



**bu bir MMO
yayıdır**

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

Deplasmanlı Akış (Displacement Flow) Yeni Bir Hava Şartlandırma Sistemi mi?

MICHAEL BAUMGARTNER

TROX Teknik

DEPLASMANLI AKIŞ (DISPLACEMENT FLOW) YENİ BİR HAVA ŞARTLANDIRMA SİSTEMİ Mİ ?

Michael BAUMGARTNER

Özet

Son zamanlarda, endüstride yeni bir hava şartlandırma sistemi hakkında fazlaca konuşulmaya başlandı. Bu yeni sisteme, İngilizce "Displacement Flow", Almanca "Quelluftströmung" deniyor.

Şimdi sizlere aşağıdakileri açıklamaya çalışacağım :

- bu sistem konvensiyonel sistemlerden nasıl bir farklılık gösteriyor
- avantajları ve dezavantajları
- bilginizin mevcut durumu
- ve TROX' un bunlardan çıkarttığı sonuç.

Benim yorumum, bu sistemin yalnızca aşağı yukarı 3 metre yüksekliği olan konfor alanlarında kullanılması, yani endüstriyel uygulamalarda kullanılmamasıdır.

1. Karışık Akış (Mixed Flow)

Daha önce şartlandırılmış mahallerde kullanılan geleneksel hava üfleme sistemleri mahalde karışık akışa sebep olurdu (Fig.1). Bu sistemde, üfleme havası odaya, göresel olarak daha yüksek hızda (2-6 m/s) ve göresel olarak daha büyük sıcaklık farkı ile (6-10 K) gönderilir. Amaç, üfleme havasını oda havası ile çabucak karıştırarak (bu sebeple adı "karışık akış"dır) sıcaklık farkını ve hava hızını azaltmak ve dolayısıyla ısı konforsuzluğu yok etmektir. İdeal bir karışık akış ile, hava üfleme cihazına çok yakın olan kısımlar haricinde, oda genelinde sıcaklık ve partikül konsantrasyonu her noktada aynı olur (Fig.2).

2. Pozitif Deplasmanlı Akış (Positif Displacement Flow)

Karışık akışa zıt olarak, Pozitif Deplasmanlı Akışın görevi, üfleme havasını odaya düşük türbülans derecesi ile göndermek ve oda havası ile bu havayı karıştırmamaktır (Fig.3). Bu akım sistemi, genellikle, en yüksek temizlik düzeyi gerektiren odalarda kullanılır. İdeal şartlarda, oda sıcaklığı ve üfleme havası sıcaklığı aynı, oda partikül konsantrasyonu ve üfleme havası partikül konsantrasyonu da eşit olur.

3. Deplasmanlı Akış (Displacement Flow)

Bu akış sisteminde, üfleme havası, oda döşeme seviyesinin hemen üstünden (Fig.4) çok düşük türbülans ve çok yavaş hız ile ($V < 0.25$ m/s) gönderilir. Düşük partikül konsantrasyonuna sahip soğuk üfleme havası, çok yavaş hava hareketi ile bütün oda tabanını süpürür. Böylece, ısı kaynakları (makinalar, insanlar), döşeme üzerinde oluşan "taze hava denizini" ısıtarak yukarı doğru hareketlendirir. Döşemeden tavana doğru yükselen dikey bir sıcaklık gradyanı oluşur. Karışık akışa zıt olarak, odadaki sıcaklık, tavadan emilen kullanılmış havaya göre daha düşüktür.

Isı kaynağından yayılan havayı kirletici partiküllerin büyük çoğunluğu konveksiyon akışı ile yukarı doğru kaldırılır. Böylece, partikül konsantrasyonu da döşemeden tavana doğru artar.

Fig.5' de dikey sıcaklık ve konsantrasyon gradyeni görülmektedir.

Günümüzde, mahalın bu özelliklerine "Yükleme Faktörü" (μ) denir. Yükleme Faktörü, partikül konsantrasyonunun mahal kullanım alanı ve üfleme havası arasındaki farkı ile emiş havası ve üfleme havası arasındaki farkının oranına eşittir. Mahal kullanım alanını döşeme seviyesinden 1.2 metre yüksekte olarak kabul edersek, bu durumda :

$$\mu_{1,2} = \frac{K_{1,2} - K_{ZU}}{K_{ab} - K_{ZU}} \quad (1)$$

K değişik yüklerin konsantrasyonunu ifade eder,
yani, sıcaklık t,
partikül konsantrasyonu c,
ısı yük q,
vesaire.

Dolayısıyla, ısı yük faktörü aşağıdaki gibi olur :

$$\mu_t = \frac{t_{1,2} - t_{ZU}}{t_{ab} - t_{ZU}} \quad (2)$$

Kirletici partikül yük faktörü ise aşağıdaki gibidir :

$$\mu_c = \frac{C_{1,2} - C_{ZU}}{C_{ab} - C_{ZU}} \quad (3)$$

İdeal bir karışık akış ile, oda içerisinde yer alan her noktadaki hava sıcaklığı, emiş havası sıcaklığına eşit olur. Oda içerisindeki kirletici partikül konsantrasyonu da emiş havası konsantrasyonuna eşittir.

$$\mu_t = 1 \quad (4)$$

$$\mu_c = 1 \quad (5)$$

Deplasmanlı Akış için Isıl Yük Faktörü aşağıdaki gibidir :

$$\mu_t < 1 \quad (6)$$

ve Kirletici Partikül Yük Faktörü ise aşağıdaki gibidir :

$$\mu_c < 1 \quad (7)$$

Şayet, üfleme havası ile emiş havası arasında kısmi kısa devre olursa, yükleme faktörü $\mu > 1$ olabilir.

3.1 Deplasmanlı Akışın (Displacement Flow) Niteleyici Değerlendirmesi

3.1.1 Akış Hızı

Komforun değerlendirilmesindeki bir gerçek kriter de, kullanılan alandaki oda havasının ortalama hızı ve türbülans derecesidir.

Almanya' da türbülans derecesi aşağıdaki gibi alınır :

$$T_U = \frac{S}{V} \quad (8)$$

V = Ortalama Hava Hızı = $V_{\%50}$

S = Standart Sapma

Türbülans derecesi aynı zamanda şu şekilde de gösterilebilir :

$$V_{\%84} = V + S$$

Fig.7, karışık akış için, kullanılan alandaki hava hızının zamana bağlı değişiminin bir örneğini vermektedir.

Fanger tarafından yapılan konfor ölçümleri [1], hava hızı ve türbülans derecesi arasındaki bağlantıyı akışın etkisinden rahatsız olan insanların yüzdesi olarak gösterir (Fig.8). Buna göre, insanların % 5 ila 20' si, karışık akışta, aşağıda belirtilen akışın hava hızı ve türbülans derecelerinde rahatsızlık hissederler :

$$V = 0.15 - 0.20 \text{ m/s}$$

$$T_U = \% 25 - 35$$

ve oda sıcaklığı $t_R = 23^\circ \text{ C}$

NOT : Fig.9' da, [1]' de belirtilenlerin sonuçlarını bütün parametreleri ile bir başka diyagram olarak gösterdik.

Deplasmanlı akışta, kullanılan zondaki ortalama hava hızı $V < 1$ ve türbülans derecesi

$T_U < \% 5'$ dir. Dolayısıyla, akıştan kaynaklanan hiç bir şikayet yoktur ki bu da karışık akışa göre açık bir ilerlemedir.

3.1.2 Sıcaklık Gradyanı

Bir başka kriter ise, ayak ve kafa seviyesi arasındaki sıcaklık farkıdır. Çok büyük sıcaklık farkı konforsuzluğu ifade eder. Sıcaklık gradyanı, - döşemeden tavana doğru artan - ısı kaynaklarından dolayı deplasman havasının tipik bir özelliğidir. Ticaret literatürü [2], Fig.9' da gösterildiği gibi, değişik sıcaklık farklarına bağlı konforsuzluk düzeyinin deney ve sonuçlarını verir. Bunlara göre, şayet insanların %5' inden fazlası rahatsızlık hissetmeyecekse, kafa (1.1 m) ile ayak düzeyi (0.1 m) arasındaki sıcaklık farkı 3 K' yı geçmemelidir.

Döşeme Boyunca Havayı Yatay Olarak Gönderen, Endüksiyonsuz, Deplasmanlı Akış Difüzörü (Displacement Flow Diffuser Without Induction)

Önceki ölçümler gösteriyorki, bu deplasmanlı akış difüzörü ile, döşeme seviyesindeki üfleme havası ortalama 1 K civarında ısıtılmaktadır, bir başka deyişle, döşeme üzerindeki taze hava denizi üfleme havasından 1 K daha sıcaktır. Bu demektir ki, üfleme havası sıcaklığı, döşeme seviyesinden 1.2 m yüksekteki oda havası sıcaklığından 4 K'dan fazla olmayacak şekilde az olmalıdır. Karışık hava akışına zıt olarak, 10 K'ya kadar olan üfleme havası sıcaklık farkı ile yalnızca sınırlı bir ısı yük karşılanabilir. Daha önceki deneyler göstermiştir ki, deplasmanlı akış difüzörlerinin indüktif olmayan, yatay çıkışlıları ile elde edilebilen maksimum soğutma kapasitesi 30 W/m^2 dir.

Mantıksal yanıt, üfleme havası ile oda havası arasındaki sıcaklık farkının Endüksiyonlu Deplasmanlı Akış Difüzörleri ile artırılmasıdır.

Endüksiyonlu Deplasmanlı Akış Difüzörü (Displacement Flow Diffuser with Induction)

Fig.12, bizim geliştirdiğimiz bir endüksiyonlu deplasmanlı akış difüzörünü göstermektedir. Odaya gönderilen üfleme havası sıcaklığı, döşeme seviyesinden yaklaşık bir metre mesafede yer alan difüzör ile alınan oda havası ile karıştırılarak arttırılır. Endüksiyon oranı $i = 2$ ve primer üfleme havası ile oda havası arasındaki 7 K sıcaklık farkı ile çıkış havası ve oda havası arasındaki sıcaklık farkı halen 3 K olacaktır (Fig.13'e bakınız). Gönderilen hava akış debisi (primer hava debisi + endüklenmiş hava debisi) endüksiyonsuz difüzörün iki misli olacağı için, gönderme yüzey alanı doğal olarak iki misli olacaktır. Önceki ölçümler göstermiştir ki, 50 W/m^2 civarında soğutma kapasitesine ulaşabilmektedir (Fig.14).

Döşeme Difüzörleri (Floor Diffusers)

Deplasmanlı akış döşeme difüzörü ile de elde edilebilir. Difüzör başına düşen hava debisi, üfleme havası nozülü ile 0.5 m nüfuz etme yüksekliğini geçmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Fig.15 akış prosesinin bir diyagramını göstermektedir. Döşeme difüzörünün (aşağı yukarı 200 mm çapında) yakınında konfor kriterini geçen hava hızı doğal olarak oluşmaktadır. Döşeme difüzörüne en yakın alanın dışarısında, taze hava denizi oluşur. Bu oluşumdan ise ısı kaynakları aracılığı ile yukarı doğru yükselen hava akışı meydana gelir. Mevcut bilgilerimize göre, ayak ile kafa seviyesi arasında ki maksimum sıcaklık farkı olan 3 K'yı aşmayacak şekilde, üfleme havası oda sıcaklığının 6 K altında verilebilir.

3.1.3. Hava Kalitesi

Bu terim, havalandırma oranı, hava kalitesi, hava durgunluk derecesi, kirlenme yük faktörü v.s. gibi birçok teknik tanımı içermektedir. Bunların tamamını açıklamak oldukça uzun zaman alır. Şunu söylemek mümkündür ki, ısı kaynakları tarafından üretilen hemen hemen bütün kirlenici partiküller konveksiyon akımı ile yukarı doğru taşınırlar. Teoride, bu, mahaldeki kişiler için oldukça düşük düzeyde kirliliği ifade eder (Özellikle de, taze hava denizindeki temiz havanın kişinin etrafında akması ile).

Daha önce de söylediğimiz gibi, kullanılan alandaki kirlilik yük faktörü teoride $\mu < 1$ 'dir. Karışık akışta ise bu değer $\mu = 1$ 'dir. Bu, deplasmanlı akışın kullanılan alanda daha kaliteli bir hava oluşumunu sağladığını göstermektedir. Bunu pratikte doğrulayabilmek için, kapsamlı denemelerin yapılması gerekmektedir. İskandinavya'da yayınlanan ilk sonuçlarda, yük faktörünün $\mu \approx 3$ gibi düşük bir değer olduğu ifade edilmiştir, daha basit bir deyişle, hava kalitesi karışık akıma göre 3 misli daha iyidir.

3.1.4. Enerji Durumu

Daha öncede söylediğimiz gibi, deplasmanlı akış, döşemeden tavana doğru bir sıcaklık artışına sebep olur. Baş seviyesindeki oda sıcaklığı emiş havası sıcaklığından daha düşüktür. Tek ihtiyacımız olan şey, odanın kullanılan bölümündeki kişinin ihtiyacı olan oda sıcaklığını sağlamak için gerekli olan soğutma enerjisidir. Bu durum termal ısı yükünden görülebilir :

$$\mu_t = \frac{t_{12} - t_{2U}}{t_{ab} - t_{2U}} < 1 \quad (10)$$

Karışık akışta, $t_{12} = t_{ext}$, dolayısıyla $\mu_t = 1$ 'dir. Deplasmanlı akışta için gerekli olan soğutma kapasitesi, karışık akış için gerekli olandan daha azdır. Laboratuvarımızda yapmış olduğumuz ölçümler ve daha önce yayınlanmış yayınlar $\mu_t = 0.8$ 'i vermektedir, yani, karışık akış ile mukayese edildiğinde, soğutma kapasitesinden %20 kazanç sağlanmaktadır.

Elde edilen ölçüm sonuçları, deneyler ile onaylanmış ısı yükü hesaplarının çıkartılması için yeterli olmamaktadır. Yukarıdaki açıklamalar, pratik uygulamalar için gerçek değerlerin eksik olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Mevcut bilgilerimiz, 3 metre yüksekliğe kadar olan odaların konfor klima sistemi için, deplasmanlı akışın konvansiyonel akışa göre iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir.

Avantajlar :

Karışık akış ile mukayese edildiğinde, deplasmanlı akış, kullanılan alanda, %5'den daha az türbülans düzeyi olan 0.1 m/s'den küçük akış hızı oluşturmaktadır.

Karışık akış ile mukayese edildiğinde, en azından teoride, kişinin en yakın alanındaki hava kalitesi daha iyidir. "İnsan" ısı kaynağı, taze hava denizindeki havayı en kısa yoldan yukarı doğru taşır.

Kullanılan alandaki havayı kirlüten partikül yükü teoride azaltılmış olmalıdır. Ayrıca, insanlar tarafından üretilen kirlenici partiküller (koku, sigara dumanı v.s.) konveksiyon akımı ile kullanılan zondan yukarı doğru taşınır. Halbuki, karışık akım ile yalnızca dağıtma etkisi elde etmiş oluruz.

Aynı değişim oranları ile ve ısı yükünün 50 W/m²'yi geçmediği durumlarda, karışık akış ile mukayese edildiğinde soğutma enerjisinden kazanılmaktadır.

Dezavantajlar

İnsanlar için termal konforu sabit tutabilmek için, ayak seviyesi ile kafa seviyesi arasındaki sıcaklık farkı 3 K'yı geçmemelidir. Bu durum, dolayısıyla, üfleme havası sıcaklık farkını sınırlamaktadır. Mevcut bilgilerimize göre, bu fark, indüktif olmayan deplasmanlı akış difüzörleri için 4 K'yı geçmemesi gerekirken, indüktif deplasmanlı akış difüzörleri ve döşeme difüzörleri için 7 K civarında olmalıdır.

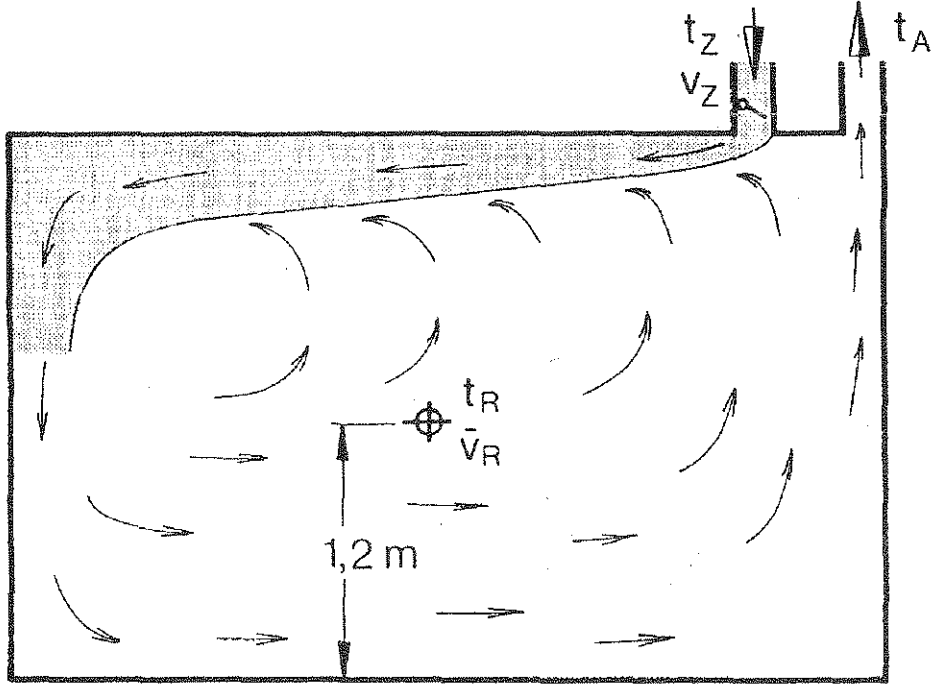
Sonuç olarak, bu durum aynı zamanda alınan ısı yükünü de sınırlamaktadır. Bu, 30-50W/m² civarında olmaktadır.

Deplasmanlı akış difüzöründen çıkan havanın hızı 0.25 m/s'den fazla olamayacağı için, gerekli olan yüzey alanı, karışık akış difüzörlerinkine göre 10 - 20 misli fazla olmalıdır.

5. Araştırma

Deplasmanlı akışın kalite ve limitlerinin daha iyi olduğunu anlayabilmek için daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır. Örneğin, sıcak hava verilmesi durumunda, deplasmanlı akışın nasıl bir etki vereceğini hala bilmemekteyiz.

Araştırma ve Geliştirme Departmanımızda, aşağı yukarı iki yıldır bu konu üzerinde çalışmaktayız. Ayrıca, çok değişik tiplerdeki deplasmanlı akış difüzörlerini kullanma cesaretine de sahibiz. Yalnızca pratik ölçüm sonuçlarından birşeyler kazanmak değil, aynı zamanda çalışan insanların konfor ve konforsuzluğu hakkında da bilgi edinmeyi umuyoruz.



Üfleme Hava Sıcaklık Farkı	$\Delta t_z = t_R - t_z = 6 \dots 10 \text{ K}$
Jet Hızı	$v_z = 2 \dots 4 \text{ m/s}$
Oda Hava Hızı	$v_R = 0,15 \dots 0,25 \text{ m/s}$
Emiş Hava Sıcaklığı	$t_A = t_R$

Fig. 1 Karışık Hava Akışı

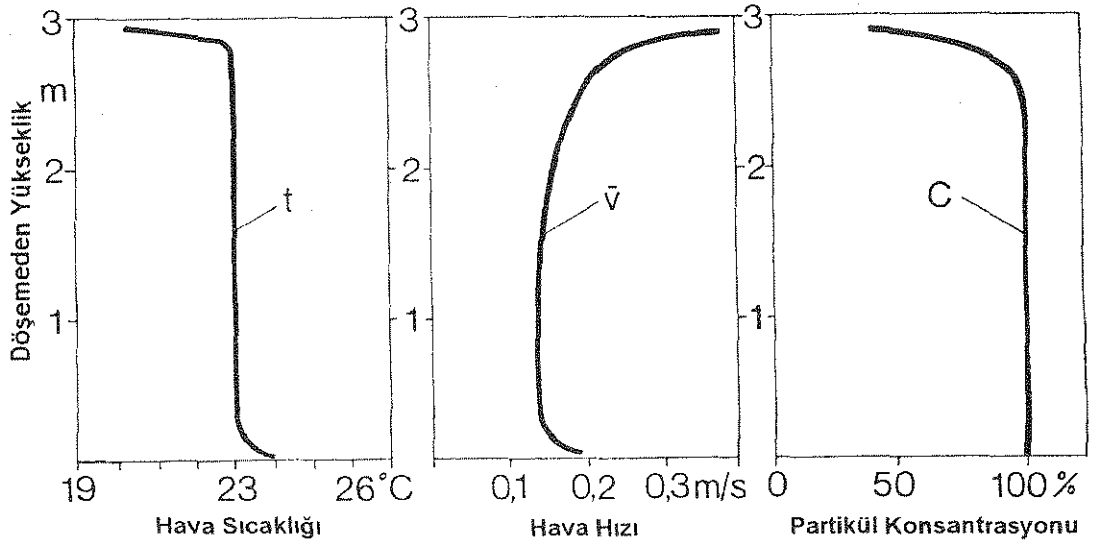
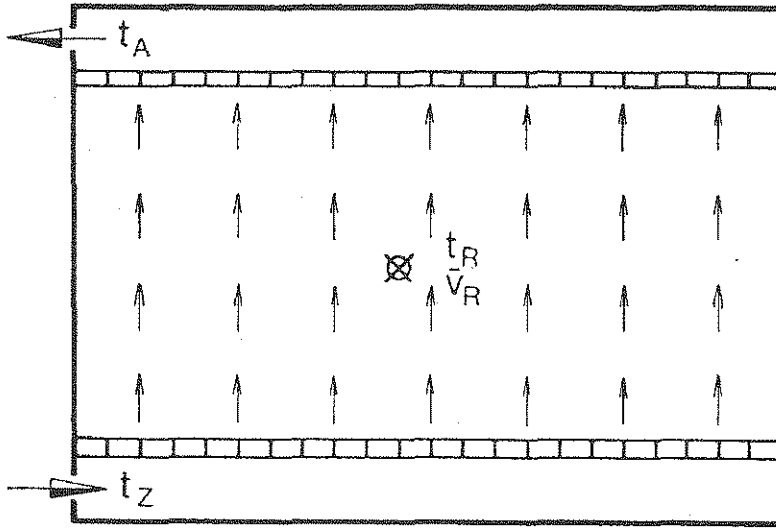


Fig. 2 Karışık Hava Akışı



Üfleme Hava Sıcaklığı Oda Hava Sıcaklığı $t_z \approx t_R$
 Emiş Hava Sıcaklığı $t_A > t_R$
 Oda Hava Hızı $v_R \approx 0,3 \text{ m/s}$

Fig.3 Laminer Hava Akışı

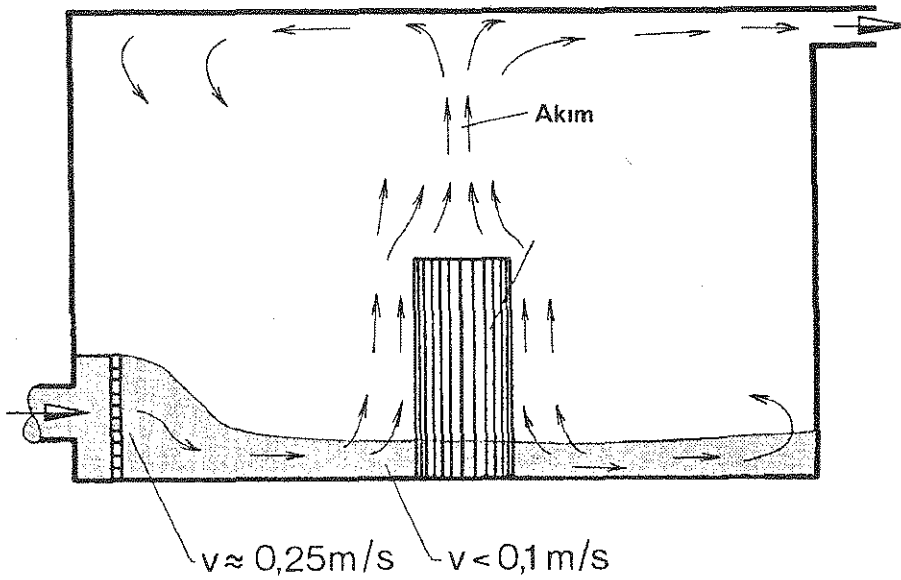
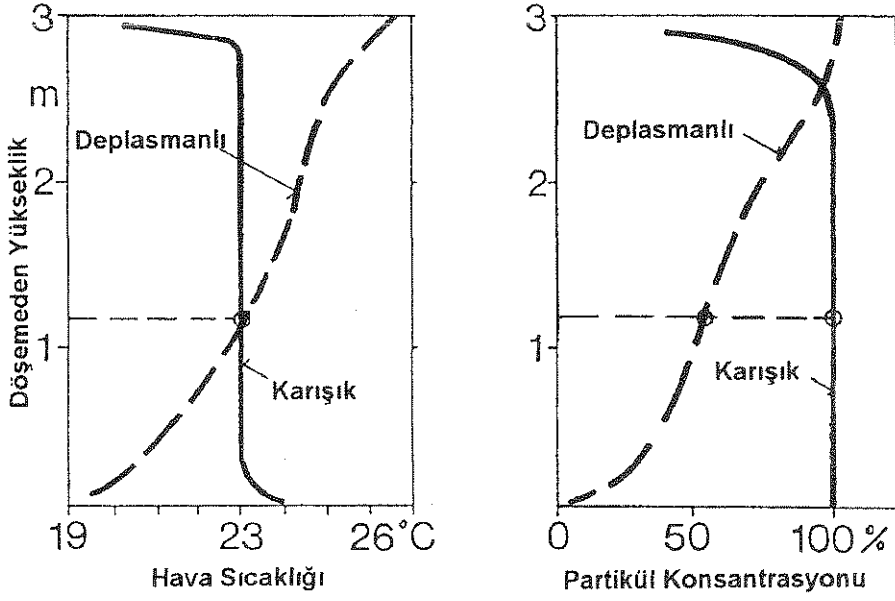


Fig. 4 Deplasmanlı Hava Akışı



Karışık Akış $\mu_t \approx 1$

Karışık Akış $\mu_c \approx 1$

Deplasmanlı Akış $\mu_t < 1$

Deplasmanlı Akış $\mu_c < 1$

Fig. 5 Karışık Akış - Deplasmanlı Akış Karşılaştırılması

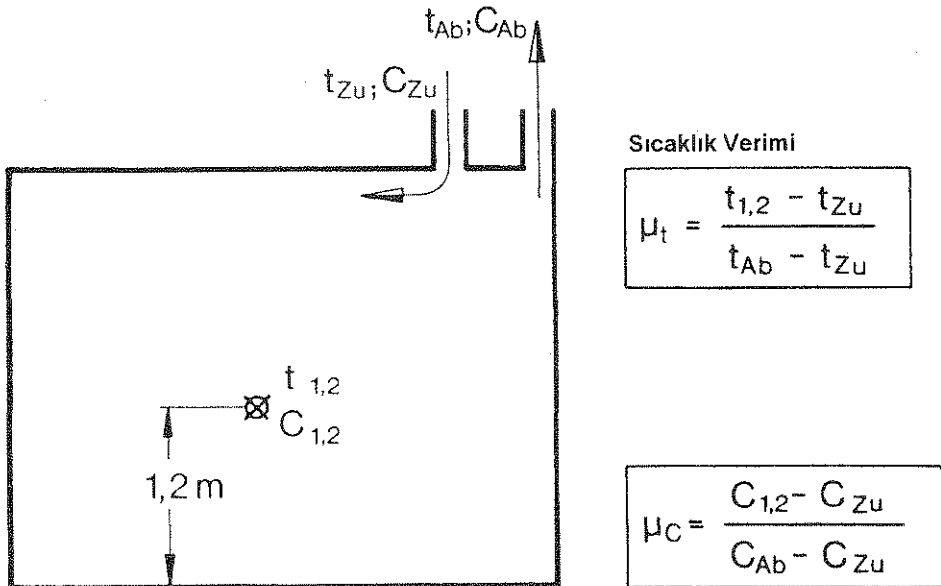


Fig. 6 Konsantrasyon Verimi

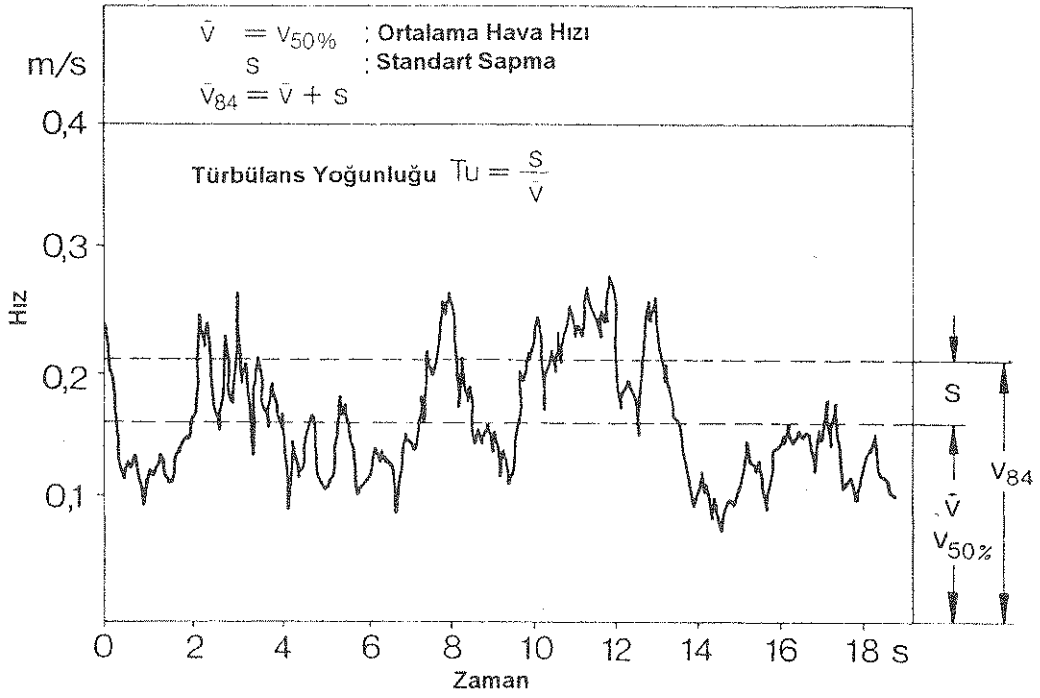
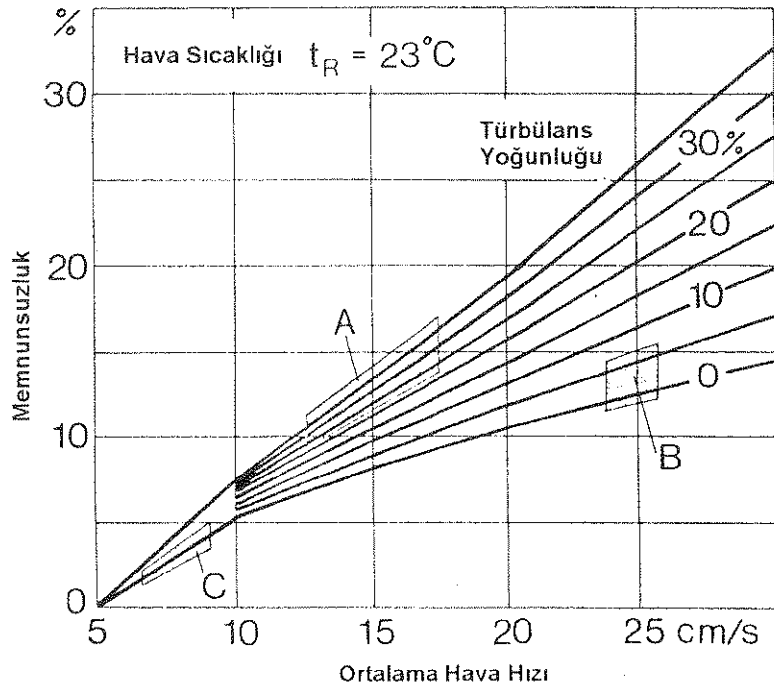


Fig. 7 Karışık Akışta Hız Salınımı



- Bölge A : Karışık Akış
 Bölge B : Deplasmanlı Akış Çıkışının Etrafı
 Bölge C : Kullanılan Alandaki Deplasmanlı Akış

Fig. 8 Akımdan Kaynaklanan İnsan Memnunsuzluğu

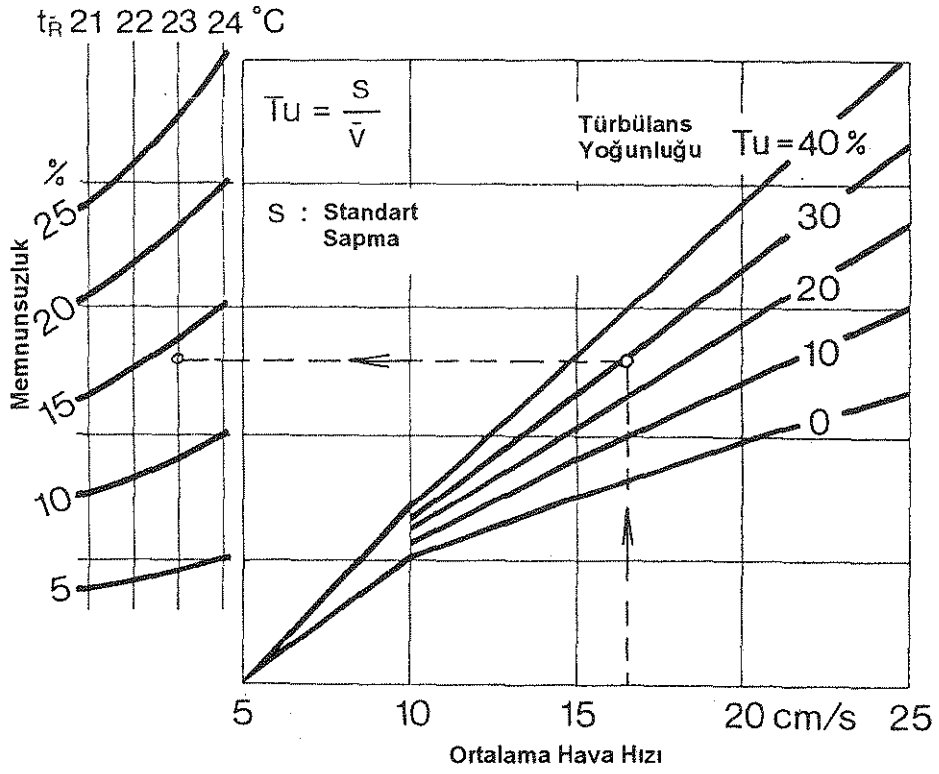


Fig. 9 Akımdan Kaynaklanan İnsan Memnunsuzluğu

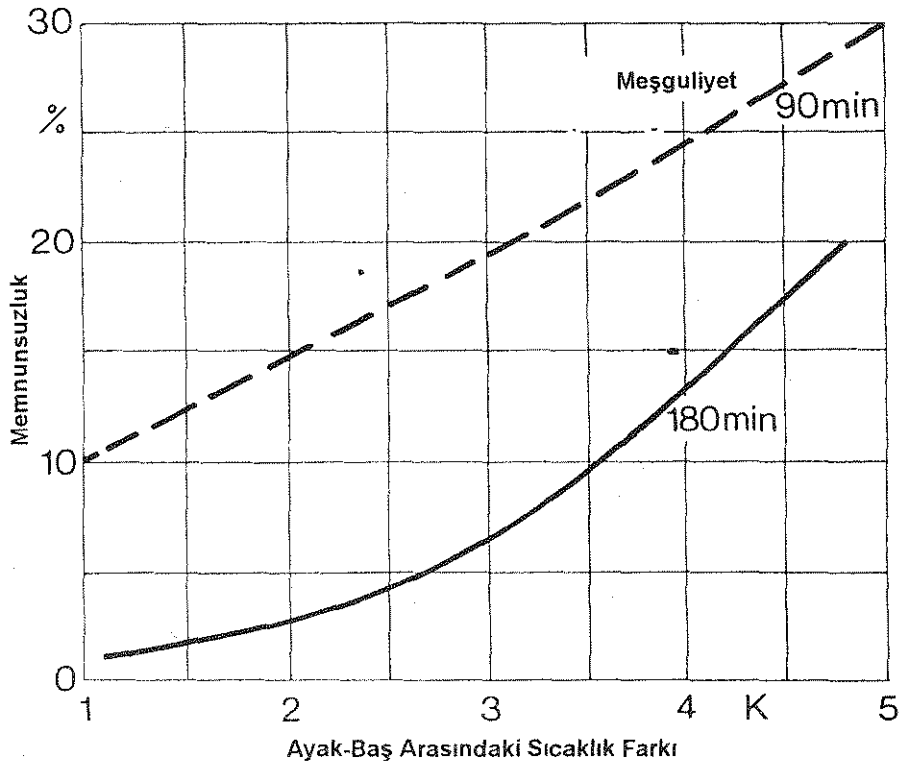
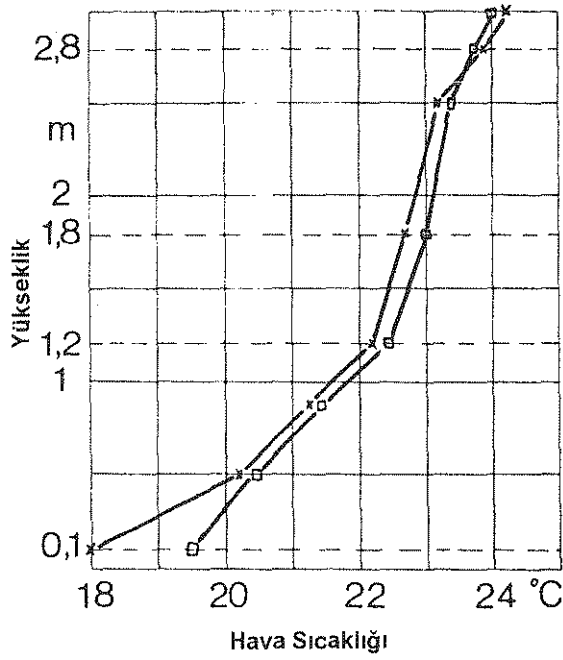


Fig. 10 Dikey Sıcaklık Farkından Kaynaklanan Konforsuzluk



	t_z	$t_{1,2} - t_z$	$t_{1,2} - t_{0,1}$	$t_A - t_z$	$\mu_{1,2}$	\dot{q}
x	15,8 °C	6,4 K	4,2 K	8,2 K	0,78	45 W/m ²
o	18,5 °C	3,8 K	2,8 K	5,5 K	0,69	29 W/m ²

Fig. 11 Deplasmanlı Akış Cihazı - Endüksiyonsuz

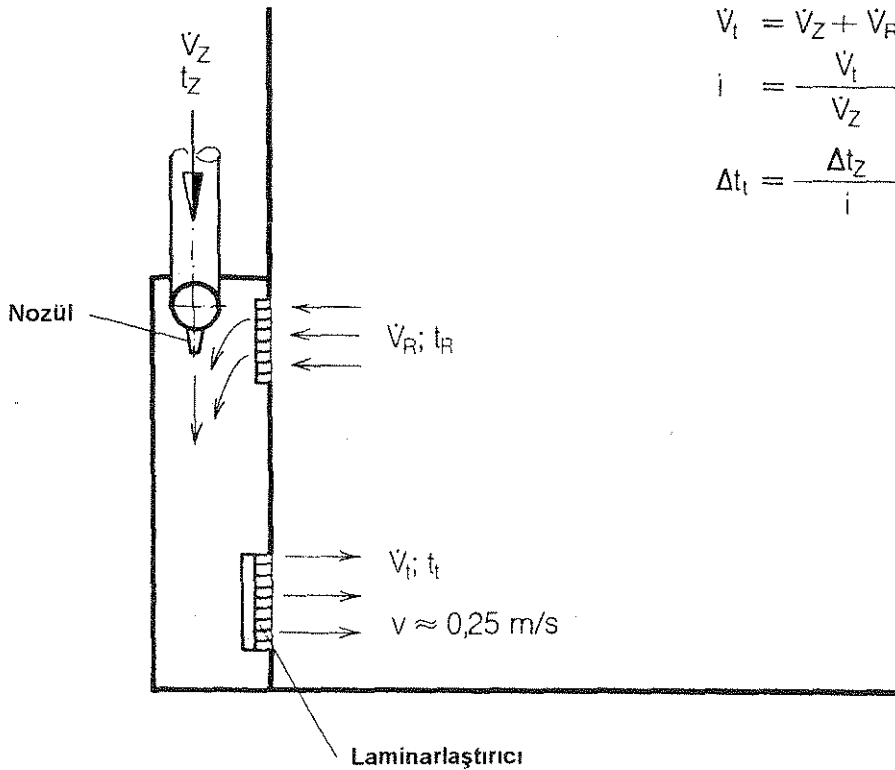
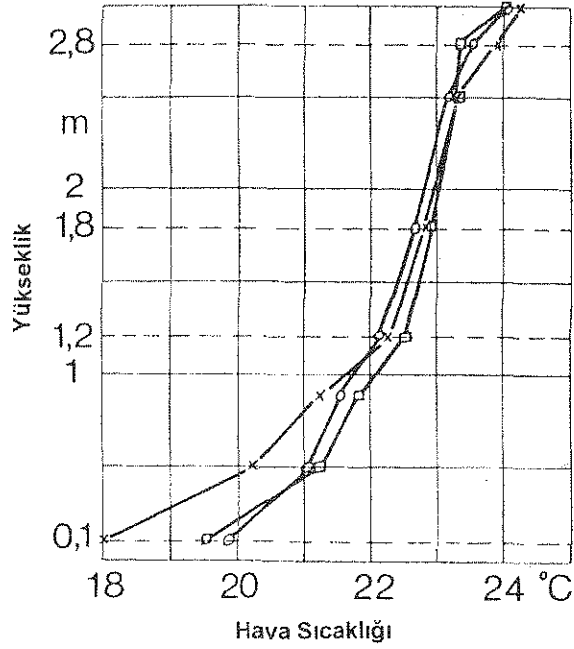


Fig. 12 Endüksiyonlu Deplasmanlı Akış Cihazı



	Type	t_z	$t_{1,2} - t_z$	$t_{1,2} - t_{0,1}$	$t_A - t_z$	$\mu_{1,2}$	\dot{q}
x	no induct.			4,2 K			
o	induct.	16 °C	≈ 6K	2,4 K	≈ 8K	≈ 0,8	≈ 45 W/m ²
□	Fb; floor			3,0 K			

Fig. 13 Endüksiyonsuz - Endüksiyonlu FB Döşemeden çıkış

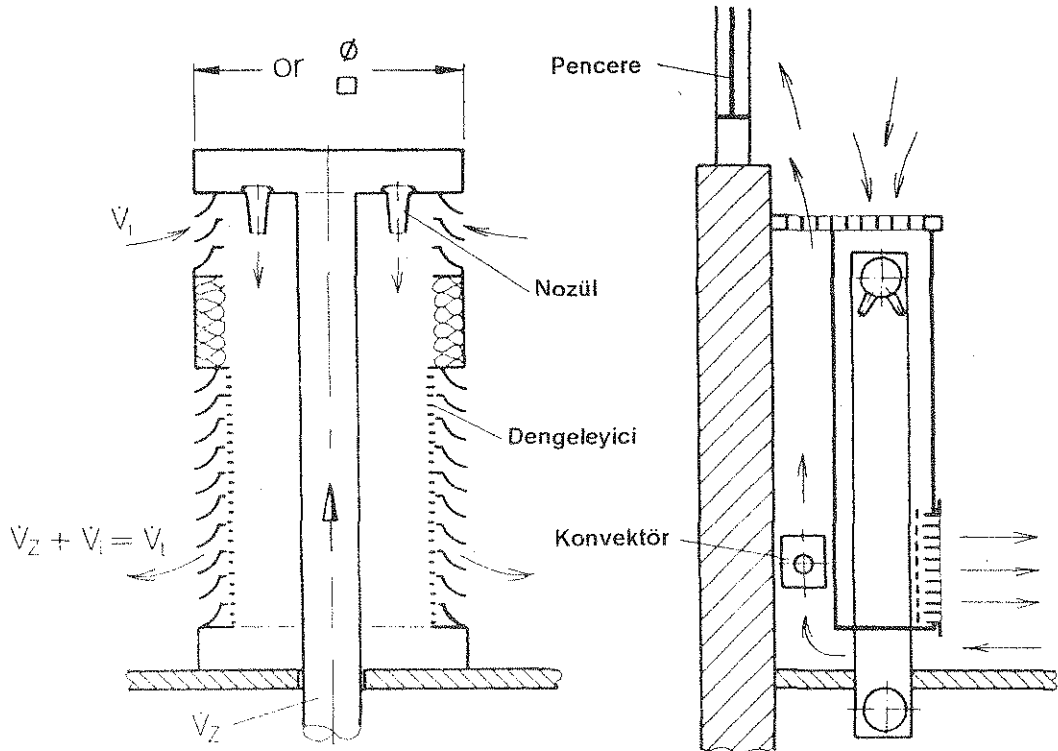


Fig. 14 Deplasmanlı Akışın Endüksiyonlu Cihazı

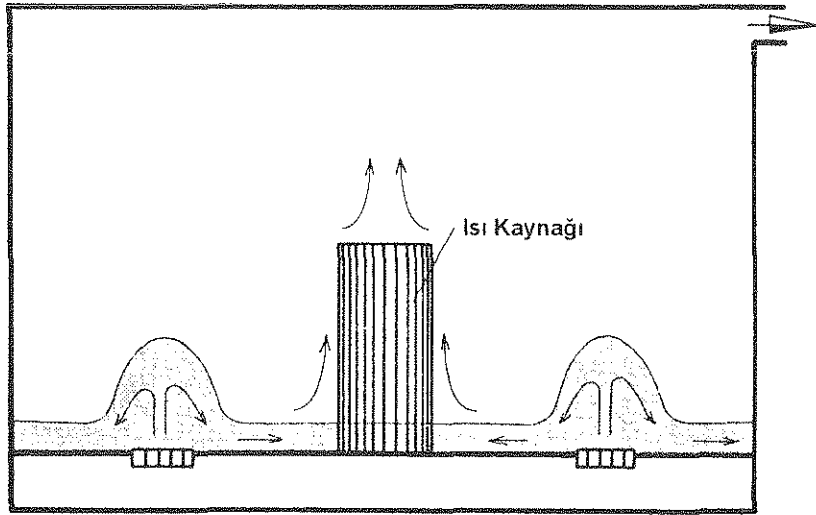


Fig. 15 Döşeme Cihazı ile Deplasmanlı Akış