzeyde sabittir. Bu derinlik, Arşimed Sayısı'nın fonksiyonudur.

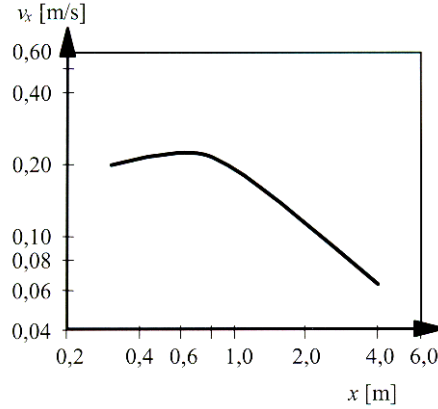
3.11.2 Komşu Bölge Uzunluğu

Komşu bölge uzunluğu (l_n); hava debisi (q_s), sıcaklık farkı ($\Delta\theta_s$) ve difüzör tipinin bir fonksiyonudur. Skaret tarafından komşu bölge uzunluğu, sabit bir Arşimed Sayısı ve hava debisi arasında aşağıdaki bağıntı bulunmuştur. [9]

$$l_n = \text{sabit} \times q_s^{0,7}$$

3.11.3 Hız Dağılımı

Sabit derinliği olan radyal hava katmanının hız dağılımının, difüzörden olan uzaklıkla ters orantılı olarak değiştiği bilinmektedir. Şekil 36'da, duvar tipi bir difüzörden çıkan havanın oluşturduğu katmandaki hız dağılımı görülmektedir. Soğuk havanın başlangıçtaki ivmesi, sınır tabaka etkisi nedeniyle yüksektir ve difüzörden 0,6m uzaklıkta max. hıza erişir.



Şekil 36. Difüzörden x (m) kadar uzaklıkta ve yere çok yakın mesafedeki max. hava hızı (q = 28 l/s)

Aşağıdaki bağıntı kullanılarak, difüzörden itibaren herhangi bir uzaklıktaki (**X**) max. hız (**V_x**) bulunabilir.

$$V_x = 0,2 \frac{\ell_n}{X} \text{ (m/s)} \quad (9)$$

Yaşam bölgesi içindeki hız dağılımını , hava debisi ve sıcaklık farkının bir fonksiyonu olarak da belirlemek mümkündür. Bu durumda max.hız formülü;

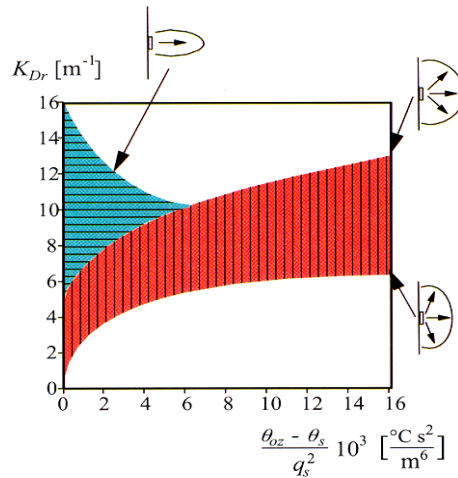
$$V_x = 10^{-3} q_s K_{Dr} \frac{1}{X} \text{ (m/s)} \quad (10)$$

K_{Dr} sayısı, hava debisi ve sıcaklık farkının fonksiyonudur ve denklem $x \geq 1- 1,5\text{m}$ için geçerlidir.

Bu durumda komşu bölge uzunluğu (**ℓ_n**) aşağıdaki denklemden bulunabilir.

$$\ell_n = 0,005 q_s K_{Dr} \text{ (m)} \quad (11)$$

K_{Dr} değeri, her bir difüzör için ayrı ayrı ölçülmelidir. Şekil 37'de çeşitli difüzör tipleri için **K_{Dr}** değerinin değişimi görülmektedir.



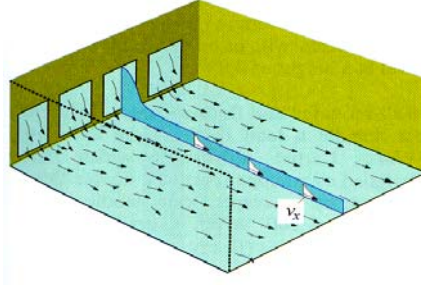
Şekil 37. Değişik tipteki duvar difüzörleri için verilen **K_{Dr}** değerleri. (q_s değerinin birimi l/s)

İlk nesil difüzörler için (şekildeki üst kısım) radyal bir hava dağılımı ve buna bağlı yüksek K_{Dr} değerleri olduğu görülmektedir. Günümüzün son nesil difüzörlerinde hava duvara paralel olarak hızlı bir şekilde yanlara doğru verilmekte, böylece duvara dik kesitteki hava hızı düşük olmaktadır. Bu da düşük K_{Dr} değerlerine ulaşmayı mümkün kılmaktadır.

K_{Dr} değerleri, laboratuvar çalışmalarında tespit edildiği için, üretici firmalar tarafından verilmelidir.

4.4 Duvardaki Bir Sıra Difüzörün Hava Dağılımı

Duvarda, birbirlerine yakın olarak konulmuş bir sıra difüzörden mahale yatay tabaka halinde hava akışı olur. (Şekil 38)



Şekil 38. Duvar tipi bir sıra difüzörden hava akışı

Bu durumda, hava hızı uzaklıkla azalmaz ve şu şekilde ifade edilir;

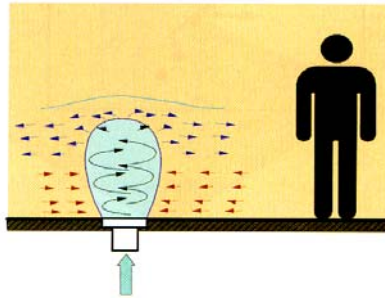
$$V_x = 10^{-3} q_{s,\ell} K_{Dp} \quad (12)$$

Bu durumda hava debisi $q_{s,\ell}$, ana hava akışının her bir metre genişlikteki debisi olarak ifade edilir.

K_{Dp} değeri ise hava debisi ve sıcaklık farkının fonksiyonu olup, difüzör tipine ve difüzörler arasındaki uzaklığa bağlıdır. Denklemden görüldüğü gibi hız, yataydaki uzaklıktan (x) bağımsızdır ancak bu durumda Arşimed Sayısının belirli bir değere sahip olduğu kabul edilmelidir. Benzer bir hava akışı, dar fakat derinlemesine uzunluğu olan bir mahalde, dar kenara bir tek difüzör konarak da elde edilebilir.

4.5 Döşeme Tipi Difüzörün Hava Dağılımı

Döşeme tipi difüzörden hava mahale dik ve burgu (swirl) şeklinde verilir. Burgu etkisi ile mahal havası, ortama verilen hava ile verimli bir şekilde karışır, böylece hız süratle düşürülür. Aynı zamanda sıcaklık farkı değeri de hızla eşitlenir. (Şekil 39)



Şekil 39. Döşeme tipi difüzörden hava akışı

Döşeme tipi menfezlerin bu avantajı sayesinde, yüksek ısı kazancı olan mahallerde nispeten yüksek sıcaklık farkları ile kullanılabilmesi mümkün olur. Difüzör yüzeyleri toplamda daha küçüktür. Hava çıkış hızları da yeterli momenti verecek seviyededir. (2 ila 4 m/s civarı) Uygulamada doğru hava debilerinin sağlanması önemlidir, zira fazla hava debisi, hava akımını yukarı zonlara doğru taşır ki bu da karışıklı havalandırma meydana getirir. Az hava debisinin ise momenti az olduğundan yetersiz hava karışımına, dolayısıyla da döşeme seviyesinde soğuk hava katmanı oluşmasına neden olur.

Döşeme tipi difüzörlerin burğu etkisi (swirl) olmayan tipleri de vardır. Ancak bunların ortam havasını indüklemeye etkisi çok az olduğundan kullanımları uygun değildir.

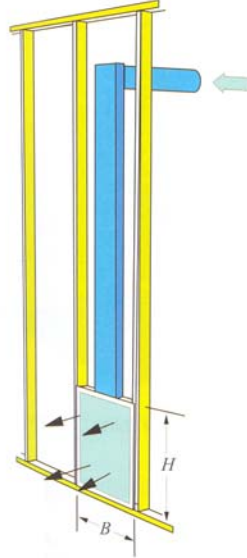
Duvar ve döşeme tipi difüzörlerin kullanıldığı uygulamalar, genellikle 50 W/m^2 'ye kadar ısı kazancı olan mahaller içindir.

4.6 En Çok Kullanılan Difüzör Tipleri

Piyasada birçok difüzör tipi bulunmaktadır. Birçok uygulamada, mahalın mimarisine göre terzi usulü difüzör imalatı da yapılmaktadır. Ancak ne olursa olsun, teknik değerleri yayınlanmış güvenilir imalatçıların difüzörlerinin kullanımı tercih edilmelidir. Birçok imalatçının sunduğu bazı difüzör tipleri aşağıda gösterilmiştir.

1) Yatay ve Duvar İçine Gizlenen Difüzörler

Şekil 40'da örnek uygulama resmi görülmektedir.

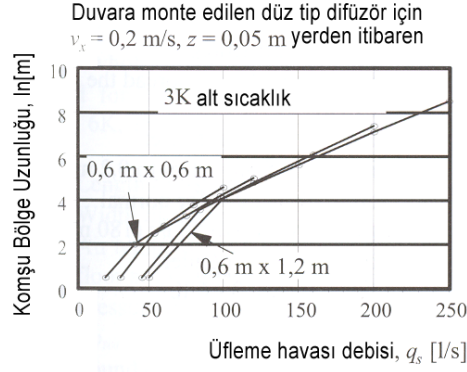


Şekil 40. Duvar içinde uygulanan difüzör

Tipik özellikleri :

- Genişlik (B) : Normalde 0,6m
- Yükseklik (H) : 0,2 ila 1,2m arasında
- Hava Debisi : Normal uygulamalarda $70 \ell/s$ 'ye kadar
- Max. Sıcaklık Farkı : 4K ile 10K arasında

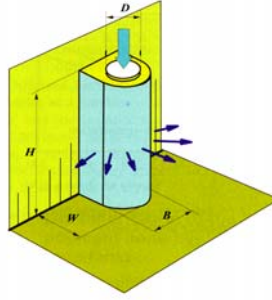
Bu tip difüzörlerin 3K sıcaklık farkı için tipik komşu bölge uzunlukları (ℓ_n) Şekil 41'de gösterilmiştir. Nispeten basit difüzörlerdir.



Şekil 41. Duvar içinde uygulanan tipik difüzörün komşu bölge uzunlukları

2) Yarım Daire Tip Duvar Difüzörleri

Duvara monte edilirler ve havayı merkezden çeperlere doğru radyal şekilde yayarlar. (Şekil 42)

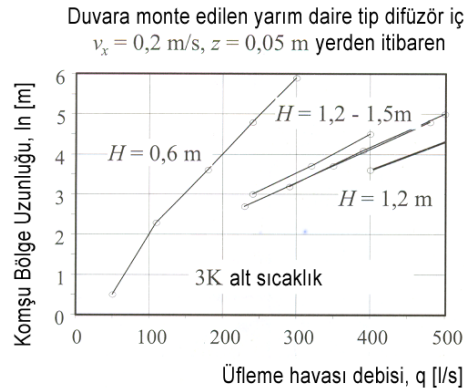


Şekil 42. Yarım daire tip duvar difüzörleri

Tipik özellikleri;

- Çap (B) : 0,2 ila 1m arasında
- Yükseklik (H) : 0,6 ila 1,8m arasında
- Hava Debisi : Normal uygulamalarda 300 ℓ /s'ye kadar
- Max. Sıcaklık Farkı : 3K'e kadar

Benzer şekilde 3K sıcaklık farkındaki tipik komşu bölge uzunlukları (l_n) Şekil 43'de görülmektedir.

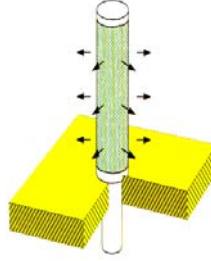


Şekil 43. Yarım daire tip difüzörün komşu bölge uzunlukları

NOT: Bu değerler ürüne bağlı olarak bir imalatçıdan diğerine değişiklik göstermektedir.

3) Silindirik Difüzörler

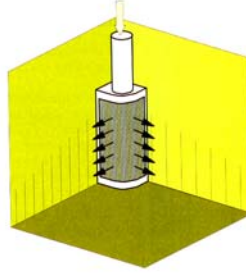
Sık kullanılan diğer bir tiptir. Hava kanalı bağlantısı Şekil 44'deki gibi alttan veya üstten olabilir. Konstrüksiyon olarak bir önceki tip olan yarım daire tipinin iki adedinin biraraya getirilmesiyle oluşturulur. Dolayısıyla yarım daire tipinde verilen tipik özelliklerin iki katını kullanmak mümkündür.



Şekil 44. Silindirik tip difüzörler

4) Köşe Difüzörü

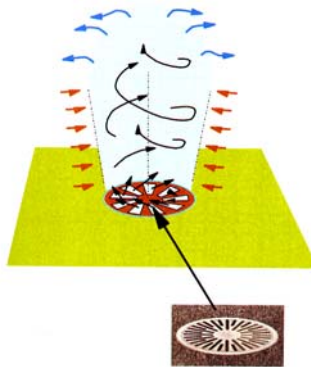
Yarım daire difüzörünün yarısının köşeye uygulanışdır. (Şekil 45) Ancak bazı imalatçılar bu tipte hava atış yönünü duvarlara doğru olacak şekilde (yan atış) yaparak, yaşam zonu içerisinde "draught" oluşumunu engellemeye çalışırlar.



Şekil 45. Köşe difüzörü

5) Döşeme Tip Difüzörler

Havayı dik olarak ve burğu (swirl) etkisi ile yayarlar (Şekil 46)



Şekil 46. Döşeme tip difüzörler

Tipik özellikleri;

- Çap : 0,1m ila 0,2m arasında
- Hava Debisi : Normal uygulamalarda 50 ℓ /s'ye kadar
- Max. Sıcaklık Farkı : Genellikle 3K ile 6K arasında

4.7 Dökümantasyon

DH Sisteminde kullanılan difüzör dökümantasyonundaki bilgiler, diğer menfez ve difüzör dökümantasyonundakiler ile benzer olmakla birlikte "atış mesafesi" yerine bunlarda "komşu bölge" (adjacent zone) ve difüzör önündeki hava sıcaklığı bilgilerine ihtiyaç duyulur.

Tüm hava debileri ve sıcaklık farkları serisindeki difüzörler için aşağıdaki bilgiler imalatçı tarafından verilmeli ve garanti edilmelidir.

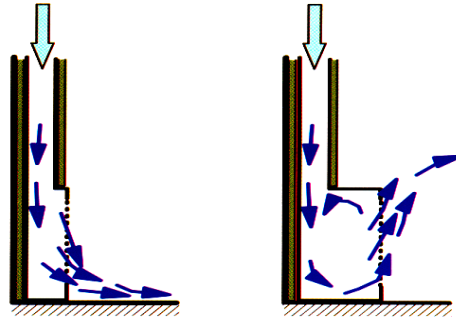
- Komşu bölge uzunluğu (ℓ_n) (Adjacent Zone)
- Komşu bölge genişliği (b_n)
- Komşu bölge sınırlarında yerden 2cm yükseklikteki hava sıcaklığı
- Difüzörün basınç kaybı (Δp_{tot})
- Ses seviyesi (üretilen)
- Ses seviyesi (sönümlenen)

Ayrıca aşağıdaki açıklamalar yapılmalıdır;

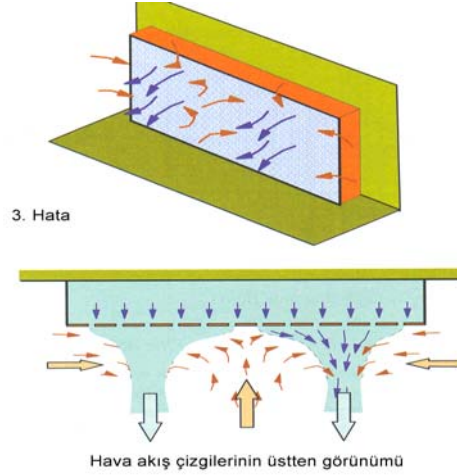
- Komşu bölge sınırlarının tamamında hangi hava hızı (V_x) kullanılmıştır?
- (V_x) Hava hızı ölçümü, döşemeden kaç cm yükseklikte yapılmıştır?

4.8 Difüzör Dizaynındaki Ortak Hatalar

DH Sistem difüzörü, önünde perfore saç bulunan basit bir kutu olmaktan çok çok uzaktadır. Çeşitli difüzör dizaynlarında ortak olarak görünen üç önemli hata, Şekil 47 ve 48'de gösterilmektedir.



Şekil 47. Difüzör dizaynındaki ortak hatalar HATA-1 ve HATA-2



Şekil 48. Difüzör dizaynındaki ortak hatalar HATA-3

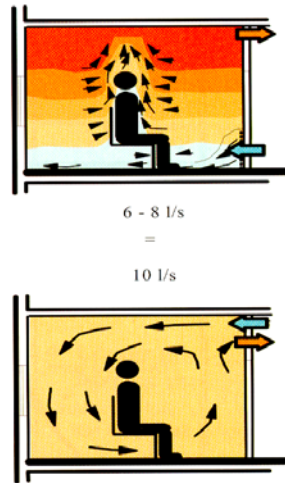
Buna göre;

1. HATA : Hava, difüzöre yüksek hızda girmekte, çoğunlukla da yere paralel olarak çıkmakta ve istenmeyen hava hareketlerine (draught) neden olmaktadır.
2. HATA : Hava, difüzörden kontrol edilemeyen bir şekilde yukarıya doğru eğimli şekilde çıkmakta ve oda havasıyla istenmeyen oranda karışmaya neden olmaktadır.
3. HATA : Perfore saçtan hava verilmesindeki dengesiz durumlar eskiden beri bilinir. Bu durumun nedeni, perfore saç üzerindeki her bir delikten çıkan küçük hava jetlerinin oluşturduğu emiş etkisidir. Bu etkiyi yok etmek için bazı yollar mevcuttur.

5. ENERJİ AÇISINDAN DURUM

5.1 AYNI HAVA KALİTESİ İÇİN DAHA AZ DEBİ

Kişiler etrafındaki konveksiyon akımları nedeniyle alt katlardaki taze hava, nefes alınan zona yükselir. Bu etki, laboratuvar testlerinde gösterilmiştir. Bunun sonucunda, belirlenen bir hava kalite seviyesi için, DH sistemlerindeki hava debisinin, karışımli havalandırma sistemlerine göre daha az olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 49. Belirlenen bir hava kalite seviyesi için, DH sistemlerindeki hava debisi, karışımli havalandırma sistemlerine göre daha azdır.

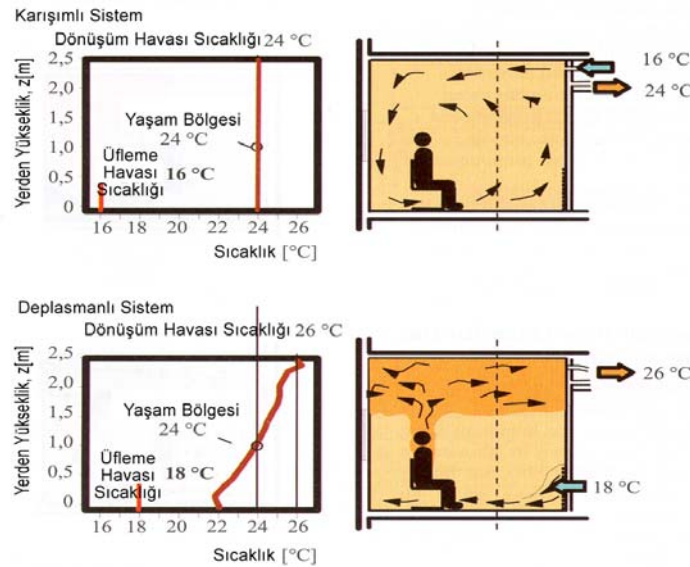
ÖRNEK: DH Sistemi uygulanan bir mahalde Etherige ve Sandberg'in çalışmasında, kişi başına 5 l/s taze hava verildiğinde ölçümler yapılmış, sonuçta aynı hava debisindeki karışımlar havalandırma sistemindeki ölçümlere kıyasla, oturan kişiler etrafındaki kontaminasyon seviyesinin %40 ila %50'si civarında olduğu görülmüştür. [10]

Ancak şu unutulmamalıdır ki, bu ölçümler laboratuvarda ideal şartlarda yapıldığından, sonuçlarının pratik hayatta aynen uygulanamayacağı açıktır. Tecrübelerle istinaden genelde taze hava debileri DH sistemlerinde, karışımli havalandırma sistemlerine göre %30 civarında daha düşük alınmaktadır.

Şu ana kadar laboratuvar testlerinde sadece oturan insanlar üzerinde deneyler yapıldığından, gerçek hayatta, insanların hareketli olduğu ortamlar için yapılmış bir ölçüme ait herhangi bir döküman yoktur. Dolayısıyla bu ortamlar için yapılan tasarımlarda hava debisinin azaltılması konusunda çok dikkatli olunmalıdır.

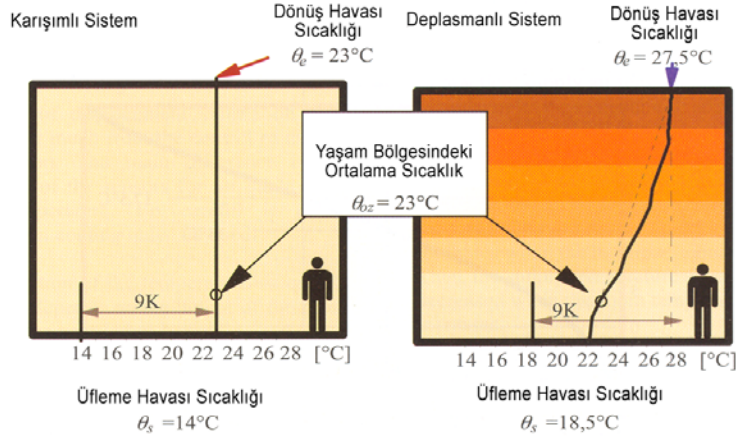
5.2 MEKANİK SOĞUTMA İHTİYACINDAKİ AZALIŞ

Karışımli havalandırma sistemlerine kıyasla, DH sistemlerinde üfleme ve dönüş havası sıcaklıkları daha yüksektir. Tavan yüksekliği 2,5 m olan normal bir mahalde, üfleme ve dönüş havası sıcaklıkları arasındaki farkın 8 ila 10 K olduğu bir uygulamada bu fark genellikle 1 ila 2 K civarındadır.



Şekil 50. Deplasmanlı ve karışımli havalandırma sistemlerinin sıcaklık açısından karşılaştırılması

Bu demektir ki, DH sistemlerinde yılın daha uzun bir döneminde free cooling yapılabilmekte, yani mekanik soğutma için harcanan güç azalmaktadır. Tavan yüksekliği daha fazla olan mahallerde, aşağıdaki örnekte de görüldüğü gibi bu fark daha fazladır.

ÖRNEK:

Şekil 51. Özellikle yüksek tavanlı yapılarda DH Sistemi uygulaması enerji tüketimi açısından son derece verimlidir.

Şekil 51'de gösterilen örnekte üfleme havası sıcaklığı, karışımli sistemde 18,5°C, DH sistemde 14°C'dir. Tasarımda dış hava sıcaklığının ortama getirilinceye kadar 1°C ısındığını varsayarsak, DH sisteminde atmosfer sıcaklığı 17,5°C, karışımli sistemde ise 13°C'ye kadar free cooling yapılabileceği ortaya çıkar. Yani DH sistemde daha uzun bir periyotta free cooling yapılabilmektedir. Sonuç olarak:

- Ilıman iklimlerde, DH sistemi uygulamalarında yılın daha büyük bir kısmında free cooling yapılabilir. Yani soğutma grubu çalıştırılan saatler azalır.
- Sıcak ve nemli iklimlendirme, üfleme havasının soğutulması için gereken soğutma ihtiyacı daha azdır. Dolayısıyla soğutma ve nem alma için gereken toplam enerji tüketimi daha azdır.
- Daha yüksek üfleme sıcaklığı ile tasarlanan bir sistemde soğutma grubu verimi (COP) daha iyi çıkmaktadır.

5.3 DİFÜZÖRLERDEKİ DÜŞÜK BASINÇ KAYIPLARI:

Düşük hızlı difüzörlerde doğal olarak basınç kayıpları da çok düşük olmaktadır. Dolayısıyla sistemin toplam basınç kaybı daha düşük tasarlanabildiğinden fanın tükettiği enerji de daha düşük olmaktadır. Ancak birçok uygulamada, hava debilerini ayarlamak amacıyla ciddi basınç düşümü yaratan damperler kullanıldığından, boşuna verim kayıpları yaşanmaktadır.

6. OTOMASYON VE KONTROL

DH sistemlerindeki kontrol mantığı, karışımli sistemlerdekinden çok farklı değildir. En önemli fark, hava kalite ve sıcaklık sensörlerinin bulunması gereken yerdir. Bu yer, odanın tavan yüksekliğine bağlıdır.

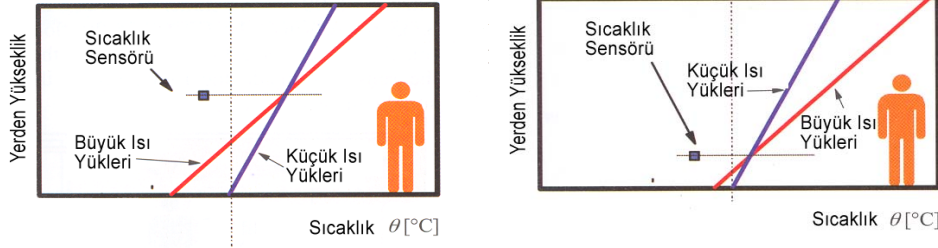
6.1 SABİT DEBİLİ SİSTEMLER (CAV)

Pratikte üfleme havası sıcaklığı birçok uygulamada sabit tutulmaya çalışılmıştır. Bu durumda sıcaklık sensörü yaşam bölgesine, yerden yaklaşık 1m yüksekliğe konulmuştur. Ancak yaşam bölgesindeki sıcaklık, ısı kazancı arttıkça yükselir. Bu nedenle oda sıcaklığı yükseldikçe üfleme havası sıcaklığının düşürülmesi gerekir.

Üfleme havası sıcaklığı çok değiştirilemez. Aksi takdirde döşeme seviyesinde istenmeyen soğuk hava hareketleri oluşur. Elbette ki bu durum, kullanılan difüzörün performansına da bağlıdır. Yüksek sıcaklık farkları için dizayn edilen difüzörler ile, burğu (swirl) etkisi olan döşeme difüzörleri kullanıldığında üfleme havası sıcaklığındaki değişimlere daha az duyarlı bir uygulama elde edilir.

Direk genişlemeli (DX) soğutma cihazının kullanıldığı uygulamalarda çok daha dikkatli olunmalıdır.

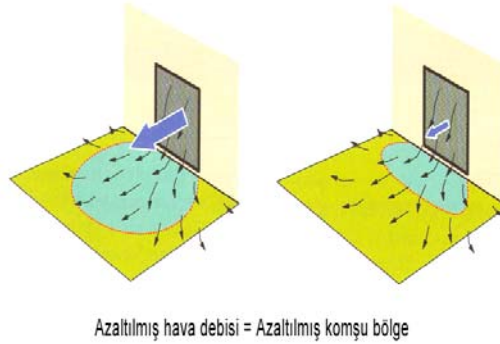
Üfleme havasının sıcaklığının kontrol edildiği sabit havalı sistemlerde, sabit mahal sıcaklığının elde edilebilmesi, kullanılan sıcaklık sensörünün yerine, yani yerden yüksekliğine bağlıdır.



Şekil 52. Değişken ısı kazançları ve farklı seviyedeki sıcaklık sensörleri için ideal sıcaklık dağılımları

6.2 DEĞİŞKEN DEBİLİ SİSTEMLER (VAV)

Deplasmanlı havalandırma tekniği, değişken debili sistemler için çok uygundur. Düşük hızlı difüzörlerden ortama verilen hava debisi azaltıldığında, komşu bölge uzunluğu (adjacent zone) da azalır. (Şekil 53)



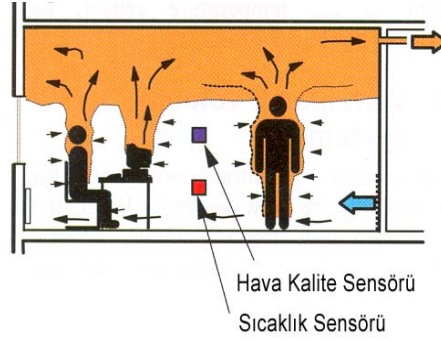
Şekil 53. Düşük hızlı difüzörler, değişken debili sistemler (VAV) için çok uygundur.

VAV uygulamasında hava debisi, ortamın hava kalitesine veya sıcaklığına bağlı olarak kontrol edilir.

6.3 SICAKLIK VE HAVA KALİTE SENSÖRÜNÜN YERİ

6.3.1 NORMAL TAVAN YÜKSEKLİĞİNE SAHİP MAHALLERDE

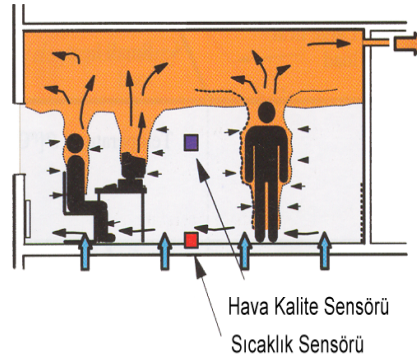
Genellikle sıcaklık sensörü yaşam bölgesi (occupied zone) içerisinde, yerden 1 ila 1,5m yükseklikte monte edilir. Fitzner, duvar tipi veya serbest monte edilmiş diffüzörlü mahallerde sıcaklık sensörünün yerden 0,2 ila 0,5m yükseklikte monte edilmesini gerektiğini söylemektedir. [11]



Şekil 54. Duvar tipi difüzör uygulamasındaki hava kalite ve sıcaklık sensörlerinin yeri.

Bu şekilde döşeme üzerinde istenmeyen soğuk hava akımlarının engelleneceğini üfleme havasındaki sıcaklık değişimlerinin en aza ineceğini belirtmektedir.

Döşeme tipi difüzörlerin kullanıldığı mahallerde ise yine Fitzner tarafından sıcaklık sensörünün döşeme üzerinde (halı üzerinde) monte edilmesi önerilmektedir. [11] (Şekil 55)



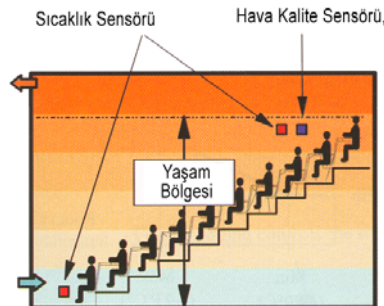
Şekil 55. Döşeme tipi difüzör uygulamasındaki hava kalite ve sıcaklık sensörlerinin yeri.

Burada dikkat edilmesi gereken husus, sensörlerin oda içinde bulunması gerektiğidir. (Üfleme havası üzerinde değil !)

Hava kalite sensörleri ise normal bir uygulamada, oturan insanların nefes aldıkları seviye olan 1 ila 1,5m yükseklikte bulunmalıdır. (Şekil 54 ve 55)

6.3.2 YÜKSEK TAVANLI MAHALLERDE

Oditoryum, konser salonu gibi insanların farklı yüksekliklerde oturduğu mahallerde ise sıcaklık sensörleri, mahalın en alt kotu ile yaşam bölgesinin en üst kotuna olmak üzere iki adet konulmalıdır.



Şekil 56. Yüksek tavanlı uygulamalardaki hava kalite ve sıcaklık sensörlerinin yeri.

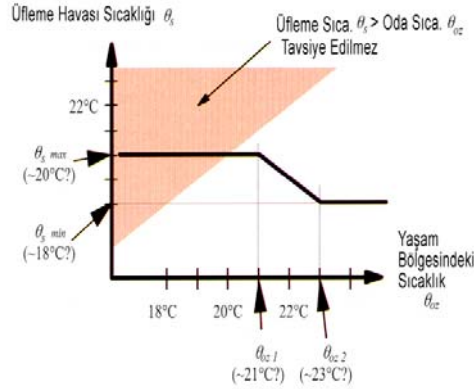
Yüksek tavanlı mahallerde hava kalite sensörü ise yaşam bölgesinin en üst kotuna konulmalıdır, zira bu bölge hava kalitesinin en kritik olduğu bölgedir. (Şekil 56)

6.4 KONTROL MANTIĞI

6.4.1 NORMAL TAVAN YÜKSEKLİĞİNE SAHİP MAHALLERDE

Sabit Debili Sistemlerde (CAV)

İnsanların aynı seviyede oturdukları mahallerde, üfleme havası sıcaklığı (Θ_s), yaşam bölgesi (occupied zone) içindeki sıcaklığa (Θ_{oz}) bağlı olarak kontrol edilebilir. Bu kontrole ait grafiksel gösterim Şekil 7.6.'da görülmektedir.



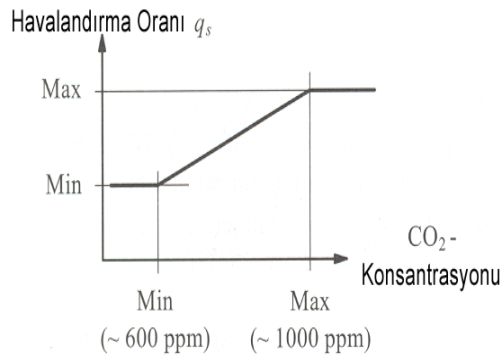
Şekil 57. İnsanların aynı seviyede oturdukları mahallerde, üfleme havası sıcaklığı (Θ_s), yaşam bölgesi (occupied zone) içindeki sıcaklığa (Θ_{oz}) bağlı olarak kontrol edilebilir.

Yaşam bölgesi içindeki sıcaklık (Θ_{oz}), belirlenen bir üst sınırı (Θ_{oz2}) geçtiği zaman, üfleme havası sıcaklığı minimum değerine düşürülür, örneğin 18°C'a. Tersi olarak da (Θ_{oz}) belirlenen bir alt sınıra (Θ_{oz1}) ulaştığı zaman üfleme havası sıcaklığı maksimum değerine çıkarılır, örneğin 20°C.

Değişken Debili Sistemlerde (VAV)

Bu sistemlerde havalandırma oranı, yaşam bölgesi içinde bulunan hava kalite ve/veya sıcaklık sensörüne bağlı olarak kontrol edilebilir.

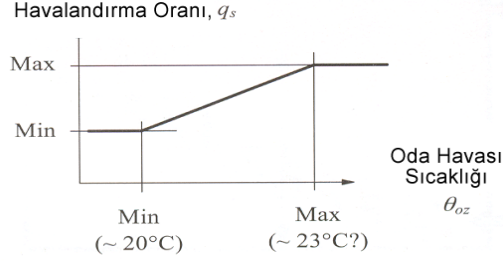
Mahal içindeki en önemli kirlilik kaynağı insanlar ise, karbondioksit (CO_2) kontrol parametresi olmaktadır. Kontrol mantığı Şekil 58'de görüldüğü gibi olmaktadır.



Şekil 58. Hava kalitesine göre kontrol edilen sistemin kontrol mantığı

Bu örnekte CO₂ konsantrasyon sınır değerleri 600 ve 1000ppm olarak alınmıştır. Sadece bir örnektir. Her uygulama için tasarımcı bu değerleri vermelidir.

Eğer mahal içindeki kirlilik kaynaklarında dominant bir unsur yoksa veya ölçülemiyorsa, kontrol parametresi olarak sıcaklık alınmalıdır. (Şekil 59)

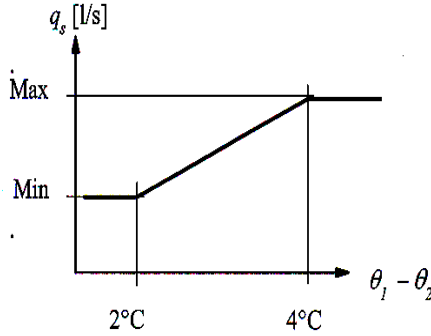


Şekil 59. Yaşam bölgesi sıcaklığına göre kontrol edilen sistemin kontrol mantığı

Birçok uygulamada hem üfleme havası sıcaklığı, hem de hava debisi aynı anda kontrol edilmektedir.

6.4.2 YÜKSEK TAVANLI MAHALLERDE

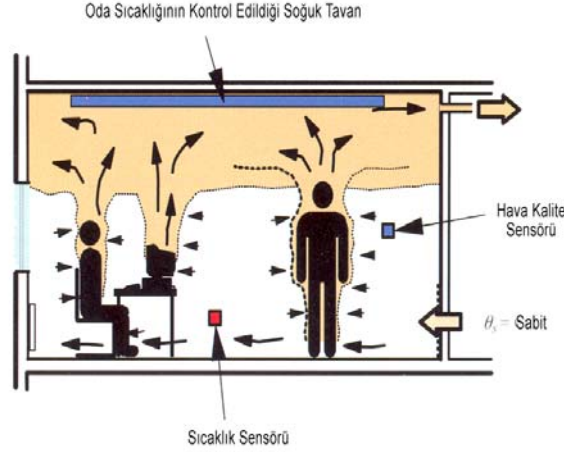
Normal tavan yüksekliğine sahip mahallerde uygulanan kontrol mantığı, bu mahaller için de uygulanabilir. Sadece ilave olarak, yaşam bölgesi içindeki en alt kot ile en üst kot arasındaki sıcaklık farkı da dikkate alınmalıdır. Bu dikey sıcaklık farkı çok yüksek hale gelirse hava debisi artırılarak bu fark azaltılabilir. (Şekil 60)



Şekil 60. Üst ve alt zon sıcaklık farkına göre kontrol edilen sistemin kontrol mantığı

6.5 SOĞUK TAVAN UYGULAMASI İLE ENTEGRE EDİLMİŞ SİSTEMLER

Soğuk tavan ile birlikte DH sistemi entegre edildiğinde, üfleme havası sıcaklığı sabit tutulmalı, odanın sıcaklığının kontrolü soğuk tavan panelleri ile yapılmalıdır. Hava debisi ise hava kalite sensörü ile kontrol edilebilir. (Şekil 61)



Şekil 61. Soğuk tavan uygulaması ile entegre edilmiş sistemin sıcaklık ve hava kalite kontrolü

KAYNAKLAR

- [1] SKISTAD, H., "Displacement Ventilation in non-industrial Premises", REHVA Guidebook No 1, 2002
- [2] FITZNER, K., "Displacement Ventilation and Cooled Ceilings, Results of Laboratory Test and Practical Installations", Proc. Indoor Air, Nagoya, 1996
- [3] MUNDT, E., "Convection Flows Above Common Heat Sources in Rooms with Displacement Ventilation", Proc. ROOMVENT, Oslo, 1990
- [4] MUNDT, E., "The Performance of Displacement Ventilation Systems-Experimental and Theoretical Studies", Ph.D.Thesis, Stockholm, 1996
- [5] KRÜHNE, H., FITZNER, K., "Luftqualität in der Atemzone von Personen mit Quellluftströmung", Luft und Kältetechnik, 1995
- [6] MUNDT, E., "Contamination Distribution in Displacement Ventilation-Influence of Disturbances", Building and Environment, Vol.29, No.3, 1994
- [7] BROHUS, H., NIELSEN, P.V., "Personal Exposure in Displacement Ventilated Rooms", International Journal of Indoor Air Quality and Climate, Vol.6, No.3, 1996
- [8] NORDTEST Method, "Air Terminal Devices: Aerodynamic Testing and Rating at Low Velocity", NT VVS 083:A, ISSN 0283-7226, Finland, 2002
- [9] SKARET, E., "Ventilasjonsteknisk Hand-bok", ISBN 82-536-0714-8, 2000
- [10] ETHERIDGE, D., SANDBERG, M., "Building Ventilation-Theory and Measurement", Wiley, 1996
- [11] FITZNER, K., "Private communications", 2001

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim BİNER

1961 yılı Antalya doğumludur. 1982 yılında İTÜ Makina Fakültesi Genel Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1983 – 1986 yılları arasında Genel Mühendislik Ltd. Şti.'nde tasarım mühendisi olarak çalışmıştır. 1986 yılında Alarko Almüt A.Ş.'de göreve başlamış, aynı şirketin Ankara ve Moskova Şube Müdürlüklerinde bulunmuştur. 1998 yılından bu yana Alarko Carrier San.ve Tic.A.Ş.'nin İstanbul Sistem Satışları Şube Müdürü olarak görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.