



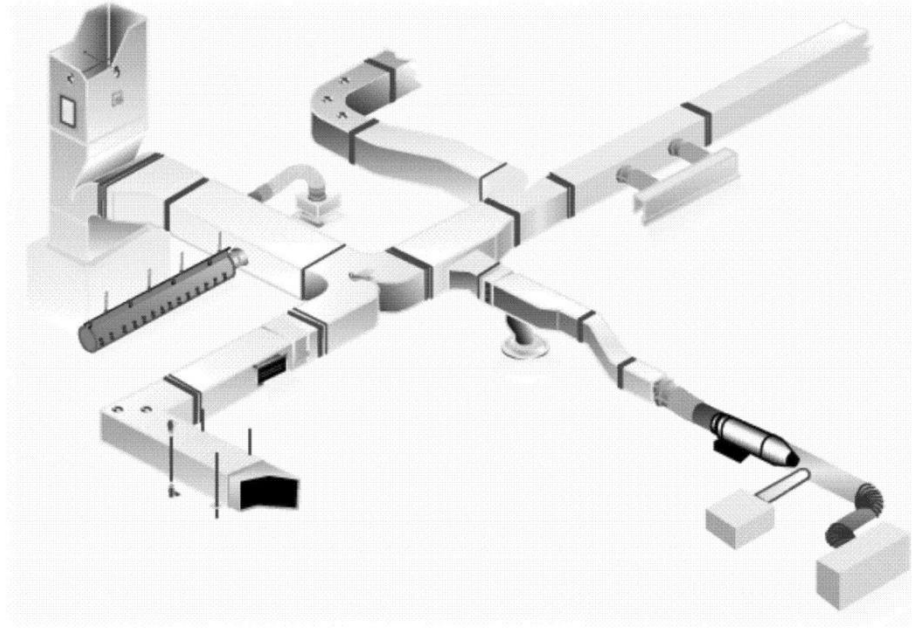
Adana Meslek Yüksekokulu Yayınları No:1



HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Mehmet BİLGİLİ Erdoğan ŞİMŞEK
Yusuf POLAT Abdulkadir YAŞAR

Çukurova Üniversitesi
Adana Meslek Yüksekokulu



ADANA 2005

ÖNSÖZ

Bu ders notu, MEB-YÖK Meslek Yüksekokulları Program Geliştirme Projesi İklimlendirme ve Soğutma Programı, Havalandırma Sistemleri dersi müfredat programında bulunan konulara paralel olarak hazırlanmıştır.

Havalandırma Sistemleri dersi, yüksekokulumuzun ikinci sınıfında okuyan öğrencilerimizin, havalandırma sistemleri elemanlarının özelliklerini, havalandırma kanallarının tasarlandırılmasını, kanal bağlantı elemanlarının yapılması ve uygulaması gibi konularda yeterli bilgiye ulaşmasını sağlayan bir ders niteliğindedir.

Bu ders notu, öğrencilerin kendi kendilerine çalışabilmeleri ve konuyu daha iyi anlayabilmeleri açısından, iyi bir kaynak olduğu düşüncesindeyiz. Ayrıca bu ders notunun iklimlendirme ve soğutma programının ilerde açılabilir olacak olan uzaktan öğretim programında kullanılması da hedeflenmiştir.

Bu ders notunun hazırlanmasında değerli katkılarını esirgemeyen Adana Meslek Yüksekokulu Müdürümüz sayın Prof.Dr. Alaettin SABANCI'ya, Teknik programlar bölüm başkanımız sayın Yrd.Doç.Dr.Veysel POLAT'a, katkılarından dolayı sayın Öğr.Gör. Erdoğan GÜRDALA'a ve uzaktan öğretim biriminde görevli öğrencilerimize teşekkür ederiz.

Mehmet BİLGİLİ
Erdoğan ŞİMŞEK
Yusuf POLAT
Abdulkadir YAŞAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
1. HAVALANDIRMAYA GİRİŞ	2
1.1. Giriş.....	2
1.2. Havalandırmaya Olan İhtiyaç, İlgili Yönetmelikler ve Standartlar.....	2
1.3. Havalandırma Yöntemleri.....	3
1.4. Tipik Kanal Sistemleri.....	3
1.4.1. Tek Kanallı Sistem	3
1.4.2. Çift Kanallı Sistem	3
1.4.3. Dönüş ve Egzoz Sistemleri.....	4
1.5. Konu İle İlgili Sorular.....	4
2. HAVALANDIRMA SİSTEM ELEMANLARI.....	6
2.1. Fan ve Fan Çeşitleri.....	6
2.1.1. Aksiyal (eksenel) Tip Fanlar.....	6
2.1.2. Radyal Tip Fanlar.....	7
2.2. Fan Kanunları	8
2.3. Fan Seçiminde Kullanılan Gerekli Parametreler.....	9
2.3.1. Mutlak Basınç.....	9
2.3.2. Basma Yüksekliği.....	9
2.3.3. Fan Gücü ve Verimi.....	10
2.3.4. Debi.....	10
2.4. Fan Performans Eğrileri.....	10
2.5. Fan Seçimi.....	10
2.6. Fan Kontrolü.....	11
2.7. Fan Bakımı.....	11
2.8. Menfez ve Difüzörler (Anemostat).....	11
2.8.1. Menfezler.....	11
2.8.2. Difüzörler (Anemostat).....	13
2.8.3. Menfez ve Difüzör Seçimi	14
2.9. Damper Tipleri.....	18
2.10. Hava Filtreleri	18
2.10.1. Filtreleme	18
2.10.2. Hava Filtresi Çeşitleri.....	19
2.10.2.1. Elyafı Tip Filtreler.....	19
2.10.2.2. Filtre Elemanı Tazelenabilir (Yenilenen)	

Tip Filtreler.....	21
2.10.2.3. Elektrostatik Tip Hava Temizleyiciler.....	21
2.10.3. Filtre Seçimi.....	22
2.11. Konu İle İlgili Sorular.....	23
3. HAVALANDIRMA KANALLARININ TASARIMI.....	26
3.1. Standart Kanallar ve Elemanları.....	26
3.2. Havalandırma Sistemlerinde Dış Hava Miktarı Tayini.....	26
3.2.1. Mahaldeki İnsan Sayısına Göre Dış Hava Miktarı Tayini.....	26
3.2.2. Saatlik Hava Değişim Sayısına Göre Dış Hava Miktarı.....	28
3.3. Kanal Hesapları.....	29
3.3.1. Kanallardaki Hava Hızları.....	29
3.3.2. Kanal Kesit Alanının Tayini.....	31
3.3.3. Kanal Kenar Oranları.....	32
3.3.4. Benzerlik Kanunu.....	32
3.3.5. Bernoulli Denklemi.....	33
3.4. Kanallarda Toplam Basınç Kaybı.....	34
3.4.1. Kanallardaki Sürtünme Basınç Kayıpları.....	35
3.4.2. Kanallardaki Dinamik Basınç Kayıpları (Yerel Kayıplar).....	36
3.4.3. Santral İç Cihazlarının Basınç Kaybı.....	36
3.4.4. Kanal Sistemi Bölümlerindeki Kayıplar.....	36
3.5. Fan Sistem Etkileşimi.....	42
3.6. Kanal Boyutlandırılması ve Hesap Yöntemleri.....	43
3.6.1. Eş Sürtünme Yöntemi.....	43
3.6.2. Statik Geri Kazanma Yöntemi.....	52
3.7. Kanal Sisteminde Ekonomi.....	52
3.7.1. Optimizasyon.....	53
3.7.2. İlk Yatırım Maliyetine Etki Eden Faktörler.....	53
3.7.2.1. Kanal Kenar Oranı.....	53
3.7.2.2. Basınç Sınıflandırılması.....	54
3.7.2.3. Fittings Maliyetleri.....	54
3.7.3. Yuvarlak Kanallar ile Dikdörtgen Kanalların Maliyetinin Karşılaştırılması.....	54
3.8. Kanallarda Sızdırmazlığın Önemi.....	56
3.9. Kanalların İç Temizliği.....	56
3.10. Konu İle İlgili Sorular.....	56
4. HAVALANDIRMA UYGULAMALARI.....	60

4.1. Konutlar	60
4.2. Garajlar.....	61
4.3. Ticari Mutfaklar.....	61
4.4. Lokanta, Kafeterya ve Otel Mutfakları.....	61
4.5. Büyük Mutfaklar.....	62
4.6. Çamaşırhaneler.....	62
4.7. Okullar.....	63
4.8. Kimya Laboratuvarları.....	63
4.9. Toplantı Salonları.....	63
4.10. Tuvaletler.....	63
4.11. Duşlar.....	63
4.12. Üniversite Anfileri	63
4.13. Anaokulları ve Yuvalar.....	64
4.14. Büyük Toplantı, Gösteri ve Spor Salonları.....	64
4.15. Spor Salonları.....	65
4.16. Konser ve Tiyatro Salonları	65
4.17. Sergi ve Fuar Alanları	65
4.18. Alış – Veriş Merkezleri ve Dükkanlar	65
4.19. Süpermarketler.....	65
4.20. Sığınak Havalandırması	66
4.21. Sığınak Havalandırma Kapasiteleri	66
4.22. Sığınaklarda Havanın Yönlendirilmesi	67
4.23. İlkokullar.....	67
4.24. Konu İle İlgili Sorular.....	67
5. KANAL VE BAĞLANTI ELEMANLARININ YAPIMI.....	70
5.1. Kanal Konstrüksiyonu.....	70
5.2. Kanal ve Bağlantı Parçalarının İmalatı.....	71
5.2.1. Pitsburg Kenet Yapımı.....	73
5.2.2. Sac Levhadan Dikdörtgen Kanal Yapımı.....	74
5.2.3. Sac Levhadan Dirsek Yapımı.....	75
5.2.4. Sac Levhadan Genişleme Parçası Yapımı.....	76
5.2.5. Sac Levhadan Ayrılma Parçası Yapımı.....	77
5.3. İki Kanal Parçasını Birleştirme Yöntemleri.....	77
5.4. Kanalların Mesnetlenmesi.....	79
5.5. Konu İle İlgili Sorular.....	80
6. TEST, AYAR VE DENGELEME.....	82
6.1. Test, Ayar ve Balans.....	82

6.2. Tanımlar.....	82
6.3. Test ve Dengelemenin Önemi.....	82
6.4. Ön Hazırlıklar.....	83
6.5. Kaçakların Tespit Edilmesi.....	84
6.6. Hava Test, Ayar ve Balans Araçları.....	84
6.6.1. Mekanik Anemometre.....	85
6.6.2. Elektronik Anemometre.....	85
6.6.3. Akış Ölçüm Davlumbazı.....	86
6.6.4. U Manometre.....	86
6.6.5. Eğimli / Dik Manometre.....	87
6.6.6. Elektronik (Digital) Manometre.....	87
6.6.7. Pitot Tupe.....	87
6.7. Hava Kanallarında Sızdırmazlık Testi.....	88
6.8. Sisteminin İşletmeye Alınması	91
6.9. Fan Kontrolü.....	91
6.10. Hava Sistemi Temel Dengeleme Prosedürü.....	92
6.10.1. Dengeleme Kriteri.....	92
6.10.2. Kademeli Metod.....	92
6.11. Konu İle İlgili Sorular.....	96
7. SES VE AKUSTİK.....	98
7.1. Sesin Tanımı.....	98
7.2. Ses ile ilgili tanımlar.....	98
7.3. Gürültü	99
7.4. Gürültü Şiddetinin Hesaplanması.....	99
7.5. Ses Yalıtımı Hesabı.....	100
7.6. Gürültü Ölçümü İşlem Sırası.....	102
7.7. Gürültüyü Etkileyen Faktörler.....	103
7.8. Gürültü Nasıl Azaltılır?.....	103
7.9. Konu İle İlgili Sorular.....	104
BİRİM SİSTEMLERİ.....	107
KAYNAKLAR.....	110

1

BÖLÜM

HAVALANDIRMAYA GİRİŞ

AMAÇ

Havalandırmanın önemini ve ilgili yönetmeliklerini tanıyabilme, temel tiplerini ve uygulama alanlarını listeleyebilme.

1. HAVALANDIRMAYA GİRİŞ

1.1. Giriş

Kapalı mekanlarda çok sayıda insanın bulunuşu, endüstriyel ortamlarda ise bazı uygulamalar yüzünden kirlenen hava sürekli veya geçici olarak yenilenmek zorundadır. Gerekli sistemler mahalin havasının hem sıcaklık, hem izafi nemini bütün bir yıl boyunca, dış hava şartlarından bağımsız bir değerde sabit tutmasını amaçlar.

Havalandırma sistemlerinin temel unsurları şunlardır;

- Sıcaklık

- b. Hava hızı
- c. Hava temizliği

İnsan içinde bulunduğu ortam havasına ısı, karbondioksit gazı, su buharı ve hoş olmayan kokular bırakır. Çok sayıda insanın aynı ortamlarda bulunuşu sırasında havanın gaz ve duman halindeki kirlilikler bakımından zenginleşmesini önlemek için bu mahali havalandırmak başka bir ifade ile bu mahale yeterli miktarda taze hava gönderilmesi gerekir. Endüstriyel ortamlarda ise imalatın kaliteli olabilmesi ve ortamlarda rahat bir şekilde çalışabilmek için havalandırma gereklidir.

Havalandırma sistemlerinin düzgün bir şekilde çalışabilmesi bazı temel koşullara bağlıdır.

Bu koşullar;

1. Ortama gerekli taze hava girişinin mutlaka yapılması,
2. Ortamda rahatsızlık yaratacak hava akımının (ceryanın) olmaması,
3. Havalandırma sisteminin mahal havasını üniform bir şekilde dağıtıp toplaması
4. Vantilatörlü tesislerde sessiz bir çalışmanın sağlanması gibi hususlardır.

1.2. Havalandırmaya Olan İhtiyaç, İlgili Yönetmelikler ve Standartlar

Havalandırma;

1. Canlıların bulundukları ortamlarda, solunum yapmaları, terlemeleri, ısı yaymaları, sigara içmeleri, koku yaymaları gibi nedenlerden dolayı
2. İşletmelerde, üretim esnasından satış işlemine kadar ortaya çıkan zararlı tozların, gazların ve kokuların giderilmesi için
3. Depolarda gıda maddelerinin veya koku yayan diğer malzemelerin yaydıkları koku nedeniyle ve bozulmalarını önlemek için gereklidir.

3194 sayılı imar kanunu, evlerin yeterli aydınlıkta ve havalandırılabilir olmasını şart koşturmaktadır. Günümüzde inşa edilen binaların sızdırmaz olması, pencere ve kapılardan sızıntının çok az olması, mahallerde oksijen yetersizliğine sebep olmaktadır.

Yapılan araştırmalarda halka açık binaların %30'unda iç hava kirliliği tespit edilmiştir. Bu yüzden iç hava kalitesi oldukça önemlidir. İç mekanlardaki hava kirliliğinin %52'si havalandırmanın yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır.

1.3. Havalandırma Yöntemleri

Hava hareketini sağlayan kuvvetlere göre üçe ayrılır:

1. Doğal havalandırma: Havanın hareketi ve dolayısıyla yenilenmesi sıcaklık farklarına ve rüzgar etkisine bağlıdır. (Baca ve rüzgar etkisiyle)
2. Doğal-mekanik havalandırma: Rüzgar etkisiyle çalışan baca aspiratörleri örnek olarak verilebilir.
3. Mekanik havalandırma: Bu tip havalandırmada havanın hareketini bir vantilatör temin eder. Bu da üç şekilde olabilir.
 - Mekanik girişli doğal çıkışlı (vantilatörlü)
 - Doğal girişli mekanik çıkışlı (aspiratörlü)
 - Mekanik giriş ve çıkışlı (vantilatör ve aspiratörlü)

1.4. Tipik Kanal Sistemleri

Kanal sistemleri geniş kullanma amaçlarına göre çok farklı olmakla birlikte genelde üç tipi mevcuttur.

- Tek Kanal Besleme Sistemleri
- Çift Kanal Besleme Sistemleri

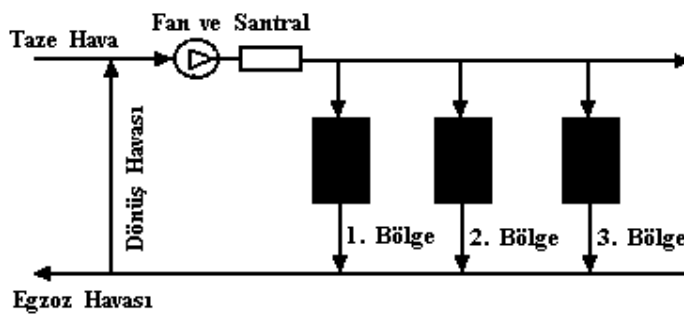
- Dönüş ve Egzoz Sistemleri.

1.4.1. Tek Kanallı Sistem

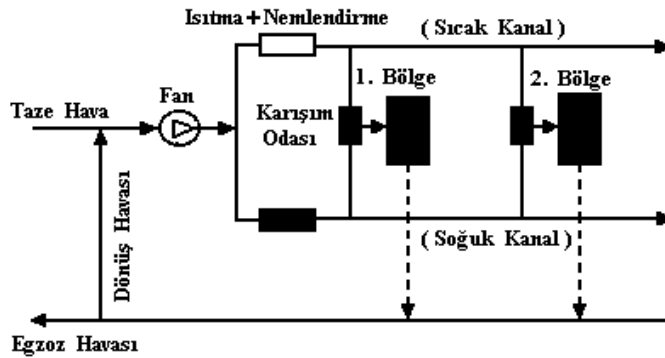
Tek kanal besleme sistemi düzenlemesi; havayı belirli bir sayıdaki bölgeye ulaştırır. Tek kanal sistemi, bütün bölgelere, o bölgelerdeki gerekli en düşük hava sıcaklığını sağlayacak beslemeyi yapar. Bölgeler içindeki bir oda termostatu ve kol ayarındaki bir ısıtıcı yardımıyla, her bir bölgenin sıcaklığı kontrol edilir. İstenen en küçük havalandırma miktarı, dış hava damperleri minimuma ayarlanarak yapılır. Aşırı soğuk ve aşırı sıcak havalarda dış hava damperleri en düşük değere ayarlanır, fakat ılık havalarda bunlar açık olabilir.

1.4.2. Çift Kanallı Sistem

Çift kanal besleme sistemleri ise her bir bölgeye biri sıcak diğeri soğuk hava gönderen iki kol gider. Bölgedeki istenen oda sıcaklığını ayarlamak için bir karışım odasında sıcak ve soğuk belirli oranlarda karıştırılır.



Şekil 2.1. Tek Kanallı Sistem.



Şekil 2.2. Çift Kanallı Sistem.

1.4.3. Dönüş ve Egzoz Sistemleri

Dönüş ve egzoz sisteminde ise bir besleme devresinde bulunan kol çıkışları yerine, izafi olarak daha çok sayıdaki kol girişleri ile karakterize edilebilir. Bir klima kanal devresinin dönüş hava kısmı ve bir fabrikanın egzoz kanal devresi bu tip sistemlere tipik örneklerdir.

1.5. Konu İle İlgili Sorular

1. Havalandırma yöntemleri kaçaya ayrılır? Örnekler veriniz
2. Havalandırmanın niçin gerekli olduğunu açıklayınız
3. Havalandırma sistemlerinin düzgün bir şekilde çalışabilmesi bazı temel koşullar nelerdir? Açıklayınız
4. Tipik kanal sistemleri nelerdir? Açıklayınız.

BÖLÜM

2

HAVALANDIRMA SİSTEM ELEMANLARI

AMAÇ

Havalandırma sistem elemanlarını tanıyabilme ve kataloglardan seçebilme.

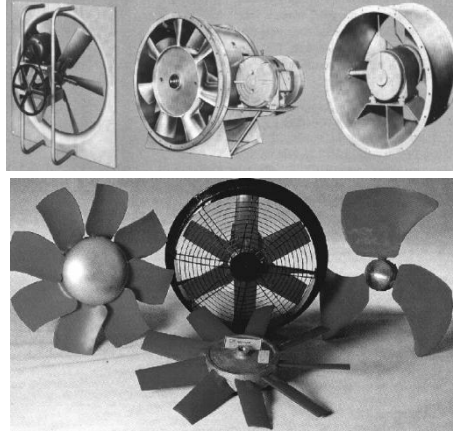
2. HAVALANDIRMA SİSTEM ELEMANLARI

2.1. Fan ve Fan Çeşitleri

Fan, bir basınç farkı oluşturarak havanın akışını sağlayan cihazdır. Fanın hareketli elemanı olan çarkı, hava üzerinde iş yapar ve ona statik ve kinetik enerji kazandırır. Fanlar genel olarak, havanın çark üzerinden akış doğrultusuna bağlı olarak, aksiyal (eksenel) ve radyal tip olarak sınıflandırılır.

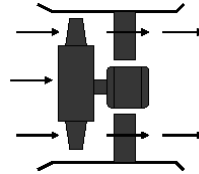
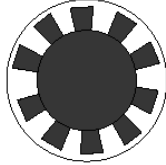
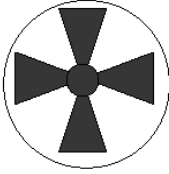
2.1.1. Aksiyal (eksenel) Tip Fanlar

Aksiyal tip fanlarda basınç farkı oluşturularak meydana gelen havanın hareketi eksenel yöndedir. Aşağıdaki şekilde çeşitli aksiyal tip fanlar gösterilmiştir. Aksiyal tip fanlar pervane kanatlı tip, silindir kanat tip ve kılavuzlu silindir tip olmak üzere üç kısma ayrılır.



Şekil 2.1. Aksiyal tip fanlar

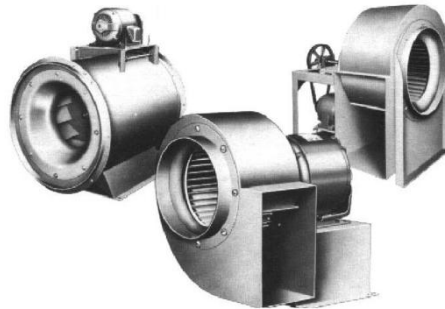
1. Pervane kanatlı tip: Alçak, orta ve yüksek basınçlı genel ısıtma, havalandırma ve klima uygulamalarında kullanılırlar.
2. Silindir kanat tip: Alçak ve orta basınçlı sistemlerde ve kurutma ve boyama kabinlerinin egzozlarında kullanılırlar.
3. Kılavuzlu silindir tip: Alçak statik basınçlı, büyük hava debileri için kullanılırlar.



Şekil 2.2. Pervane kanatlı Şekil 2.3. Silindir kanat Şekil 2.4. Kılavuzlu sil.

2.1.2. Radyal Tip Fanlar

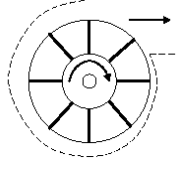
Radyal tip fanlarda basınç farkı oluşturularak meydana gelen havanın hareketi eksenel yönde olmayıp santrifuj (merkezkaç) kuvveti doğrultusundadır. Aşağıdaki şekilde çeşitli radyal tip fanlar gösterilmiştir. Radyal tip fanlar radyal (eğimsiz) tip, öne eğimli kanatlı tip, geriye eğimli kanat tip ve aerodinamik kanatlı tip olmak üzere dört kısma ayrılır.



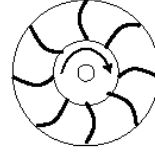
Şekil 2.5. Radyal Tip Fanlar

1. Radyal (eğimsiz) tip: Endüstriyel tesislerde malzeme nakli için veya yüksek basınçlı kilma tesislerinde kullanılırlar.

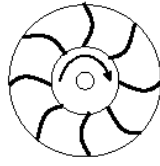
2. Öne eğimli kanatlı tip: Alçak basınçlı havalandırma sistemlerinde, paket klima cihazları, ev tipi sıcak hava aparayları ve fanlı serpantinlerde kullanılırlar.
3. Geriye eğimli kanat tip: Genel havalandırma sistemlerinde kullanılırlar.
4. Aerodinamik kanatlı tip: Genel havalandırma sistemlerinde, özellikle büyük hava debilerinde kullanılırlar.



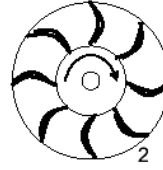
Şekil 2.6. Radyal (eğimsiz) tip



Şekil 2.7. Öne eğimli kanatlı tip



Şekil 2.8. Geriye eğimli kanat tip



Şekil 2.9. Aerodinamik kanatlı tip

2.2. Fan Kanunları

Dinamik olarak benzer olan fanlar için, karakteristik değişkenler arasındaki ilişkileri veren denklemler, fan kanunları olarak adlandırılırlar.

1. **Kanun:** Benzer fanların debi oranları, devir oranlarına eşittir.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

2. **Kanun:** Benzer fanların basınç oranları, devir oranlarının karesine eşittir.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(n_1)^2}{(n_2)^2}$$

3. **Kanun:** Benzer fanların güç oranları, devir oranlarının küpü ile doğru orantılıdır.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{(n_1)^3}{(n_2)^3}$$

Örnek : Debisi $10300 \text{ m}^3/\text{h}$, statik basıncı 25 mmSS , devir sayısı 1687 d/dk ve gücü 3.08 BG olan bir fanın yeni debisi $15000 \text{ m}^3/\text{h}$ çıkartılırsa yeni karakteristikleri ne olur?

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{10300}{15000} = \frac{1687}{n_2}$$

$$n_2 = 1687 \cdot \frac{15000}{10300} \quad n_2 = 2457 \text{ d / dk}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{(n_1)^2}{(n_2)^2} \quad \frac{25}{P_2} = \left(\frac{1687}{2457} \right)^2$$

$$P_2 = 25 \cdot \left(\frac{2457}{1687} \right)^2 \quad P_2 = 53 \text{ mmSS}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{(n_1)^3}{(n_2)^3} \quad \frac{3,08}{N_2} = \left(\frac{1687}{2457} \right)^3$$

$$N_2 = 3,08 \cdot \left(\frac{2457}{1687} \right)^3 \quad N_2 = 9,51 \text{ BG}$$

bulunur.

2.3. Fan Seçiminde Kullanılan Gerekli Parametreler

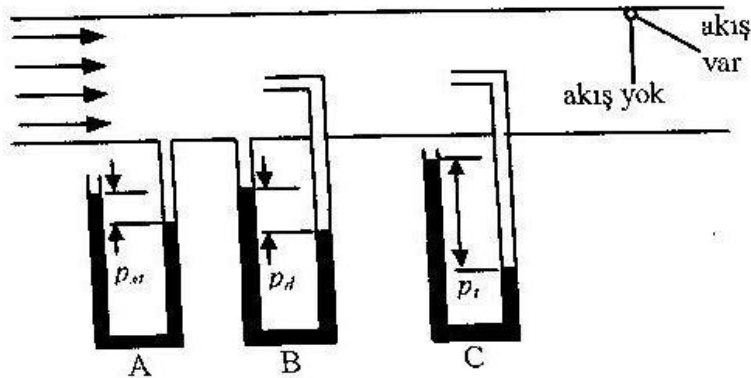
2.3.1. Mutlak Basınç

Mutlak basınç iki bileşenden oluşur. Bunlar atmosferik basınç ve etkin (efektif) basınçtır.

$$P = P_{atm} + P_e$$

Atmosferik basınç (P_{atm}), söz konusu yerin üzerindeki atmosfer kalınlığındaki hava tabakası ağırlığı tarafından oluşturulur (1 Atm=101,325 kPa). Etkin basınç ise, zaten atmosferik basınç etkisinde olan akışkana, bir başka dış kuvvet uygulanarak oluşturulur.

Bir U borulu manometrenin, içinden geçen gaz akışı olan bir kanala bağlantı şekline göre, kanalda hüküm süren üç değişik basınç okunabilir.



Şekil 2.10. İçinde akış olan bir kanaldaki statik, dinamik ve toplam basınç

$$P_t = P_{st} + P_d \quad P_d = \rho_h \cdot \frac{V^2}{2} \quad (Pascal)$$

P_t = Toplam basınç

P_{st} = Statik basınç

P_d = Dinamik basınç

ρ_h = Havanın yoğunluğu (1,2 kg/m³)

V = Havanın hızı (m/s)

2.3.2. Basma Yüksekliği

Bazen basınçların Pa (Pascal) birimi yerine mmSS (milimetre su sütunu) birimi ile verilmesi tercih edilir. Bu durumda, herhangi bir sistemin iki noktası (1 ve 2) arasındaki basınç farkına karşı gelen yüksekliğe basma yüksekliği denir.

$$\frac{\rho_{su} \cdot g \cdot H}{1000} = \Delta P_{st} + \Delta P_d + \Delta P_z \quad (Pa)$$

H = Basma yüksekliği (mmSS)

ρ_{su} = Suyun yoğunluğu (998,3 kg/m³)

g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²)

2.3.3. Fan Gücü ve Verimi

Bir fanın teorik gücü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. Hava kaçakları, mil sürtünmesi kayıpları ve akış sürtünmesi dirençleri nedeniyle bir güç kaybı olur ve fan verimi terimi ortaya çıkar.

$$N = Q \cdot \Delta P_t \quad (kW)$$

Q = Havanın hacimsel debisi (m³/s)

ΔP_t = Fanın giriş ve çıkışı arasındaki toplam basınç farkı (Pa)

2.3.4. Debi

Debi, birim zamanda geçen hava miktarıdır.

$$Q = V \cdot A \quad (m^3 / s)$$

V = Hız (m/s)

A = Kesit alanı (m²)

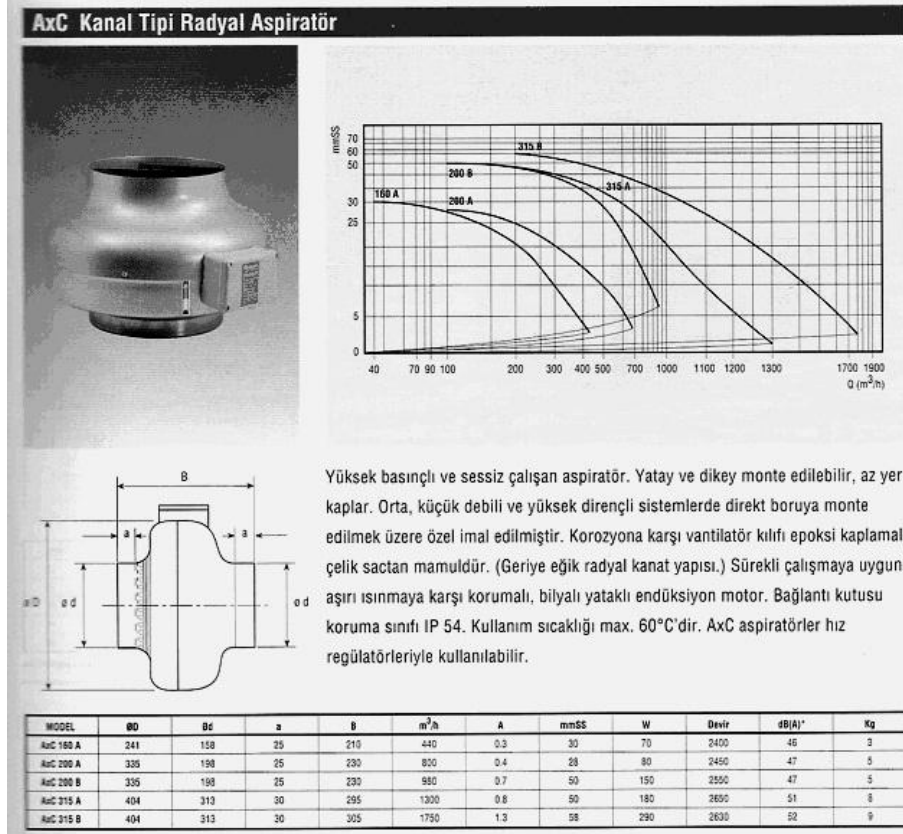
2.4. Fan Performans Eğrileri

Üretici firmalar fan seçiminde kullanılmak üzere, belirli tip boyut ve mil hızı (d/dk) için, fan basıncı, verimi ve gücünün fan debisi ile değişimini gösteren, fan performans eğrilerini kullanıcılara sağlamaktadırlar.

2.5. Fan Seçimi

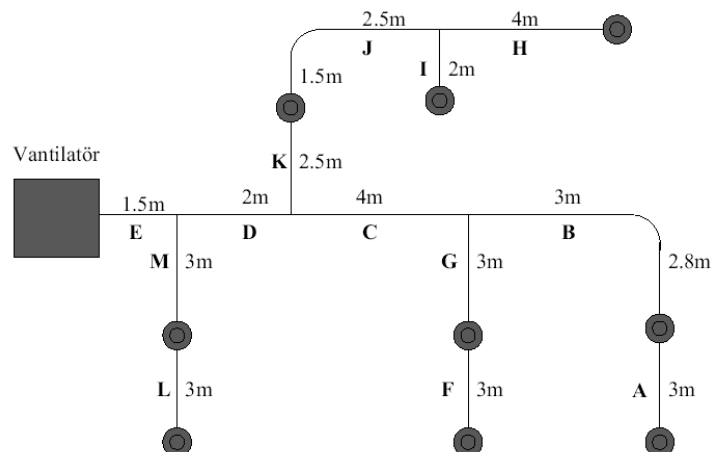
Belirli bir hava dağıtım sisteminde fan seçimi yapılması için;

1. Sistemin tamamen tasarlanmış olması, tüm elemanlarının ve boyutlarının belirlenmiş olması gereklidir.
2. Hava miktarı (debisi) değerleri tespit edilmelidir.
3. Kanal, menfez, panjur, damper, hava yıkayıcısı, filtre, ısıtıcı ve soğutucu serpantin gibi kısımlardaki basınç kayıpları toplanarak statik basınç tayin edilmelidir.
4. Bulunan bu karakteristiklere göre fan seçimi firma katalogundan yapılır.



Şekil 2.11. Fan Performans Eğrisi ve Tablosu

Örnek: Şekildeki havalandırma sisteminde difüzörler 500 m³/h debiye sahiptir. Toplam basınç kaybı 9,79 mmSS olduğuna göre fan seçimini yapınız.



Şekil 2.12. Havalandırma Sistemi

Her bir difüzör 500 m³/h'lik debiye sahip olduğuna göre, fan çıkışındaki E ile tanımlanan kanaldaki debi miktarı;

$$9 \times 500 = 4500 \text{ m}^3/\text{h}$$

olur. Fan çıkışındaki bu kanaldan önerilen tablolardan hız seçimi yapılır ve bu belirlenen üç karakteristik ile (debi, hız ve basınç kaybı) firmaların kataloglarından uygun fan seçimi yapılır.

2.6. Fan Kontrolü

Çoğu havalandırma-iklimlendirme sistemlerinde, fanın bastığı hava miktarı, kısa veya uzun süreli olarak değişir. Hava debisindeki bu değişim aşağıdaki yöntemlerden birisi ile sağlanabilir.

1. Fan hızını değiştirerek
2. Fan kanatlarının eğimini değiştirerek (kanal tipi eksenel fanlarda)
3. Fan girişini, ayarlanabilir ve kontrol edilebilir kanatlarla kısarak
4. Fan çıkışını ayarlanabilir damperler ile kısarak

2.7. Fan Bakımı

1. Kayışları kontrol edilir.
2. Fan yataklarının yağları kontrol edilir. Eksik ise yağlanır.
3. Fan çarklarındaki toz, kir ve pislikler temizlenir.

2.8. Menfez ve Difüzörler (Anemostat)

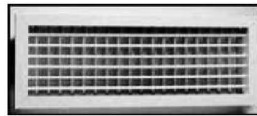
2.8.1. Menfezler

Bir havalandırma sisteminin en son unsurudur ve mahal içinde bulunmaktadır. Menfezlerden genel olarak beklenenler şunlardır:

1. Gerekli hava debisini vermesi
2. Havanın mahal içinde yayılmasını sağlamak
3. Rahatsız edici hava akımları oluşturmaması
4. Havayı doğrudan toplayıcı menfezlere göndermesi
5. Gürültü oluşturmaması
6. Mimari tasarımın uygun olması

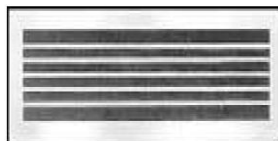
Menfezler havanın akış yönüne göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. **Dağıtıcı Menfezler:** Genellikle şartlanmış havayı mahal içine veren menfezlerdir.



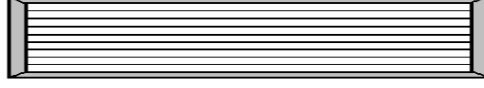
Şekil 2.13

2. **Toplayıcı Menfezler:** Genellikle mahal havasını veya mahal havasının çok kirli, çok sıcak bir bölümünü mahalden emen menfezlerdir.



Şekil 2.14

3. **Transfer Menfezleri:** Genellikle duvarlara ve kapılara konulan ve havanın artı basınçlı bir mahalden komşu mahale geçmesini sağlayan menfezlerdir.
4. **Lineer Menfezler:** İnce ve uzun menfez tiplerine verilen isimdir. Özellikle fan – coil üstlerinde , bilgisayar odalarındaki yükseltilmiş tabanlarda , konferans salonu , bekleme salonu gibi geniş mahallerde havalandırma menfezi olarak , yüzme havuzu kenarlarında ızgara olarak ve daha bir çok amaçla kullanılırlar. Lineer görünüm istenen ortamlar için birçok elemanın birleşmesiyle metrelerce uzunlukta menfez elde edilebilmektedir.

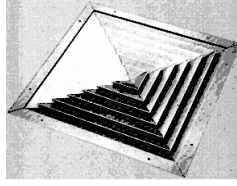


Şekil 2.15

2.8.2. Difüzörler (Anemostat)

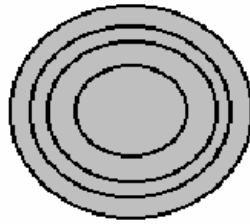
Besleme havasını farklı yönlerde ve düzlemlerde dağıtan hava çıkış elemanlarına difüzör denir. Aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

1. **Alüminyum Kare Tavan Difüzörleri:** Teknik özellikleri bakımından haddelenmiş alüminyum profilden imal edilir. 1, 2, 3 ve 4 yönlü, kare veya dikdörtgen yapılabilir. Dampersiz ve zıt açılır damperli yapılıdır. Standart imalat, doğal renkte eloksallıdır. İstendiğinde anolok renklendirme, sellüzoik veya sentetik fırın boya yapılmaktadır.



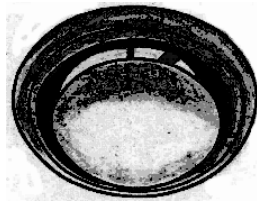
Şekil 2.16

2. **Yuvarlak Tavan Difüzörleri:** Yuvarlak tavan difüzörleri çok miktarda hava üfleme elverişlidir. Havanın en iyi şekilde yayılmasını sağlar. Hava çıkış sesi ve direnci diğer tiplere nazaran daha azdır.



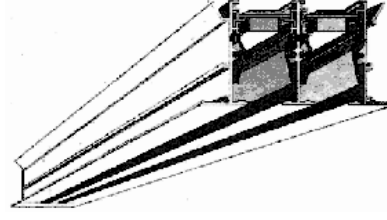
Şekil 2.17

3. **Gemi Difüzörleri:** Genellikle gemilerde tercih edildiğinden bu adla anılırlar.



Şekil 2.18

4. **Lineer Difüzörler:** Yönlendirici kanatlarla, düşey veya yatay hava akışı sağlanabilir. Hava miktarının ayarı, hava akışını doğrultan damperle yapılmaktadır. Çok bölmeli difüzörlerde, her bölüm ayrı olarak ayar edilebilir. İstenildiğinde; yan kapakları ile (montajlı veya ayrı) bir de plenum kutusu ile verilmelidir.



Şekil 2.19

2.8.3. Menfez ve Difüzör Seçimi

Havalandırma tekniğinde kullanılan menfez ve difüzörler için bazı önemli terimler vardır.



Şekil 2.20. Menfezin Hava Atış Uzaklığı ve Düşmesi

Atış Uzaklığı (Difüzyon yarıçapı): Hava jetinin ortalama hızının belirli bir $V_{uç}$ hızına kadar düştüğü nokta ile menfez arasındaki yatay uzunluktur.

Düşme: Belirli bir atış uzaklığında, jet merkezi ile menfez yatay eksenindeki düşey uzaklıktır.

Çıkış Hızı: Jetin menfezden çıkışındaki hava hızıdır.

Uç Hızı: Jetin ucundaki hava hızı ($V_{uç}=0,15.....1,0$ m/s)

Menfez seçimi ve yerleşimi için aşağıdaki yol izlenebilir:

1. Her hacme üflenecek hava miktarı belirlenir.
2. Her hacme konulacak menfez sayısı ve tipi belirlenir. Bunun için gerekli hava miktarı, atış için kullanılacak mesafe, düşme mesafesi, yapının karakteristikleri ve mimari yaklaşım gibi faktörler göz önünde tutulur.
3. Menfezler oda içinde havayı mümkün olduğunca homojen ve düzgün olarak dağıtabilecek bir biçimde yerleştirilir.
4. Üretici kataloglarından hava miktarı, çıkış hızı, dağıtım biçimi ve ses düzeyi gibi performans bilgilerini kontrol ederek uygun boyutta menfez seçilir.

Örnek: Bir ortamdaki hava debisi $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ ve 10 adet dağıtıcı kullanılacaktır. Menfez boyutlarını seçiniz.

Cözüm: Her bir menfezde $5000/10=500 \text{ m}^3/\text{h}$ hava debisi düşer. Çizelge 2.1'den buna en yakın değer $510 \text{ m}^3/\text{h}$ debili, $15 \times 30 \text{ cm}^2$ 'lik bir menfez seçilebilir.

Örnek: Bir ortamdaki hava debisi $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ ve bu ortam için 8 adet yuvarlak anemostat kullanılacaktır. Anemostat boyutlarını seçiniz?

Çözüm: Bir anemostat için $6000/8=750 \text{ m}^3/\text{h}$ debi bulunur. Çizelge 2.2'den en yakın değer $720 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ile çerçeve çapı 500 mm ve hava çıkış hızı 4 m/s olan anemostat seçilir.

Çizelge 2.1. Bir Firmaya Ait Toplayıcı Menfez Seçim Tablosu

TOPLAYICI MENFEZ SEÇİM TABLOSU						RETURN GRILLES SELECTION DIAGRAM					
ÖLÇÜLER SIZE cm	FAYDALI ALAN CORE AREA cm ²	HAVA HIZLARI m/s				VELOCITY					
		1	1.53	2	2.54	3	3.55	4	5	6.1	7.11
10x20	140	51	77	102	128	153	179	204	255	306	357
10x25	186	68	102	136	170	204	238	272	340	408	476
15x25	290	102	153	204	255	306	357	408	510	612	714
20x25	390	143	214	286	357	428	500	571	714	857	1000
10x30	242	88	133	146	221	265	309	354	442	530	619
15x30	344	126	189	252	315	377	440	503	629	755	881
20x30	484	177	265	354	442	530	619	707	884	1061	1238
30x30	763	279	418	558	697	836	976	1115	1394	1673	1950
15x35	400	146	219	292	366	439	512	585	731	877	1023
20x35	587	207	311	415	519	622	726	830	1037	1244	1452
20x40	660	241	362	483	604	724	845	966	1207	1448	1690
25x40	856	313	469	626	782	938	1095	1251	1564	1877	2190
30x40	1042	381	571	762	952	1142	1333	1523	1904	2285	2666
40x40	1432	524	785	1047	1309	1571	1833	2094	2618	3142	3665
20x45	774	272	408	544	680	816	952	1088	1360	1632	1900
30x45	1181	432	648	864	1080	1295	1511	1727	2159	2590	3023
45x45	1842	673	1010	1346	1683	2020	2356	2693	3366	4039	4712
15x50	605	221	332	442	553	633	774	884	1105	1326	1547
20x50	837	306	459	612	765	918	1071	1224	1530	1836	2142
30x50	1321	483	724	966	1207	1448	1690	1931	2414	2897	3380
15x60	726	265	398	530	663	795	928	1061	1326	1591	1856
30x60	1609	588	882	1176	1471	1765	2059	2353	2441	3529	4117
45x60	2493	911	1367	1822	2278	2734	3189	3645	4556	5467	6378
60x60	3389	123	1856	2475	3094	3713	4332	4950	6188	7426	8663
20x75	1284	469	704	938	1173	1408	1642	1877	2346	2815	3284
30x75	1991	728	1091	1455	1819	2183	2547	2910	3638	4366	5093
45x75	3144	1149	1724	2298	2873	3448	4022	4597	5746	6895	8044
60x75	4270	1561	2341	3121	3902	4682	5462	6242	7803	9364	10924
30x90	2456	898	1346	1795	2244	2693	3142	3590	4489	5386	6283
45x90	3795	1387	2081	2774	3468	4162	4855	5549	6936	8323	9710
60x90	5163	1887	2831	3774	4718	5661	6605	7548	9435	11322	13209
75x90	5982	2186	3279	4372	5466	6559	7652	8745	10931	13117	15303
90x90	6800	2485	3728	4971	6214	7456	8699	9942	12427	14912	17398
60x120	6921	2530	3794	5059	6324	7589	8854	10118	12648	15178	17707
75x120	7740	2829	4243	5658	7072	8486	9901	11315	14144	16973	19802
90x120	9805	3584	5375	7167	8959	10751	12543	14334	17918	21502	25085
120x120	12976	4743	7115	9486	11958	14229	16600	18972	23715	28458	33200

NOT: Hava Miktarı: m³/h

NOTE: Air Quantity: m³/h

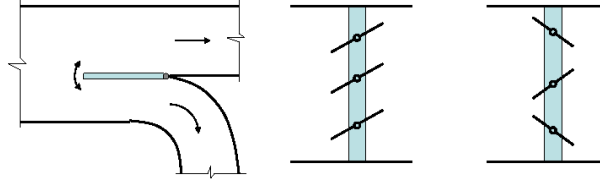
Hız	m/s	1	1.53	2	2.54	3	3.55	4	5	6.1	7.11
Statik Basınç	mmSS	0.10	0.23	0.37	0.60	0.85	1.12	1.47	2.22	3.00	4.00

Çizelge 2.2. Bir Firmaya Ait Yuvarlak Anemostat Seçim Tablosu

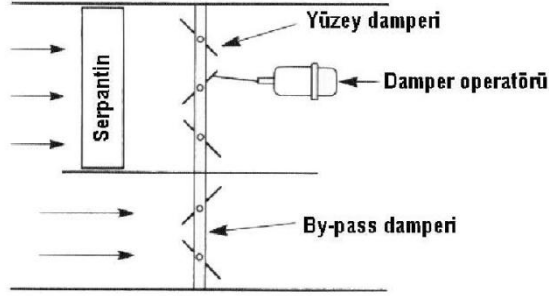
Boğaz çapı Neck diameter ϕ	Çerçeveler ϕ Frames	YUVARLAK TAVAN DİFÜZÖRLERİNİN SEÇİM TABLOSU CIRCULAR CEILING DIFFUSERS SELECTION DIAGRAM											
		Hava çıkış hızı	Air flow	m/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100 (0.00785 m ²)	300	Hava Miktarı	Air quantity	m ³ /h	28	56	84	112	140	168	196	224	252
		Atış Mesafesi	Throw	m	min	0.23	0.6	0.7	0.9	1.0	1.15	1.3	1.5
					max	0.4	0.8	1.2	1.55	1.9	2.3	2.7	3.1
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.2	0.4	1.0	1.6	2.5	3.8	5.5	7.5	9.5
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	18	21	23	25	28	30	33	35	40
150 (0.01766 m ²)	400	Hava miktarı	Air quantity	m ³ /h	70	140	210	280	350	420	490	560	630
		Atış mesafesi	Throw	m	min	0.4	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.4
					max	0.7	1.3	2.0	2.6	3.1	3.7	4.4	5.0
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.2	0.4	1.0	1.7	2.6	3.8	5.6	7.5	9.6
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	19	22	25	28	31	33	36	39	42
250 (0.049 m ²)	500	Hava miktarı	Air quantity	m ³ /h	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620
		Atış mesafesi	Throw	m	min	0.55	1.1	1.45	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5
					max	1.0	2.0	2.9	3.8	4.4	5.5	6.5	7.0
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.3	0.5	1.1	1.9	3.0	4.0	5.7	7.6	9.8
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	21	24	27	31	34	37	41	44	47
350 (0.0962 m ²)	600	Hava miktarı	Air quantity	m ³ /h	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150
		Atış mesafesi	Throw	m	min	0.8	1.5	1.95	2.55	3.1	3.6	4.1	4.7
					max	1.5	2.7	4.0	5.2	6.3	7.5	8.55	9.5
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.3	0.5	1.1	2.0	3.0	4.1	5.7	8.0	10.0
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	22	26	31	33	38	40	45	49	51
450 (0.159 m ²)	700	Hava miktarı	Air quantity	m ³ /h	570	1140	1710	2280	2850	3420	3990	4560	5130
		Atış mesafesi	Throw	m	min	1.0	2.0	2.6	3.5	4.0	5.0	5.4	6.0
					max	2.0	4.0	5.3	7.0	8.0	10.0	11.0	13.0
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.3	0.5	1.1	2.0	3.1	4.1	6.0	8.0	10.1
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	25	30	35	38	43	47	51	55	60
550 (0.237 m ²)	800	Hava miktarı	Air quantity	m ³ /h	860	1720	2580	3440	4300	5160	6020	6880	7740
		Atış mesafesi	Throw	m	min	1.35	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	6.7	7.5
					max	2.6	5.0	7.0	8.5	10.0	12.2	14.1	15.7
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.4	0.5	1.2	2.1	3.1	4.2	6.0	8.0	10.1
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	30	35	40	45	50	55	60	65	70
650 (0.332 m ²)	900	Hava miktarı	Air quantity	m ³ /h	1210	2420	3630	4840	6050	7260	8470	9680	10890
		Atış mesafesi	Throw	m	min	1.5	3.0	3.45	4.0	5.0	5.5	6.1	7.0
					max	3.0	6.0	8.2	9.3	10.5	13.4	15.7	17.1
		Statik basınç	Static pressure	mmSS	0.4	0.6	1.2	2.3	3.5	4.2	6.0	8.0	10.1
		Hava sesi	Sound Level	(dBA)	32	38	42	46	55	59	64	68	73

2.9. Damper Tipleri

1. Hacim damperleri
2. Oransal karışım damperleri
3. Yüzey ve bay-pas damperleri
4. Yangın ve duman damperleri



Şekil 2.21. Hacim damperleri



Şekil 2.22. Yüzey ve bay-pas damperleri

2.10. Hava Filtreleri

Havada bulunan istenmeyen gaz, buhar ya da başka partikülleri ayrıştırmaya yarayan cihaz ya da malzemelere filtre denir. Klima santrallerinde ve havalandırma sistemlerinde dış havadaki partikülleri, toz, toprak ve benzeri istenmeyen cisimleri tutmak, havalandırma cihazları girişlerinde gerekli ayrımları yapmak, besleme havalarındaki virüs ve bakterileri azaltmak amacıyla uygun filtreler kullanılır. Bütün filtreler en ufak bir sızdırmaya izin vermeyecek tarzda imal edilir. İstenilen hava kalitesine bağlı olarak kademeli filtrelendirme sistemi kullanılır.

2.10.1. Filtreleme

Klima uygulamalarında hava temizliği, insan sağlığı yönünden olduğu kadar endüstriyel işlemlerin gereği olarak da önemlidir. Bu uygulamalarda genellikle havadaki toz miktarı 0.2 mg/m^3 seviyesinde olup en fazla 2 mg/m^3 sınırına dayanabilir. Halbuki endüstriyel egzost sistemlerinde, atılan havadaki toz miktarı $200-40000 \text{ mg/m}^3$ gibi yüksek değerlere ulaşır ki bu tür tozların filtrelenmesi buradaki konumuzun dışındadır. Hangi tip filtre kullanılacağına seçimine yardımcı olmak üzere hava filtrelerinin verimleri tespit edilmiştir. Diğer yandan havada bulunabilecek zerrelere büyüklüklerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Uygulamanın özelliklerine göre havadaki zerrelere cinsleri tespit edilip bunların ne seviyede temizlenmesi isteniyorsa ona göre filtre cinsi seçilmelidir. Bir hava filtresinin seçiminde 3 unsur etken olacaktır

- filtre verimi
- hava verimi
- filtrenin ömrü veya tuz tutma kapasitesi

Bunlardan birincisi, filtre verimi, değişik metotlarla saptanmakta olup aşağıdakiler sırayla en çok kullanılanlardır.

- Tutulan toz ağırlığına göre değerlendirme, Belirli oranlarda değişik zerrelere oluşan tozlu havanın filtreden geçirilmesinde birim zamanda tutulan tozun ağırlığı.
- Tozlu ve filtrelenmiş havadan belirli zaman aralıklarında numune olarak verim tespiti
- Toz tutma kapasitesi tespitiyle değerlendirme
- DOP (DI-Octyyı Phthalate) nüfuz etmesine göre değerlendirme. Daha ziyade yüksek verimli, filtrelerin verimlerinin tespitinde kullanılır.
- Diğer testler : Sızdırma testi, zerre büyüklüğü verimi testi, muhit şartlarına uygunluk testi gibi testlerdir.

2.10.2. Hava Filtresi Çeşitleri

2.10.2.1. Elyaflı Tip filtreler

Yapışkan madde kaplı tip ve kuru tip olmak üzere 2 kısma ayrılır. Yapışkan madde kaplı, elyafli filtreler levha şeklinde yassı plakalar halinde yapılır ve bu plakalar kaba liflerden seyrek şekilde sıkıştırılarak yapılır. Filtre elyafları yağ ve benzeri bir akıcı madde ile kaplanır ve bu madde tozların lif yüzeyine yapışmasını sağlar. Bu filtrelerde hava geçiş hızı 1.25 ila 3.5 m/san arasında olabilir. Bu filtreler az basınç kaybıyla elyaf cinsi tozlara karşı yüksek verim sağlar. Fakat normal atmosferik hava tozları için çoğunlukla yetersizdir.

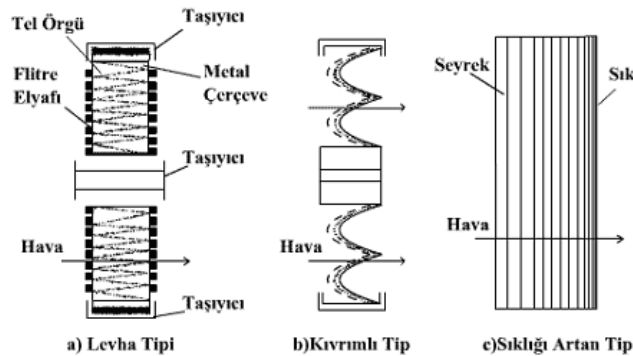
Bu tip filtreler 15 ila 100 mm kalınlıkta (daha çok 25 ila 50 mm) ve 60x 60 cm. boyutlarında yapılır ve genellikle yüksek verimli filtrelerden önce kaba filtreleme maksadıyla kullanılır. Filtre elyafı malzemesi olarak 15 ila 60 mikron çapında cam yünü, hayvan kılı, nebatat elyafları, sentetik elyaflar, metal talaşlı elyaflar, perfore metal levhalar ve folyolar, örgülü tel, açık gözenekli sentetik süngerler, gibi malzemeler kullanılabilir. Bu tip filtrelerin verimleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

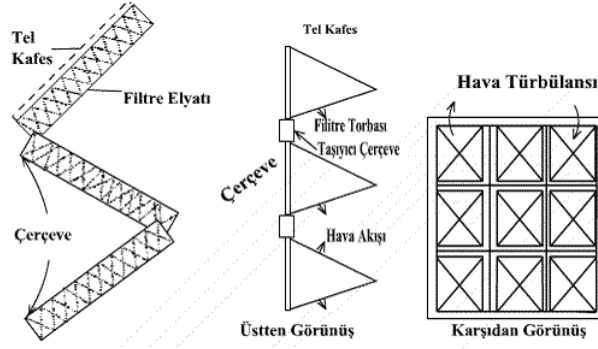
Yapışkan madde kaplı elyafli tip filtrelerin tertip şekilleri ise; düz levha şeklinde (hava akımına dik) , kıvrıntılı- zik zak şeklinde veya sıklığı gittikçe artan levha şeklinde olabilir. Filtre elyaflarını levha şeklinde tutmak üzere iki yüzeyine tel örgülü muhafaza ile dış kenarlarını içeren metal çerçeve konulan uygulamalar olduğu gibi kıvrımlı veya zik zaklı bir tel kafes üzerine gergin şekilde tespit edilmiş filtre yorganı uygulamaları sık sık görülür. Zik zak veya kıvrımların gayesi filtre yüzeyini artırmak ve böylece hava geçiş hızını düşürmektir.

Çizelge 2.3. Filtre Verimleri

Filtre kalınlığı	Tutulan tozun ağırlığına göre	Havadan Numune olarak (Dust Spot)	Toz tutma kapasitesine göre
(mm)	%	%	g/100m ³ /h hava
25 mm kadar	20-50	5-10	40-82,5
25 ila 45	50-75	5-15	70-210
45 ila 65	60-80	5-20	105-320
65 ila 100	70-85	10-25	140-450

Kuru tip filtreler de yukarıda bahsedilen yapışkan maddeli filtrelerle benzer, yalnız filtre elyafları tozun yapışmasına yardım eden bir madde ile kaplanmamıştır. Filtre malzemesi olarak cam yünü, selüloz lifleri, yün keçe, asbest ve sentetik elyaflar gibi malzemeler kullanılır.

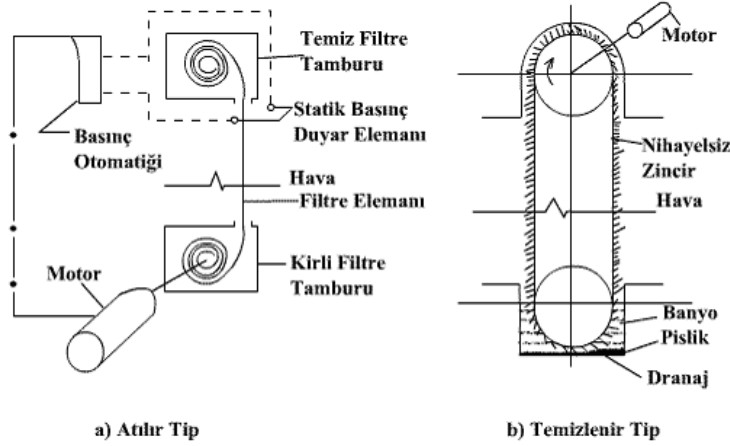




Şekil 2.23. Kuru Tip Elyafli Filtreler

2.10.2.2. Filtre Elamanı Tazelenabilir (Yenilenen) Tip Filtreler

Bu tip filtreler, filtre elamanı toz ile doldukça hareket ederek toz dolan kısım ötelenip yerine temiz filtre elamanı getirilir. Burada da yapıştırıcı bir madde ile kaplı veya tamamıyla kuru filtre elyafı kullanmak mümkündür.



Şekil 2.24. Elemanı Devamlı Tazelenir Tip Filtreler

2.10.2.3. Elektrostatik Tip Hava Temizleyiciler

Elektrostatik tip hava temizleyiciler, toz ve benzeri zerrelere tutmak için elektrostatik yüklerle hızlandırma prensibine göre çalışırlar, fakat endüstriyel (baca vs tozlarını tutmak için kullanılan) elektrostatik filtrelere nazaran daha düşük voltajla çalışırlar. Ticari maksatla imal edilen elektrostatik hava temizleyicilerin üç tipi ayırt edilebilir.

- **İyonize Plakalı tip**

Aşağıdaki şemada çalışma prensibi gösterilmiş olan bu tip elektrostatik hava temizleyicilerde 13.000 voltluk bir doğru akım gerilimi ile toz iyonizasyon alanı meydana getirilip plakalar arasında da 6000 volt gerilim muhafaza edilmek suretiyle tozların plakalar tarafından tutulması sağlanır. Toplanan tozların belirli peryotlarla buralardan alınması gereklidir.

- **Filtre Elamanı Yüklü İyonize Olmayan Tip**

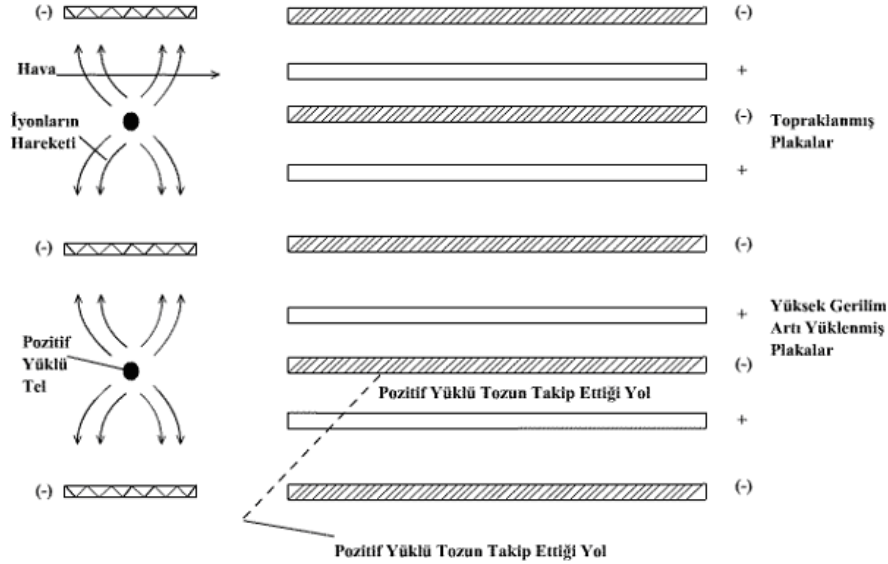
Bu tip hava temizleyiciler, kuru filtre ile elektrostatik temizleyicilerin karakteristiklerini birleştirmektedir. Bir di-elektrik filtre elamanının kuru tip filtrelerde olduğu gibi levha şeklinde tertip edilmesiyle sağlanır.

Bu tip bir hava temizleyicide filtre temiz iken ortalama hava direnci; 1.25 m/s hava geçiş hızında 2,5 mmSS civarındadır. Fakat toz toplandıkça hava direnci hızla artar ve bu takdirde filtrenin değiştirilmesi gerekir.

Havadaki nemin filtre di-elektrik özelliklerine etkisi ise; izafi nem % 70 seviyesini aştığında bu değer iki kat artar.

- **Filtre Elamanı Yüklendi İyonize Tip :**

Bu tip temizleyiciler yukarıdaki iki tip filtrenin etkilerini birleştirmektedir. Toz zerrecikleri korona neşredici tip iyonlaştırıcılarda yüklendikten sonra filtre elamanı yüklenmiş bir filtre perdesine tutulur. Bu surette iyonize olmayan tip temizleyicilere nispetle daha yüksek bir verim sağlanır. Bu tip temizleyicilerin toz yüklemesi ile filtre perdesinin toz tutma dengesi iyi dizayn edilmese ve yüklenmiş toz zerrecikleri filtre perdesini aşır klima hacmine girerse, bilhassa duvarlarda toplanarak tozlu yüzeyler meydana getirir.



Şekil 2.25. Elektrostatik Filtrenin Çalışma Prensibi

2.10.3. Filtre Seçimi

Bir hava filtresinin seçiminde, temizlenmiş havanın karakteristikleri, kirli havadaki toz ve yabancı maddelerin cins ve miktarı, havadan alınan toz vs. maddelerin filtreden alınan uzaklaştırılma şekli gibi etkenler ve ölçüler rol oynayacaktır. Diğer önemli olan hususlar şunlardır:

1. Filtre edilecek havanın debisine göre yeterli filtre boyutları kullanılmalıdır.
2. Filtre tipi çalışma şartlarına uygun olmalıdır. Gelen havadaki toz cins ve miktarı, temizlenmiş havadaki müsaade edilebilir toz ve diğer maddelerin maksimum sınırı, yükleme durumu (hafif, orta, ağır gibi), müsaade edilebilir hava basınç düşümü, çalışma sıcaklık seviyeleri, bakım-servis imkanları gibi.
3. Kullanıldığı özel uygulama için seçilen filtre tipi en ekonomik filtre olmalıdır. Merkezi hava sistemleri için aşağıdaki hususlar önerilmektedir.
 1. Filtreye hava kanalı bağlantısı hafif değişimlerle yapılmalı ve hava filtre yüzeyine eşit şekilde dağılmalıdır.
 2. Filtrenin ön ve arka tarafında servis-bakım-tamir için yeterli mesafe bırakılmalıdır.
 3. Filtreye ulaşmak için kontrol kapak veya kapısı bırakılmalıdır.
 4. Temiz hava tarafındaki ekler hava sızdırmaz şekilde olmalıdır. Filtre parçalarının ek yerleri daha sızdırmaz olmalıdır. Bilhassa yüksek verimli filtrelerde bu husus çok önemlidir. Kirli dış havanın içteki havaya karışması önlenmelidir.
 5. Dış hava emiş ağızlarına yakın olan filtrelerde iyi dizayn edilmiş panjurlar(tel kafesli) kullanılmalıdır.
 6. Elektrostatik hava temizleyicilerde yüksek voltajın kaybolduğunu veya kısa devreyi gösteren bir alarm veya gösterici tertibat bulunmalıdır.

2.11. Konu İle İlgili Sorular

1. Fan neye denir? Çeşitlerini yazarak örnekler veriniz
2. Menfez neye denir? Menfezleri havanın akış yönüne göre sınıflandırınız
3. Aksiyal tip fanları açıklayınız
4. Radyal tip fanları açıklayınız.
5. Mutlak basınç nedir? Açıklayınız.
6. Debi nedir?
7. Fan seçimi yaparken nelere dikkat edilmedir?
8. Fan kontrolü nasıl yapılır? Açıklayınız.
9. Fan bakımı için neler yapılır?
10. Damper tipleri nelerdir?
11. Hava filtresi çeşitleri nelerdir.
12. Debisi $10300 \text{ m}^3/\text{h}$ ve devir sayısı 1687 d/dk olan bir fanın yeni debisi $15000 \text{ m}^3/\text{h}$ 'e çıkartılırsa yeni devri ne olur?

BÖLÜM

3

HAVALANDIRMA KANALLARININ TASARIMI

AMAÇ

Havalandırma kanallarını tasarlayabilme ve fan seçimine esas olacak basınç kaybı ve debi değerlerini hesaplayabilme.

3. HAVALANDIRMA KANALLARININ TASARIMI

3.1. Standart Kanallar ve Elemanları

Yuvarlak kanal sistemlerinin elemanları standartlaştırılmıştır. Böylece kolayca standart seri üretim yapmak, üretimi stoklamak ve kısa zamanda müşteriye teslim edebilmek mümkün olmuştur. Buna karşılık dikdörtgen kesitli kanallar ve bağlantı parçaları için böyle bir standart boyut söz konusu değildir. Dikdörtgen kesitli kanallar ve fittingsi müşterinin istediği boyutlarda ve çoğu zaman şantiyede yerinde üretilir. İdeal bir hava kanalı,

1. Gerekli bölgeye yeterli havayı taşımalı,

2. İlk kuruluş ve işletme masrafları ekonomik olmalı ,
3. Fazla gürültü ve titreşim yapmamalıdır.

3.2. Havalandırma Sistemlerinde Dış Hava Miktarı Tayini

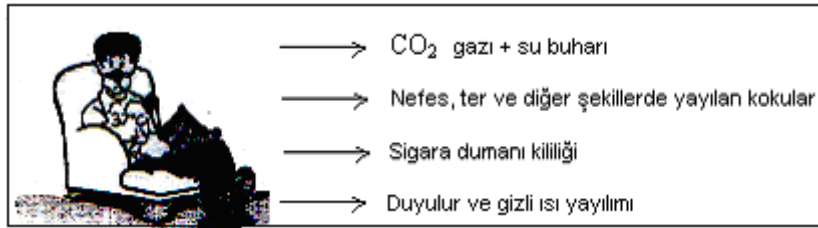
Yalnız havalandırma yapılan mahallerde havanın tamamı dışarıdan alınmakta ve hava üzerinde hiçbir termodinamik işlem yapmadan mahale verilmektedir. Dışarıdan taze hava mahale gelirken, mahalin bayatlamış havası da dışarı atılmaktadır. Bu işlemler genellikle, hava fanları yardımı ile cebri olarak yapıldıklarından, fanın gücünün belirlenmesinde mahal hava debisinin bilinmesi gerekmektedir. Mahal hava debisinin belirlenmesinde;

1. Mahal havasını kirlilik durumu
2. Dış havanın fiziki durumu
3. Mahal havasının sıcaklığı
4. Mahal havasının nemliliği
5. Mahalin kullanım amacı
6. Mahalden mahal havasına yapılan gaz katkıları
7. Mahalde bulunmak durumunda olanların özellikleri

gibi hususların göz önünde bulundurulması gerekir. Mahal dış hava miktarının belirlenmesinde, bu hususlar göz önünde bulundurularak hazırlanan metotlardan en uygun olan bir ya da birkaçı uygulanabilir.

3.2.1. Mahaldeki İnsan Sayısına Göre Dış Hava Miktarı Tayini

Mahal havalandırılmalarında, mahalin kullanım amacı ve mahalde bulunan insanların havayı kirlileme durumlarını da göz önünde bulundurmak gerekir (Şekil 2.1). Mahalin ortalama taze hava ihtiyacını kişi sayısına göre belirlenmesinde kesin sayısal bir değer vermek imkanı yoktur. Bunun için mahalin kullanım amacına göre fert başına tecrübe edilen yaklaşık değerler alınmaktadır. Çizelge 2.1’de mahal kullanım amacı ve o mahalde bulunan insanların taze dış hava ihtiyaçlarına göre fert başına ihtiyaç duyulan taze hava miktarları verilmiştir. Ancak, lüzumu halinde bu değerlerin 10-15 m³/h altında ve üstünde almak mümkündür. Bu çizelgeden faydalanarak toplam dış hava ihtiyacını bulmak için;



Şekil 2.1. Mahal Havasına İnsanlar Tarafından Yapılan Katkıları

$$Q = n \cdot \dot{V}_{kişi}$$

Q : Toplam dış hava debisi (m³/h)

$\dot{V}_{kişi}$: İnsanlar tarafından ihtiyaç duyulan temiz hava miktarı (m³/h, kişi) (Çizelge 2.1)

n : Mahalde bulunan insan sayısı

eşitliği kullanılır.

Çizelge 2.1. Mahal Kullanım Amacına Göre Fert Başına Saatlik Taze Hava İhtiyacı

Hava kullanım yeri	Hava miktarı m ³ /h, kişi	Hava kullanım yeri	Hava miktarı m ³ /h, kişi
--------------------	--------------------------------------	--------------------	--------------------------------------

Tiyatro	20	Özel büro	30
Konser salonu	20	Dinlenme odaları	30
Sinema	20	Kantin	30
Okuma salonu	20	Konferans salonu	30
Fuar alanı	20	Sınıflar	30
Satış mağazası	20	Teneffüs odaları	30
Müzeler	20	Lokantalar	40
Spor salonları	20	Büyük bürolar	50

Örnek: Sigara içilmesinin serbest olduğu bir kantinde ortalama 25 kişinin bulunduğu kabul edilmektedir. Bu kantine dış hava sağlamak amacıyla bağlanan fanın hava debisi ne olmalıdır?

Çözüm: *Toplam dış hava debisi:*

$$\dot{V}_{kişi} = 30 + 20 \text{ (sigara içilme farkı)} = 50 \text{ m}^3/\text{h, kişi}$$

$$Q = n \cdot \dot{V}_{kişi}$$

$$Q = 25 \text{ kişi} \cdot 50 \text{ m}^3/\text{h, kişi} = 1250 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.2. Saatlik Hava Değişim Sayısına Göre Dış Hava Miktarı

Hava değişim sayısı, mahalın hacmi kadar dış havanın mahalde bulunan hava ile değiştirilerek, mahal havasının yenilenmesidir. Saatteki yenilenme miktarı da **saatlik hava değişim sayısı** olarak ifade edilmektedir. Mahal havasının değiştirilme ihtiyacı sıklığı, (bilhassa atölyelerde) mahal havasının kirlenme süresine bağlıdır. Özellikle işletme mahallerinde oluşan zararlı maddelerin etkilerine göre, hava değişim sayıları belirlenmektedir. Çizelge 2.2’de mahallerin kullanım amaç ve cinsine göre, tecrübeye dayalı saatlik hava değişim sayıları verilmiştir.

Bir hacme gönderilecek hava ihtiyacı hava değişim sayısına göre belirlenebilir. Buna göre hava ihtiyacı;

$$Q = H_d \cdot V_m$$

Q : Mahale üflenene hava debisi (m^3/h)

H_d : Hava değişim sayısı (defa/saat= $1/\text{h} = \text{h}^{-1}$) (Çizelge 2.2)

V_m : Mahalin toplam hacmi (m^3)

Örnek: Yüksekliği 3,5 m, eni 10 m ve boyu 20 m olan bir konferans salonu havalandırılacaktır. Buna göre konferans salonunun dış hava ihtiyacını belirleyiniz.

Çözüm: *Konferans salonunun hacmi:*

$$a = 10 \text{ m, } b = 20 \text{ m ve } h = 3,5 \text{ m}$$

$$V_m = a \cdot b \cdot h = 10 \cdot 20 \cdot 3,5 = 700 \text{ m}^3$$

Konferans salonunun hava değişim sayısı:

$H_d = 5\text{-}10 \text{ defa/h}$ (Çizelge 2.2’den sigara içme yasağı olduğu için en düşük değer 5 defa/h alınmıştır)

Buna göre hava ihtiyacı:

$$Q = H_d \cdot V_m$$

$$Q = 5 \text{ defa/h} \cdot 700 \text{ m}^3$$

$$Q = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$$

Çizelge 2.2. Çeşitli Mahallerin Saatlik Hava Değişim Sayıları

Mahal Adı	Hava Değişim Sayısı (defa/saat)	Mahal Adı	Hava Değişim Sayısı (defa/saat)
Oturma odası	6-8	Laboratuvar	8-15
Büro	3-8	Dükkan	6-8
Mutfak	15-30	Ameliyathane	15-20
Banyo	5-8	Ütühane	8-10
Helalar:		Okullar:	
Genel WC	10-15	Fizik ve biyo. Lab.	4-5
Fabrika WC	8-10	Okul helaları	5-8
Büro WC	5-8	Yüzme havuzları	3-4
Konut WC	4-5	Kasa odaları	3-6
Kütüphaneler	3-5	Soyunma odaları	8-10
Boyahane	20-50	Konferans	5-10
Garaj	4-5	Salonları	10-15
Gardirop	3-6	Çamaşırhaneler	4-6
Misafirhane	5-10	Ambarlar	
Dinleme salonu	8-10	Sinema, tiyatro:	4-6
Kantin	6-8	Sigara yasak	5-8
Alış-veriş merkezi	4-6	Sigara serbest	6-12
		Atölyeler	

3.3. Kanal Hesapları

Sistemde kullanılan fan, motor, ısıtıcı, soğutucu gibi makine ve teçhizatların güçlerinin belirlenmesinde, hava kanallarının fiziki yapı ve temel özelliklerinin bilinmesi gerekir. Havalandırma kanallarındaki basınç kayıplarının oluşmasında kanal cidarlarındaki sürtünme, ara bağlantı parçalarındaki pürüzler, yön değiştirmeler ve çap daralmaları etkili olmaktadır. Kanallardaki basınç kayıplarının hesabı; kanal yapımında kullanılan malzemenin, kanaldaki hava hızının ve kanal boyunun bilinmesi durumunda, kanal ağının toplam basınç kaybının bulunması ile mümkün olur.

3.3.1. Kanallardaki Hava Hızları

Kanallardaki hava hızı; kanalın kullanım yeri yapının cinsi ile ses durumuna bağlıdır. Havanın kullanım amacına göre uygun hızı seçmek gerekmektedir. Lüzumundan fazla hız seçilmesinde, kanallarda gürültü ve istenmeyen sesler oluşur. Ayrıca; hava hızı sistem fanının gücü ile ilgili olduğu için; hız artınca fanın debisi ve yükünü de artırmak gerekir. Hava hızının gereğinden düşük seçilmesinde de yeterli hava debisine ulaşılmadığından, istenilen şartlardaki havalandırma ya da iklimlendirme yapılamaz. Çizelge 2.3'de Alman literatürüne göre tavsiye edilen kanallardaki hava hızları verilmiştir. Çizelge 2.4'de ise Carrier tarafından tavsiye edilen hız değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Tavsiye Edilen Kanallardaki Hava Hızları

Düşük Basıncılı Sistemlerde	Konfor Uygulaması	Endüstriyel Uygulama
-----------------------------	-------------------	----------------------

Besleme menfezleri	1,5 - 3	3 – 4 m/s
Emiş ve egzoz menfezleri	2 – 3	4 – 8 m/s
Dış hava panjurları	3 – 4	4 – 6 m/s
Ana kanallar	3,5 – 7	7 – 12 m/s
Tali kanallar, bağlantılar	3 – 8	5 – 8 m/s
Yüksek basınçlı kanallarda, Bağlantı hatları 8-12 m/s	Ana kanallarda 15 – 20 m/s	Tali kanallarda 12 – 18 m/s

Çizelge 2.4. Carrier Tarafından Tavsiye Edilen Hızlar

Uygulama	Ses Kriteri	Ekonomik Kriter			
		Ana Kanal		Tali Kanal	
		Besleme	Dönüş	Besleme	Dönüş
Konutlar	3 m/s	5	4	3	3
Apart Otel, Hastane, Yatak Odası	5 m/s	7,5	6,5	6	5
Özel ofis, Kütüphane, Yönetici Odası	6 m/s	10	7,5	8	6
Tiyatro, Konser Salonu	4 m/s	6,5	5,5	5	4
Genel Ofis, Lokantalar, Alışveriş, Bankalar	7,5 m/s	10	7,5	8	6
Ortalama Dükkan ve Kafeteryalar	9 m/s	10	7,5	8	6
Endüstri	12,5 m/s	15	9	11	7,5

3.3.2. Kanal Kesit Alanının Tayini

Havalandırma ve iklimlendirme kanal çaplarının tayini; sistemin toplam hava debisinden hareketle bulunur. Hava debisi, havalandırmada toplam hava ihtiyacından ve iklimlendirme sistemlerinde de toplam ısı kazancı ya da ısı kaybı bulunarak tespit edilir. Hava debisi bilinen bir kanalın kesit alanını bulmak için;

$$Q = V \cdot A$$

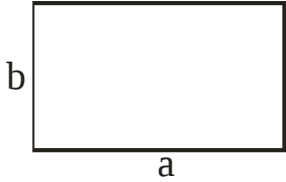
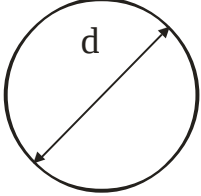
Q : Kanaldan geçen havanın debisi (m^3/s)

V : Kanaldan geçen havanın hızı (m/s)

A : Kanalın kesit alanı (m^2)

eşitliğinden faydalanılır. Kanalı boyutlandırmak için dikdörtgen veya silindirik olmasına göre Şekil 2.2’de gösterilen eşitliklerden faydalanılır. Burada a ve b kanalın kenar uzunlukları (m) ve d ise kanalın çapıdır (m).

Kanal Kesiti	Kanal Kesit Şekli	Kanal Kesit Alanı
--------------	-------------------	-------------------

Dikdörtgen		$A = a.b$ $\zeta = 2(a+b)$
Daire		$A = \frac{\pi d^2}{4}$ $\zeta = \pi .d$

Şekil 2.2. Dikdörtgen ve Silindirik Kanalların Kesit Alanları

Örnek: Kanaldaki hava hızının 5 m/s olması durumunda, hacimsel debisi 10.000 m³/h olan silindirik hava kanalının kesit alanı ve çapı nedir?

Çözüm: $V = 5 \text{ m/s}$, $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q = 10000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 10000 \cdot \frac{\text{m}^3}{3600 \text{ s}} = 2,77 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = V.A \Rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{2,77 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,554 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi.d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{A}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,554}{0,785}} = 0,84 \text{ m}$$

3.3.3. Kanal Kenar Oranları

Kanallar boyutlandırılırken, kat yüksekliklerinin dikkate alınması gerekir. Ancak normal şartlarda, eğer kat yüksekliğinden dolayı bir problem yok ise, kanal oranlarının 2/3 olarak alınması en uygun olanıdır.

Örnek: Hava debisi 750 m³/h ve hava hızı da 3 m/s olan bir yan kanalın boyutlarını 2/3 oranına göre belirleyiniz.

Çözüm: $V = 3 \text{ m/s}$, $Q = 750 \text{ m}^3/\text{h} = 0,194 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = V.A \Rightarrow \text{ise}$$

Kesit alanı;

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,194 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m/s}} = 0,0647 \text{ m}^2$$

Kanal boyutları;

$$A = a.b \text{ ve kenar oranları } \frac{b}{a} = \frac{2}{3}$$

$$b = \frac{2}{3}a \text{ olduğu için}$$

$$A = a.b = a \cdot \frac{2}{3}a = \frac{2a^2}{3}$$

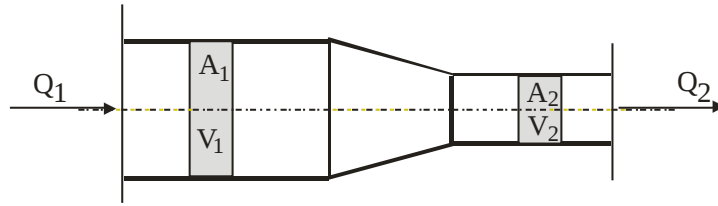
$$0,0694 = \frac{2a^2}{3} \Rightarrow 2a^2 = 0,2082$$

$$a = \sqrt{0,1041} \Rightarrow a = 0,3226 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}a = \frac{2 \cdot 0,3226}{3} \Rightarrow b = 0,2150 \text{ m}$$

3.3.4. Benzerlik Kanunu

Aynı hacimsel debideki havanın değişik kesit alanlarındaki kütleli debisi de aynıdır. Şekil 2.3’de görüldüğü gibi, kanallardaki değişik kesit alanlarında hava sabit hacimsel debide aktığı zaman akan akışkanın hızı V_1 ’den V_2 ’ye çıkar.



Şekil 2.3. Kanallarda Değişken Kesit Alanları

Benzerlik kanununa göre yazılan;

$$Q_1 = Q_2$$

eşitliğinden,

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

eşitliğini yazmak mümkündür.

Örnek: Kesit alanı $0,5 \text{ m}^2$ ve hava hızı da 4 m/s olan bir kanal daraltılarak kesit alanı $0,3 \text{ m}^2$ düşürüldüğüne göre kanaldan akan havanın hızı ve debisi ne olur?

Çözüm: $A_1 = 0,5 \text{ m}^2$, $V_1 = 4 \text{ m/s}$ ve $A_2 = 0,3 \text{ m}^2$

Kanaldan akan havanın hızı,

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

$$4 \cdot 0,5 = V_2 \cdot 0,3$$

$$V_2 = 6,7 \text{ m/s}$$

Kanaldan akan havanın debisi,

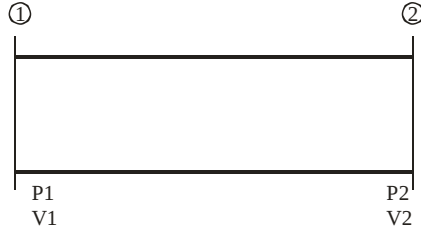
$$Q = V \cdot A$$

$$Q = 4 \cdot 0,5$$

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.3.5. Bernoulli Denklemi

Bir kanaldaki hava akışı teorik olarak Bernoulli Denklemi ile ifade edilebilir. Kanal içindeki akış için yükselti farkı ihmal edilirse, 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli denklemi;



Şekil 2.4. 1 ve 2 noktaları arasındaki kanal

$$\Delta P = \left(P_{s1} + \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} \right) - \left(P_{s2} + \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \right)$$

olarak yazılabilir. Burada,

ΔP : Sürtünmeye ve dinamik kayıplara bağlı 1 ve 2 noktaları arasındaki toplam basınç kaybı (Pa)

P_{s1} ve P_{s2} : Söz konusu noktalardaki statik basınçlar (Pa)

V_1 ve V_2 : Söz konusu noktalardaki hava hızı (m/s)

ρ : Kanal içindeki havanın yoğunluğu (kg/m^3)

Bu ifadedeki $V^2/2$ terimi dinamik basınç olarak isimlendirilir ve

$$P_d = \rho \frac{V^2}{2}$$

şeklinde gösterilir. Standart şartlardaki hava için hız basıncı,

$$P_d = 0,602 \cdot V^2$$

olarak bulunur. V burada m/s olarak hava hızıdır. Buna göre akışkanın herhangi bir noktasındaki toplam basınç,

$$P_t = P_s + P_d$$

olarak statik ve dinamik basınçların toplamı şeklinde ifade edilir.

3.4. Kanallarda Toplam Basınç Kaybı

Kanallardaki toplam basınç; kanal cidarlarına sürtünme ile kanal bağlantı parçalarının, kullanılan cihazların (ısıtıcı, soğutucu, damla tutucu gibi) ve diğer yan bağlantı elemanlarının gösterdiği dirençlerden oluştuğundan, toplam basınç kaybı için;

$$\Delta P_t = \underbrace{\Delta P_s + \Delta P_d}_{\text{Fan tarafından üretilen basınç}} = \underbrace{\sum (l \cdot R + Z) + P_E}_{\text{Sistemde kullanılan basınç}}$$

eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte;

$l \cdot R$: Kanallardaki sürtünme basınç kaybı (Pa)

l : Kanal uzunluğu (m)

R : Birim basınç kaybı (Pa/m)

Z : Kanal bağlantı parçalarının basınç kaybı (Pa)

P_E : Sistemde kullanılan cihazların (filtreler, ısıtıcılar, susturucular, kapaklar, ölçüm aletleri, yön değiştiriciler gibi) toplam basınç kayıpları (Pa) olarak verilmiştir.

3.4.1. Kanallardaki Sürtünme Basınç Kayıpları

Akışkanın viskozitesine bağlı olarak gerek kanal cidarları ile ve gerekse akışkanın kendi molekülleri arasındaki sürtünmeler dolayısı ile oluşan kayba sürtünme kaybı denir. Sürtünme kaybı,

$$\Delta P = R.l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

ΔP : Uçlar arasındaki basınç farkı (Pa=N/m²)

l : Kanal boyu (m)

R : Birim basınç kaybı (Pa/m) (Şekil 2.5)

λ : Kanal (boru) direnç katsayısı

d : Kanal çapı (m)

ρ : Havanın yoğunluğu (1,2 kg/m³)

V : Havanın hızı (m/s)

eşitliği ile bulunmaktadır. Bu ifadedeki boyutsuz sürtünme katsayısı, cidarın pürüzlülüğüne, akışkan cinsine, kanal çapına ve akışın Re sayısına bağlıdır. Sürtünme kaybının bulunabilmesi için standart sürtünme diyagramları hazırlanmıştır. Yuvarlak galvanizlenmiş çelik kanallarda akan standart hava için hazırlanan sürtünme diyagramı Şekil 2.5’de verilmiştir. Bu diyagram yardımı ile standart kanallardaki hava debisi ve kanal çapı biliniyorsa, kanaldaki hava hızını ve kanalın birim uzunluğu başına özgül sürtünme kaybını bulmak mümkündür. Eğer dikdörtgen kanallar söz konusu ise Çizelge 2.5 ve 6 yardımı ile eşdeğer kanal çapı bulunabilir.

Örnek: Özel bir durum için 15 m uzunluğunda galvanizlenmiş çelik saçtan yapılmış havalandırma kanalının çapı 150 mm ve bu kanaldaki hava hızı 12 m/s’dir. Bu verilere göre, kanalın iki ucu arasındaki basınç farkı ve kanalın debisi ne olur? ($\varepsilon=0,09$)

Çözüm: $\varepsilon=0,09$, $l=15$ m, $V=12$ m/s, $d=150$ mm= 0,15 m

Birim basınç kaybı,

$R=10,3$ Pa/m (150 mm çap ve 12 m/s hız için Şekil 2.5’den)

Toplam basınç farkı,

$$\Delta P = R.l = 10,3 \frac{Pa}{m} \cdot 15 m = 154,5 Pa$$

Kanalın Debisi,

Bu verilere göre yine Şekil 2.5’den hava debisi $Q= 211$ litre/s = 0,211 m³/s = 760 m³/h olarak okunur. Bu debi değerini hesap yolu ile bulmak istersek,

$$Q = V.A$$

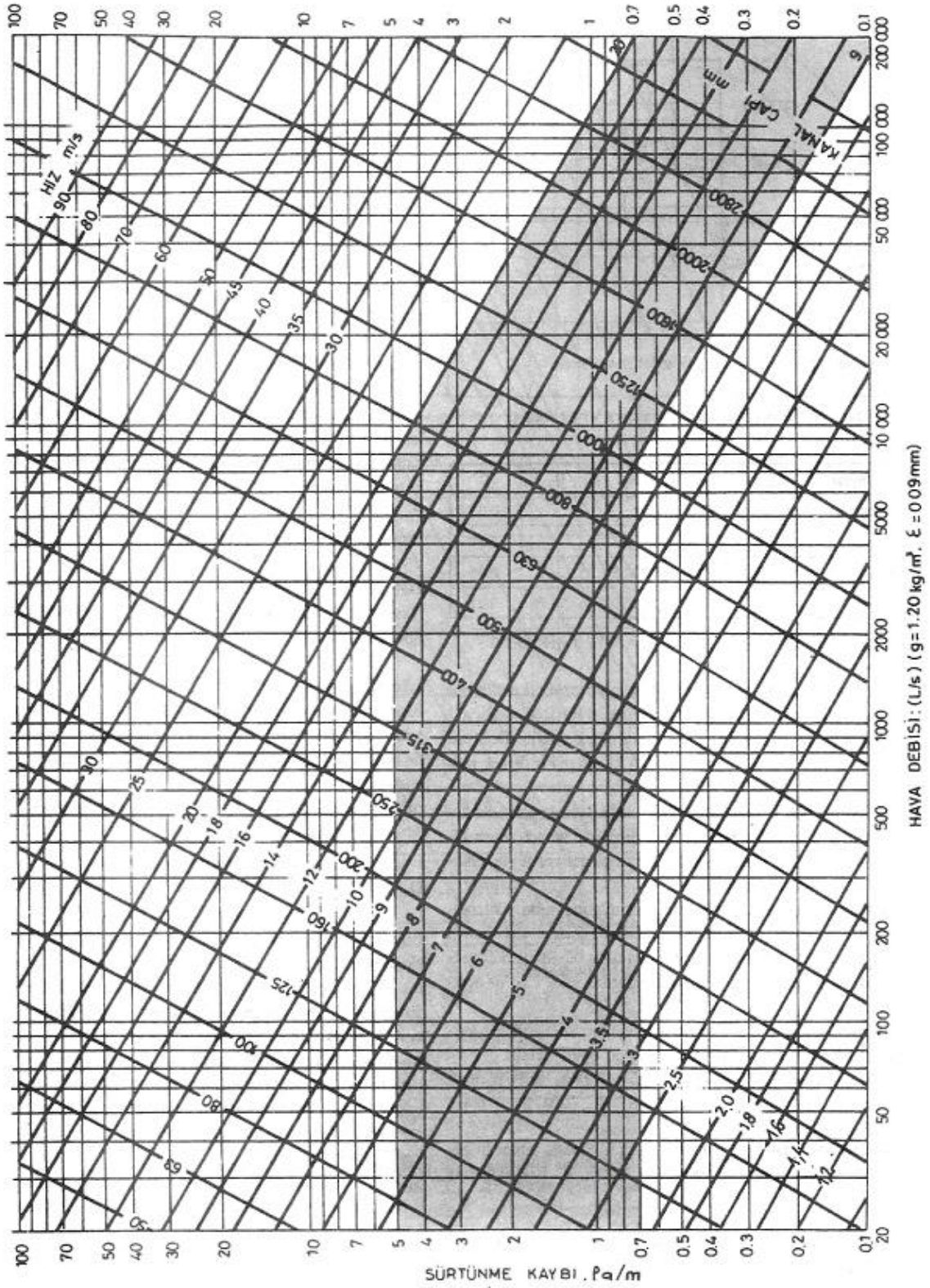
$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,0176 m^2$$

$$Q = V.A = 12 \frac{m}{s} \cdot 0,0176 m^2 = 0,211 \frac{m^3}{s} \text{ elde edilmiş olur.}$$

Örnek: Çapı 125 mm olan bir saç kanalda hava hızı 5 m/s ve hava sıcaklığı 20 °C olduğuna göre 10 m uzunluğundaki bir kanal parçasının iki ucu arasındaki basınç farkı ne olur? ($\lambda = 0,027$ olarak alınacak ve $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)

Çözüm: $l=10 \text{ m}$, $V=5 \text{ m/s}$, $d=125 \text{ mm}= 0,125 \text{ m}$

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} = 0,027 \cdot \frac{10 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{5^2 (\text{m/s})^2}{2} = 32,4 \text{ N/m}^2 (\text{Pa})$$



Şekil 2.5. Sürtünme Diyagramı

Çizelge 2.5. Eşdeğer Sürtünme ve Kapasite İçin, Dikdörtgen Kesitli Kanallara Eşdeğer Yuvarlak Kanallar (Ölçüler mm cinsindendir)

Dikdörtgen Kanal Kenarı	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	Dikdörtgen Kanal Kenarı
100	109																				100
125	122	137																			125
150	133	150	164																		150
175	143	161	177	191																	175
200	152	172	189	204	219																200
225	161	181	200	216	232	246															225
250	169	190	210	228	244	259	273														250
275	176	199	220	238	256	272	287	301													275
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328												300
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383											350
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437										400
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492									450
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547								500
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601							550
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656						600
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711					650
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765				700
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820			750
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875		800
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	900
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1000
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1100
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	1200
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	1300
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1400
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1500
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	1600
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1700
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1800
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1900
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	2000
2100	402	461	516	566	614	659	702	743	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	2100
2200	410	470	525	577	625	671	715	757	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	2200
2300	417	478	534	587	636	683	728	771	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	2300
2400	424	486	543	597	647	695	740	784	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	2400
2500	430	494	552	606	658	706	753	797	840	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589	2500
2600	437	501	560	616	668	717	764	810	853	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	2600
2700	443	509	569	625	678	728	776	822	866	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	2700
2800	450	516	577	634	688	738	787	834	879	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	2800
2900	456	523	585	643	697	749	798	845	891	977	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	2900
Dikdörtgen Kanal Kenarı	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	Dikdörtgen Kanal Kenarı

Çizelge 2.6. Eşdeğer Sürtünme ve Kapasite İçin, Dikdörtgen Kesitli Kanallara Eşdeğer Yuvarlak Kanallar (Ölçüler mm cinsindendir)

Dikdörtgen Kanal Kenarı	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	Dikdörtgen Kanal Kenarı
1000	1093																				1000
1100	1148	1202																			1100
1200	1198	1256	1312																		1200
1300	1244	1306	1365	1421																	1300
1400	1289	1354	1416	1475	1530																1400
1500	1332	1400	1464	1526	1584	1640															1500
1600	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749														1600
1700	1413	1486	1556	1621	1684	1745	1803	1858													1700
1800	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968												1800
1900	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077											1900
2000	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186										2000
2100	1556	1640	1719	1793	1865	1933	1999	2063	2124	2183	2240	2296									2100
2200	1591	1676	1756	1833	1906	1977	2044	2110	2173	2233	2292	2350	2405								2200
2300	1623	1710	1793	1871	1947	2019	2088	2155	2220	2283	2343	2402	2459	2514							2300
2400	1655	1744	1828	1906	1986	2060	2131	2200	2266	2330	2393	2453	2511	2568	2624						2400
2500	1686	1776	1862	1945	2024	2100	2173	2243	2311	2377	2441	2502	2562	2621	2678	2733					2500
2600	1715	1806	1896	1980	2061	2138	2213	2286	2355	2422	2487	2551	2612	2672	2730	2787	2842				2600
2700	1744	1839	1929	2015	2097	2177	2253	2327	2398	2466	2533	2598	2661	2722	2782	2840	2896	2952			2700
2800	1772	1869	1961	2048	2133	2214	2292	2367	2439	2510	2579	2644	2708	2771	2832	2891	2949	3006	3061		2800
2900	1800	1898	1992	2081	2167	2250	2329	2406	2480	2552	2621	2689	2756	2819	2881	2941	3001	3058	3115	3170	2900
Dikdörtgen Kanal Kenarı	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	Dikdörtgen Kanal Kenarı

Eşdeğer yuvarlak kanal formülü:
 $D_e = 1.30 [(a.b)^{0.64} + (a+b)^{0.64}]$

3.4.2. Kanallardaki Dinamik Basınç Kayıpları (Yerel Kayıplar)

Dinamik kayıplar (yerel kayıplar) çeşitli bağlantı elemanlarında akışın yön veya kesit değiştirmesi gibi rahatsızlıklar nedeniyle ortaya çıkar. Bu bağlantı elemanları arasında giriş ve çıkış ağızları, kesit değiştiriciler (redüktörler) birleşme ve ayrılmalar ve dirsekler sayılabilir. Özel dirençlerdeki dinamik basınç kayıpları (Z), havalandırma ve iklimlendirme tesisatları kanal hesaplarında önem kazanmaktadır. Dinamik basınç kayıpları,

$$\Delta P = Z = k \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

Z : Özel dirençlerdeki dinamik basınç kayıpları (Pa)

k : Dinamik basınç kayıp katsayısı (Şekil 2.6)

eşitliği ile bulunur.

3.4.3. Santral İçi Cihazlarının Basınç Kaybı

Santral içine yerleştirilen kapaklar, susturucular, ısıtıcı ve soğutucular, hava filtreleri, nemlendiriciler, damla tutucular, nem tutucular ve ısı geri kazanım cihazları gibi kısımlar da önemli ölçüde basınç kaybına sebep olmaktadır. Aşağıda verilen çizelgede santral içi cihazların sebep oldukları basınç kayıpları verilmiştir.

Çizelge 2.7. Santral İçi Bağlantı Cihazları Basınç Kayıpları

Bağlantı Cihazı	Pa	Bağlantı Cihazı	Pa
-----------------	----	-----------------	----

Kalın Filtreler	60-120	Hava Menfezi	15-40
İnce Filtreler	120-160	Susturucu	20-50
Isıtıcılar	20-100	Panjur Kapak (Açık)	10-30
Soğutucular	30-120	Dış Koruma Kafesi	30-60
Buharlaştırıcı	80-150	Yangın Koruma Kapağı	5-30

3.4.4. Kanal Sistemi Bölümlerindeki Kayıplar

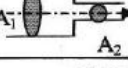
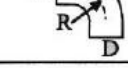
Kanal sisteminin herhangi bir bölümündeki toplam basınç kaybı, söz konusu bölümdeki sürtünme kayıpları ile dinamik kayıpların toplamına eşittir. Dolayısı ile iki ifadeyi birleştirerek bir kanal bölümündeki toplam kaybı,

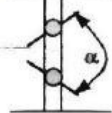
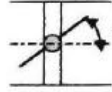
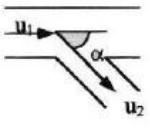
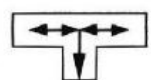
$$\Delta P_{toplam} = \Delta P_{sürtünme} + \Delta P_{dinamik}$$

$$\Delta P_{toplam} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} + k \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

$$\Delta P_{toplam} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum k \right) \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

şeklinde ifade etmek mümkündür.

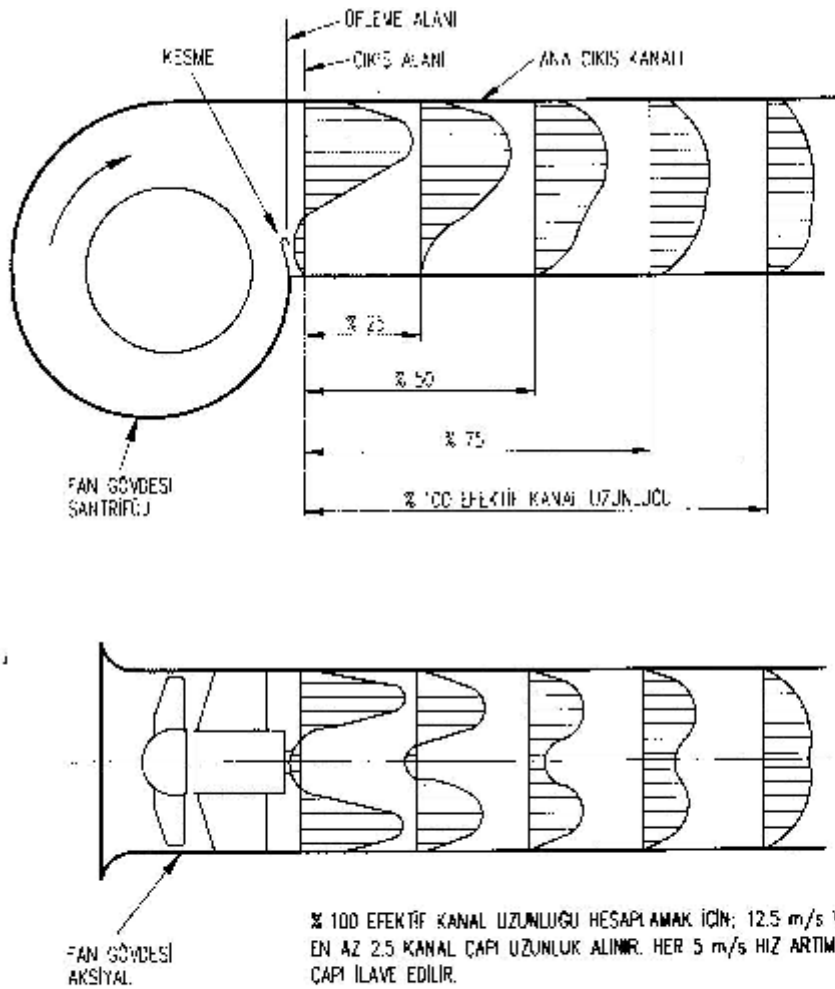
Hazırlayan H. BULGURCU		KANAL BAĞLANTI ELEMANLARININ KAYIP KATSAYILARI									
BAĞLANTI ELEMANI		KAYIP KATSAYISI (K)									
Ani genişleme		A ₁ /A ₂ =0,1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
		K=	0.81	0.64	0.49	0.36	0.25	0.16	0.09	0.04	0.01
Ani daralma		A ₁ /A ₂ =10	5	3.33	2.5	2	1.66	1.42	1.25	1.11	
		K=	0.366	0.34	0.31	0.27	0.221	0.16	0.103	0.05	0.01
Yavaş genişleme		θ= 5°	7°	10°	20°	30°	40°				
		K=	0.17	0.22	0.28	0.45	0.59	0.73			
Konik daralma		θ= 30°	45°	60°	90°						
		K=	0.02	0.04	0.07	0.12					
Yuvarlak dirsek		R/D=0.5	0.73	1.0	1.5	2.0					
		K=	0.90	0.45	0.33	0.24	0.19				
Dikdörtgen dirsek		B/H= 0.25	0.5	1	2	4					
		R/H=10	K= 1.1	0.95	0.8	0.7	0.55				
		R/H=5	0.85	0.75	0.6	0.53	0.43				
		R/H=2.5	0.60	0.50	0.35	0.30	0.25				
		R/H=1.6	0.42	0.35	0.25	0.20	0.17				
Keskin dirsek		45°	90°								
		K=	0.2	0.5							

Ters yapraklı damper		$\alpha = 20^0$ $K=1$	30^0 5	40^0 10	50^0 50	60^0 150	70^0 800				
Kanal damperi		$\alpha = 0^0$ $K=0.17$	15^0 0.80	30^0 3.7	45^0 40	60^0 100					
Kol ayrılma $\alpha = 45^0$ $\alpha = 60^0$ $\alpha = 90^0$		$u_1/u_2=0.4$ $K=3.5$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	4	
		$u_1/u_2=0.4$ $K=5$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	4	
		$u_1/u_2=0.4$ $K=7$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.5	0.5	
Kol birleşme		$K=1-(u_1/u_2)^2$									
Pantolon parçası		$K=0.15$									
T parçası		$K=1.4$									

Şekil 2.6. Kanal Bağlantı Elemanlarının Kayıp Katsayıları

3.5. Fan Sistem Etkileşimi

Fan performans verileri, uygulamada ölçülenlerden farklı olmaktadır. Fan testleri sırasında giriş serbesttir ve çıkışta ise çıkışla aynı kesitte ve yeteri kadar uzunlukta düz kanal bulunur. Bu fan performansı açısından en uygun durumdur. Halbuki uygulamada fan giriş ve çıkışında uygun olmayan bağlantılar söz konusudur. Bu durumda hesaplanan sistem hava debisi ve basınç kaybına göre seçilecek fanın yetersiz kalmasına neden olacaktır. Bunun önlenmesi için fan-sistem etkileşimini dikkate alan ilave basınç kaybı göz önüne alınmalıdır. Burada sözü edilen fan-sistem etkileşimi tesisin tamamlanmasından sonra test ve ayar işlemi sırasında ölçülemez. Bu nedenle tasarım sırasında projeci tarafından sistem etkisi hesaplanıp fan seçimi buna göre yapılmalıdır. Fan-sistem etkileşiminde “üfleme alanı/çıkış ağzı alanı oranı” ve “etkin kanal uzunluğu yüzdesi” değerleri Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



% 100 EFEKTİF KANAL UZUNLUĞU HESAPLAMAK İÇİN; 12.5 m/s VEYA ALTINDA EN AZ 2.5 KANAL ÇAPI UZUNLUK ALINIR. HER 5 m/s HIZ ARTIMI İÇİN 1 KANAL ÇAPI İLAVE EDİLİR.

ÖRNEK: 25 m/s HIZ İÇİN 5 EŞDEĞER KANAL ÇAPI ALINIR. EĞER KANAL DİKDÖRTGEN KESİTLİ İSE, EŞDEĞER ÇAP $\sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$ FORMÜLÜ İLE HESAPLANIR. GEÇİŞLER EFEKTİF

KANAL UZUNLUĞUNA İLAVE EDİLİR (DARALAN GEÇİŞ EĞİMİ 15°, GENİŞLEYEN GEÇİŞ EĞİMİ 7°'DEN FAZLA OLMAMALIDIR).

Şekil 2.7. Kontrollü Difüzyon ve Düz Çıkış Kanalı Düzgün Hız Profili Teşkili

3.6. Kanal Boyutlandırılması ve Hesap Yöntemleri

Kanal sistem tasarımında öncelikle hava üfleme ve emme menfezlerinin yerleri ve her bir menfezin kapasitesi (debisi), tipi ve büyüklüğü belirlenmelidir. Bu hava verme ve emme menfezlerinin standart tipte ve biçimde olmasına ve bilinen bir firma ürünü olmasına dikkat edilmelidir. Daha sonraki adım, kanal sisteminin şematik olarak çizilmesidir. Bu şematik ön çizimde hesaplanan hava miktarları, çıkış yerleri ve en ekonomik ve uygun kanal güzergahı gösterilir. Bundan sonra kanallar boyutlandırılarak çeşitli elemanlardaki basınç kayıpları hesaplanır. Bulunan değerler şematik çizimlere işlenir. Kanal hesaplarında bulunan boyutlar yuvarlak kanallar içindir. Eğer dikdörtgen kanallar kullanılacak ise eşdeğer kanal çapından, dikdörtgen kanal boyutların geçilir. Kanal boyutlandırılmasında kullanılan yöntemler şunlardır;

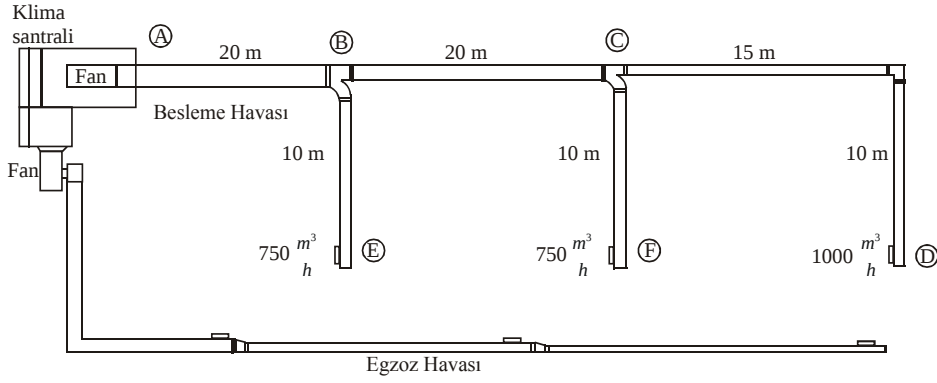
1. Eş sürtünme yöntemi
2. Statik geri kazanma yöntemi
3. Uzatılmış plenumlar
4. T- yöntemi
5. Hız yöntemi
6. Sabit hız yöntemi
7. Toplam basınç yöntemi

3.6.1. Eş Sürtünme Yöntemi

Bu yöntemde öncelikle birim kanal uzunluğu başına olan statik basınç kaybı yani özgül sürtünme kayıp değeri seçilir. Seçilen bu değer bütün kanal uzunluğu boyunca sabit tutulacak şekilde kanal boyutlandırılması yapılır. Bu yöntem kullanılarak hava kanallarının boyutlandırılması aşağıdaki aşamalar ile gerçekleştirilir.

1. Kanal sisteminin bütün parçalarını gösteren bir taslak hazırlanır.
2. Taslaktaki her kanal parçası numaralanır ve üzerine hava debisi yazılır.
3. Şekil 2.5'deki diyagramdan bir sürtünme katsayısı seçilir.
4. Birim sürtünme katsayısı seçilirken, gerek fan çıkışındaki, gerekse kanalların diğer kısımlarındaki hava hızlarının, tavsiye edilen hızlar mertebesinde kalmasına dikkat edilir. Alçak hızlı kanal sistemlerinde genellikle, yaklaşık 0,6-1,6 Pa/m değerinde seçilmesi iyi sonuç verir.
5. Kanal taslağındaki her parçanın hava debisine göre ve seçilen birim sürtünme katsayısına göre, o parçanın kanal çapı ve hava hızı diyagramdan bulunarak taslaktaki kanal parçalarının üzerine yazılır.
6. Eğer kanal sistemi yuvarlak kanallardan oluşuyorsa boyutlar belirlenmiştir. Dikdörtgen kanallar kullanılıyorsa, bulunan çap yardımı ile Çizelge 2.5 ve 6'dan eşdeğer dikdörtgen kanal kesiti belirlenir.
7. Kanal sistemi boyutlandırıldıktan sonra her bir bölümdeki sürtünme ve dinamik basınç kayıpları hesaplanır.
8. Bölümdeki kayıplar toplanarak gerekli fan basıncı bulunur.

Örnek: Aşağıdaki şekilde hava kanalı şebekesinin kanal ölçülerini ve toplam basınç kaybını bulunuz. Vantilatör çıkışındaki hava hızını 8 m/s alınız. ($k=1,4$ ve $\rho=1,2 \text{ kg/m}^3$ olarak alınacak)



Şekil 2.8. Bir

Havalandırma Kanalı Şebekesi

Çözüm: Kritik devre AD bölümüdür. Besleme havası bölümü için her bir kısım ayrı ayrı incelenirse,

AB Bölümü İçin,

$$V = 8 \text{ m/s}$$

$$Q = 750 + 750 + 1000 = 2500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q = 2500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 2500 \cdot \frac{1000 \text{ l}}{3600 \text{ s}} = 694,44 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Şekil 2,5'den 8 m/s hız ve 694,44 l/s debi değeri çakıştırıldığında bulunan bu noktaya göre, birim sürtünme kaybı ve eşdeğer çap değerleri,

$$R = 2,2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \text{ ve } d_{\text{eş}} = 334 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalı silindirik değil de dikdörtgensel olarak düşündüğümüzde ise, bu eşdeğer çapa karşılık gelen kanal boyutları Çizelge 2.5'den,

$$350 \times 275 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Ayrıca kanalın çapını sürtünme diyagramından değil de hesap yolu ile bulmak istenilirse;

$$Q = V \cdot A \Rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,694 \text{ m}^3/\text{s}}{8 \text{ m/s}} = 0,08675 \text{ m}^2$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,08675 \Rightarrow d^2 = \frac{0,08675 \cdot 4}{\pi}$$

$$d^2 = 0,1105 \Rightarrow d = 0,332 \text{ m} = 332 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalda meydana gelen sürtünme ve dinamik basınç kayıpları ise,

$$\Delta P_s = R \cdot l = 2,2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \cdot 20 \text{ m} = 44 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_d = k \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} = 1,4 \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{8^2 (\text{m/s})^2}{2} = 53,76 \text{ Pa}$$

olarak bulunur.

BC Bölümü İçin,

Birim sürtünme kaybı değeri her bölümde aynıdır ve değeri,

$$R = 2,2 \frac{Pa}{m}$$

olarak alınır. BC bölümünden geçen havanın debisi,

$$Q = 750 + 1000 = 1750 \frac{m^3}{h} = 486,11 \frac{l}{s}$$

olur. Bu iki değere göre, Şekil 2.5'den

$$V = 7,2 m/s \text{ ve } d_{eş} = 285 mm$$

olarak bulunur. Kanalı silindirik değil de dikdörtgensel olarak düşündüğümüzde ise, bu eşdeğer çapa karşılık gelen kanal boyutları Çizelge 2.5'den,

$$300 \times 225 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Ayrıca kanalın çapını sürtünme diyagramından değil de hesap yolu ile bulmak istenilirse;

$$Q = V.A \Rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,486 m^3/s}{7,2 m/s} = 0,0675 m^2$$

$$\frac{\pi.d^2}{4} = 0,0675 \Rightarrow d^2 = \frac{0,0675.4}{\pi}$$

$$d^2 = 0,0859 \Rightarrow d = 0,293 m = 293 mm$$

olarak bulunur. Kanalda meydana gelen sürtünme ve dinamik basınç kayıpları ise,

$$\Delta P_s = R.l = 2,2 \frac{Pa}{m} . 20 m = 44 Pa$$

$$\Delta P_d = k.\rho.\frac{V^2}{2} = 1,4.1,2 \frac{kg}{m^3} . \frac{7,2^2 (m/s)^2}{2} = 43,54 Pa$$

olarak bulunur.

CD Bölümü İçin,

Birim sürtünme kaybı değeri her bölümde aynıdır ve değeri,

$$R = 2,2 \frac{Pa}{m}$$

olarak alınır. CD bölümünden geçen havanın debisi,

$$Q = 1000 \frac{m^3}{h} = 277,7 \frac{l}{s}$$

olur. Bu iki değere göre, Şekil 2.5'den

$$V = 6,3 m/s \text{ ve } d_{eş} = 235 mm$$

olarak bulunur. Kanalı silindirik değil de dikdörtgensel olarak düşündüğümüzde ise, bu eşdeğer çapa karşılık gelen kanal boyutları Çizelge 2.5'den,

$$275 \times 175 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Ayrıca kanalın çapını sürtünme diyagramından değil de hesap yolu ile bulmak istenilirse;

$$Q = V.A \Rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,277 \text{ m}^3 / \text{s}}{6,3 \text{ m} / \text{s}} = 0,0439 \text{ m}^2$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,0439 \Rightarrow d^2 = \frac{0,0439 \cdot 4}{\pi}$$

$$d^2 = 0,0559 \Rightarrow d = 0,236 \text{ m} = 236 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalda meydana gelen sürtünme ve dinamik basınç kayıpları ise,

$$\Delta P_s = R \cdot l = 2,2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \cdot 25 \text{ m} = 55 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_d = k \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} = 1,4 \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{6,3^2 (\text{m} / \text{s})^2}{2} = 33,33 \text{ Pa}$$

olarak bulunur.

BE ve CF Bölümleri İçin,

Birim sürtünme kaybı değeri her bölümde aynıdır ve değeri,

$$R = 2,2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

olarak alınır. BE ve CF bölümleri aynıdır. Buna göre bu bölümlerden geçen havanın debisi,

$$Q = 750 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 208,33 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

olur. Bu iki değere göre, Şekil 2.5'den

$$V = 5,9 \text{ m} / \text{s} \text{ ve } d_{eş} = 210 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalı silindirik değil de dikdörtgensel olarak düşündüğümüzde ise, bu eşdeğer çapa karşılık gelen kanal boyutları Çizelge 2.5'den,

$$225 \times 175 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Ayrıca kanalın çapını sürtünme diyagramından değil de hesap yolu ile bulmak istenilirse;

$$Q = V \cdot A \Rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,208 \text{ m}^3 / \text{s}}{5,9 \text{ m} / \text{s}} = 0,0352 \text{ m}^2$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,0352 \Rightarrow d^2 = \frac{0,0352 \cdot 4}{\pi}$$

$$d^2 = 0,0449 \Rightarrow d = 0,211 \text{ m} = 211 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalda meydana gelen sürtünme kaybı ise,

$$\Delta P_s = R \cdot l = 2,2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \cdot 10 \text{ m} = 22 \text{ Pa}$$

olarak bulunur. Her bölüm için ayrı ayrı yapılan bu hesaplamalar bir çizelgede belirtilir ve bu şekilde havalandırma sistemindeki kritik devre için toplam basınç kaybı bulunur. Çizelge 2.8'de görüldüğü gibi bu havalandırma sistemi için seçilecek olan fanın debi ve basıncı,

$$Q = 2500 \frac{m^3}{h} \quad \Delta P_{Toplam} = 273,63 Pa$$

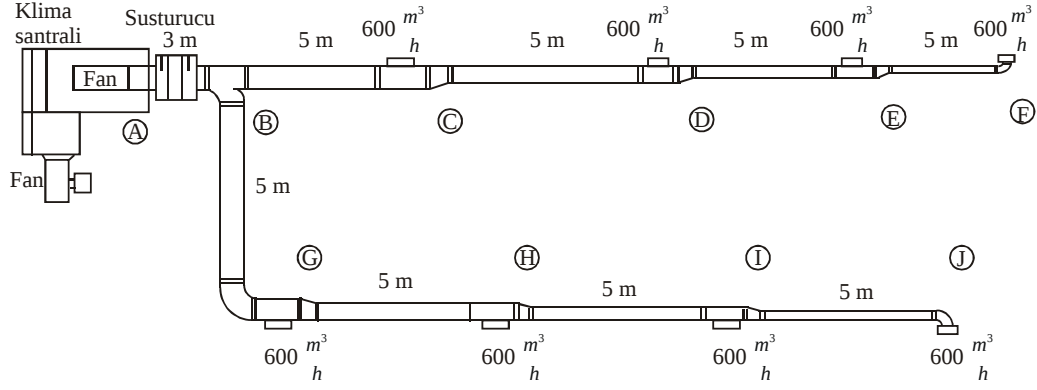
değerinde olması gerekir.

Çizelge 2.8. Kanal Ölçülendirilmesi ve Basınç Kayıplarının Bulunması

Kısıt m	Hava Kanal Hesabı				Sürtünme Kayıpları			Dinamik Kayıplar		
	Debi	Hız	Eşdeğer Çap	Kanal Ölçüsü	Boy	Öz.Sürt. Kay.	Sür. Kay.	Kayıp Kat.	Din. Kay.	Cinsi
	Q	V	$d_{eş}$	$a \times b$	l	R	ΔP_s	k	ΔP_d	-
	m ³ /s	m/s	mm	mm x mm	m	Pa/m	Pa	-	Pa	-
AB	2500	8	334	350 x 275	20	2,2	44	1,4	53,76	Ayrılma
BC	1750	7,2	285	300 x 225	20	2,2	44	1,4	43,54	Ayrılma
CD	1000	6,3	235	275 x 175	25	2,2	55	1,4	33,33	Dirsek
							+		+	
						Toplam	143	+	130,63	=273,63
BE	750	5,9	210	225 x 175	10	2,2	22	-	-	-
CF	750	5,9	210	225 x 175	10	2,2	22	-	-	-

Çizelge 2.9. Kanal Ölçülendirilmesi ve Basınç Kayıplarının Bulunması (Örnek Çizelge)

Kısıt	Hava Kanal Hesabı				Sürtünme Kayıpları			Dinamik Kayıplar		
	Debi	Hız	Eşdeğer Çap	Kanal Ölçüsü	Boy	Öz.Sürt. Kay.	Sür. Kay.	Kayıp Kat.	Din. Kay.	Cinsi



Şekil 2.9. Bir Havalandırma Kanalı Şebekesi

Cözüm: Kritik devre AJ bölümüdür. Besleme havası bölümü için her bir kısım ayrı ayrı incelenirse,

AB Bölümü İçin,

$$V = 8 \text{ m/s}$$

$$Q = 8.600 = 4800 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1333,33 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Şekil 2,5'den 8 m/s hız ve 1333,33 l/s debi değeri karşılaştırıldığında bulunan bu noktaya göre, birim sürtünme kaybı ve eşdeğer çap değerleri,

$$R = 1,7 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \text{ ve } d_{es} = 450 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalı silindirik değil de dikdörtgensel olarak düşündüğümüzde ise, bu eşdeğer çapa karşılık gelen kanal boyutları Çizelge 2.5'den,

$$400 \times 400 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Ayrıca kanalın çapını sürtünme diyagramından değil de hesap yolu ile bulmak istenilirse;

$$Q = V.A \Rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{1,333 \text{ m}^3/\text{s}}{8 \text{ m/s}} = 0,166 \text{ m}^2$$

$$\frac{\pi.d^2}{4} = 0,166 \Rightarrow d^2 = \frac{0,166.4}{\pi}$$

$$d^2 = 0,2121 \Rightarrow d = 0,460 \text{ m} = 460 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Kanalda meydana gelen sürtünme ve dinamik basınç kayıpları ise,

$$\Delta P_s = R.l = 2,2 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} . 20 \text{ m} = 44 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_d = k.\rho.\frac{V^2}{2} = 1,4.1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} . \frac{8^2 (\text{m/s})^2}{2} = 53,76 \text{ Pa}$$

olarak bulunur.

BC Bölümü İçin,

Birim sürtünme kaybı değeri her bölümde aynıdır ve değeri,

$$R = 2,2 \frac{Pa}{m}$$

olarak alınır. BC bölümünden geçen havanın debisi,

$$Q = 750 + 1000 = 1750 \frac{m^3}{h} = 486,11 \frac{l}{s}$$

olur. Bu iki değere göre, Şekil 2.7'den

$$V = 7,2 m/s \text{ ve } d_{eş} = 285 mm$$

olarak bulunur. Kanalı silindirik değil de dikdörtgensel olarak düşündüğümüzde ise, bu eşdeğer çapa karşılık gelen kanal boyutları Çizelge 2.5'den,

$$300 \times 225 mm$$

olarak bulunur. Ayrıca kanalın çapını sürtünme diyagramından değil de hesap yolu ile bulmak istenilirse;

$$Q = V.A \Rightarrow A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0,486 m^3/s}{7,2 m/s} = 0,0675 m^2$$

$$\frac{\pi.d^2}{4} = 0,0675 \Rightarrow d^2 = \frac{0,0675.4}{\pi}$$

$$d^2 = 0,0859 \Rightarrow d = 0,293 m = 293 mm$$

olarak bulunur. Kanalda meydana gelen sürtünme ve dinamik basınç kayıpları ise,

$$\Delta P_s = R.l = 2,2 \frac{Pa}{m} . 20 m = 44 Pa$$

$$\Delta P_d = k.\rho.\frac{V^2}{2} = 1,4.1,2 \frac{kg}{m^3} . \frac{7,2^2 (m/s)^2}{2} = 43,54 Pa$$

olarak bulunur.

3.6.2. Statik Geri Kazanma Yöntemi

Bu yöntem her basınç ve hızdaki besleme kanalları için uygulanabilir. Ancak normal olarak dönüş ve egzoz kanalları için kullanılamaz. Hesap olarak eş sürtünme yöntemine göre daha karmaşık olmasına karşın, teorik olarak bütün kollar ve çıkışlarda üniform basınç düşümü yaratması açısından daha güvenilir bir yöntemdir. Kanaldaki hızlar sistematik olarak azaltılır. Her bir kanal parçasının önünde hız düşürülerek, dinamik basınç statik basınca dönüştürülür ve bu parçadaki kaybının karşılanması için kullanılır. Ortalama kanal sistemlerinde bu statik geri kazanma %75 oranındadır. İdeal şartlarda bu oran %90'a kadar yükselebilir.

Bu sistemin avantajı kanal sisteminin dengede (ayarlanan şekilde) kalmasıdır. Çünkü kayıp ve kazançlar hızla orantılıdır. Yüke bağlı olarak debilerin azalması sistemdeki balansı bozmaz. Statik geri kazanma yönteminin dezavantajı uzun kolların sonlarında, özellikle bu kanal kolu diğerlerine göre çok uzun ise, aşırı büyük kanal boyutları vermesidir. Ayrıca bu bölgelerde hızlar da çok düştüğünden kanalın ısı kayıp ve kazançlarına karşı izolesi gerekir.

3.7. Kanal Sisteminde Ekonomi

Bir kanal sisteminde maliyetleri, diğer sistemlerde olduğu gibi ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti olarak ikiye ayırmak mümkündür. Her iki maliyeti aynı baza getirip, optimum çözümü elde

edebilmek için sistemin toplam yıllık maliyeti tarif edilir. Bu toplam yıllık maliyeti oluşturan kalemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

A. Yıllık Yatırım Maliyeti

1. İlk yatırım Maliyetlerinin amortisman süresi ve enflasyon oranlarına göre belirlenen yıllık eşdeğer maliyeti
2. Faiz Maliyeti
3. Vergiler

B. Yıllık İşletme Maliyeti

1. Yıllık enerji maliyeti
2. Yıllık bakım maliyeti
3. Yıllık işletme maliyeti

Türkiye şartlarında ilk yatırım maliyeti en önemli kalemdir. Bunun yanında ikinci önemli kalem yıllık enerji maliyetidir. Bu durumda yatırımın optimizasyon çalışmaları göreceli olarak basittir. Sadece kanal sisteminin ilk toplam yatırım maliyeti ile sistemin yıllık enerji maliyetinin toplamını minimize etmek yeterlidir.

3.7.1. Optimizasyon

Prensip olarak kanal sisteminin kesiti ne kadar küçük tutulursa kanal yatırım maliyeti azalır. Buna karşılık yıllık enerji tüketimi artar, fan yatırım maliyeti artar. Bunlar ters yönde işleyen temel parametrelerdir. Kanal dizaynında klasik yöntemler yerine, T-yöntemi gibi optimizasyona dayalı yöntemlere gidilmesinde büyük yarar bulunmaktadır. Türkiye'nin değişen ekonomik koşulları karşısında, kanal tasarımı ilk yatırım maliyetini azaltıcı yönde hareket edilmelidir. Ses limitlerini aşmayacak şekilde mümkün olduğu kadar yüksek hızlara çıkmak ve yuvarlak kanallar kullanmak temel öneriler olmaktadır.

3.7.2. İlk Yatırım Maliyetine Etki Eden Faktörler

Yatırım maliyetini azaltmak için uygulamada denenmiş pratik öneriler aşağıdaki gibi sayılabilir:

1. Mümkün olduğu kadar az sayıda fittings kullanın
2. Hava kaçaklarının önleyin. Bu amaçla hazır kanallar kullanmayı tercih edin
3. Yuvarlak kanallar kullanın
4. Dikdörtgen kanal kullanıyorsanız, kenar oranını 1'e yakın tutmaya çalışın

Bu yaklaşımla, yatırım maliyetine etki eden önemli parametreler aşağıda sıra ile incelenecektir.

3.7.2.1. Kanal Kenar Oranı

Kanalların yuvarlak veya dikdörtgen olması ve dikdörtgen kanallarda bir kenar uzunluğunun diğerine oranı olan kenar oranı değerinin değişmesi gerek ilk yatırım maliyetlerini, gerekse enerji maliyetlerini önemli ölçüde artırır. Çizelge 2.9'da farklı kenar oranlarına sahip dikdörtgen ve yuvarlak düz kanal için hesaplanan ağırlık değerleri verilmiştir. Bu karşılaştırmada söz konusu farklı boyuttaki kanalların aynı debiyi aynı sürtünme kaybı ile taşıması esas alınmıştır. Buradan açıkça görülmektedir ki artan kenar oranları birim kanal uzunluğundaki ağırlığı önemli ölçüde artırmaktadır. Hiç kuşkusuz artan kanal ağırlığı ile birlikte kanalın yatırım maliyeti ve işçilik maliyeti de artacaktır.

Çizelge 2.9. Kenar Oranı Etkisi (Aynı debi ve sürtünme kaybı için)

Kanal Boyutu mm	Kanal Alanı m ²	Kenar Oranı -	Saç Et Kalınlığı mm	Ağırlık kg/m
Ø 600	0,28	-	0,55	8,35
550 x 550	0,30	1/1	0,55	9,73
750 x 400	0,30	1,9/1	0,55	10,71

1100 x 300	0,33	3,7/1	0,85	19,21
1500 x 250	0,38	6/1	1,00	28,28
2000 x 200	0,40	10/1	1,31	46,29

3.7.2.2. Basınç Sınıflandırılması

Bazı yayınlarda kanal tasarımcısının kanalda geçerli basınç değerlerini vermesi gerektiği vurgulanır. Kanal sistemi üzerinde geçerli çalışma basınç grubu verilmelidir. Böylece et kalınlıklarını bu basınca göre belirlemek mümkün olacaktır. Bununla kanal maliyetleri azaltılabilir.

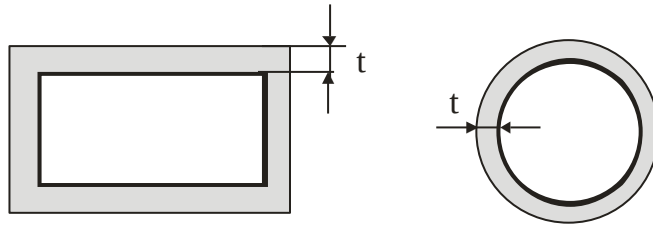
3.7.2.3. Fittings Maliyetleri

İlgili bölümde çeşitli fittingsin kayıp katsayıları verilmiştir. Tasarımcı buradan en uygun fittingsi seçebilir. Ancak en küçük kayıp katsayısını veren fitting en pahalı olanı olabilir. Yüksek kenar oranlı bir fitting yapmak, kare bir fittingden biraz daha pahalı fakat yuvarlak fitting yapmaktan daha ucuzdur. Bugün için fittings otomatik ekipmanla fabrikada üretilmekte ve işçilik minimuma düşürülmektedir. Elle üretimde ise işçilik maliyeti, aynı kesitli ve aynı uzunlukta düz kanal maliyetinin 4-8 misli olabilmektedir. Eğer yönlendirici kanallar kullanılırsa bu oran çok daha büyük olacaktır.

3.7.3. Yuvarlak Kanallar ile Dikdörtgen Kanalların Maliyetinin Karşılaştırılması

Yuvarlak kanalların tesis maliyetleri önemli ölçüde daha düşüktür. Yuvarlak kanalları bir kişi tesis edebilir. Halbuki eşdeğer bir dikdörtgen kanal için en az iki kişi gereklidir. Ayrıca yuvarlak kanalların tesis standartları çok daha az malzeme kullanımını gerektirir. Yuvarlak kanalların daha ucuz olmasının nedenleri aşağıda sıralanmıştır:

1. Yuvarlak kanallar sınırlı sayıda standardize edilmiş elemanlardan ve belirli sayıda standart boyuttan oluşur.
2. Kanalların ve bağlantı elemanlarının üretimi tamamen otomatik ve seri olarak sistematik bir şekilde yapılmaktadır. Endüstriyel kalite kontrolü mümkündür.
3. Yuvarlak kanalların tesis zamanı, benzer bir dikdörtgen kanalın yaklaşık üçte biri kadar olabilmektedir.
4. İzolasyon malzemesinin maliyetleri daha düşüktür. Çünkü;
 - a) Uygulanması ve ulaşımı daha kolaydır
 - b) Daha küçük çevre uzunluğu dolayısı ile daha az izolasyon malzemesi kullanılır. Örneğin; çapı 500 mm olan yuvarlak kanalın çevresi, kenar ölçüleri 400 x 400 mm olan dikdörtgen kanaldan %13 daha azdır. İzolasyon için bu oranda az malzeme kullanılır.
 - c) Gerek yangından korumak için ve gerekse ısı izolasyonu için yuvarlak kanallarda daha ince izolasyon kullanılabilir. Şekil 2.9 ve Çizelge 2.10'da kanalların dıştan yangına karşı izolasyon değerleri ve karşılaştırmaları verilmiştir.



Yuvarlak kanallarda daha ince yangın izolasyonu kullanımına izin verir.

Şekil 2.9. İzolasyon Kalınlığı Tanımı

Çizelge 2.10. İzolasyon Kalınlıkları (mm)

Yuvarlak	Dikdörtgen
----------	------------

30	40
30	40
50	70
50	70
100	140
100	120

5. Gerekli kanal, mesnet ve askılarının sayısı ve boyutları yuvarlak kanallarda daha azdır. Askılar arası mesafe dikdörtgen kanalda 2,5 m iken bu değer yuvarlak kanalda 3 m değerine çıkar. Böylece bu malzemeden %20 tasarruf söz konusudur.

3.8. Kanallarda Sızdırmazlığın Önemi

Kanal sistemlerindeki kaçaklar yolu ile kaybedilen enerji çok yüksek boyutlardadır. Özellikle temiz oda uygulamalarında, bazı endüstriyel uygulamalarda ve nem alma uygulamalarında kanallardaki hava kaçakları enerji kaybı dışında özel öneme sahiptir. Burada özel olarak sızdırmazlık istenen haller dışında, genel havalandırma ve klima uygulamalarında sızdırmazlık dolayısı ile oluşan enerji maliyeti üzerinde durulacaktır. Sadece havalandırma yapılması durumunda hava kaçaklarının enerji maliyeti fan enerji tüketiminde ortaya çıkmaktadır. Kaçak ne kadar fazla ise bu oranda fan gücü boşa harcanmış olacaktır.

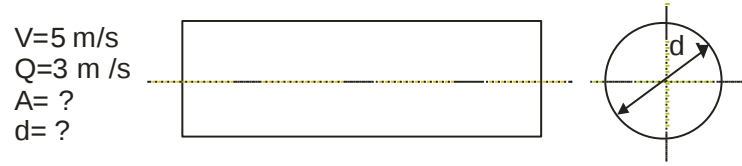
Klima kanallarında ise kaçak hava; aynı zamanda soğutma ve ısıtma enerjisi kaybı anlamına gelmektedir. Dolayısı ile klima sistemlerinde hem fanda, hem de soğutma (veya ısınma) grubunda enerji boşa harcanması söz konusudur. Havası şartlandırılan hacimlerden geçen kanallardaki sızma, yine iklimlendirilen hacme olacağından, bir kayıp oluşturmayacağı ileri sürülebilir. Ancak bu halde bile sızan hava istenilen fonksiyonu yerine getirmeyecek, menfezlerden hedef bölgeye üflenemeyecektir.

3.9. Kanalların İç Temizliği

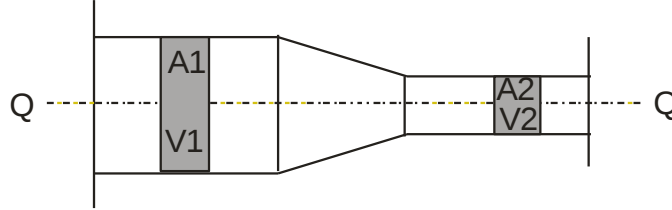
İç hava kalitesinin sağlanması ile ilgili çalışmalar göstermiştir ki, sistemin yetersiz kalmasında hasta bina sendromunda kanalların temizliği büyük önem taşımaktadır. Besleme ve dönüş kanallarında toplanan toz, mantar vs. gibi kirleticilerin hastalık kavramına büyük katkıları vardır. Bu nedenle özellikle besleme kanallarının içinin temizlenmesi gereği, bazı batı ülkelerinde örneğin İsveç'te bina yönetmeliklerine dahil edilmiştir. Kanal içi temizliği için çeşitli temizlik yöntemleri ve cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazların standart çapları ve uygun geometrisi nedeniyle yuvarlak kanallara uygulanması daha kolay ve daha ucuz olmaktadır.

3.10. Konu İle İlgili Sorular

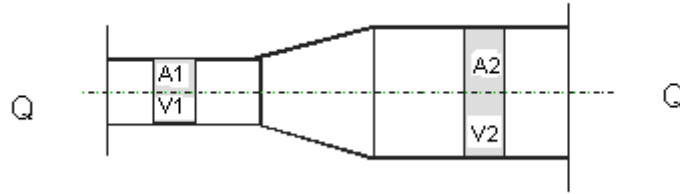
1. Mahal hava debisinin belirlenmesinde hangi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır?
2. Kanallarda toplam basınç kaybını açıklayınız
3. Kanallarda sürtünme basınç kaybını açıklayınız
4. Kanallarda dinamik basınç kaybını açıklayınız
5. Kanal sisteminde ekonominin önemini açıklayınız
6. Yuvarlak kanallar ile dikdörtgen kanalların maliyetini karşılaştırınız
7. Kanallarda sızdırmazlığın önemini açıklayınız
8. Şekilde görülen silindirik bir kanaldan geçen havanın hızı 5 m/s ve debisi 3 m³/s'dir. Buna göre kanalın,
 - a. Kesit alanı nedir?
 - b. Çapı nedir? ($\pi = 3,14$ alınacak)



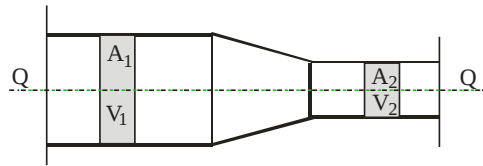
9. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kesit alanı $0,8 \text{ m}^2$ ve hava hızı da 3 m/s olan bir kanal daraltılarak kesit alanı $0,6 \text{ m}^2$ düşürüldüğüne göre,
- Daraltılan kısımdaki kanaldan akan havanın hızı
 - Kanaldan akan havanın debisi ne olur?



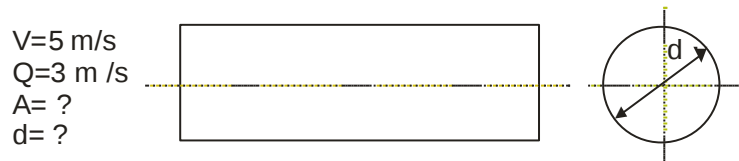
10. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kesit alanı $0,5 \text{ m}^2$ ve hava hızı da 4 m/s olan bir kanal genişletilerek kesit alanı $0,8 \text{ m}^2$ çıkartıldığına göre,
- Daraltılan kısımdaki kanaldan akan havanın hızı
 - Kanaldan akan havanın debisi ne olur?



11. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kesit alanı $0,6 \text{ m}^2$ ve hava hızı da 5 m/s olan bir kanal daraltılarak kesit alanı $0,4 \text{ m}^2$ düşürüldüğüne göre,
- Daraltılan kısımdaki kanaldan akan havanın hızı
 - Kanaldan akan havanın debisi ne olur?

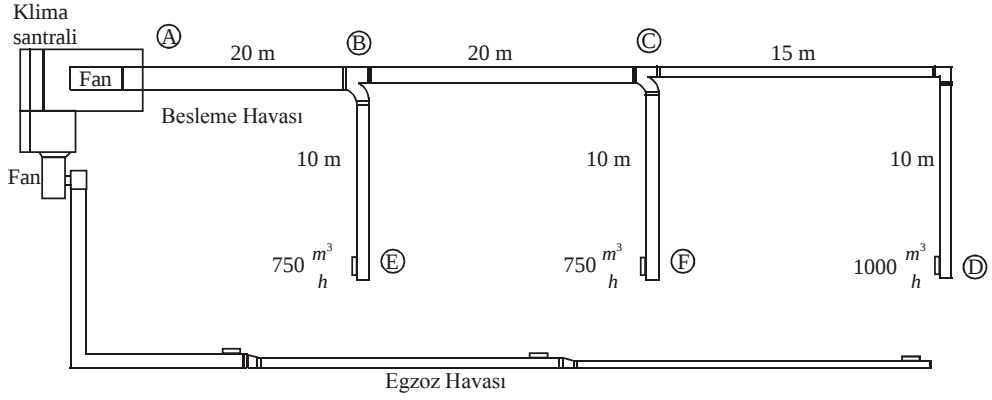


12. Şekilde görülen silindirik bir kanaldan geçen havanın hızı 6 m/s ve debisi $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Buna göre kanalın,
- Kesit alanı nedir?
 - Çapı nedir? ($\pi = 3,14$ alınacak)



13. Aşağıdaki şekilde bir hava kanalı şebekesi görülmektedir. Şebekenin A-B bölümündeki kanaldan geçen havanın hızı 6 m/s ve birim sürtünme kaybı $R=2,5$ Pa/m'dir. ($c=1,3$ $\pi=3,14$ ve $\rho=1,2$ kg/m³ olarak alınacak) Buna göre,

- A-B kanalından geçen havanın debisi nedir?
- A-B kanalın alanı nedir?
- A-B kanalının çapı nedir?
- A-B kanalında meydana gelen sürtünme kaybını hesaplayınız.
- A-B kanalında meydana gelen dinamik kaybı hesaplayınız.



BÖLÜM

4

HAVALANDIRMA UYGULAMALARI

AMAÇ

Farklı havalandırma uygulamaları ile ilgili uygulama özelliklerini tanıyabilme ve farklı ortamlar için alternatif sistem çözümleri üretebilme.

4. HAVALANDIRMA UYGULAMALARI

4.1. Konutlar

Geleneksel konutlarda havalandırma, kapı ve pencerenin açılması veya buralardan sızan hava ile doğal olarak gerçekleşir. Enfiltrasyonda (sızıntı) olan hava değişimi normal hallerde 0.3 – 0.7 değişim/saat mertebesindeki ki bu yeterli olabilmektedir. Ancak son yıllarda iki yöndeki gelişmeler konutlarda mekanik havalandırma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bunlardan birincisi yapı tekniğindeki gelişmelerdir. Örneğin giydirme cephe yapılarında doğal yolla ve pencerelerin açılması ile havalandırma imkanı ortadan kalkmaktadır.

İkinci ve daha genel olan mekanik havalandırma zorunluluğu ise yapılarda enerji tasarrufu ile ilgili alınan önlemlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin pencere oranları küçülmüş ve pencere, dış kapı, balkon kapısı gibi dışa bakan yapı elemanlarının sızdırmazlığı son derece azaltılmıştır (Özellikle PVC kapı ve pencerelerde hava sızdırganlık katsayısı normal ahşap tek pencerelere göre on beş kat azalmıştır). Bütün bunlardan dolayı konutlarda da mekanik havalandırmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Konutlarda gerekli havalandırma 2700 m³/h değerinden düşük olmamak şartı ile, hava değişim sayısı n=0.5–1 (değişim/h) alınabilir. Küçük hacimlerde sigara içilmesi halinde saatte bir hava değişimi daha uygundur.

Konut mutfaklarında aspiratör debisi 1800 m³/h değerini sağlayabilmeli ve debi ayarlanabilir olmalıdır. Mutfak bacaları bağımsız veya şönt baca biçiminde olmalıdır. Aspiratörün baca bağlantısında $\phi 125$ mm veya $\phi 150$ mm metal konulmamalıdır. Esnek alüminyum kanallar kir toplaması nedeniyle önerilmez. Bu amaçla kullanılan $\phi 100$ PVC borular ise yangın tehlikesi ve ses nedeniyle kesinlikle kullanılmamalıdır. Konut mutfaklarında veya küçük mutfaklarda davlumbaz da kullanılabilir. Konutlarda banyo ve tuvaletlerinde mekanik havalandırmaları tavsiye edilir. Banyo buharları mantar oluşmasına ve aynaların kararmasına, metalik yüzeylerin paslanmasına neden olur. Ayrıca tuvaletlerdeki kokunun eve yayılması istenmez. Bu nedenle kullanılacak banyo aspiratörleri kuvvet üzerine yerleştirilmeli ve bunların ortama yayılmadan dışarı atılması sağlanmalıdır.

Banyo ve tuvaletler için kesintili çalışan sistemlerde hava debisi 90 m³/h tavsiye edilmektedir. Sürekli çalışan sistemlerde bu değer 36 m³/h değerine düşmektedir. Ayrıca banyoda, saatte on hava değişimi sağlanması da tavsiye edilen bir başka değerdir. Kazan dairelerinde havalandırma hem yanma havasının karşılanması hem de ortamda oluşan dumanların atılmasını sağlar. Kazan dairelerinde saatte 5 defa hava değişimi seçilmelidir. Besleme fanları egzoz fanlarından %25 büyük seçilmelidir.

4.2. Garajlar

Garajlarda uygun havalandırma olmazsa, motor egzozlarında atılan hidrokarbonlar, kükürt, kurşun ve CO gazları zehirlenmeye neden olur. Garajlar doğal veya mekanik olarak havalandırılabilir. Doğal havalandırmada, tüm kesitten hava akımı sağlamak için, karşılıklı olarak eşit dağıtılmış açıklıklar bırakılmalıdır. Bunların birbirine olan uzaklıkları yerüstü garajlarında en çok 35 m, yer altı garajlarında ise 20 m olacak şekilde düzenlenmelidir. Bu açıklıkların kesitleri orta ve büyük garajlarda park alanı başına 0.06 m² olmalı, küçük ve orta garajlarda ise dış kapılarda park alanı başına 150 cm² kesit oluşturulmalıdır.

Doğal havalandırmanın uygun olmadığı yerlerde mekanik havalandırma uygulanmalıdır. ASHRAE standartlarına göre kapalı garajlarda m³ başına 14.4 m³/h havalandırma gerekmektedir. Hava miktarının belirlenmesinde diğer bir yaklaşım saatteki hava değişim miktarıdır. Bu değer yine ASHRAE tarafından 4–6 defa/saat olarak verilmiştir. Enerji tasarrufu açısından fanlar eşit büyüklükte ve birden fazla olmalıdır veya hızı ayarlanabilen fanlar konmalıdır.

Garajlar için sürekli çalışma da CO seviyesi 50 ppm değerinde tutulmalıdır. Tehlike sınırı 100 ppm olup CO miktarı bu değeri kesinlikle aşmamalıdır. Mekanik havalandırmada özellikle egzoz sistemleri tercih edilir. Her sistem için kurulacak çift egzoz fanı ile garaj boyunca hiçbir ölü hacim

birakmayacak şekilde düzenleme yapılır. Emişin %50'si tavan seviyesinden, %50'si de kolonlar boyunca döşeme seviyesine yakın bölümlerden yapılır.

4.3. Ticari Mutfaklar

Amaç :

- Pişirme cihazlarından yayılan ısının dışarı atılması
- Pişirme cihazlarından oluşan buharın dışarı atılması
- Yemek kokularının kontrolü ve komşu hacimlere geçişin önlenmesi.

4.4. Lokanta, Kafeterya ve Otel Mutfakları

Bu boyuttaki mutfaklarda hava hem emilmeli , hem de taze hava girişi sağlanmalıdır. Aksi halde komşu hacimlerle ve dış ortam arasında büyük basınç farkları ve istenmeyen hava hareketleri oluşur.

Mutfağa verilecek taze hava, kışın santralde ortam sıcaklığına kadar ısıtılmalıdır. Yaz aylarında mutfaktaki sıcaklık kontrolü havalandırma ile sağlanır. Daha iyi uygulamalarda ise klima santrali kullanılmakta ve hava soğutulmaktadır. Ayrıca taze hava santralinde en az EU3 kaliteli filtre kullanılmalıdır. Kanal olarak galvaniz sacdan temizlenebilen yuvarlak kanallar kullanılması hijyenik açıdan gereklidir. Aynı şekilde egzoz kanalları da galvanizli sacdan ve yuvarlak olmalıdır. Ayrıca egzoz kanallarında sızdırmazlık tam olarak sağlanmalıdır.

Yatay egzoz kanalları mümkün olduğunca kısa olmalı ve bir eğim verilmelidir. Kanallarda temizleme kapağı var ise yangın damperi şart değildir. Mutfaklarda emiş ağzında filtreler bulunmalıdır. Mutfak havalandırılmasında en uygun çözümlerden birisi davlumbaz kullanmaktır.

Mutfak davlumbazları ile kokuyu, ısıyı ve nemi kaynağında yakalamak imkanı vardır. Davlumbaz malzemesi olarak Cr-Ni alaşımlı sac, alüminyum veya renkli sac kullanılabilir. Davlumbazlar genelde ışıklandırılır. Egzoz havası çatı üzerinde en yüksek noktaya dikey olarak 10–13 m/s hızla atılmalıdır. Soğuk ısıtılmayan bölgelerden geçen egzoz kanalları yoğuşmaya karşı izole edilmelidir.

4.5. Büyük Mutfaklar

Modern uygulamalarda genellikle tavan duvardan duvara emiş ağızlarıyla kaplıdır. Yağ filtreleri yüksek (%99.8) verimli kolayca çıkarılıp yıkanabilir tiptedir. Çizelge 4.1'de Mutfak havalandırılmasında hava değişim katsayıları verilmektedir.

Çizelge 4.1. Mutfak Havalandırılmasında Hava Değişim Katsayıları

Mutfak Tipi	Yükseklik (m)	Hava Değişim
Mesken Villa (Küçük Konut)	2.5 –	25 – 15
Lokanta, Kantin (Orta Büyüklük)	3.5	30 – 20
Hastane , Kışla (Büyük Mutfak)	3.0 – 4.0	30 – 20
Perhiz Mutfakları	3.0 – 4.0	30 – 20
Bulaşikhane	3.0 – 4.0	20 – 15
Soğuk Mutfak	3.0 – 4.0	8.0 – 5.0
Kızartma Hacimleri	3.0 – 4.0	15 – 8.0
Temizlik Odası	3.0 – 4.0	5

4.6. Çamaşırhaneler

Çamaşırhane havalandırması doğrudan makinelerin üzerinden davlumbazla yapılması en uygun yöntemdir. Hava besleme menfezleri alt katlarda bulunmalıdır. Çamaşırhane egzozları çatı üzerinden dışarı atılmalıdır. Taze hava beslemesi fanla veya bırakılan açıklıklardan doğal yolla yapılabilir. Egzoz ve beslemenin mekanik olarak yapıldığı sistemlerde ısı geri kazanım üniteleri kullanılabilir.

İklimlendirilen çamaşırhanelerde hava hareketi için başarı ile uygulanan bir yöntemde temiz hava beslemesi döşeme seviyesinden , egzoz havası ise üst seviyelerden yapılır. Böylece hacimde piston şeklinde aşağıdan yukarı doğru bir hava hareketi sağlanır. Çamaşırhanelerde 15 – 20 defa hava değişimi tavsiye edilir.

4.7. Okullar

Okullardaki dersanelerde genellikle teneffüs aralarında pencereler açılarak doğal havalandırma yapılır. Ancak merkezi santralle veya iç hava kalitesi yönünden daha sağlıklıdır.

Merkezi havalandırmada hava , koridor tarafındaki duvarda açılan menfezlerde pencere altlarına veya tavandan üflenir. Pis hava pozitif basınç sayesinde koridora atılır. Kişi başına dış hava miktarı $30 \text{ m}^3 / \text{h}$, 4 – 5 hava değişimine karşılık gelir.

4.8. Kimya Laboratuvarları

Kimya laboratuvarlarında egzoz havalandırma sistemi kullanılabilir. Deney setleri üzerindeki davlumbaz hava emişi için aspiratör kullanılabilir. Taze hava odaya döşeme seviyesinden verilmelidir.

4.9. Toplantı Salonları

Toplantı salonlarında havalandırma , sıcak hava ile ısıtma veya klima sistemine ihtiyaç gösterir. Isı ihtiyacının %50 – %75’lik kısmı radyatörle karşılanır. Hava ihtiyacı kişi başına $30 \text{ m}^3 / \text{h}$ verilmelidir.

4.10. Tuvaletler

Pencerelerle havalandırma yapılmalıdır. Bu kullanışlı olmuyorsa vantilatörle emiş yapılmalıdır. Hava koridordan alınmalıdır. Hava değişimi saatte 5 – 8 kez olmalıdır.

4.11. Duşlar

Sekizden fazla duş varsa mekanik giriş ve mekanik çıkış yapılmalıdır. Hava değişimi saatte 8 – 10 kez alınmalı veya duş başına $220 \text{ m}^3 / \text{h}$ hava düşünülmelidir. Dış hava ön ısıtma ile 30°C ’ye getirilmelidir.

4.12. Üniversite Anfileri

Anfilerde hava kalitesini düşürerek dinleyicilerin dikkatlerinin dağılmasının önlenmesi için havalandırma – iklimlendirme sistemi kullanılmalıdır. Sıcaklık $22^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C}$, nem %40 – %60 olmalıdır. Seminer salonlarında kişi başına 100 W değerinde ani bir ısı kazancı oluşur.

Bu ısının yaklaşık %50’si hava tarafından alınır. Kişi başına gerekli taze hava miktarı $30 \text{ m}^3 / \text{h}$, sigara içilen ortamlarda ise $50 \text{ m}^3 / \text{h}$ olmalıdır. Bu 6 – 8 kerelik bir hava değişimine karşılık gelir , ancak salonlarda hava değişimi artacaktır. Çok soğuk ve sıcak havalarda hava debisi %50’ye kadar azaltılabilir.

4.13. Anaokulları ve Yuvalar

Anaokulları , yuvalar ve kreşlerde yerden ısıtma tercih edilmelidir. Solunum yoluyla hastalıkların yayılmaması için mutlaka mekanik havalandırma yapılmalıdır. Besleme santrali girişinde EU – 3 kalite bir ön filtreden sonra EU – 7 kaliteli bir torba filtre kullanılmalıdır. Egzoz havası banyo , mutfak ve WC'den egzoz vantilatörleriyle ve hava sızıntısı ile kendinden tahliyesi yapılmalıdır. Yetersizse egzoz açıklıkları sınıflar dışında yaratılmalı ve koridorda hava toplayan bir egzoz sistemi oluşturulmalıdır.

Anaokulu ve kreş sınıflarında kanallı konveksiyonel bir havalandırma sistemi kurulması imkanı yoksa sınıflarda iç havayı temizleyen bir hava temizleme cihazı kullanılması tavsiye edilir. Bu cihazlarda ortam havası elektrostatik , aktif karbon filtrelerden ve çoğunlukla havanın arıtılması için ozonlama hücresinden geçirilerek temizlenir ve tekrar odaya verilir.

4.14. Büyük Toplantı, Gösteri ve Spor Salonları

Oturma alanı için kişi başına $0,7 - 1 \text{ m}^2$ alan alınarak minimum dış hava miktarı $8 - 30 \text{ L / s}$ ($28,8 - 108 \text{ m}^3 / \text{h}$) alınır. Görüldüğü gibi havalandırma yükü toplam içerisinde önemli bir yer tuttuğunda hava sızıntısının önüne geçmek için bu hacimler pozitif basınç altında tutulur. Bu salonlarda tavan yüksekliği çok fazla olduğundan havanın katmanlaşmamasına dikkat edilir. Besleme havasının baş üstü seviyesinden veya kotlardan vermek veya havayı koltuk atlarına veya oturma yerleri civarında alt kotlarda toplamak uygundur. Koltuk altındaki dönüş menfezlerine hız $1,4 \text{ m / s}$ değerini aşmamalıdır. Bu hacimlerin biçimine göre bazen jet tipi $15 - 45 \text{ m}$ gibi uzun atışlı difüzörlere gerek duyulabilir , veya tavandan aşağı doğru üfleme yapılabilir. Bu tip , uygulamalarda hava besleme menfezlerindeki ses seviyesine dikkat edilmelidir.

Hava emişi balkon altları gibi havanın hareketsiz olduğu bölgelerden lineer (dampersiz) difüzörlerle yapılması uygundur. Alan içerisinde soğutma yapılmayıp sadece havalandırma ve / veya hava ile ısıtma yapılıyorsa koltuk altlarında besleme , tavan seviyesinden dönüş havası alınması uygundur. Bazı spor salonlarında seyirci yeri yoksa , tavanda difüzör üfletip , santrale en yakın duvardan üst kotlardan tek noktada emiş menfezleriyle havayı toplamak mümkündür.

4.15. Spor Salonları

Bu salondaki faaliyetler çok çeşitli olabildiğinden kullanılan fanlar çok kademeli olmalıdır. Okulların jimnastik salonlarında olduğundan gibi küçük uygulamalarda saatte $4 - 6$ hava değişimi sağlayacak bir havalandırma yeterlidir. Isıtma ihtiyacı genellikle radyatörle veya sıcak hava üniteleri ile sağlanır. Soğutma gereksizdir. Büyük spor salonlarında hava değişim miktarı saatte $2 - 3$ defa veya kişi başına $30 - 40 \text{ m}^3 / \text{h}$ alınır.

4.16. Konser ve Tiyatro Salonları

Sahne yoğun ışık yükünü $\%40 - \%60$ oranı kaynağına yakalaması lazımdır. Sahne besleme havası alt koltuklardan ve sahne arkasından verilip üst kotlarda ışıklar civarında toplanmalıdır.

4.17. Sergi ve Fuar Alanları

Bu tip alanları tek bir santral terine çok sayıda santral ile beslemek daha iyi olur. Ortalama olarak mahal yükü 108 W / m^2 mertebesindedir. İnsan yoğunluğu ise $3,7 - 4,6 \text{ m}^2$ kişi alınabilir.

Havalandırma sisteminin $\%100$ dış hava ile çalışabilme özelliği olmalıdır. Sistemde doğrudan egzoz ağızları ve buraya esnek kanallarla bağlantı imkanı bulunmalıdır. Ana salon içinde , çevresinde lokanta , kafeterya veya ofisler ayrı bir havalandırma ve klima sistemleriyle havalandırılmalıdır.

4.18. Alış – Veriş Merkezleri ve Dükkanlar

Bu tip yerlerde ısıtma ve soğutma hava ile yapılıyorsa üfleme camlı vitrin alanına yoğunlaştırılmalıdır. Küçük dükkanların iklimlendirilmesi split (ayrık) klima ile yapılmalıdır. Bu tip cihazlarda kanal uzunlukları tutularak hava hızları tasarımı 4 – 6 m / s tutulmalıdır. Küçük marketlerde buzdolaplarını havalı kondenserlerinden yayılan ısı bu bölgeden havalandırma havasının egzoz edilmesi büyük yarar sağlar. Besleme havası ise doğal veya besleme fanı yardımıyla temin edilmelidir. Dükkanlarda havalandırma miktarı olarak 8 hava değişimi alınabilir.

4.19. Süpermarketler

Bu tip alanlarda hava miktarı $16 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ h}$ alınabilir. Kişi başına gerekli dış hava miktarı $20 \text{ m}^3 / \text{kişi}$ verilebilir. Isıtma ve soğutma amacıyla aynı klima santrali ve hava dağıtım sistemi kullanılır. Birçok mağazada girişte ara bölgesinde ayrı bir ısıtma uygulanarak dışardan soğuk havanın doğrudan içeri girmesi önlenir. Bir başka yöntem ise , kapılara sıcak hava perdesi uygulaması veya radyant ısıtıcılarla ısıtılmasıdır.

Süpermarketlerde genellikle hava soğutmalı kondenser üniteleri kullanılır. Eğer çoğu zaman olduğu gibi süpermarket tek katlı veya yaygınsa altlı – üstlü klima kullanılmalıdır. Hava soğutmalı klima veya havalandırma sistemlerinde free – cooling özelliği yani uygun zamanlarda %100 dış hava ile çalışma kabiliyeti aranmalıdır.

Süpermarketlerde soğuk havanın döşeme seviyesinde çöküp kalması önlenmelidir. Yerel soğuk havanın sirküle edilmesi gerekir. Bu amaçla dönüş havasının döşeme seviyesinde emilmesi büyük önem taşır. Dönüş menfezleri özellikle soğutucu vitrinlerin bulunduğu bölgelerde yetiştirilmelidir. Bu amaçla en iyi çözümlerden biri dönüş havasının döşeme altı kanallarla toplanmasıdır.

Bu döşeme altı kanalları aynı zamanda soğutucu akışkan borularının geçmesi içinde kullanılabilir. Besleme menfezleri ise tavan seviyesinde olmalıdır. Çatıdaki santrallerden kısa kanallarla ortama taşınan hava tavan seviyesinde dağılır.

4.20. Sığınak Havalandırması

Sığınak havalandırması için gerekli şartlar:

1. CO₂ oranı %2'den fazla olmamalı , O₂ oranı ise %19'dan az olmamalıdır.
2. İç ortamda , dış ortama göre en az 50 Pa değerinde pozitif basınç oluşturulmalıdır.

NOT : Sığınak havasının ısıtılması veya soğutulması gerekmez.

Dış ortamdaki hava temiz ise EU – 3 kalitesinde bir filtreden geçirildikten sonra sığınağa verilir.

Dış ortamdaki hava zehirli veya radyoaktif madde içeriyorsa dış hava bir kum filtresinden geçirilerek ön filtrelendir. Kum hücrelerinde $60 \text{ m}^3 / \text{h}$ hava debisi için 1 – 2 m³ kum bulunmalıdır. Kum yüksekliği 2 m ve hava direnci 200 Pa olmalıdır.

4.21. Sığınak Havalandırma Kapasiteleri

Büyük sığınaklarda (300 kişi üzerinde) kişi başına gerekli hava:

- Normal dış hava halinde $9 \text{ m}^3 / \text{h}$
- Zehirli dış hava halinde $1,8 \text{ m}^3 / \text{h}$

Orta kapasiteli sığınaklarda:

- 150 – 300 kişi arasında her iki hal için $4,5 \text{ m}^3 / \text{h}$
- 50 – 150 kişi arasında her iki hal için $3 \text{ m}^3 / \text{h}$

4.22. Sığınaklarda Havanın Yönlendirilmesi

Taze ve pis havanın yönlendirilmesi aşağıdan – yukarı doğru , yukarıdan – aşağıya doğru veya yatay olarak yapılabilir.

4.23. İlkokullar

Havalandırma miktarı olarak kişi başına $30 \text{ m}^3 / \text{h}$ hava alınmalıdır. Her hacmin bağımsız olarak kontrol edilebildiği sistemler tercih edilmelidir. Havalandırma sistemi klima sistemi ile birleştirilmiş ise %100 dış havalı sistemler tercih edilmelidir.

4.24. Konu İle İlgili Sorular

1. Konutlarda havalandırma uygulamalarını açıklayınız
2. Ticari mutfaklarda havalandırmanın amacı nedir?

BÖLÜM

5

KANAL VE BAĞLANTI ELEMANLARININ YAPIMI

AMAÇ

Kanal birleştirme yöntemlerini uygulayabilme ve daralma parçası, dirsek, pantolon parçası gibi bağlantı elemanlarını üretebilme.

5. KANAL VE BAĞLANTI ELEMANLARININ YAPIMI

5.1. Kanal Konstrüksiyonu

Kanal seçimi yapılırken;

1. İç yüzeylerinin pürüzsüz olmasına
2. Toz tutan kısımlarının olmamasına
3. Korozyona karşı dayanıklı olmasına
4. Taşınımı kolay ve hafif olmasına
5. Hava sızdırmaz olmasına
6. Isıya karşı dayanıklı olmasına
7. Maliyetinin ucuz olmasına
8. Montaj kolaylığına sahip olmasına

dikkat edilmelidir. Bu amaçla kullanılan en ekonomik ve uygun malzemeler galvanizli çelik ve alüminyum sac levhalardır.

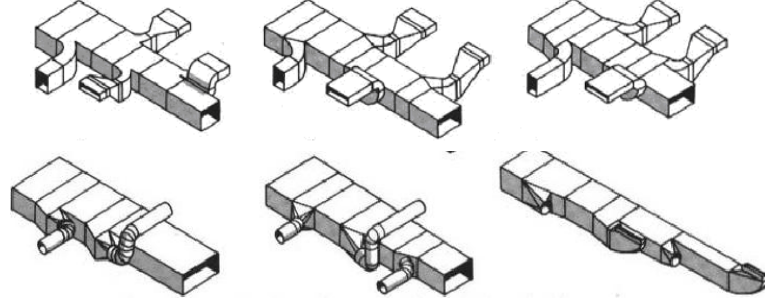
Son yıllarda, yüzeyi alüminyum folyolu poliüretan malzemelerden de hafif ve dayanıklı kanallar yapılmaktadır. Sağlık tesisleri ve laboratuvarlar için yapılan hava kanalları paslanmaz sacdan veya alüminyumdan yapılmalıdır. Yine asit buharları için yapılan kanallar ayrıca aside dayanıklı malzemelerden yapılmalıdır.

Hava kanallarının galvanizli sac veya alüminyum sacdan yapılması halinde, kare veya dikdörtgen kesitli kanalların sacları Çizelge 5.1'deki kalınlıkta olmalıdır.

Çizelge 5.1. Hava Kanalında Kullanılacak Sac Kalınlıkları

Kanalın Anma Ölçüsü (En Geniş Kenar) b, (cm)	Minimum Sac Kalınlıkları (mm)	
	Galvanizli Çelik Sac	Alüminyum Sac
$b \leq 25$	0,50	0,68
$25 < b \leq 50$	0,65	0,82
$50 < b \leq 100$	0,75	0,96
$100 < b \leq 140$	0,85	1,23
$140 < b \leq 200$	1,00	1,37
$200 < b \leq 250$	1,15	1,50
$250 < b$	1,25	1,65

Havalandırma sistemlerinde kullanılan dikdörtgen kanal tipleri Şekil 5.1'de gösterilmektedir. Yuvarlak kanal tiplerinden ise esnek yalıtımlı yuvarlak kanal tipi Şekil 5.2'de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.1. Dikdörtgen Kanal Tipleri



Şekil 5.2. Esnek Yalıtımlı Yuvarlak Kanal

5.2. Kanal ve Bağlantı Parçalarının İmalatı

Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde kanalların birleştirilmeleri kanal işçiliği bakımından çok önemlidir. Köşeli levha kanallar kenetlerle ya da boyuna kaynak dikişle birleştirilirler. Bağlantı yerlerinde serbest flanşlar, nokta kaynağı, takviye kelepçe ya da sürgülü kelepçeler kullanılır. Yuvarlak kanallar daha uzun mesafeler için, helis (spiral) şeklinde yapılmaktadır. Bunlar muf ya da geçirmeli bağlantı ile birleştirilirler. Bağlantı yerlerinin sızdırmazlığı, yapıştırma bantları ya da lastik conta ve diğer ara malzemeleri ile sağlanır. Şekil 5.3’de kanal birleştirmelerinin değişik bazı şekilleri verilmiştir.

Başlıca kanal birleşim şekilleri şunlardır.

1. Kaynaklı birleştirme
2. Yumuşak lehimli birleştirme
3. Kenetli birleştirme
4. Perçinli birleştirme
5. Vidalı birleştirme
6. Flanşlı birleştirme
7. Muflu birleştirme
8. Yapıştırma ile birleştirme

Eğim ve yön değiştirmeler, küçük çaplarda, baskılanmış (preslenmiş) yön değiştiricilerle, büyük çaplarda da kenet ve flanşlı bağlantılarla yapılır.



a. Sürgülü kenet



b. Cep sürgülü kenet



c. Makine köşe kenet



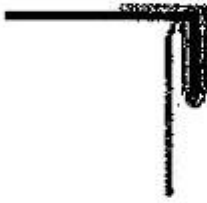
d. S Sürgülü kenet



e. Dik kenet



f. Uzun kenet



g. Pitsbur kenet



h. S Sürgü vedik kenet



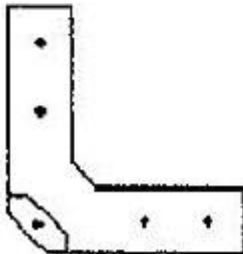
i. Köşe kenet



j. Yüksek C sürgü kenet



l. Contalı bağlantı



m. Açık köşe bağlantı



n. Perçin bağlantı

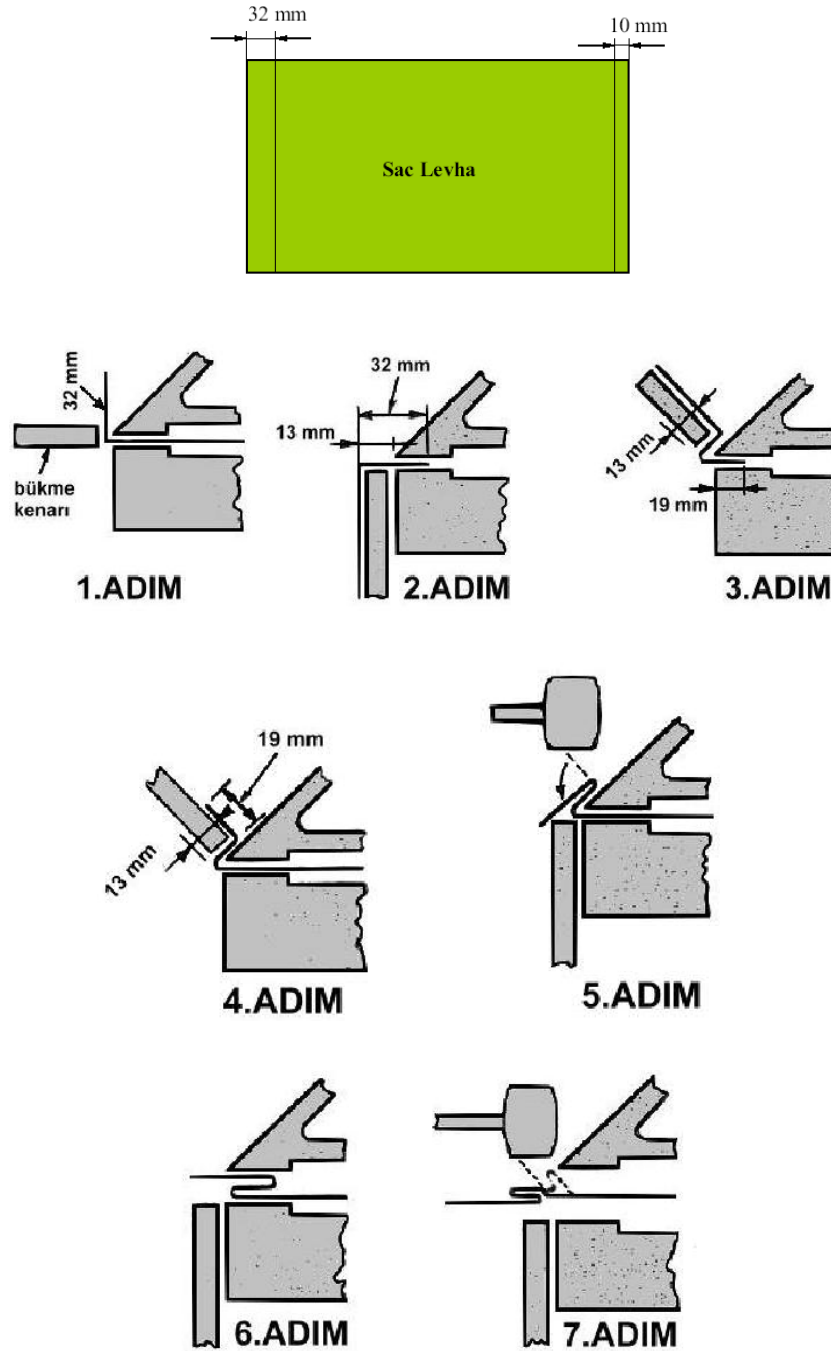


o. Vidalı bağlantı

Şekil 5.3. Levha Kanallarda Kenet ve Bağlantı Şekilleri

5.2.1. Pitsburg Kenet Yapımı

Kanallar genellikle pitsburg kenedi adı verilen bir yöntemle yapılır. Şekil 5.4'de pitsburg kenet yapımı ve adımları gösterilmektedir.

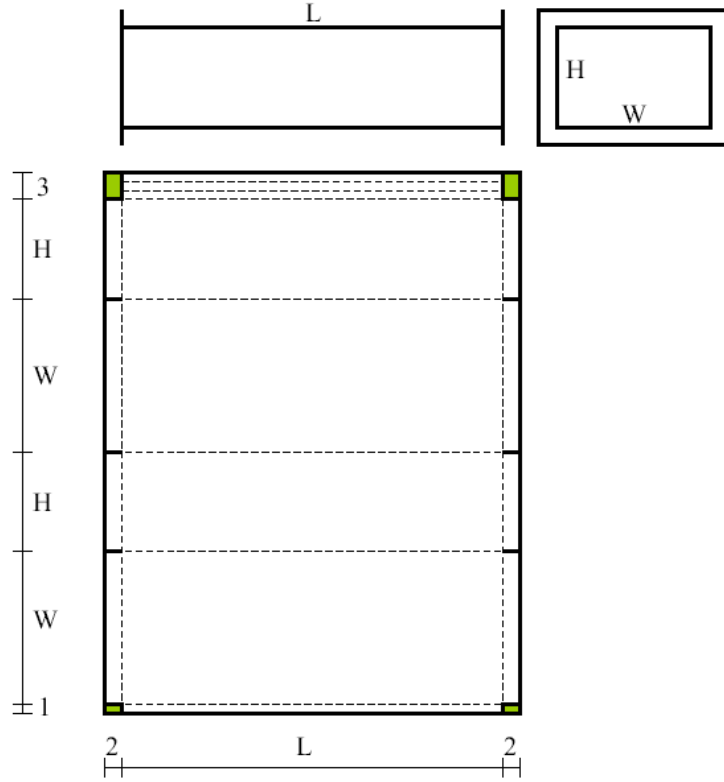


Şekil 5.4. Pitsburg Kenet Yapımı

5.2.2. Sac Levhadan Dikdörtgen Kanal Yapımı

Gerekli Alet ve Malzemeler

1. Galvanizli çelik sac ($1 \times 2 \text{ m}^2$ - 0,55 mm)
2. Kollu giyotin makas
3. Sac makası
4. Plastik tokmak
5. Kırmızı kurşun kalem
6. Caka kenet makinesi



Şekil 5.5. Dikdörtgen Kanal Yapımı

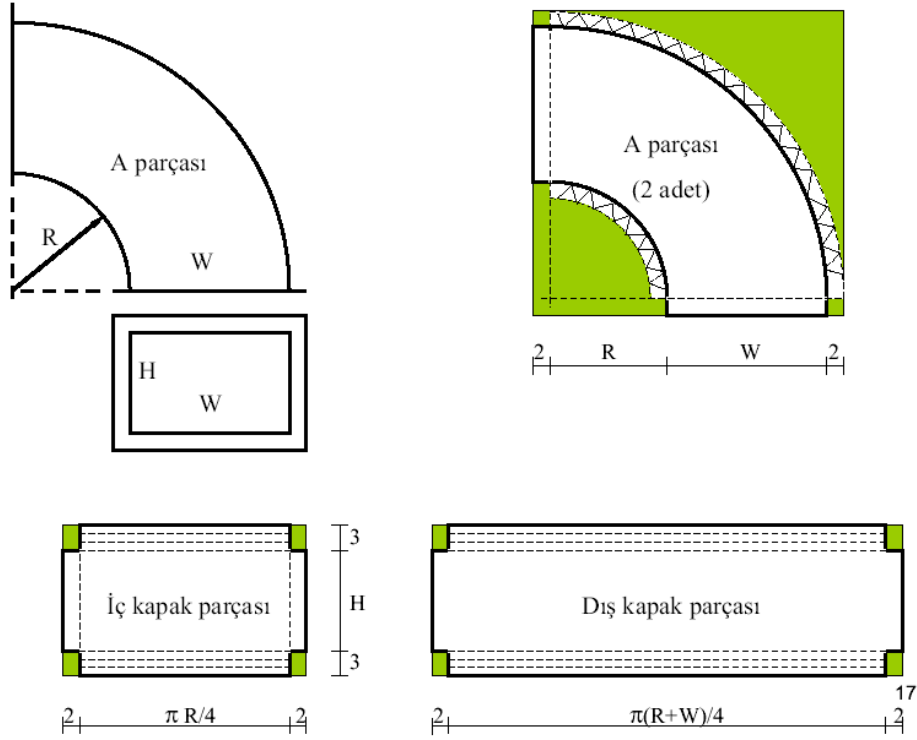
İşlem Sırası

1. Kanal ölçüleri $W \times H$ için sacı Şekil 5.5'deki ölçülerde kesip işaretleyin
2. İşaretlenmiş levhanın 3 cm'lik kısmının ters tarafından 20 mm işaretleyin ve caka kenet makinesinde 90° bükün
3. Sacın kıvrılan kısmını ters çevirerek 10 mm işaretleyin ve makinede 120° bükün
4. Sacın kıvrılan kısmını kenet makinesinde sıkıştırın
5. kıvrılan kısmın dıştan aynı hizaya gelmesi için 3 mm kalınlığındaki lama ile birlikte kıvrın
6. Sac levhanın diğer 1 cm'lik işaretli kısmını 90° bükün
7. Sac levhayı işaretli yerlerinden 90° bükerek dikdörtgen haline getirin ve pitspurg kenedini bağlayın. Kanalın ağızlarına 2 cm'lik flanş yapın

5.2.3 Sac Levhadan Dirsek Yapımı

İşlem Sırası

1. Dirsek Şekil 5.6'da verilen ölçülere göre tasarlanacaktır.
2. Sacı şekildeki gibi kesin ve kırılan kenarları 90° bükün
3. Dirseğin dış yan parçasını kesin
4. Dış yan parçasının 3 cm'lik kısımlarına pitspurg kenedi yapın
5. Aynı şekilde dirseğin iç yan kenarını kesin ve kenarlarına kenet yapın
6. İç ve dış yan parçaları çeyrek daire şeklinde bükün
7. yan parçalarla alın parçalarını birleştirin
8. 2 cm'lik kenarları plastik çekiçle 90° büküp flanş yapın

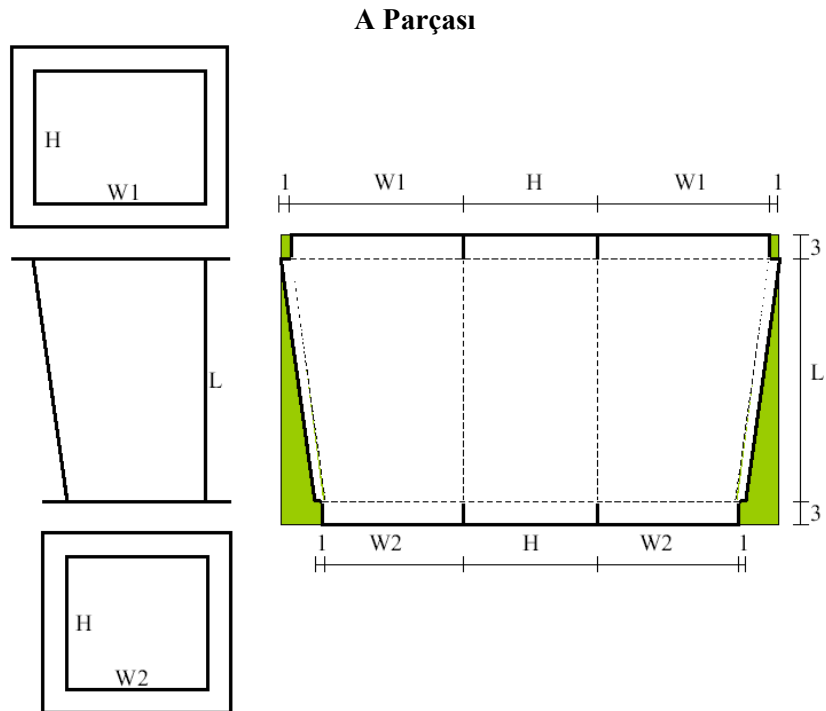


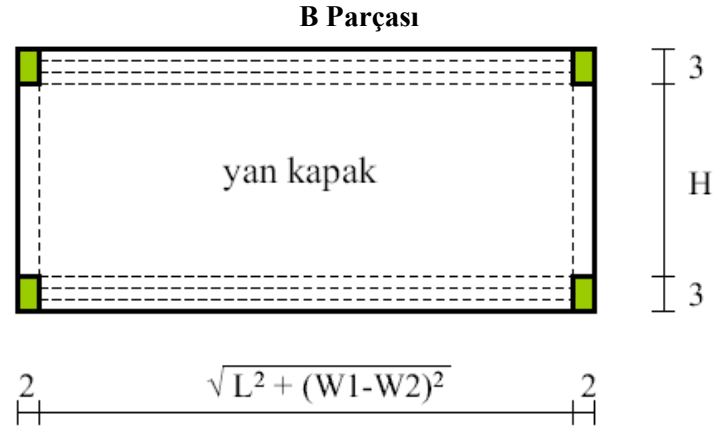
Şekil 5.6. Dirsek Yapımı

5.2.3 Sac Levhadan Genişleme Parçası Yapımı

İşlem Sırası

1. Şekil 5.7'deki verilen ölçülerde bir genişleme parçası yapılacaktır
2. A parçasını şekildeki gibi kesin ve 1 cm'lik kısmını 90° bükün
3. B parçasını kesin ve 3 cm'lik kısmına kenet yapın
4. A ve B parçalarını birleştirin



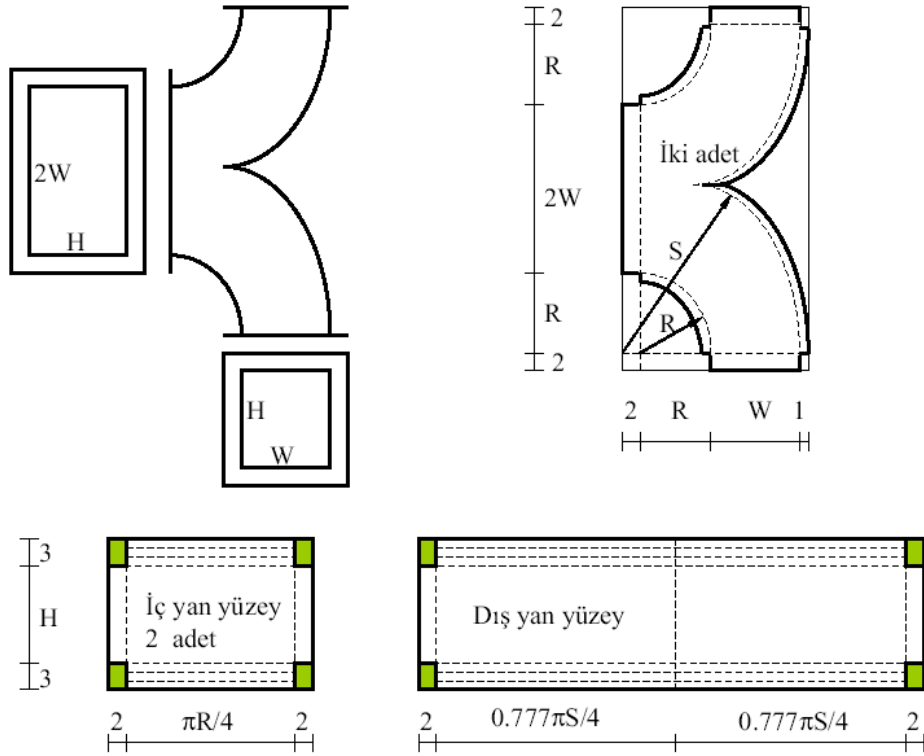


Şekil 5.7. Genişleme Parçası Yapımı

5.2.4. Sac Levhadan Ayrılma Parçası Yapımı

İşlem Sırası

1. Şekil 5.8'deki ölçülerde bir ayrılma parçası yapılacaktır
2. Sac levhadan ana parçayı şekildeki gibi kesin
3. Sac levhadan iç ve dış kapak parçalarını şekildeki gibi kesin ve 3 cm'lik kısmına kenet yapın
4. Ana ve kapak parçalarını birleştirin



Şekil 5.8. Ayrılma Parçası Yapımı

5.3. İki Kanal Parçasını Birleştirme Yöntemleri

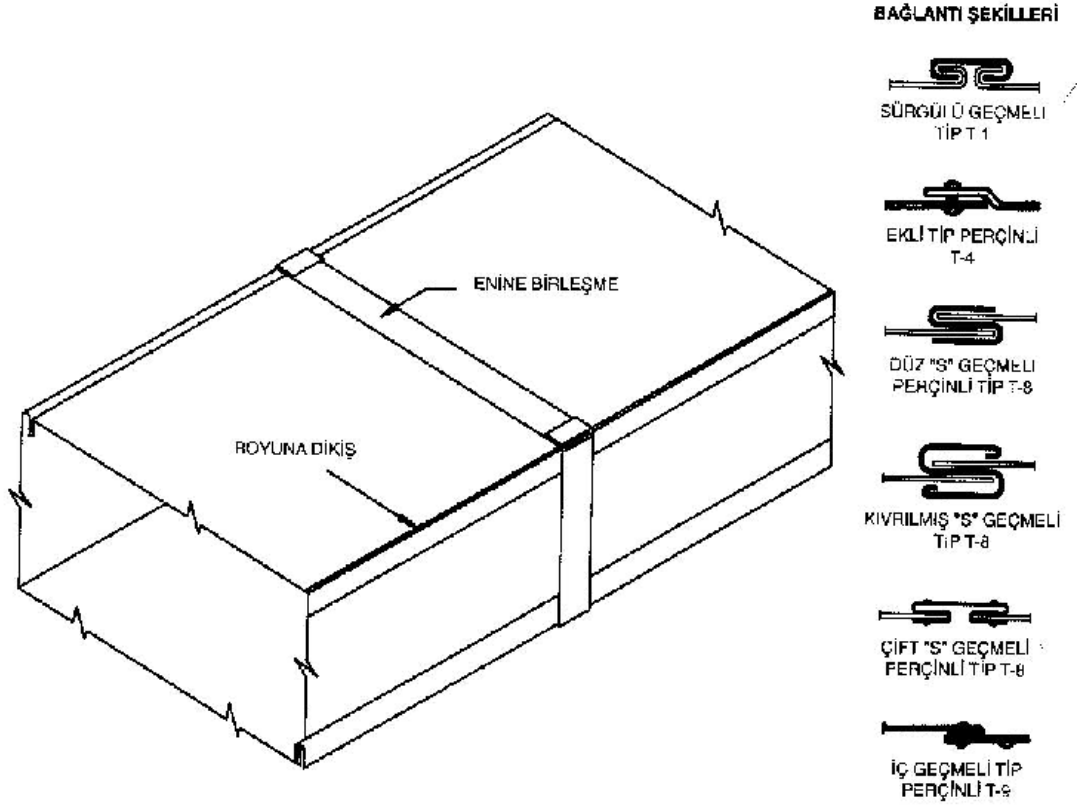
İki kanal parçası değişik yöntemlerle birleştirilebilir. Bunlardan bazıları;

1. Sürgülü geçme
2. Perçinli birleştirme
3. Düz "S" geçmeli perçinli tip

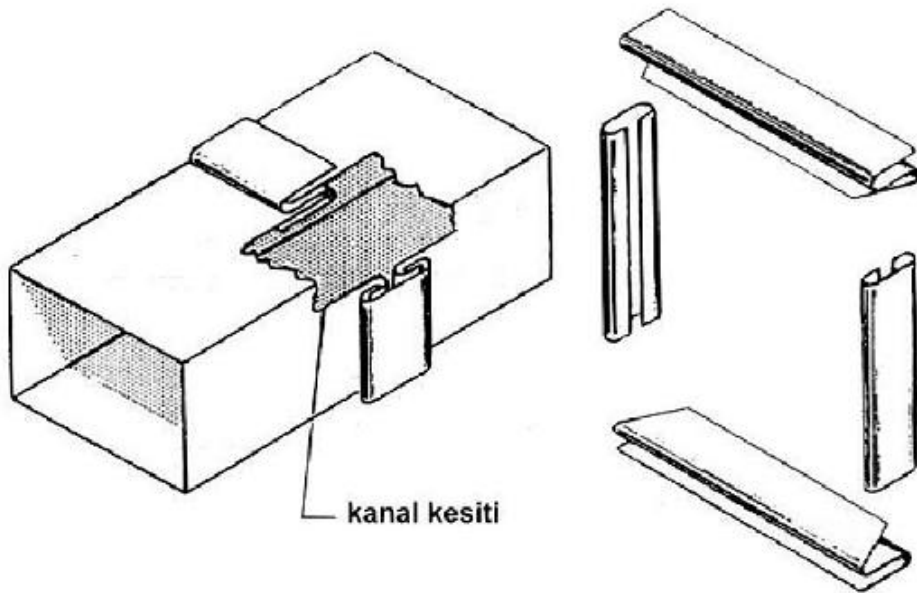
4. Çift "S" geçmeli tip

5. Flanşlı birleştirme

olarak verilebilir. Bazılarının bağlantı şekilleri Şekil 5.9'da gösterilmiştir. S ve sürgülü geçmeli bir kanal bağlantısının görünüşü ise Şekil 5.10'da verilmektedir.



Şekil 5.9. İki Kanal Parçasının Birleştirilmesinde Bağlantı Şekilleri



Şekil 5.10. S ve Sürgülü Geçmeli Bir Kanal Bağlantısı

1. Kanal seçimi yapılırken Dikkat edilmesi hususlar nelerdir?
2. Başlıca kanal birleşim şekilleri nelerdir?

3. Sürgölü kenetin şeklini çiziniz
4. Sac levhadan dikdörtgen kanal yapımını anlatınız
5. S ve sürgölü geçmeli bir kanal bağlantısının şeklini çiziniz.

6

BÖLÜM

TEST, AYAR VE DENGELEME

AMAÇ

Tasarlanıp imâl edilen bir havalandırma/iklimlendirme sisteminin projede ön görülen değerleri sağlayabilmesi için gerekli ölçümleri ve dengeleme işlemlerini yapabilme.

6. TEST, AYAR VE DENGELEME

6.1. Test, Ayar ve Balans

Kanal sistemi dizayn işleminde en önemli adımlardan biri, sistemin tamamlanmasından sonra sistemdeki hava akışının ölçülmesi, ayarlanması ve dengelenmesi için gerekli fiziksel imkanların yaratılmasıdır. Bu amaçla ulaşılabilir alanlarda yeterli uzunlukta düz kanal gidişleri oluşturmak, kritik kanal kollarına ayar damperleri koymak alınması gereken önlemler arasında sayılabilir. Konstrüksiyonu takiben ilgili personel bu imkanları kullanarak kanallardaki hava debilerini ölçebilir ve gerekli ayarları damperler yardımı ile yapabilir.

Bilindiği gibi gelişmiş ülkelerde Test, Ayar ve Dengeleme (TAB) Isıtma Soğutma vs. gibi diğer disiplin dallarına benzer şekilde ayrı bir taahhüt grubu tarafından gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde henüz bu konuda profesyonel kadrolar ve firmalar oluşmadığı için diğer birkaç konuda olduğu gibi bu işlemden mekanik tesisat taahhüt grubuna yüklenmiştir.

6.2. Tanımlar

Mekanik tesisat sistemlerinde, tasarım şekillerini temin etmek üzere seçilen ve uygulanan, tüm makine ve ekipmanların test edilmesi, ayarlanması ve dengelenmesi (TAB) proseslerinde aşağıdaki tabirler kullanılır.

Test: Belirli bir ekipmanın sayısal veya miktarsal performansının değerlendirilmesi işlemidir.

Ayar: Terminal ünitelerinde tasarım değerlerine ulaşmak için yapılan mekanik kısma ve ayarlama işlemleridir.

Dengeleme: Spesifik tasarım büyüklüklerine bağlı olarak, bir sistemin belirli bir bölümünde (ana hatta, alt branşmanda veya terminallerde) istene değerlere ulaşılmasıdır.

6.3. Test ve Dengelemenin Önemi

Her ısıtma ve klima sistemi tasarlanırken vazgeçilmez kriter, iç mekanda istenen konfor koşullarını temin ederken, maliyeti ve işletme problemlerini minimum değerde tutabilmektir.

Günümüzde, insanların üretimdeki performanslarının nasıl daha iyi iyileştirileceği konusunda yapılan araştırmalar, bu konuda “iç mekan hava kalitesi”nin çok etken olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Bu olgu ile birlikte üreticiler cesaretlenmiş, daha yetenekli, daha becerikli, kontrol ve optimizasyon işlevine sahip ekipmanları geliştirilmişlerdir.

Teorik olarak bakıldığında geliştirilen bu teknolojik ekipmanlar istenen birçok fonksiyonları karşılamakta ve küçümsenemeyecek enerji tasarrufu sağlarken konforu da arttırmaktadır.

Fakat pratik olarak bakıldığı zaman ise durum farklıdır, en gelişmiş kontrol cihazları kullanılsa dahi, eğer sistemde tasarım hatası ve sistem iyi dengelenmemiş ise, teorik performansı temin etmek olası değildir.

Mekanik sistem tasarımında hedef; ekonomik bir düzenleme ile maksimum fayda temin edilen konfor koşullarını yaratmaktır. İşletmeye alınan bir sistemin “ayarlanması ve dengeye getirilmesi” enerjinin en ekonomik şekilde kullanılması kavramı ile birlikte daha fazla önem kazanmaya başlamış ve bununla birlikte, daha hassas ölçme-ayarlar dengeleme yapabilen cihazlar geliştirilmiştir.

Kullanıcılar, sistemde sadece çok sıcak ve çok soğuk diye değil, aynı zamanda terminal üniteleri diye adlandırdığımız fan-coil üniteleri hava karışım kutuları, değişken hava debisi kutuları, endüksiyon üniteleri, menfezler ve radyatörlerin gürültü yaptığı ve sıcaklığın çok sık azalıp arttığından da şikayet ederler.

Aşırı soğuk ve rahatsızlık veren hava akımları insanların şu espriyi yapmalarına neden olur: “dışarı yaz kavuruyor, içerisi kış savuruyor”

Bu gibi sistemlerin normal ayarla dengelenmiş bir sisteme nazaran %25-40 daha fazla enerji harcamakta olduğu tespit edilmiştir. Bu tür olumsuzlukları gidermek, daha gelişmiş kontrol

ekipmanları kullanarak dahi olası değildir. Çünkü bu hatalar;tasarımdan veya dengelemenin hiç yapılamamsı veya doğru yapılamamsından kaynaklanmaktadır.

6.4. Ön Hazırlıklar

1. Öncelikle uygulamaya ait proje ve şartnameler temin edilmeli ve sistem iyice anlaşılmalıdır.
2. Sistemde uygulanan tüm makine ve ekipmanın teknik özellikleri, çizimleri, varsa seçime esas bilgisayar çıktıları temin edilmeli be seçilen ekipmanın montajı yapılan ile aynı olup olmadığı etüt edilmelidir.
3. Tüm sistemin kontrol cihazları dahil, tamamlanıp tamamlanmadığı kontrol edilmeli, gerekli ayar damperlerinin projelerde belirtilen yerlerde montajının yapıp yapılmadığı iyice araştırılmalıdır.
4. Gerekli ayar ve test raporu formları hazırlanmalıdır.
5. Kanal sistemi ile ilgili olarak test sonuçlarına yardımcı olacak skeçler hazırlanmalıdır.
6. Otomatik kontrol sisteminin TAB çalışmalarını etkilemediğinden emin olunmalıdır.
7. Hava dağıtımını veya toplanmasını etkileyebilecek her türlü etkenin önüne geçilmelidir. Pencereler kapatılmalı, asma tavanlar tamamlanmış olmalı, kapılar kapatılmalıdır ve buna benzer etkenlerin hava akımını etkilememesi temin edilmelidir.
8. Otomatik kontrol cihazlarının TAB çalışmalarını etkilemesine engel olunmalıdır.
9. Koşullar maksimum hava akışına olanak verecek şekilde gerçekleştirilmelidir.

6.5. Kaçakların Tespit Edilmesi

Yapılan ölçüm sonucu elde dilen değerler beklenenin üzerine çıkarsa kaçakların azaltılması için aşağıdaki yöntemlerden birini kullanmak suretiyle kaçak tespit edilip önlenir ve test tekrarlanır. Aşağıdaki işlemler fan çalışır durumda iken yapılacaktır:

1. **Bakarak ve El Yordamıyla:** Özellikle ilk bakışta görülmesi zor, kanalın arka tarafında kalan ve montajı esnasında işçinin zorlanmasından kaynaklanabilecek imalat eksiklikleri olabilir. Bunlar: Flanşlı imalatta conta, cıvata, somun eksiklikleri, flanşsız imalatta ise kanal birleşim noktalarının iyi dövülmemesinden doğan eksiklikler olabilir. Bu yöntem çok fazla miktarlarda hava kaçağı olması durumunda etkili olur.
2. **Dinleyerek:** Kaçak yerlerinden çıkan orifisin geometrisi ve kanal basıncına göre şiddeti değişen ıslık benzeri bir ses çıkarır.
3. **Hissederek:** Kanalın üzerinde (ağırlık kaçak noktaları olmak üzere) el gezdirilmek suretiyle kaçak olan yerler tespit edilebilir (elin ıslak olması işi kolaylaştıracaktır).
4. **Sabunlu Su:** Sabunlu su olası kaçak bölgelerine sürülüp gözlenir. Kaçak olması halinde baloncuklar olduğu gözlenecektir.
5. **Duman Tabletleri:** Bunlar yoğun bir şekilde duman çıkaran kapsüllerdir. Duman, kaçak olan yerlerden çıkacağı için tespit edilmesi ve kaçağın giderilmesi mümkündür.

6.6. Hava Test, Ayar ve Balans Araçları

Tesisat devrelerinde gerekli olabilecek tüm cihazlar aşağıda listelenmiştir. Bu cihazlara ilave olabilecek özel ek cihazlar, ayrıca temin edilmelidir. Test ve ölçümde kullanılacak bu cihazların doğru çalışması için gerekli periyodik kalibrasyonların yapıldığı sertifikalandırılmalıdır.

1. Anemometre (1,5-13 m/s aralığında)
2. U-Manometre (Eğimli manometre)
3. Pitot Tüpü (Kanal dinamik-statik basınç ölçer)
4. Civalı Termometre
5. Termohigrograf (Sıcaklık / nem ölçer yazıcı)
6. Digital Termometre (Hava sıcaklığı vs.)

7. Yüzey Sıcaklık Ölçer
8. Voltmetre/Pensampermetre
9. Psikometre Cihazı (Kuru/Yaş termometre ölçer)
10. Desibelmetre (Ses ölçer)
11. Debi Ayar Vanası Kontrol Cihazı
12. Manometre
13. Takometre (Devir ölçer)

6.6.1. Mekanik Anemometre

Hava hızı ile hareket eden bir pervane ve buna bağlı bir hız göstergesi olan bu mekanik tip ölçü aleti ile menfez ve difüzörlerde; üfleme ve emme hava hızları ölçülmektedir.



Şekil 6.1. Mekanik Anemometre

6.6.2. Elektronik Anemometre

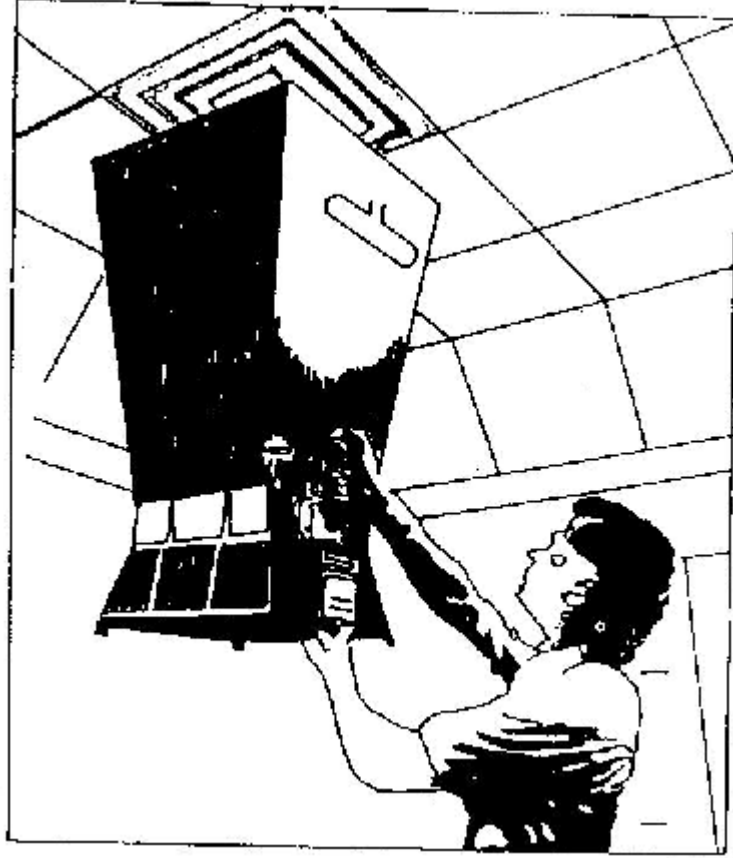
Bir pil ile çalışan bu ölçü aletlerinin direk digital veya analog okumalı tipleri mevcuttur. Dijital okumalı tipler belirli zaman dilimi için ortalama hız değeri tespiti yapabilmektedir.



Şekil 6.2. Elektronik Anemometre

6.6.3. Akış Ölçüm Davlumbazı

Konik veya piramit şekilli bu cihaz ile bir menfez veya difüzörden çıkan havanın tamamı toplanıp, daha dar kesitli boğaz kısmından geçirirken, buradaki ölçme cihazı ile havanın hızını ölçmek ve debisini doğru olarak tespit etmek mümkün olmaktadır.



Şekil 6.3. Akış Ölçüm Davlumbazı

6.6.4. U Manometre

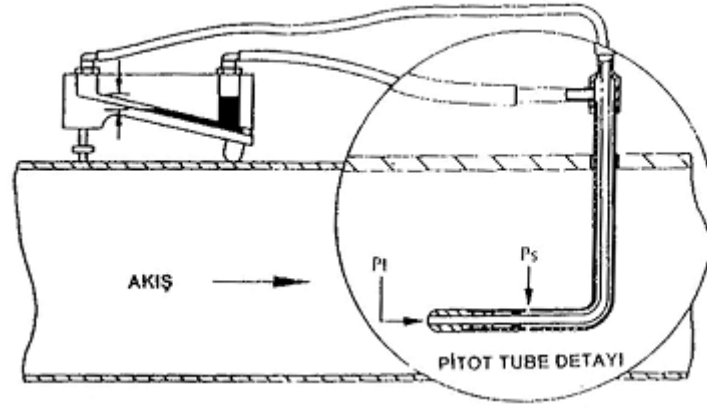
Hava ve hidronik sistemlerinde kısmi vakum ve pozitif basıncı ölçmekte kullanılan basit bir manometredir. Milimetre su sütunu veya inch su sütunu skalalı tipleri uluslararası alanda kullanılmaktadır. U manometreler çeşitli ebatlarda olmakla beraber, 250 pa üzeri basınç düşümlerinde (filtre, serpantin, fan, terminal ünitesi, kanal parçası gibi) kullanılması uygundur. 250 pa altı basınç farkları için kullanılması pek tavsiye edilmez.



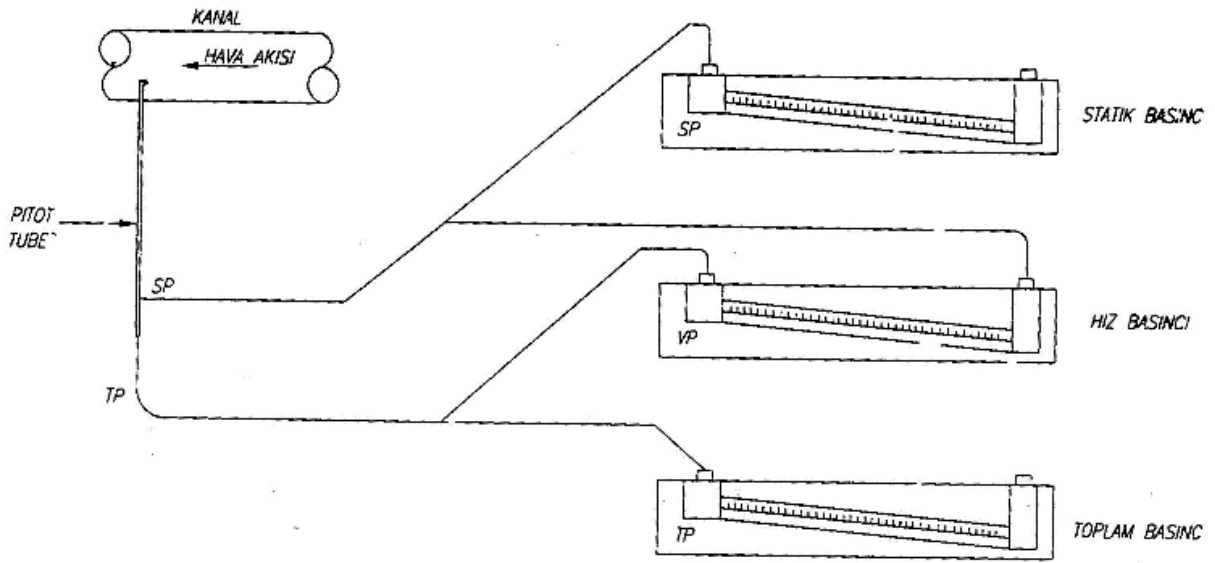
Şekil 6.4. U Manometre

6.6.5. Eğimli / Dik Manometre

Şekil 6.6’da Pitot tube’nin detayı görülmektedir. Pitot tube ile statik ve toplam basınç hissedilir. Manometre hız basıncını ölçer. (Hız basıncı=Toplam basınç-Statik basınç). Şekil 6.7’de ise Standart manometre bağlantıları görülmektedir.



Şekil 6.6. Pitot tube detayı



Şekil 6.7. Standart Manometre Bağlantıları

6.7. Hava Kanallarında Sızdırmazlık Testi

Hava kanallarında sızdırmazlık testi DIN normlarına göre yapılmalıdır. Sızdırmazlık testi DIN 24194 göre aşağıda belirtilen sıra ile yapılır:

A- BÜRO ÇALIŞMASI

B- SAHA ÇALIŞMASI

A.1- Sistemin sızdırmazlık sınıfı tayin edilir. Bu sınıf 4 kategoride toplanır.

Sınıf-I

= Talep gerektirmeyen kanal sistemleri

Örn: Garajlar, jimnastik ve spor salonları için
(kenetli) kanallar

Sınıf-II (Klas A)

= Büyük talep gerektiren kontrol sistemleri

Örn: Toplantı salonları, laboratuvar

havalandırması, bürolar,

hastanelerde normal kullanım alanları gibi

Sınıf-III (Klas B)

= Özellikle yüksek talep gerektiren kanal sistemleri (geçmeli veya kaynaklı kanallar)

Örn: Temiz oda alanları ve hastanelerin I. Ve II. Oda sınıfları içinde geçmeli kanallar.

[illegible]

DÜŞÜNCELER

TEST TARİHİ.....OKUYAN KİŞİ.....

6.8. Sistemin İşletmeye Alınması

- **Fan Kontrolü**

Tüm damperler tam açık pozisyona getirilip Üfleme ve Emme sistemine ait fanlar çalıştırılır. Fanların tasarım şartlarındaki devir sayısında dönmesi için gerekli ayarlar yapılır. Her bir fan çalışır çalışmaz fan, motor, kasnak kontrol edilir ve motor amperajı ölçülür. Eğer motorun çektiği amper etiketinde belirtilenden tam yük amperajı üzerinde ise, hemen fan durdurulur ve sebep araştırılıp gerekli düzeltmeler yapılır.

- **Damper Kontrolü**

Süratle tüm otomatik damperler kontrol edilir. Bloke olan ve bağlantısı kopan var ise bunlara gerekli müdahaleler yapıp, bunların otomatik olarak kontrol edildiğinden ve doğru pozisyonda olduğundan emin olunur. Damperlerin bunlara bağlı kontrolün ilk çalışma esnasında, pozisyon değiştirilmesine engel olmak için tam akışa olanak verecek şekilde ayarlanıp kilitlenmeleri doğru olacaktır.

- **Akış ve Basınç Kontrolü**

Tekrar tüm bölümlere hizmet veren fanların serviste olduğundan ve ayarlarının uygun şekilde yapıldığından emin olunmalıdır. Eğer değil iseler basınç farkları, enfiltrasyon veya exfiltrasyon balans ve dengelemeyi etkiler. Bu aşamada pozitif ve negatif basınç zonları tanımlanmalıdır.

6.9. Fan Kontrolü

- **Hava Debisi:**

Tasarım devir sayısında fanın gerekli debiyi verdiği aşağıdaki kabul edilebilir bir yöntem ile tespit ve teyid edilmelidir.

- a. Eğer fan çıkışında uygun bir bölüm varsa Pitot-tube kullanılarak,
- b. Fan eğrilerini kullanarak voltaj ve amperaj ölçümleri yapılarak tam performansı tespit edilebilir. Fan giriş- çıkışında statik basınç okunarak kayıt edilmelidir. Devir sayısı, fren gücü ve statik basınç değerleri ile fan üreticisinin tablolarından istifade edilebilir.
- c. Pitot-tube kullanarak doğru bir ölçme imkanı yapabilecek bir bölüm mevcut değil ise menfezlerden veya terminallerden alınan havaların toplamı alınabilir.
- d. Serpantin yüzeyinden filtre ve/veya fanın emiş tarafı damperinden anemometre. Eğer fan debisi tasarım kapasitesinin + -%10 dışında ise tüm sistem koşulları etüt edilmeli prosedür ve kayıt edilen bilgiler gözden geçirilmelidir. Filtredeki, serpantinlerdeki, eliminatörlerdeki, susturucudaki basınç kayıpları ölçülerek kayıt edilmesi ve olağan dışı bir basınç kabı olup olmadığı kontrol edilmelidir.

- **Fan Amperajı**

Sistemdeki ana damperlerin her ayar edilmesinden sonra veya fan devir sayısının değiştirilmesinden sonra mutlaka fan amperajı ölçülmelidir.

- **Egzost Fanı**

Dönüş ve üfleme havası için daha evvel söz edilen test etme prosedürü aynen bu fan için de uygulanmalıdır.

6.10. Hava Sistemi Temel Dengeleme Prosedürü

6.10.1. Dengeleme Kriteri

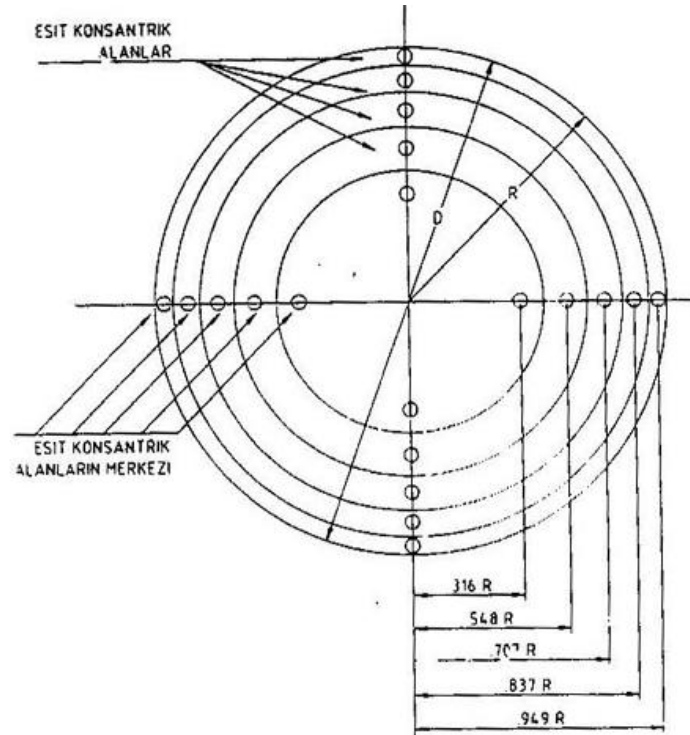
Hava sistemlerinde dengeleme birkaç farklı yöntemle yapılabilir. Kullanılan yöntem ne olursa olsun amaç aynıdır ve şartnamede aksine bir madde olmadıkça her bir söz konusu cihaz veya ekipman için $\pm 10\%$ tasarım debileri temin edildiğinden sistem dengelenmiş varsayılır. Hava sistemlerinin dengelenmesinde kabul edilen iki yöntem vardır:

- Kademeli metod
- Oransal dengeleme metodu

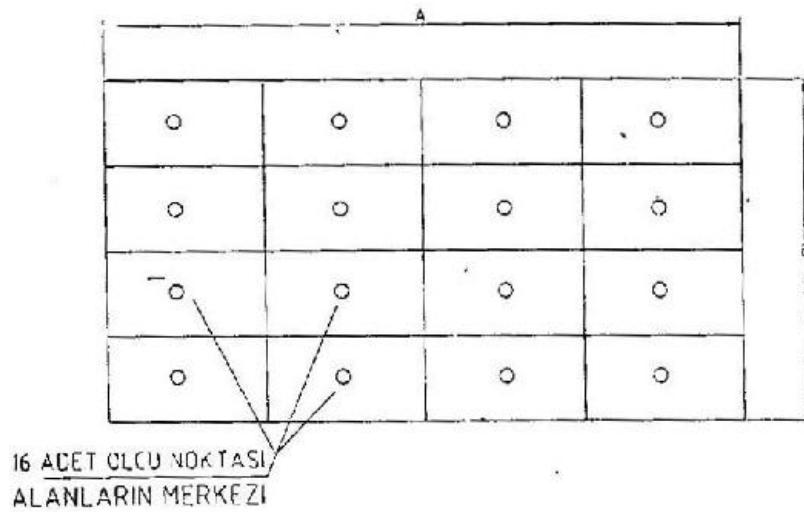
6.10.2. Kademeli Metod

- Pitod-tube karşı geçiş**

Tüm ana kanal ve branşmanlarda pitod-tube geçişleri hazırlanır. (Şekil 6.8)



YUVARLAK KESİTLİ KANAL



DİKDÖRTGEN KESİTLİ KANAL

Şekil 6.8. Dikdörtgen ve yuvarlak kesitli kanallarda pitot tube noktaları

- **Statik basınç ölçümleri**

Her bir bransmanın damperi başlangıçta en fazla havayı geçirecek şekilde ayarlı iken statik basınç (SPI) ölçülür. İstenen akış değerine karşı gelecek basınç değeri $SP2/SP1 = (Debi2/Debi1)^2$ eşitliğine göre tespit ederek belirlenir ve bu değeri yakalamak için damper yavaş yavaş kapatılır. Bu işlem tüm zonlarda tekrarlanır ve sonra her bir zondaki statik basınçlar okunur. Ayarlama işlemi tamamlandıktan sonra bazı zonların tekrar ayarlanması gerekebilir.

- **Zon ve Terminal Dengeleme:**

Bir zona gönderilen hava miktarı, zon ana kanalında ayarlandıktan sonra, zon iç dengeleme sistemleri her bir terminalden alınan hava debileri tespit edilip terminal üzerindeki damperlerin ayarlanması ile sağlanır.

- **Toplam Hava Debisi:**

Tüm termil ünitelerinin test ve kayıt edilmesinden sonra bunların toplamı alınır ve tasarım değerleri ile kıyaslanır.

- **Kanal Kaçakları:**

Eğer sistemdeki kaçaklar %10 mertebesinin üzerinde ise sistem dengelenmeyebilir. Kanal bağlantıları, plenum bağlantıları ve difüzör bağlantıları müdahale kapaklarının açık olup olmadığı veya kanalda delik vb. hasarlar kontrol edilmelidir.

- **Sistem Dengeleme:**

TAB çalışmaları sonucunda hava akış miktarları (aksine bir şart yok ise) + - %10 içerisinde temin edilebilmiş ise dengeleme yapılmış varsayılabilir. Hava öncelikle direncin en az olduğu yere gideceğinden dolayı, genellikle fana yakın terminallerde daha fazla, uç kısımlarda daha az olacaktır. İlk okumalar esnasında hemen sistemin davranışını problemlerin nerede olduğunu tespit etmek mümkündür.

- **Fan ayarı:**

Sistem dengelemesi temin edildikten sonra ve tüm nihai ayarlamalar tamamlandıktan sonra fanın değerleri bir kez daha okunmalı ve not edilmelidir.

- **Islak Serpantin Şartları:**

Eğer sistem tasarımında soğutma çalışmasında nem alma olayı var ve dengelem kuru serpantin ile yapılmış ise toplam hava debisi ıslak serpantin çalışması ile tekrar irdelenmelidir.(eğer bu mümkün değil ise sistem ayarlamaların %5 ile % 15 ilave yapılmalıdır.)

- **Tüm Dış Hava:**

Üfleme, dönüş ve egzost sistemleri tamamen uygun bir şekilde dengelendikten sonra, üfleme fanı kapasitesi (eğer sistem bu alternatife göre tasarlanmış ise) %100 dış hava için tekrar etüt edilmeli ve gerekirse uygun damper ayarlamaları yapılmalıdır.

- **Bilgi Kayıt Etme:**

Bilgi ve dengeleme formları uygun bir şekilde doldurulup, bu bilgiler olası müracaatlar için saklanmalıdır.

- **Rapor Formu:**

Tüm dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra (Sistem geneli hakkında) bir rapor formu hazırlanmalıdır.

6.10.3. Oransal Dengeleme Metodu

- **Temel prosedürler**

Ön hazırlıklar daha evvel bahsedildiği gibi bu prosedürlerde de aynı yapılmalıdır.

- **En Uzak Bransman**

Üfleme kanalının fandan en uzak bransmanı seçilir. Tüm terminaller ve çıkışlar şematik bir çizim üzerinde numaralandırılır (Şekil 6.9).

- **Bransman Kalanlardaki Akış Miktarları**

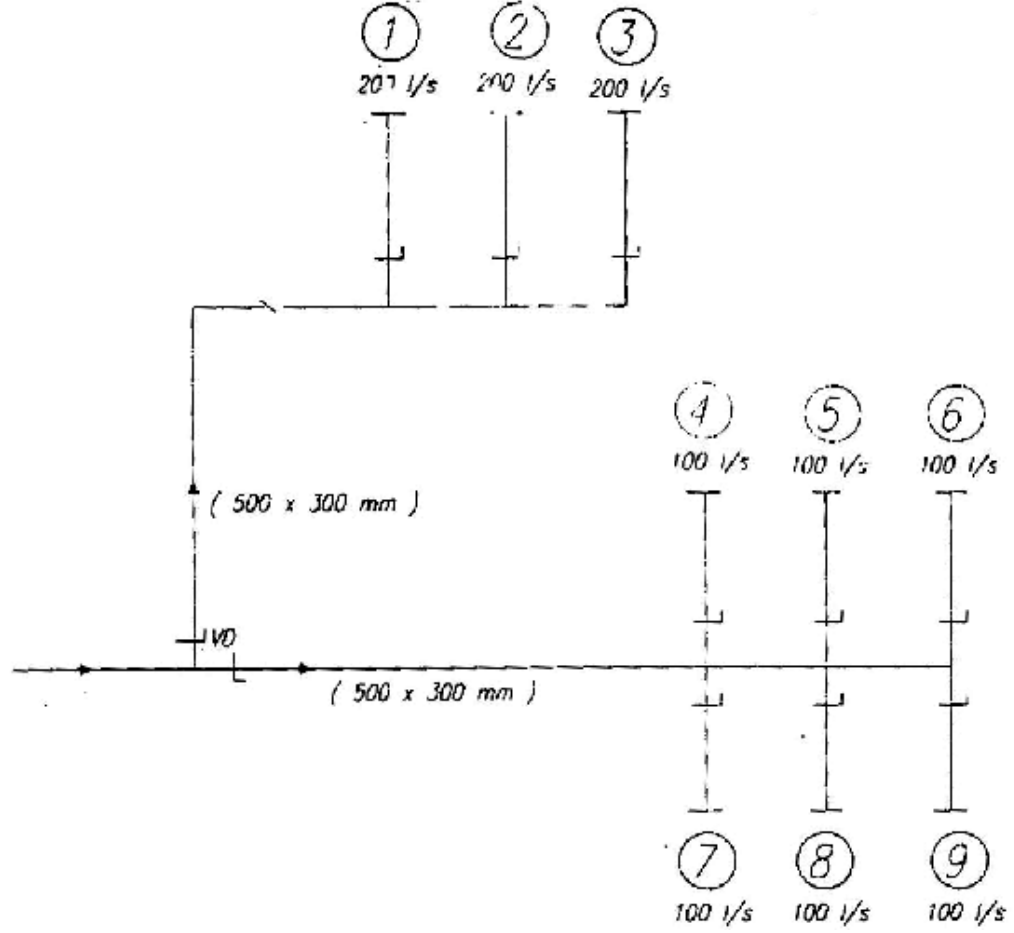
Tercihen ölçme ekipmanları kısmında açıkladığımız davlumbazlar kullanılarak her bir menfez dahil hava miktarları tespit edilir. “Q_m”

- **Yaklaşma Yüzdesi:**

Her bir çıkışta (menfezde) tasarlanan miktarın “Q_d” yüzde kaç olduğu tespit edilir. (Q_m/Q_d = x %)

Örneğin; Tasarlanan :100 lt/sn, Ölçülen: 120 lt/sn

Yaklaşma Yüzdesi= (120/100)x100=%120 dir.



Şekil 6.9. Örnek Üfleme Kanalı Parçası

Menfez yaklaşma yüzdesine ve küçükten büyüğe olarak aşağıdaki şekilde yeniden numaralandırılır.

MENFEZ NO:	TASARIM (Q _d) L/S	ÖLÇÜLEN (Q _m) L/S	%
6	100	75	75
9	100	80	80
5	100	85	85
8	100	90	90

7	100	100	100
4	100	105	105

- **İlk Adım:**

6 no'lu en küçük hava debisine sahip menfezine hiç dokunmadan 9 nolu menfezin damperine müdahale edilerek yaklaşık 77 lt/sn mertebesine kadar bu menfezin hava miktarı artırılır ve 6 nolu menfez ilk 9 nolu menfezin dengelenmesi temin edilir.

- **İkinci Adım:**

5 nolu menfezin debisi yaklaşık 80 lt/sn olacak biçimde ayarlanır ve böylece 6 ve 9 nolu menfezlerde 80 lt/sn debiye yaklaşırlar. Bu durumda 6,5 ve 9 nolu menfezler temel olarak dengelenmiş olurlar.

- **Sonraki Aşamalar:**

Bu prosedürler birbirini takip eder ve sonuçta tüm menfezler dengelenmiş olurlar.

- **İkinci Branşman:**

Şekildeki örneğimizde görülen 1'den 3'e kadar olan üç menfezli branşmanda aynı yöntemle dengelenir ve iki farklı branşman aynı prosedür uygulanarak menfezlerde olduğu gibi oransal olarak dengelenir.

Tüm branşmanlar ve menfezler yukarıda belirtildiği biçimde oransal olarak dengelendikten sonra üfleme fanının debisi yeniden kontrol edilmeli gerçek debinin tasarım debisine oranı belirlenmelidir. Q_m/Q_d

Eğer ölçülen hava debisi (Q_m), tasarım debisinden (Q_d) daha küçük ise fan hava debisi, tasarım hava debisine yaklaştırmak için eğer fan konstruksiyonu müsaade ediyor ise oransal olarak kasnak değiştirmek sureti ile artırılabilir.

6.11. Konu İle İlgili Sorular

1. Test, ayar ve dengelemenin tanımını yapınız
2. Test ve dengelemenin önemini açıklayınız
3. Kaçakların tespit edilmesi hangi yöntemlerle yapılabilir?
4. Hava test, ayar ve balans cihazlarını yazınız ve neyi ölçtüğünü belirtiniz
5. Anemometre nedir?
6. Manometre nedir?
7. Pitot tübü nedir? Ne işe yarar? Şeklini çizerek anlatınız
8. Pitot tübü ile statik, dinamik ve toplam basıncın nasıl ölçüldüğünü çizerek anlatınız.

BÖLÜM

7

SES VE AKUSTİK

AMAÇ

Sesin doğasını tanıyarak havalandırma sistemlerinde fanlardan kaynaklanan titreşim ve gürültüleri azaltmak için alınacak önlemleri listeleyebilme ve bu amaçla üretilmiş ses yalıtım malzemelerini seçebilme.

7. SES VE AKUSTİK

7.1. Sesin Tanımı

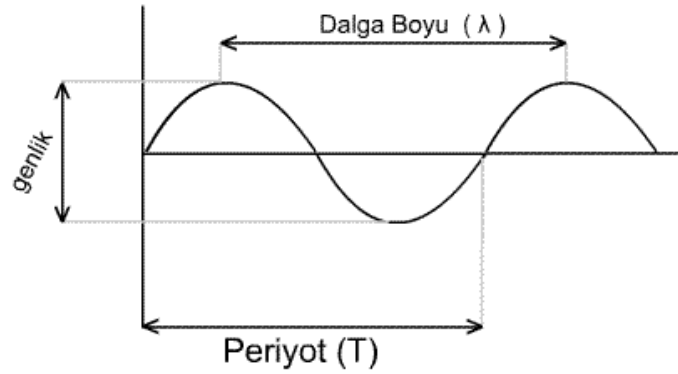
Ses, belli bir frekansta titreşim yapan bir kaynaktan yayılan enerjiye sahip dalgalara denir. Bu dalgaların şiddeti ses kaynağının büyüklüğüne ve titreşim sayısına bağlıdır. Ses şiddeti, birim zamanda birim yüzeye düşen ses enerjisi olarak tanımlanır.

$$I = \frac{E}{S.t} \left(\frac{\text{Joule}}{\text{m}^2 . \text{sn}} \right)$$

$$I = \text{Basınç} \cdot \text{Hız} \left(\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m}{sn} \right)$$

Formülden çıkan sonuca göre ses şiddeti, basınç ile hızın çarpımı olarak hesaplanabilir. Dolayısıyla ses dalgasını belli bir hızı olan basınç dalgası olarak ifade edebiliriz.

7.2. Ses ile ilgili tanımlar



Şekil 7.1. Dalga yayını

Hız: Ses dalgalarının birim zamanda aldığı yoldur. Atmosferde ki ses hızı 340 m/sn'dir. Katı maddelerde ses hızı daha çok artmaktadır.

Dalga Boyu: Art arda meydana gelen, aynı fazda titreşen iki nokta arasındaki uzaklığa denir. λ ile gösterilir. Birimi metre (m)'dir.

Periyot: Bir dalga boyu kadar dalga'nın yol alması için geçen zamana denir. T harfi ile gösterilir. Birimi saniye (sn)'dir.

Frekans: Birim zamanda üretilen dalga sayısına frekans denir. f harfi ile gösterilir. Birimi 1/sn veya hertz (hz)'dir.

$$f = \frac{1}{T} \left(\frac{1}{sn} \right)$$

Hız, dalga boyu ve frekans arasındaki ilişki şu formülle ifade edilir:

$$\lambda = V \cdot T \text{ (m)}$$

$$T = \frac{1}{f} \text{ ile yazılırsa ses hızı;}$$

$$V = \lambda \cdot f \text{ (m/sn) olarak ifade edilir.}$$

Genlik: Periyodik bir dalga'nın ulaştığı en büyük değer denir.

Ses Yüksekliği: Frekansa bağlı bir özelliktir. Bir sesin frekansı büyükse ses yüksekliği de büyük demektir.

Ses Enerjisi: Enerji hem genliğe, hem de frekansa bağlı bir özelliktir. Genlik ve frekansın artmasıyla sesin enerji seviyesi de artar.

7.3. Gürültü

Yüksek frekanstaki ses kaynaklarının çoğalması gürültü diye tanımladığımız yüksek enerjili sesleri oluşturur. Bu sesler insan kulak zarına aşırı şekilde basınç yaparak insanı rahatsız eder. Normal bir insan kulağı 16 ile 20.000 Hz arasındaki sesleri duyabilir. İşitilebilen en zayıf ses enerjisi 10^{-12} W/m²'dir. Bir binadaki gürültüler iki farklı kaynaktan oluşur. Bunlar;

- *dış çevreden gelen gürültüler.
- * bina içindeki makine ve insan gürültüleri.

7.4. Gürültü Şiddetinin Hesaplanması

Normal bir kulak için 1000 Hz'lik ses, orta bir sestir. Bu frekanstaki bir sesin şiddeti 10^{-12} ile 1 W/m^2 arasında değişir. Bu ses şiddetleri 130 eşit parçaya ayrılırsa bu parçalardan her birine 1 desibel'lik ses denir. Ve dB ile gösterilir. Desibel sesin duyum birimidir. Sıfır desibel 10^{-12} Watt'tır. Ses şiddeti şu formülle hesaplanır;

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{E}{E_0} \text{ (dB)}$$

E: Birim alana gelen ses enerjisi (W/m^2)

E_0 : İşitebilen en zayıf ses enerjisi (10^{-12} W/m^2)

Buna göre ses şiddetlerini şöyle sınıflandırabiliriz;

- * $E < E_0$ olduğu zaman ses işitilmez. ($\beta = 0 \text{ dB}$)
- * $E = 10^{-11} \text{ w/m}^2$ olduğu zaman fısıltı işitilir. ($\beta = 10 \text{ dB}$)
- * $E = 10^{-7} \text{ w/m}^2$ olduğu zaman normal konuşmadır. ($\beta = 50 \text{ dB}$)
- * $E = 1 \text{ w/m}^2$ olduğu zaman kulakta acıma hissi olur. ($\beta = 120 \text{ dB}$)

Örnek: 50 öğrenci bulunan bir sınıfta her bir öğrencinin gürültü seviyesi 60 dB ise sınıfın tümü konuştuğunda gürültü seviyesi ne olur?

Cözüm: Önce, her bir öğrencinin ses enerjisi hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} \beta &= 10 \cdot \log \frac{E}{E_0} & E &= 10^{-6} \text{ W / m}^2 \rightarrow \text{Tek öğrenci için} \\ 60 &= 10 \cdot \log \frac{E}{10^{-12}} & 50 \text{ öğrenci için} &\rightarrow E = 50 \cdot 10^{-6} \text{ W / m}^2 \\ 6 &= \log \frac{E}{10^{-12}} & \text{Buna göre 50 öğrencinin gürültüsü;} & \\ 10^6 &= \frac{E}{10^{-12}} & \beta &= 10 \cdot \log \frac{E}{E_0} = 10 \cdot \log \frac{50 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} \\ E &= 10^6 \cdot 10^{-12} & \beta &= 10 \cdot \log 50 \cdot 10^6 = 10 \cdot 7,69 = 76,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

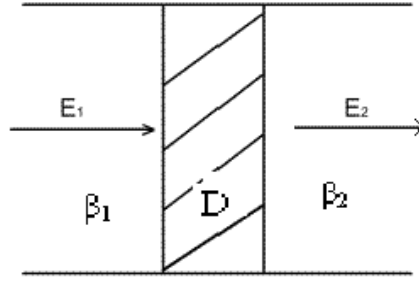
7.5. Ses Yalıtımı Hesabı

Ses dalgası bir yapı elemanı yüzeyine çarptığı zaman bir kısmı emilir, bir kısmı yansır ve diğer bir kısmı da malzemenin diğer yüzeyindeki havaya iletilir. İletilen ses enerjisi girene göre daha az olacağı için sesin bir kısmı yapı elemanı tarafından söndürülmüş olur. Bir malzemenin ses söndürme sayısı, giren enerjisinin iletilen enerjiye oranı olarak tarif edilir ve bu enerjinin çok küçük sayılar oldukları için yine aynen ses şiddetinde olduğu gibi desibel (dB) birimi ile ifade edilir. Buna göre söndürme sayısı;

$$D = 10 \cdot \log \frac{E_g}{E_i}$$

E_g =Yapı elemanına giren ses enerjisi(W / m^2)

E_i =Yapı elemanı tarafından iletilen ses enerjisi(W / m^2)



Söndürme sayısı yardımı ile bir yapı elemanının, örneğin bir duvarın giren sesi ne oranda azalttığı ve öbür yüzden çıkan sesin ne şiddette olacağı kolayca hesaplanabilir. Örneğin, aşağıdaki şekilde görülen duvarı ele alalım. Giren ses enerjisini E_1 , çıkan ses enerjisini E_2 ile gösterelim. Bu ses enerjilerinin şiddetleri ise β_1 ve β_2 olsun.

$$\beta_1 = 10 \cdot \log \frac{E_1}{E_o}$$

$$\beta_2 = 10 \cdot \log \frac{E_2}{E_o}$$

$$D = 10 \cdot \log \frac{E_1}{E_2}$$

$$\beta_2 = \beta_1 - D \quad \text{çıkan ses şiddeti olur.}$$

Örnek: Bir odada normal konuşma için ses şiddeti $\beta_1 = 50$ dB'dir. Duvarın söndürme sayısı 40 dB olduğuna göre yan odaya iletilen ses şiddeti ve enerjisi ne olur?

Çözüm:

$$\beta_2 = \beta_1 - D = 50 - 40 = 10 \text{ dB}$$

Bu ses ise ancak fısıltı sesidir. Bu örnekte bize bir yapı elemanında gerekli olan asgari ses söndürme sayısının 40 db'nin üzerinde olması gerektiğini göstermektedir. 10 dB şiddetindeki sesin enerjisi ise;

$$\beta_2 = 10 \cdot \log \frac{E_2}{E_o}$$

$$10 = 10 \cdot \log \frac{E_2}{10^{-12}}$$

$$1 = \log \frac{E_2}{10^{-12}}$$

$$10 = \frac{E_2}{10^{-12}}$$

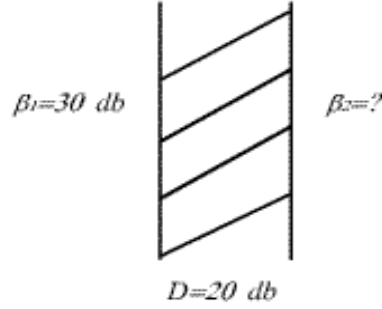
$$E_2 = 10^{-11} \text{ (W / m}^2\text{)}$$

olur.

Gürültü seviyeleri binaların akustik yönünden iyi yapılıp yapılmadığını, bina içindeki havalandırma ve klima sistemlerinin uygun gürültü seviyesi içinde çalışıp çalışmadığının saptanması amacıyla ölçülür. Bunun için gerekli olan alet “ses seviyesi cihazı”(debisel metre)'dir.

Örnek: Bir odadaki normal konuşma için ses şiddeti 30 db dir. Duvarın söndürme sayısı 20 db olduğuna göre,

- Yan odaya iletilen sesin şiddetini,
- Odadaki sesin enerjisini bulunuz.



Not: $\beta = 10 \cdot \log \frac{E}{E_0}$ Ve $E_0 = 10^{-12} \text{ Watt} / \text{m}^2$

Çözüm:

$$a) \quad \beta_2 = \beta_1 - D$$

$$\beta_2 = 30 - 20 = 10 \text{ dB}$$

$$b) \quad \beta_1 = 10 \cdot \log \frac{E_1}{E_0}$$

$$30 = 10 \cdot \log \frac{E_1}{E_0}$$

$$3 = \log \frac{E_1}{10^{-12}}$$

$$10^3 = \frac{E}{10^{-12}}$$

$$E = 10^3 \cdot 10^{-12}$$

$$E = 10^{-9} \text{ W} / \text{m}^2$$

7.6. Gürültü Ölçümü İşlem Sırası

- Klima ve havalandırma sistemini çalıştırın ve en az 15 dakika çalışmasını temin edin.
- En yüksek şiddete sahip olan orijinal ses kaynağını tespit edin.
- Uygun ses şiddeti (dB) değerleri için standartları kontrol edin
- Desibel metreyi kullanarak, kaynağından 8 metre uzaklıktaki sesi ölçün ve kaydedin.
- Bir caddenin ses seviyesini ölçün ve kaydedin.
- Bir sınıftaki ses seviyesini ölçün ve kaydedin.

7.7. Gürültüyü Etkileyen Faktörler

Bir binada gürültüyü etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Binanın çevresindeki gürültü seviyesi
- Bina yapı elemanlarının ses yalıtım(söndürme) seviyesi
- Bina içindeki eşyaların yerleşme durumu (iç mimarisi)
- Binadaki mekanik tesisatların gürültü seviyeleri

- Binanın kullanım amacı
- Binada bulunan insanların sayısı

7.8. Gürültü Nasıl Azaltılır?

Bir bina içinde akustik yönden istenen ses seviyelerinin muhafazası için önce bu ses seviyelerinin bilinmesi gereklidir. Çeşitli uygulamalar için tavsiye edilen ses seviyeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Konutlarda bina dışına konan cihazların maksimum gürültü seviyesi 60 dB olarak tavsiye edilmektedir. Bina dışına konan cihazların seçiminde ses ve gürültü yönünden aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Cihazlar mümkün olduğu kadar şikayet gelecek yerlerden uzak mesafelere konulmalıdır.
- Cihazın yerleştirme konumu öyle seçilmelidir ki cihazda sesin en çok çıktığı kısım sesten şikayet gelebilecek yerlerin aksi tarafa yönelsin.
- Doğal ve yapay ses barikatları meydana getirilerek sesin zararlı olduğu yerlere gitmesi önlenmelidir.
- Cihazın kendi bünyesinde ses yutucu konmalıdır.
- Santral kısımlarına geçirilen kapılarda da ses yalıtımı yapılması faydalı olur.
- Kompresör, kondenser, klima santrali ve soğutma kulesi mutlaka mantar plakalar konmalı ve titreşimle bina kolonlarına iletilmemelidir.
- Havalandırma ve klima kanallarında ses özellikle havanın akış yönüne göre daha etkili yapılır. Dolayısıyla üfleme fanlarının gürültüsü kanallar, üfleyici menfezler ve anemostatlar tarafından ortamlara iletilir. Bu gürültüleri azaltmak için besleme kanalına ve dirseklerine iç taraftan ses yutucu sentetik elyaf yalıtım malzemeleri konmalıdır.
- Büyük kapasiteli soğutma kompreslerinin hattına susturucu ve titreşim emici takılmalıdır.
- Klima santralleri ve havalandırma sistemlerinde iyi dengelenmiş kaliteli fanlar kullanılmalıdır.

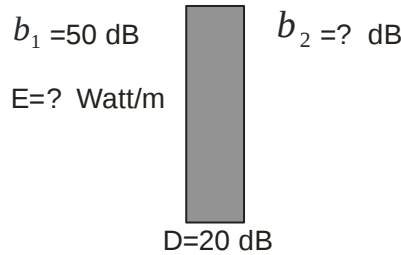
Çizelge 7.1. Çeşitli Uygulamalar İçin Tavsiye Edilen Ses Seviyeleri

ÇEŞİTLİ ORTAMLAR		SES SEVİYESİ (db)	ÇEŞİTLİ ORTAMLAR		SES SEVİYESİ (db)
KONUT	MÜSTAKİL EV	25-35	OKUL	Sınıflar	35-45
	APARTMAN	34-45		Kütüphaneler	35-45
				Laboratuvar	40-50
				Koridorlar	40-55
				Mutfak,Yemekhane	45-55
OTEL	Yatak Odaları	35-45		Konser ve Opera Salonları	20-30
	Davet Salonları	35-45		Çok Amaçlı Salonlar	30-35
	Hol.Lobi.Koridor	40-50		Sinema ve Tv Studyoları	35-45
	Garaj	45-55		Konferans Salonları	40-50
	Mutfak,Çamaşır	45-55		Genel Tuvaletler	45-55
				Kütüphane, Müze, Mahkeme Salonu	35-45
HASTANE	Özel Hastane Odası	35-45		Postane Banka Holleri	40-50
	ameliyathane	35-45		Giyim Mağazası	40-50
	Laburatuvar	40-50		Süper Marketler	45-55
	Banyo, Tuvalet	45-55		Restoran, Amerikan Bar	40-55
				Kokteyl Salonu	40-55
				Gece Klübü	40-50
				Kafeterya	45-55
				Bina Makina Daireleri(en Fazla)	95
				Spor Salonları	40-55
				Tren, Otobüs Uçak Bilet Ofisi	40
				Tren, Otobüs Uçak Bekleme Salonları	18

7.9. Konu İle İlgili Sorular

1. Ses nedir?
2. Ses için dalga yayınının şeklini çiziniz
3. Periyot ve frekansın tanımını yaparak aralarındaki ifadeyi yazınız
4. Gürültüyü etkileyen faktörler nelerdir?
5. Gürültü nasıl azaltılır?
6. Desibelmetre nedir?
7. Şekilde görüldüğü gibi, bir odadaki normal konuşma için ses şiddeti 50 dB'dir. Duvarın söndürme sayısı 30 dB olduğuna göre,
 - a. Yan odaya iletilen sesin şiddeti nedir?
 - b. Odadaki sesin enerjisi nedir?

Not: $\beta = 10 \cdot \log \frac{E}{E_0}$ ve $E_0 = 10^{-12} \text{ Watt} / \text{m}^2$



8. Şekilde görüldüğü gibi, bir odadaki normal konuşma için ses şiddeti 40 dB'dir. Duvarın söndürme sayısı 20 dB olduğuna göre,
 - a. Yan odaya iletilen sesin şiddeti nedir?

b. Odadaki sesin enerjisi nedir?

Not: $\beta = 10 \cdot \log \frac{E}{E_0}$ ve $E_0 = 10^{-12} \text{ Watt} / \text{m}^2$

$b_1 = 50 \text{ dB}$

$b_2 = ? \text{ dB}$

$E = ? \text{ Watt/m}$

$D = 20 \text{ dB}$

8. BÖLÜM: ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA

8.1 ENDÜSTRİYEL ORTAMLARIN HAVALANDIRILMASI

Endüstriyel ortamlardaki genel havalandırma işçilerin sağlığına ve emniyetine etki edebilecek tehlikeli kimyasal kirleticilerin, kokunun ve ısıнын kontrolü amacı ile yapılır. Birçok durumda ısıнын ve zararlı gazların kaynağında yakalanarak egzoz edilmesine çalışılır. Çünkü bu durumda ortamın genel havalandırmasına göre çok daha az miktarda hava ile gerekli kontrolü sağlamak mümkündür.

Dolayısıyla endüstriyel havalandırma, genel havalandırma ve egzoz davlumbazlarıyla lokal havalandırma olarak iki kısımda incelenebilir.

Genel havalandırma;

- ☐ Doğal çekişle,
- ☐ Fanlar ve kanal sistemi yardımı ile taze hava beslenmesi ve kirli havanın egzoz edilmesiyle,
- ☐ Sadece egzoz fanları ile emişle (taze hava açıklıklardan kendiliğinden ortama girer),
- ☐ Sadece besleme fanları ile (egzoz açıklıklardan ve kapılardan kendiliğinden olur)

Endüstriyel havalandırmanın iki ana nedeni ve buna bağlı iki ana kriteri vardır. Birincisi ortamda mevcut kaynaklardan yayılan ısıнын atılması, ikincisi ise kaynaklardan yayılan gaz ve kirleticilerin atılmasıdır. Bazı hallede bu iki kaynak birlikte etkilidir. Bu gibi uygulamalarda çözüme genel ve yerel havalandırmanın birlikte uygulanması ile ulaşılır.

8.2 ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

Endüstriyel havalandırma sistemleri lokal havalandırma sistemleri olup, özellikle toz, duman, sis, elyaf gibi kirleticilerin ortamdan uzaklaştırılmaları ve tutulmaları ile ilgilidir. Endüstriyel havalandırma sistemlerinin dört temel elemanı bulunmaktadır,

- ☐ Emiş ağızları ve Davlumbazlar,
- ☐ Hava kanalları,
- ☐ Santrifüj Fanlar,
- ☐ Hava filtreleme cihazları

8.2.1 EMİŞ AĞIZLARI VE DAVLUMBAZLAR

Endüstriyel havalandırma sisteminde kullanılan emiş ağızları ve davlumbazların amacı, kirletici kaynağın doğudan emiş yaparak, minimum emiş havası ile maksimum temizlik kontrolü yapabilmektir.

Davlumbazların tasarımında, havayı davlumbaza çekmek için gerekli uygun hava debisinin belirlenmesi en önemli aşamayı oluşturur. Bu amaçla yakalama hızı kavramı geliştirilmiştir. Yakalama hızı, davlumbaza girmeden önce kaynak bölgesinde kirli havanın sahip olması gereken hızdır.

Kaynakta oluşan kirletici hava akımına karışır ve davlumbazla emilen hava ile taşınır. En basit flanşsız düz davlumbazlar için gerekli hava debisi;

$Q = V \cdot (10 \cdot x^2 + A)$ ifadesi ile bulunabilir. Burada,

Q = Hava debisi, m³/s

V = Yakalama hızı, m/s

x = Davlumbaz girişi ile kirletici kaynağı arasındaki mesafe, m

A= Davlumbaz girişi yüzey alanı, m²

Farklı şekillerde ve flanşlı hallerde daha küçük debilerle aynı yakalama hızını sağlamak mümkündür. Görüldüğü gibi kaynakla davlumbaz arasındaki mesafenin büyük etkisi vardır. Kaynak davlumbaza mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Kaynađa 1m den daha uzaktaki davlumbazlar etkisiz kabul edilir.

8.2.1.1 YAKALAMA HIZLARI

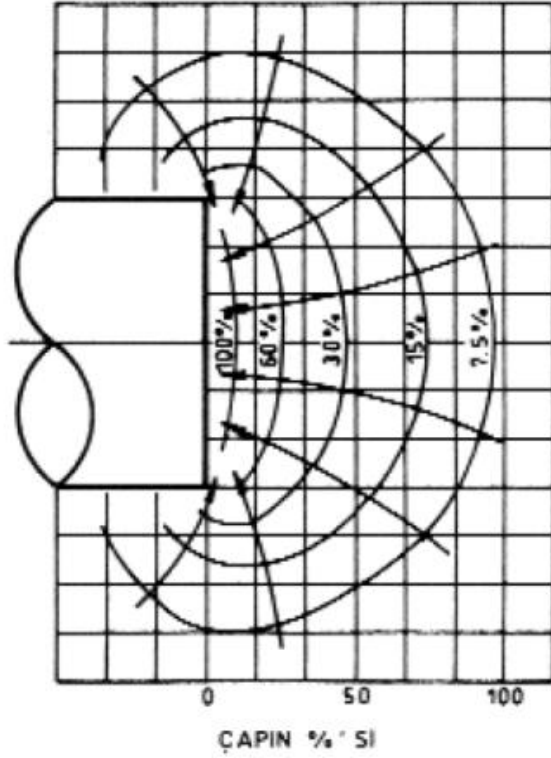
Kirletici Yayılma Koşulları	Örnekler	Yakalama Hızı m/s
Durgun havaya ön hız olmaksızın yayılma	Tanklardan buharlaşma	0.25 - 0.5
Düşük hızda durgun sayılabilecek havaya yayılma	Depo doldurma, düşük hızlı konveyör, kaynak	0.5 - 1.0
Hızlı hava hareketine aktif biçimde karışma	Konveyör yüklemesi, kırıcılar, kömür elekleri	1.0 - 2.5
Çok hızlı hava akımına yüksek hızla karışmak	Öğütme, patlama, sıcak olome	2.5 - 10

8.2.1.2 DAVLUMBAZ TİPLERİ

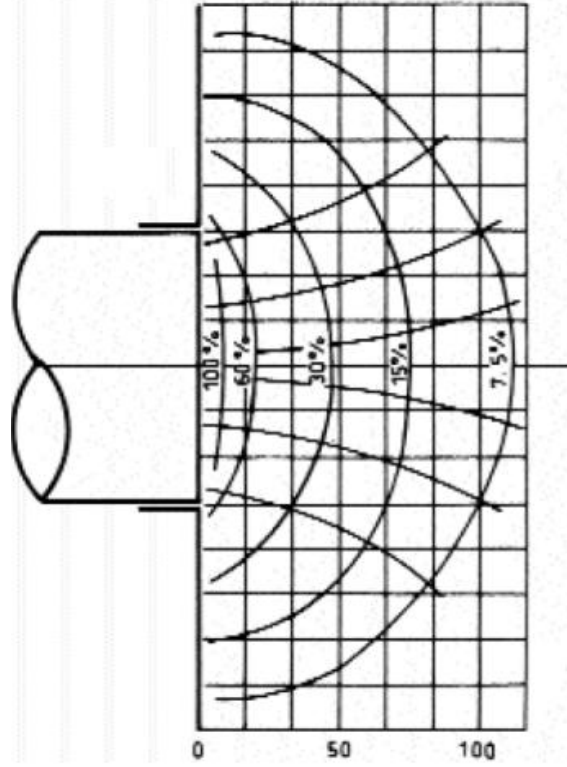
DAVLUMBAZ	TANIM	KENAR ORANI, W/L	HAVA DEBİSİ
	SLOT	0.2 VEYA DAHA AZ	$Q = 3.7 LVX$
	FLANŞLI SLOT	0.2 VEYA DAHA AZ	$Q = 2.6 LVX$
	DÜZ AÇIKLIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA VE YUVARLAK	$Q = V (10X^2 + A)$
	FLANŞLI AÇIKLIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA VE YUVARLAK	$Q = 0.75 V (10X^2 + A)$
	KANAL AĞIZ	İŞE UYGUN	$Q = VA = VWH$
	KANOPI	İŞE UYGUN	$Q = 1.4 PVD$ $P = \text{ÇEVRE}$ $D = \text{OCAK ÜSTÜ YÜKSEKLİK}$
	DÜZ ÇOKLU SLOT AÇIKLIKLI 2 VEYA DAHA FAZLA YARIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA	$Q = V (10X^2 + A)$
	FLANŞLI ÇOKLU SLOT AÇIKLIKLI 2 VEYA DAHA FAZLA YARIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA	$Q = 0.75 V (10X^2 + A)$

8.3 EMİŞ AĞIZLARI

Serbest emiş yapan emme ağzı düz veya flanşlı dairesel kesitli özel emişinin, emme ağzındaki hız dağılışı aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şeki-11 Düz dairesel açıklıklar



Şekil-2 Flanşlı dairesel açıklıklar

8.4 HAVA KANALLARI

Endüstriyel havalandırma sistemlerinin ikinci elemanı hava kanallarıdır. Hava kanallarının kullanım amacı; emiş ağızları ve davlumbazlar ile kirlilik kaynağından doğrudan emilen kirli havanın taşınmasını sağlamaktır. Kirleticileri içeren bu hava kanallarının yuvarlak olması tavsiye edilir. Çünkü

- Yuvarlak kanallarda hız daha üniormdur, dolayısıyla tanecik karakterli kirleticilerinin çökelme ihtimali daha azdır
- Normal olarak emiş sistemlerinde uygulanan yüksek statik basınçlara daha dayanıklıdır

Eğer şartlar dikdörtgen kanal yapılmasına zorluyorsa, bu kanalların mümkün olduğu kadar kare kesite yakın olmasına çalışılmalıdır.

Kanallarda hava akışında minimum taşıma hızı ifadesinden bahsedilir. Bu hız taneciklerin çökelmeden taşınabilecekleri en düşük hızdır. Kanal tasarım hızları, minimum taşıma hızından biraz daha yüksek alınabilir. Fakat hızlar hiçbir zaman limit değerinden daha aşağıda olmamalıdır.

8.4.1 KİRLETİCİ TAŞIMA HIZLARI

Kirleticilerin Cinsleri	Örnekler	Max. taşıma hızı m/s
Buharlar, gazlar, dumanlar	Bütün buharlar, gazlar, dumanlar	genellikle 5 - 10
Duman	Kaynak	10 - 13
Çok ince hafif toz	Pamuk elyafı, ağaç tozu, lito tozu	13 - 15
Kuru tozlar	İnce lastik tozu, bakalit tozu, jüt elyafı, pamuk tozu, hafif rendo, deri taşıma	15 - 20
Ortalama endüstriyel tozlar	Öğütme tozu, kahve taneleri, ayakkabı tozu, granit tozu, silika tozu, tuğla ve seramik kesme, kaya tozu, döküm tozu, kireç tozu, asbest tozu	18 - 23
Ağır tozlar	Testere tozu, (ağır ve ıslak) metal tozları, döküm işlemlerindeki tozlar, kumlama tozu, dökme demir, kesme tozu, kurşun tozu	20 - 23
Ağır veya ıslak tozlar	Küçük parçalar halinde kurşun, ıslak çimento tozu, boru kesme makinelerinde asbest parçaları, yapışkan elyaf	23 ve üzeri

Tabloda tavsiye edilen hava hızları esas alınarak kanal kesitleri hesaplanmalıdır.

☐ Seçilen hava hızı ve debiye karşılık gelen düz kanal kaybı ve özel kanal kayıpları (dirsek, redüksiyon, birleşme vb.) hesaplanır.

☐ Emiş ağzı basınç kaybı ve eğer sistemde kullanıldıysa, özel hava filtreleme sistemi basınç kaybı da göz önüne alınarak, havalandırma sisteminin toplam basınç kaybı hesaplanır.

8.5 SANTRİFÜJ FANLAR

• Direkt akuple, kayış kasnak tahrikli ve kaplinli olmak üzere üç çeşit fan vardır

☐ Alçak, orta ve yüksek basınçlı olarak üretilebilir

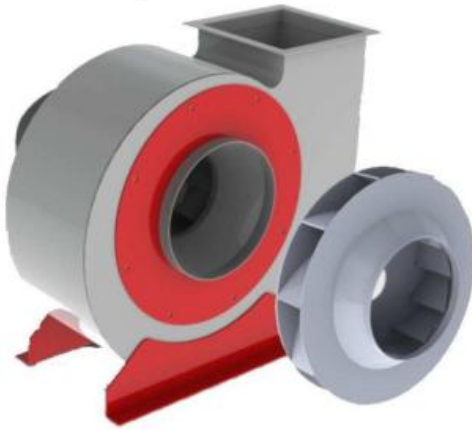
☐ Kanal sisteminin son noktasına konulmalıdır

☐ Santrifüj fanlar, hava filtreleme cihazından sonra kullanılmalıdır (Fan kanatlarında birleşebilecek partiküllerin, fanın balansını bozma olasılığına karşı)

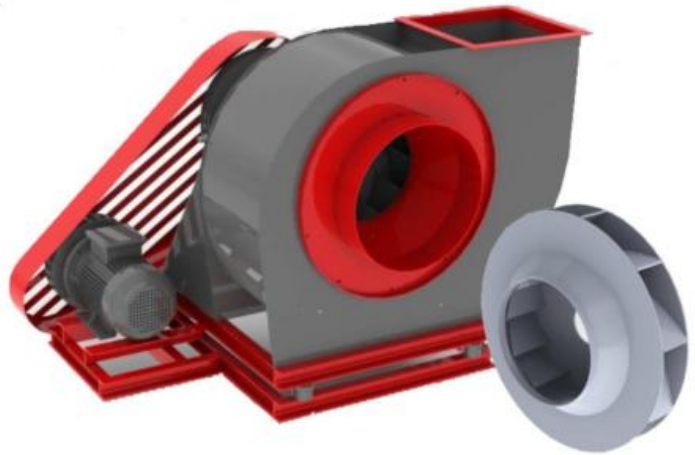
☐ Mümkün olduğunca sık kanatlı fan kullanılmamalıdır

☐ Patlayıcı ve parlayıcı gaz taşınmasında, fan kanadı ve elektrik motorlarında kıvılcım ve patlamaya karşı önlemler alınmalıdır

☐ Korozyif gazların tahliyesinde, fanda korozyon oluşumuna karşı gerekli önlemler alınmalıdır



Şekil-3 Direkt akuple santrifüj fan



Şekil-4 Kayış-kasnak bağlantılı santrifüj fan

8.6 KİRLİ HAVA FİLTRELEME CİHAZLARI

Gaz ve partikül konsantrasyonunun yüksek olduğu ($20 - 40.000 \text{ mg/m}^3$) endüstriyel uygulamalarda özel emiş ağızları veya davlumbaz sistemi ile kaynaktan veya bölgesel olarak emilen hava, kanal ve fan yardımı ile toplanıp filtreleme cihazlarından geçirilerek dışarı atılmalıdır.

Havanın atmosfere atılabilmesi için tesisatın sonunda gaz ve partikülün havadan ayrılması gerekir. Bazı durumlar dışında bugün için kirli havayı direkt atmosfere üflemek olanaksızdır. Çünkü böyle bir hava çevreyi rahatsız etmektedir. Çevre havasını bozmamak için müsaade edilen sınır değerler yığın mal ve hava debisine bağlantılı olarak saptanmıştır. Maksimum toz konsantrasyonu 150 mg/m^3 hava için tehlikesiz sayılmaktadır.

8.7 ENDÜSTRİYEL TOZ VE DUMAN FİLTRELEME SİSTEMLERİ

- Siklonlar,
- Patlaçlı (Jet Pulse) Kartuş Filtreler,
- Patlaçlı (Jet Pulse) Panel Filtreler,
- Patlaçlı (Jet Pulse) Torba Filtreler,
- Sarsak Motorlu Torba Filtreler,
- Mobil Filtreler,
- Yağ Tutucu Filtreler,
- Dik Tip Scrubberlar,

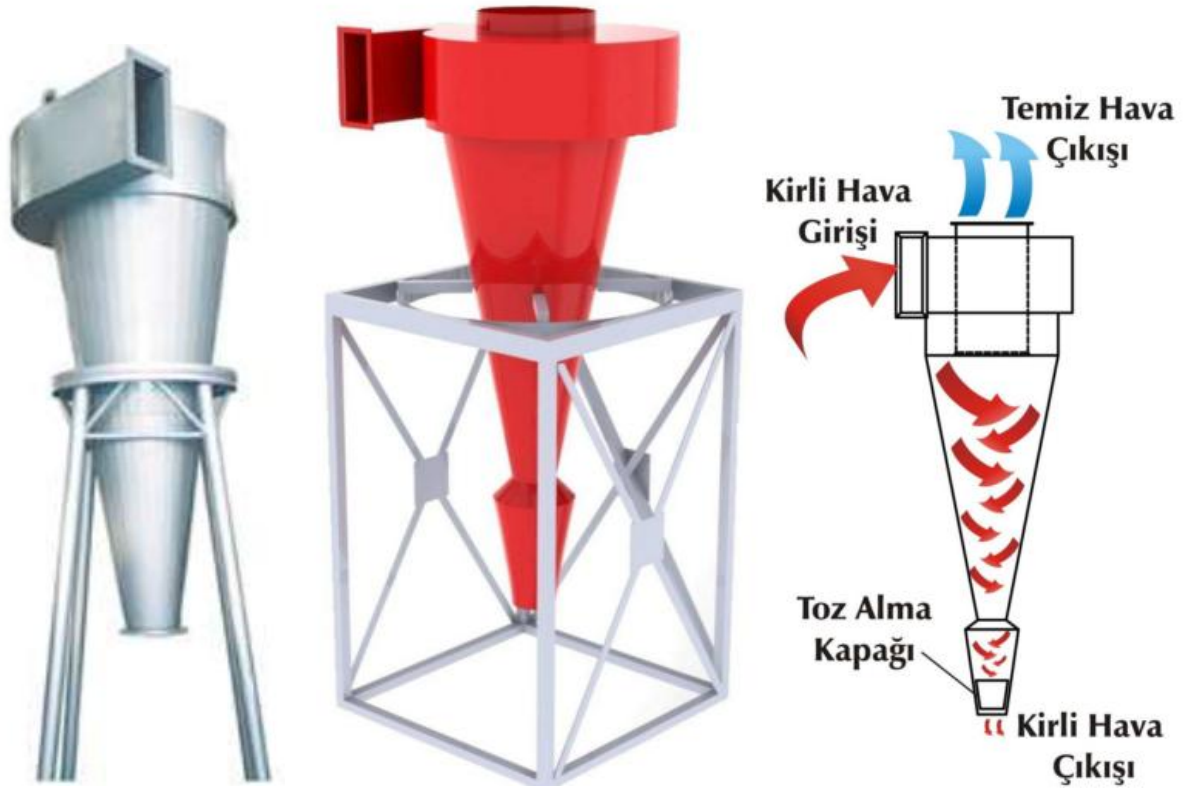
8.7.1 SİKLONLAR

- Bu tip ayırıcılarda tanecikler, hava akımına “ spin hareketi” (hem dairesel, hem de düşey hareket) verilerek ayrılır
- Endüstriyel toz toplama sistemlerinde 50 mikrona kadar olan taneciklerin tutulmasında kullanılır
- Filtrelerden önce kullanıldığında filtre ömrünün uzamasını sağlar
- Paralel bağlanarak yüksek kapasiteler çıkılabilir

Cihaz esas olarak düşey bir silindirden ibarettir. Alt kısmı konik bir yapıya sahiptir. Siklonun üst kısmındaki girişten yüksek hızla giren kirli hava siklon konstrüksiyonu vasıtasıyla helisel bir akış formu verilerek, yoğunluğu taşıyıcı ortamdan daha yüksek olan parçacıkların merkezkaç kuvveti ile siklon cidarlarına yönlendirilmesi sağlanır.

Siklon içindeki ani hız değişimi nedeni ile ataletini kaybeden partiküller siklon cidarından süzülerek alt konik toplama bunkerine akarlar. Bu mekanizma sonucu içerdiği tozlardan arınmış olan gaz, siklon merkezindeki çıkış borusu vasıtasıyla siklon üst kısmından dışarıya

verilir. İçerisindeki uçucu kül ve kurum bulunan duman gazları ile aşıırı miktarda parçacık ihtiva eden hava ve benzeri gazların içersindeki partiküllerin tutulması ve ayrılması amacı ile duman gazı yıkama ve filtreleme sistemlerinde kullanılır.



Şekil-5 Siklonlar ve çalışma prensibi

8.7.1.1 SIKLON KONSTRÜKSİYONUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Siklonlar genellikle belirli bir basınç kaybı dikkate alınarak tasarlanırlar. Siklonlar genellikle 15 m/s gaz hızlarında çalışabilecek şekilde tasarlamak gerekir.

Siklon verimini etkileyebilecek başlıca tasarım faktörü siklonun çapıdır. Aynı basınç kaybın altında çalışan daha küçük çaplı bir siklonun verimi daha yüksek olacaktır. Belirli bir miktardaki gazı ayrıştırabilmek için küçük çaplı siklonlardan birden fazlasının paralel olarak uygulanması gerekebilir. Bu tarz uygulamaya multisiklon tertibi de denilmektedir.

Siklon gaz borusunun çapının azaltılması basınç kaybını arttırır. Belirli bir gaz girişı hızında genişliğin minimumda tutulması gerekir. Siklona gaz girişı uzantı parçasında uzunluk genişlik oranının yüksek tutulması verimi yükseltir.



Şekil-6 Multisiklon Sistemi

8.7.2 ENDÜSTRİYEL TİP PATLAÇLI (JET PULSE) KARTUŞ FİLTRELER

- Her türlü endüstriyel kaynaklı tozla , patlaçlı kartuş filtre ile filtrelenip ortama verilir
- Patlaçlı kartuş filtreler yüksek verim ve filtre ömrüne sahiptir
- Kartuş filtre kullanılarak 0,2 – 2 mikron arasındaki endüstriyel kaynaklı tozlar %99 oranında filtrelenebilir

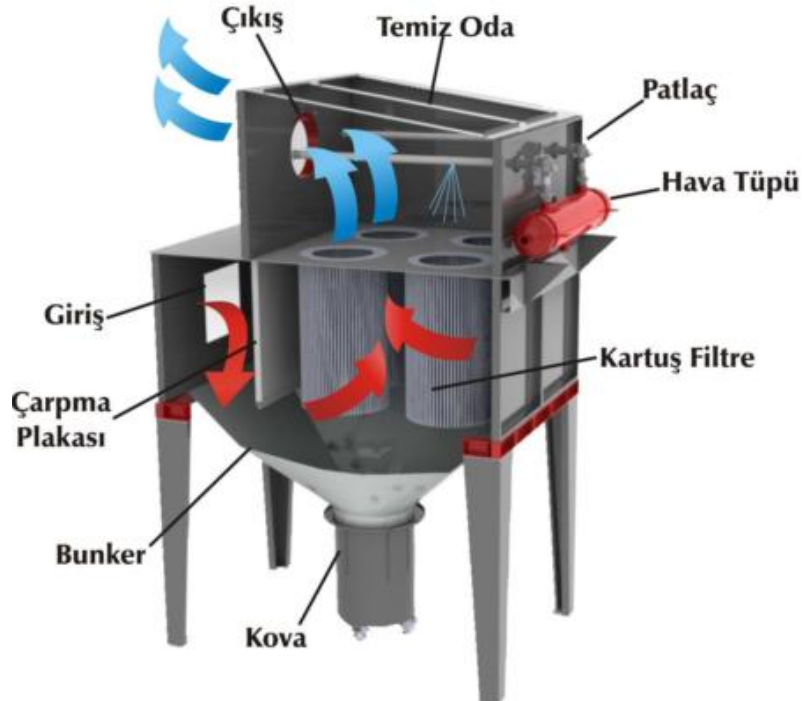
Patlaçlı kartuş filtre genellikle merkezi sistem toz ve duman emme uygulamalarında kullanılır.

Herhangi bir kirletici kaynağından toplanan kirli hava, uygun çap ve kalınlıklarda tasarımı edilen hava kanalları ile filtreye getirilir. Genelde toz için kendinden flanşlı yuvarlak kanallar tercih edilir.

Filtre kabininin girişi kanalından giren kirli havanın taşıdığı partiküller bir çarpma plakası vasıtasıyla tutulur. Bu bölümde havanın hızı düşer ve istenilen filtreleme hızı elde edilir. Ayrıca filtreye gelebilecek kıvılcımlar tutulur, büyük ve aşındırıcı parçalar bunkerin alt kısmındaki toplama kovaşına düşer. Böylece filtrelerin ömrü uzatılmış olur. Havanın kirliliğini oluşturan toz ve duman ise uygun kartuş filtreler ile tutulur. Tutulan tozlar patlaçlı temizleme sistemi sayesinde otomatik olarak temizlenir. Temizlenen hava santrifüj fan vasıtasıyla ortama verilir.



Şekil-7 Patlaçlı filtrenin dış görünüşü



Şekil-8 Patlaçlı filtrenin içyapısı

Taşıma tozları, taşıma için tasarlanan özel tezgâhlar ile Patlaçlı Kartuş Filtre (Jet-Pulse) kullanılarak filtre edilip tekrar ortama verilir.



Şekil-9 Patlaçlı kartuş filtre ile taşlama tozlarının emilmesi

Kaynak ve kesim işlemi sırasında insan sağlığına zarar verebilecek zehirli gazlar, duman, metal buharı ve partikülleri çıkmaktadır. Akrobat Kollar ile noktasal emiş yaparak Patlaçlı Kartuş Filtre (Jet-Pulse) kullanılarak, kaynak atölyeleri ve endüstriyel tesislerde kaynak dumanı, toz ve yağ buharları ortamdaki filtre edilir, fakat ortama geri verilmez. Çünkü zehirli gazlar tam olarak filtrelenebilir. Bu nedenle ısı geri kazanım cihazı kullanılarak filtrelenen havanın ısısı alınarak, ortama temiz hava verilir.



Şekil-10 Çeşitli toz ve duman emme sistemleri

İndüksiyon ısıtma ocaklarının ağızdan çıkan toz ve dumanlar özel olarak tasarlanan emiş aparatları ile toplanıp, Siklon ve Patlaçlı Kartuş Filtre (Jet-Pulse) ile filtrelenebilir.



Şekil-11 Çeşitli endüstriyel havalandırma uygulamaları



Şekil-12 Zımpara tozları, zımpara tezgâhlarına uygun özel aparatlar ile emilerek Patlaçlı Kartuş Filtre (Jet-Pulse) ile filtre edilerek ortama geri verilir.

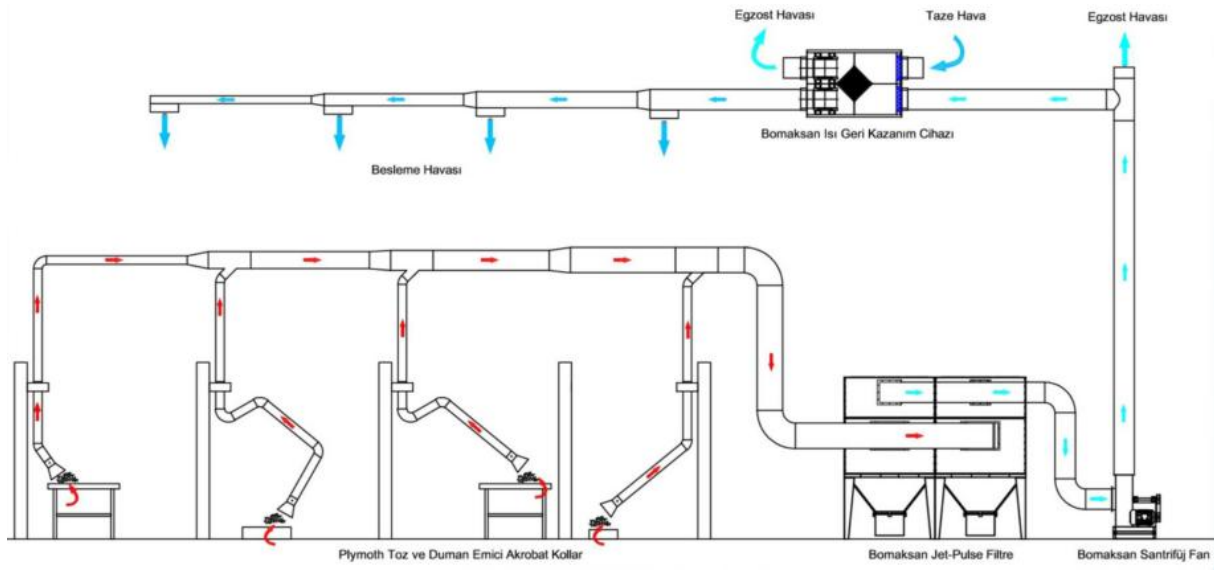


Şekil-13 Kumlama tozları, kumlama kabinlerinin kapasitesine uygun Patlaçlı Kartuş Filtre (Jet-Pulse) kullanılarak filtre edilip ortama geri verilir.



Şekil-14 Pano odası tozsuzlaştırma ve soğutma uygulamalarında, özellikle büyük güçteki elektrik motorlarının sürücü panolarının soğutulmasında yılın büyük bölümünde klimaya gerek kalmaksızın soğutma ve aynı zamanda tozsuzlaştırma yapabilen Patlaçlı Kartuş Filtre (Jet-Pulse) kullanılır.

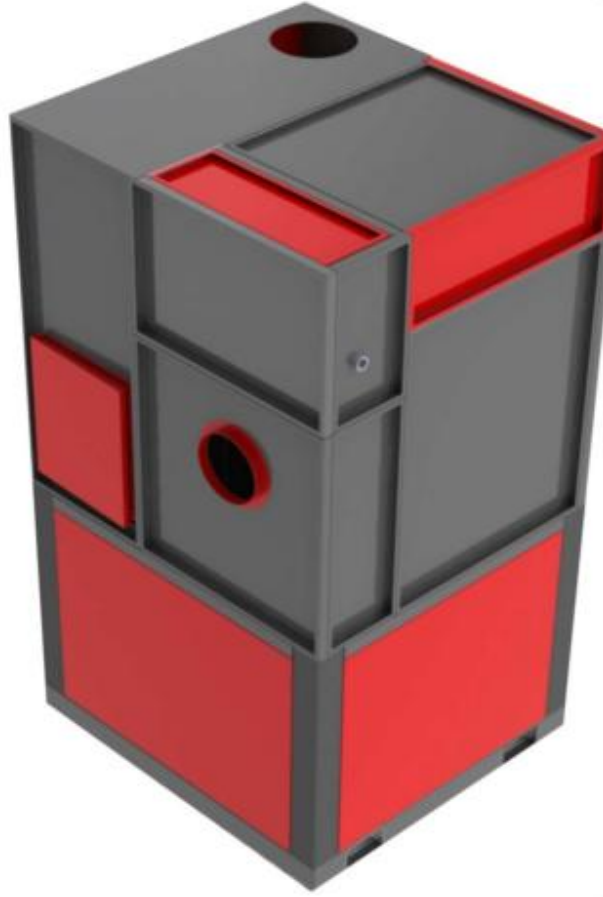
Örnek Proje



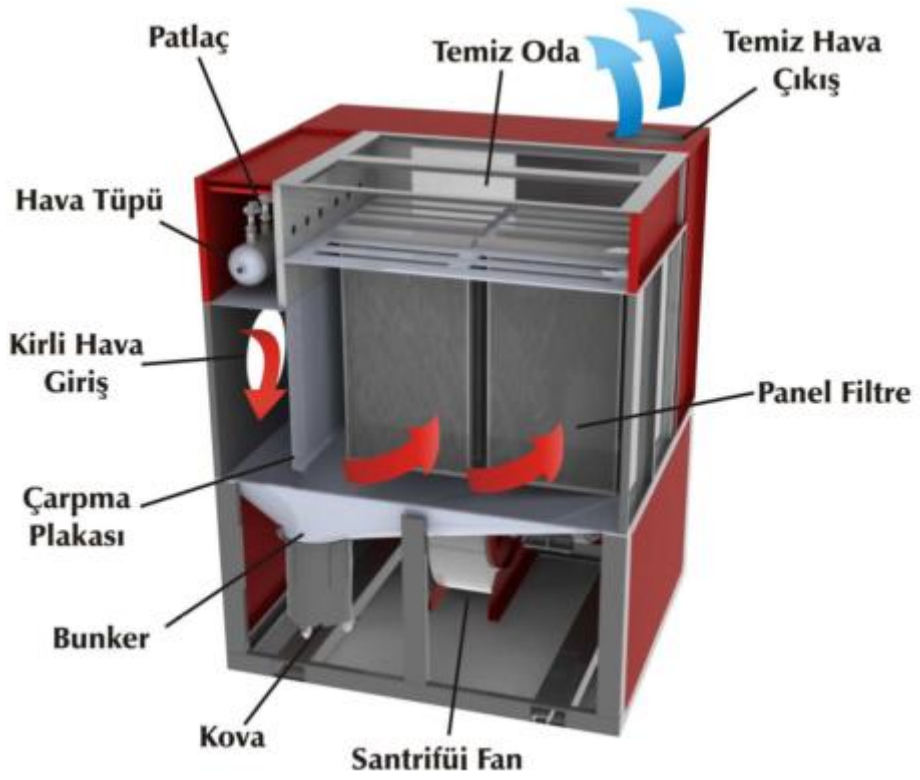
Şekil-15

8.7.3 ENDÜSTRİYEL TİP PATLAÇLI (JET PULSE) PANEL FİLTRELER

- Panel filtreler sahip oldukları geniş plise aralıkları ve özel üretim venturileri ile çok daha kolay ve verimli temizlenir
- Panel filtrele yaklaşık olarak 10.000 – 12.000 saat ömre sahiptirler. Ancak bu veriler tozun cinsine, ortamın nemine, rakımına ve temizleme havasının kuruluşuna göre azalıp artabilir
- Panel filtre kullanılarak 0,2 – 2 mikron arasındaki endüstriyel kaynaklı tozlar %99 oranında filtrelenebilir



Şekil-16 Jet Pulse filtrenin dış görünüşü

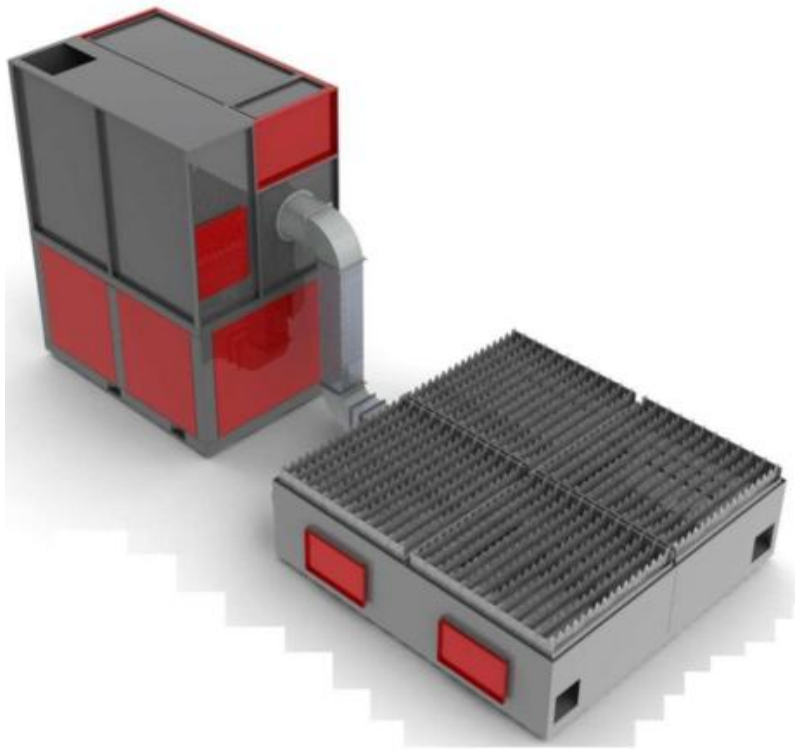


Şekil-17 Jet Pulse filtrenin iç görünüşü

Patlaçlı panel filtre genellikle merkezi sistem toz ve duman emme uygulamalarında kullanılır.

Herhangi bir kirletici kaynağından toplanan kirli hava, uygun çap ve kalınlıklarda tasarım edilen hava kanalları ile filtreye getirilir. Genelde toz için kendinden flanşlı yuvarlak kanallar tercih edilir.

Filtre kabininin giriş kanalından giren kirli havanın taşıdığı partiküller bir çarpma plakası vasıtasıyla tutulur. Bu bölümde havanın hızı düşer ve istenilen filtreleme hızı elde edilir. Ayrıca filtreye gelebilecek kıvılcımlar tutulur, büyük ve aşındırıcı parçalar bunkerin alt kısmındaki toplama kovasına düşer. Böylece filtrelerin ömrü uzatılmış olur. Havanın kirliliğini oluşturan toz ve duman ise uygun panel filtreler ile tutulur. Tutulan tozlar patlaçlı temizleme sistemi sayesinde otomatik olarak temizlenir. Temizlenen hava santrifüj fan vasıtasıyla temiz hava çıkış kanalından ortama verilir.



Şekil-18 Plazma ve Lazer kesim esnasında insan sağlığına ve çevreye zararlı yüksek miktarlarda Fe, Fe₂O₂ ve CrNi tozları meydana çıkar. Endüstrinin ortak sorunu olan işçi sağlığını ve çevreyi tehdit eden bu zararlı toz ve dumanı çalışma ortamından uzaklaştırmak için Patlaçlı Panel Filtre (Jet-Pulse) kullanılır.

8.7.3.1 SERAMİK RÖTUŞ TEZGÂHLARI

• Seramik rötuş esnasında ortaya çıkan yoğun ve zorlu toz için özel tip panel filtreler kullanılır.



Şekil-19 Seramik zımparalama operasyonu esnasında çıkan toz hem işçi sağlığını hem de ürün kalitesini olumsuz yönde etkiler. Patlaçlı panel (Jet-Pulse) filtreler yardımıyla tamamen tozdan arındırılır.

8.7.4 ENDÜSTRİYEL TİP TORBA FİLTRELER

Torba filtreler, yüksek toplama verimini makul bir maliyetle sunar. Bu tip filtrelerde hava, pamuk veya yün kumaştan yapılmış uzun ve silindirik torbalar içersinden geçirilerek temizlenir.

Böylece hava akımından uzaklaştırılan tozlar, torbaların içersinde kalır.

Bu cihazlarda hava zaman zaman kesilip, torba filtreler mekanik titreşimle veya basınçlı hava ile sarsılarak tutmuş olduğu tozlardan kurtarılır. Bu sayede tozun büyük bir kısmı alt hunide toplanmış olur.

Torba filtrelerin kullanım alanları Patlaçlı Kartuş Filtrelerin kullanım alanları ile aynıdır.

Endüstriyel tip torba filtreler iki farklı şekilde tasarlanabilir.

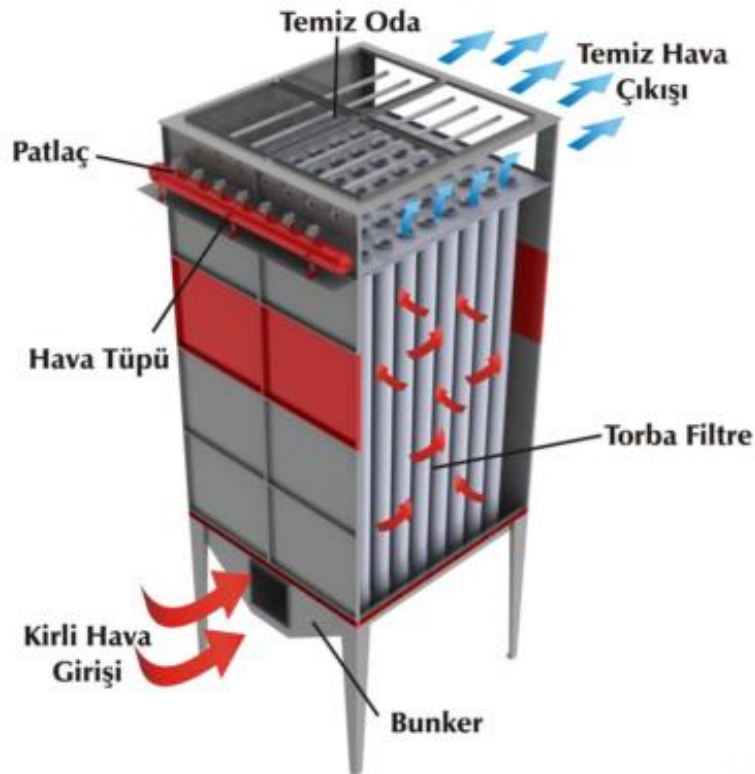
- Endüstriyel Tip Patlaçlı (Jet Pulse) Torba Filtreler
- Endüstriyel Tip Sarsak Motorlu Torba Filtreler

8.7.4.1 ENDÜSTRİYEL TİP PATLAÇLI (JET PULSE) TORBA FİLTRELER

Patlaçlı torba filtre genellikle merkezi sistem toz ve duman emme uygulamalarında kullanılır. Herhangi bir kirletici kaynağından toplanan kirli hava, uygun çap ve kalınlıklarda tasarım edilen hava kanalları ile filtreye getirilir. Genelde toz için kendinden flanşlı yuvarlak Kanallar tercih edilir.

Filtre kabininin giriş kanalından giren kirli havanın taşıdığı partiküller bir çarpma plakası vasıtasıyla tutulur. Bu bölümde havanın hızı düşürülerek istenilen filtreleme hızı elde edilir. Ayrıca filtreye gelebilecek kıvılcımlar, büyük ve aşındırıcı parçalar tutularak bunkerin alt kısmındaki toplama kovaasına yönlendirilir. Böylece filtrelerin ömrü uzatılmış olur. Tutulan tozlar patlaçlı temizleme sistemi sayesinde otomatik olarak temizlenir.

Püskürtülen hava torbaların iç yüzeyine kısa ani basınç darbeleri yapar. Bu basınç ventüriler sayesinde elde edilir ve temizleme işlemi yapılır. Temizlenmiş hava santrifüj fan vasıtasıyla Kabinden emilerek istenilen ortama basılır. Tozlar filtrenin dış yüzeyinden içine doğru hareket eder. Filtre edilmiş gazlar ventüriden geçerek temiz oda bölümüne oradan da çıkış borusuna gelir.



Şekil-20 Endüstriyel tip Jet Pulse Patlaçlı filtrenin içi görünüşü

8.7.4.2 ENDÜSTRİYEL TİP SARSAK MOTORLU TORBA FİLTRELER

Patlaçlı torba filtre genellikle merkezi sistem toz ve duman emme uygulamalarında kullanılır. Herhangi bir kirletici kaynağından toplanan kirli hava, uygun çap ve kalınlıklarda tasarım edilen hava kanalları ile filtreye getirilir. Genelde toz için kendinden flanşlı yuvarlak kanallar tercih edilir.

Filtre torbası, genellikle polyester iğneli keçeden olup, silindir şeklindeki torba kafesi çevresini saran torbaya iskelet vazifesi görür. Torbalar, profil üzerine otururlar. Tozlu hava filtre içine basınç ile girdiğinde temizleme sistemi çalışır. Filtreler sarsak motorlar tarafından temizlenir.

Filtre gövdesi toz sızdırmaz olup kirli oda ve üst olmak üzere iki bölmeye ayarlanmıştır. Kirli oda filtre ile dolu olup tozlu havayı biriktirme boşaltma bunkerden ibarettir. Bunkerin altında rotary valf gibi sızdırmazlık sağlayacak ünite ve temizlenebilir kovalar bulunur. Üst kısmında ise filtreleri astığımız profil ve sarsak motorlar mevcuttur. Filtrenin temizlenmiş hava çıkışı bu bölmededir.



Şekil-21 Sarsak motorlu filtre

8.7.5 MOBİL FİLTRELER

- Çeşitli noktalardan kaynak dumanı emme ve filtreleme için kullanılır
- Kolayca hareket edip, taşınabilir
- Akrobat kol ile her pozisyona kolayca gelebilir
- Emdiği havayı %99,9 oranında temizleyen kartuş filtreye sahiptir



Şekil-22 Mobil filtreler

8.7.6 YAĞ BUHARI FİLTRELERİ

Talaşlı imalat yapan CNC tezgâhlarda oluşan yağ buharını yüksek verimlilikle tutabilen filtrelerdir.



Şekil-23 Yağ buharı filtrelerinin uygulama örnekleri

8.7.7 DİK TİPYIKAYICLAR (SCRUBBER)

Endüstriyel atık gaz ve buharların atmosfere verilmeden önce arıtılması için tasarlanmış, kolay kullanılabilen, yüksek verimli sistemlerdir.

Kapasiteye göre boyutlandırılarak, atık gazlar fan ile emildikten sonra, gazın asidik özelliğinin giderimi için özel solüsyonların kullanıldığı ıslak gaz yıkama ünitesine gelir. Özel solüsyonlar sayesinde dikey veya yatay kolonlarda sprey sistemlerle yıkanması sonucu atık gazın hava karışımından suya geçmesi işlemini gerçekleştirir.

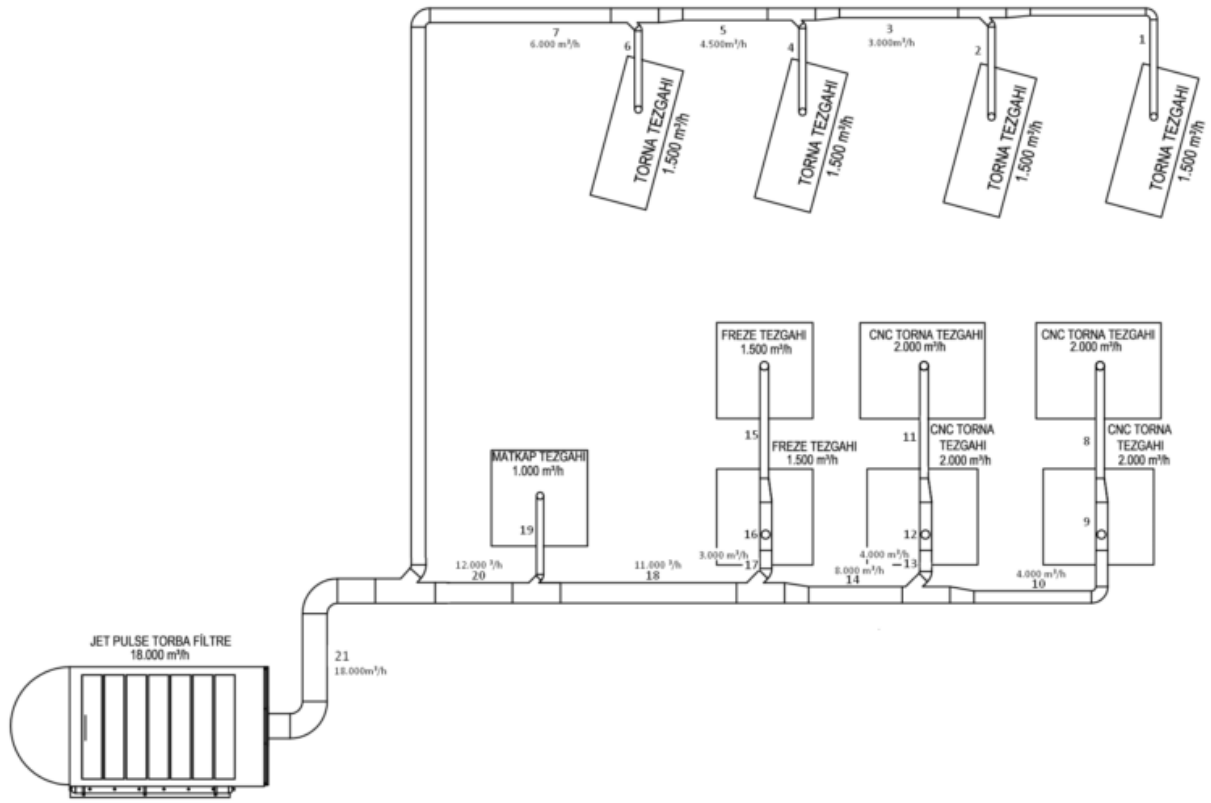
Gaz yıkama ünitesi spreyler, sirkülasyon pompası, dozaj pompasından oluşmaktadır. Ayrıca pH sensörleri gibi çeşitli kontrol cihazları ile donatılarak otomatik olarak çalışması sağlanabilmektedir.



Şekil-24 Endüstriyel tip yıkayıcılar (scrubber)

7. ÖRNEK PROJE

Bir fabrikada işlem yapan makinelerden çıkan tozların filtre edilmesi için gerekli debi ve basıncın hesaplanması aşağıdaki gibidir.



Şekil-25

• **Yuvalar Kanal Çapının Hesaplanması;**

$Q = A \cdot V \cdot 3600$ Q : Hava debisi,

A : Kanal kesit alanı,

$A = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot V$: Kanal içi hız.

Taşıma tozu için kanal içi hız , 18 – 25 m/s arasında alınabilir. Kanal içi hızı 20 m/s alalım.

1,2,4,6 Nolu Kanallar;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 1500 = (3,14 \cdot d^2 / 4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,162 \text{ m}$$

$$d_1 = d_2 = d_4 = d_6 = \varnothing 160 \text{ mm}$$

3 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 3000 = (3,14 \cdot d^2 / 4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,230 \text{ m}, d = \varnothing 230 \text{ mm}$$

5 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 4500 = (3,14 \cdot d^2 / 4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,282 \text{ m}, d = \varnothing 290 \text{ mm}$$

7 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 6000 = (3,14 \cdot d^2 / 4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,325 \text{ m}, d = \varnothing 330 \text{ mm}$$

8,9,11,12 Nolu Kanallar;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 2000 = (3,14 \cdot d^2 / 4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,188 \text{ m}$$

$$d_8 = d_9 = d_{11} = d_{12} = \varnothing 190 \text{ mm}$$

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 4000 = (3,14 \cdot d^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,266 \text{ m}$$

$$d_{10} = d_{13} = \varnothing 270\text{mm}$$

14 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{14}^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 6000 = (3,14 \cdot d_{14}^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{14} = 0,376 \text{ m}, d_{14} = \varnothing 380\text{mm}$$

15,16 Nolu Kanallar;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 1500 = (3,14 \cdot d^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,162 \text{ m}$$

$$d_{15} = d_{16} = \varnothing 160\text{mm}$$

17 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{17}^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 3000 = (3,14 \cdot d_{17}^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{17} = 0,230 \text{ m}, d_{17} = \varnothing 230\text{mm}$$

18 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{18}^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 11000 = (3,14 \cdot d_{18}^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{18} = 0,441 \text{ m}, d_{18} = \varnothing 440\text{mm}$$

10,13 Nolu Kanallar;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 4000 = (3,14 \cdot d^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,266 \text{ m}$$

$$d_{10} = d_{13} = \varnothing 270\text{mm}$$

14 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{14}^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 6000 = (3,14 \cdot d_{14}^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{14} = 0,376 \text{ m}, d_{14} = \varnothing 380\text{mm}$$

15,16 Nolu Kanallar;

$$Q = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 1500 = (3,14 \cdot d^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d = 0,162 \text{ m}$$

$$d_{15} = d_{16} = \varnothing 160\text{mm}$$

17 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{17}^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 3000 = (3,14 \cdot d_{17}^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{17} = 0,230 \text{ m}, d_{17} = \varnothing 230\text{mm}$$

18 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{18}^2 / 4) \cdot V \cdot 3600, 11000 = (3,14 \cdot d_{18}^2/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{18} = 0,441 \text{ m}, d_{18} = \varnothing 440\text{mm}$$

19 Nolu Kanal;

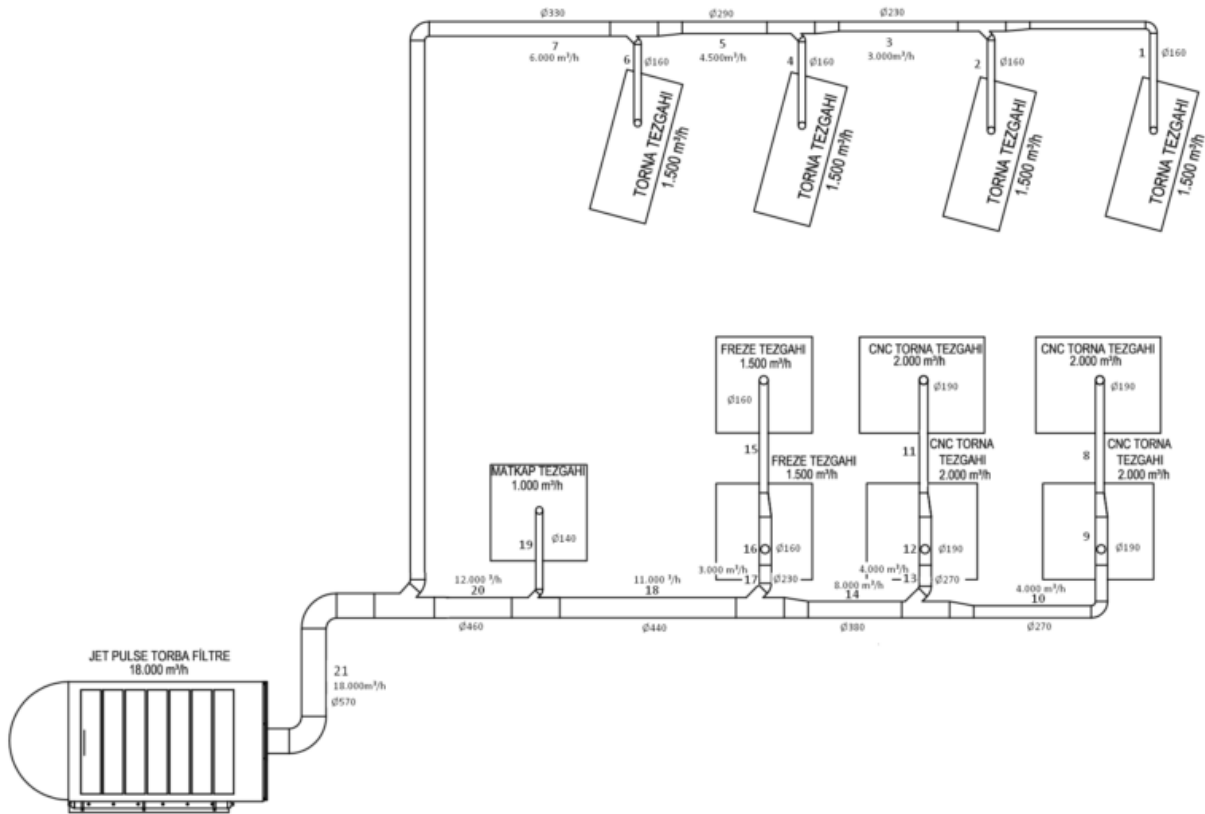
$$Q = (\pi \cdot d_{192} / 4) \cdot V \cdot 3600, 1000 = (3,14 \cdot d_{192}/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{19} = 0,133 \text{ m}, d_{19} = \emptyset 140\text{mm}$$

20 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{202} / 4) \cdot V \cdot 3600, 12000 = (3,14 \cdot d_{202}/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{20} = 0,460 \text{ m}, d_{20} = \emptyset 460\text{mm}$$

21 Nolu Kanal;

$$Q = (\pi \cdot d_{212} / 4) \cdot V \cdot 3600, 18000 = (3,14 \cdot d_{212}/4) \cdot 20 \cdot 3600, d_{21} = 0,564 \text{ m}, d_{21} = \emptyset 570\text{mm}$$



Şekil-26

Basınç Kaybının Hesaplanması ;

Kritik devreye göre , 1 nolu emişten , filtreye doğru basınç kaybı hesaplanır.

1 Nolu Kanal;

• Düz kanal

L= 7 m (Kanal uzunluğu)

P=29 Pa/m (Birim basınç kaybı , 20m/s hız ve Ø160mm kanal çapına göre Tablo 3 ten seçildi.)

$$P_k = P \cdot L, P_k = 29 \cdot 7 = 203 \text{ Pa}$$

• Dirsek 90°

Ø160 ,90° Dirsek için ;

R/W= 1,5 D , H/W= 1 , Tablo 5 e göre , c = 0,17 seçilir.

Tablo 1 den 20m/s hız değerine göre dizayn basıncı $P_v = 241$ Pa belirlenir.

$P_d = P_v \cdot c$, $P_d = 241 \cdot 0,17 = 40,97$ Pa

- **Redüksiyon**

Genişleme , Ø160 - Ø 230

$A = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,162^2 / 4 = 0,02 \text{ m}^2$, $A_1 = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,232^2 / 4 = 0,041 \text{ m}^2$

$A_1/A = 0,041 / 0,02 = 2,05$ değeri için Tablo 8 den c = 0,05 seçilir.

$P_r = P_v \cdot c$, $P_r = 241 \cdot 0,05 = 12,05$ Pa

- **Çatal Te 45°**

$V_s / V_c = 20 / 20 = 1$ değeri için Tablo 16 dan c = 0 seçilir.

$P_{\check{c}} = P_v \cdot c$, $P_{\check{c}} = 241 \cdot 0 = 0$ Pa

$PT_1 = P_k + P_d + P_r + P_{\check{c}}$, $PT_1 = 203 + 40,97 + 12,05 + 0 = 256,02$ Pa

3 Nolu Kanal;

- **Düz kanal**

L= 2 m (Kanal uzunluğu)

P=18 Pa/m (Birim basınç kaybı , 20m/s hız ve Ø230mm kanal çapına göre Tablo 3 ten seçildi.)

$P_k = P \cdot L$, $P_k = 18 \cdot 2 = 36$ Pa

- **Redüksiyon**

Genişleme , Ø230 - Ø 290

$A = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,232^2 / 4 = 0,41 \text{ m}^2$, $A_1 = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,292^2 / 4 = 0,066 \text{ m}^2$

$A_1/A = 0,066 / 0,41 = 1,6$ değeri için Tablo 8 den c = 0,05 seçilir.

$P_r = P_v \cdot c$, $P_r = 241 \cdot 0,05 = 12,05$ Pa

- **Çatal Te 45°**

$V_s / V_c = 20 / 20 = 1$ değeri için Tablo 16 dan c = 0 seçilir.

$P_{\check{c}} = P_v \cdot c$, $P_{\check{c}} = 241 \cdot 0 = 0$ Pa

$PT_3 = P_k + P_r + P_{\check{c}}$, $PT_3 = 36 + 12,05 + 0 = 48,05$ Pa

5 Nolu Kanal;

- **Düz kanal**

L= 2 m (Kanal uzunluğu)

P=15 Pa/m (Birim basınç kaybı , 20m/s hız ve Ø290mm kanal çapına göre Tablo 3 ten seçildi.)

$P_k = P \cdot L$, $P_k = 15 \cdot 2 = 30$ Pa

- **Redüksiyon**

Genişleme , $\emptyset 290 - \emptyset 330$

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,292^2 / 4 = 0,066 \text{ m}^2 , A1 = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,332^2 / 4 = 0,085 \text{ m}^2$$

$$A1/A = 0,085 / 0,066 = 1,28 \text{ değeri için Tablo 8 den } c = 0,05 \text{ seçilir.}$$

$$Pr = Pv \cdot c , Pv = 241 \cdot 0,05 = 12,05 \text{ Pa}$$

- **Çatal Te 45°**

$$Vs / Vc = 20 / 20 = 1 \text{ değeri için Tablo 16 dan } c = 0 \text{ seçilir.}$$

$$Pç = Pv \cdot c , Pv = 241 \cdot 0 = 0 \text{ Pa}$$

$$PT5 = Pk + Pr + Pç , PT5 = 30 + 12,05 + 0 = 42,05 \text{ Pa}$$

7 Nolu Kanal;

- **Düz kanal**

$L = 12 \text{ m}$ (Kanal uzunluğu)

$P = 12 \text{ Pa/m}$ (Birim basınç kaybı , 20m/s hız ve $\emptyset 330\text{mm}$ kanal çapına göre Tablo 3 ten seçildi.)

$$Pk = P \cdot L , Pk = 12 \cdot 12 = 144 \text{ Pa}$$

- **Dirsek 90°**

$\emptyset 330 , 90^\circ$ Dirsek için ;

$R/W = 1,5 D$, $H/W = 1$, Tablo 5 e göre , $c = 0,17$ seçilir.

Tablo 1 den 20m/s hız değerine göre dizayn basıncı $Pv = 241 \text{ Pa}$ belirlenir.

$$Pd = Pv \cdot c , Pd = 241 \cdot 0,17 = 40,97 \text{ Pa}$$

- **Çatal Te 45°**

$Vs / Vc = 20 / 20 = 1$ değeri için Tablo 16 dan $c = 0$ seçilir.

$$Pç = Pv \cdot c , Pv = 241 \cdot 0 = 0 \text{ Pa}$$

$$PT7 = Pk + Pd + Pç , PT7 = 144 + 40,97 + 0 = 184,97 \text{ Pa}$$

21 Nolu Kanal;

- **Düz kanal**

$L = 3 \text{ m}$ (Kanal uzunluğu)

$P = 8 \text{ Pa/m}$ (Birim basınç kaybı , 20m/s hız ve $\emptyset 570\text{mm}$ kanal çapına göre Tablo 3 ten seçildi.)

$$Pk = P \cdot L , Pk = 3 \cdot 8 = 24 \text{ Pa}$$

- **Dirsek 90°**

$\emptyset 570 , 90^\circ$ Dirsek için;

$R/W = 1,5 D$, $H/W = 1$, Tablo 5 e göre , $c = 0,17$ seçilir.

Tablo 1 den 20m/s hız değerine göre dizayn basıncı $Pv = 241 \text{ Pa}$ belirlenir.

$$Pd = Pv \cdot c , Pd = 241 \cdot 0,17 = 40,97 \text{ Pa} \cdot 2 Ad = 81,94 \text{ Pa}$$

$$PT_{21} = P_k + P_d + P_{\text{ç}} , PT_{21} = 24 + 81,94 + 0 = 105,94 \text{ Pa}$$

Toplam kanal basıncı;

$$PT = PT_1 + PT_3 + PT_5 + PT_7 + PT_{21} , PT = 256,02 + 48,05 + 42,05 + 184,97 + 105,94 = 637,03 \text{ Pa}$$

Bulunan bu basınç değeri imalat hatalarına karşı %10 – 15 oranında arttırılır.

$$PT = 637,03 \cdot 1,15 = 732,59 \text{ Pa}$$

Jet Pulse Torba Filtre Basıncı katalogdan okunur. ($P_f = 1500 \text{ Pa}$)

Toplam Statik Basınç ;

$$P_s = PT + P_f = 732,59 + 1500 = 2232,59 \text{ Pa olarak bulunur.}$$

TABLÖLAR

TABLO-1 HIZ BASINCI

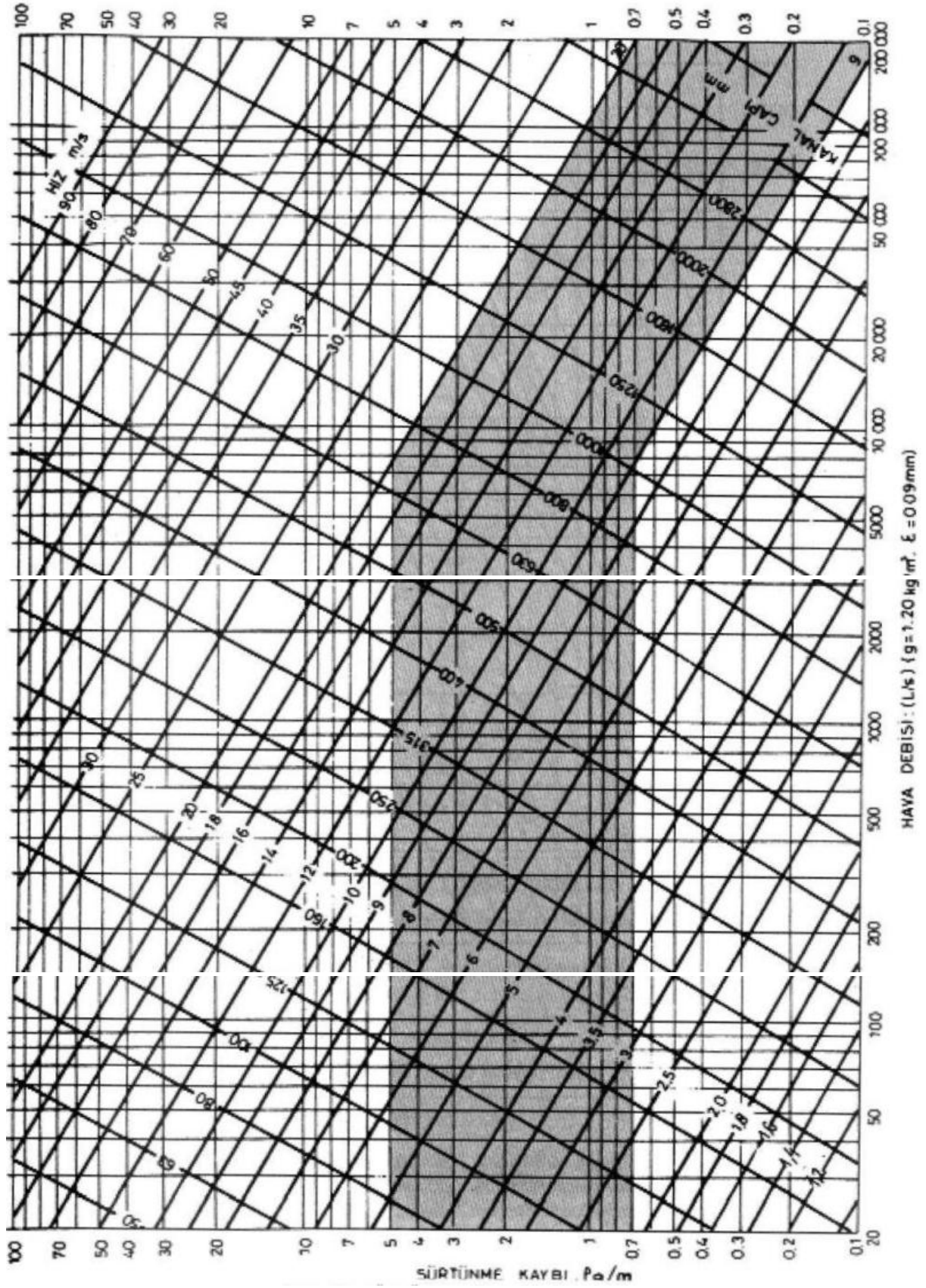
Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s))	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)
1.0	0.6	10.0	60	19.0	217	28.0	472	37.0	824
1.2	0.9	10.2	63	19.2	222	28.2	479	37.2	833
1.4	1.2	10.4	65	19.4	227	28.4	486	37.4	842
1.6	1.5	10.6	68	19.6	231	28.6	493	37.6	851
1.8	2.0	10.8	70	19.8	236	28.8	499	37.8	860
2.0	2.4	11.0	73	20.0	241	29.0	506	38.0	870
2.2	2.9	11.2	76	20.2	246	29.2	513	38.2	879
2.4	3.5	11.4	78	20.4	251	29.4	521	38.4	888
2.6	4.1	11.6	81	20.6	256	29.6	528	38.6	897
2.8	4.7	11.8	84	20.8	261	29.8	535	38.8	907
3.0	5.4	12.0	87	21.0	266	30.0	542	39.0	916
3.2	6.2	12.2	90	21.2	271	30.2	549	39.2	925
3.4	7.0	12.4	93	21.4	276	30.4	557	39.4	936
3.6	7.8	12.6	96	21.6	281	30.6	564	39.6	944
3.8	8.7	12.8	99	21.8	286	30.8	571	39.8	954
4.0	9.6	13.0	102	22.0	291	31.0	579	40.0	963
4.2	10.6	13.2	105	22.2	297	31.2	586	40.2	973
4.4	11.7	13.4	108	22.4	302	31.4	594	40.4	983
4.6	12.7	13.6	111	22.6	308	31.6	601	40.6	993
4.8	13.9	13.8	115	22.8	313	31.8	609	40.8	1002
5.0	15.1	14.0	118	23.0	319	32.0	617	41.0	1012
5.2	16.3	14.2	121	23.2	324	32.2	624	41.2	1022
5.4	17.6	14.4	125	23.4	330	32.4	632	41.4	1032
5.6	18.9	14.6	128	23.6	335	32.6	640	41.6	1042
5.8	20.3	14.8	132	23.8	341	32.8	648	41.8	1052
6.0	21.7	15.0	135	24.0	347	33.0	656	42.0	1062
6.2	23.1	15.2	139	24.2	353	33.2	664	42.2	1072
6.4	24.7	15.4	143	24.4	359	33.4	672	42.4	1083
6.6	26.2	15.6	147	24.6	364	33.6	680	42.6	1093
6.8	27.8	15.8	150	24.8	370	33.8	688	42.8	1103
7.0	29.5	16.0	154	25.0	376	34.0	696	43.0	1113
7.2	31.2	16.2	158	25.2	382	34.2	704	43.2	1124
7.4	33.0	16.4	162	25.4	389	34.4	713	43.4	1134
7.6	34.8	16.6	166	25.6	395	34.6	721	43.6	1145
7.8	36.6	16.8	170	25.8	401	34.8	729	43.8	1155
8.0	38.5	17.0	174	26.0	407	35.0	738	44.0	1166
8.2	40.5	17.2	178	26.2	413	35.2	746	44.2	1176
8.4	42.5	17.4	182	26.4	420	35.4	755	44.4	1187
8.6	44.5	17.6	187	26.6	426	35.6	763	44.6	1198
8.8	46.6	17.8	191	26.8	433	35.8	772	44.8	1209
9.0	48.8	18.0	195	27.0	439	36.0	780	45.0	1219
9.2	51.0	18.2	199	27.2	446	36.2	789	45.2	1230
9.4	53.2	18.4	204	27.4	452	36.4	798	45.4	1241
9.6	55.5	18.6	208	27.6	459	36.6	807	45.6	1252
9.8	57.8	18.8	213	27.8	465	36.8	815	45.8	1263

TABLO 2 - EŞDEĞER SÜRTÜNME VE KAPASİTE İÇİN, DİKDÖRTGEN KESİTLİ KANALLARA EŞDEĞER, YUVARLAK KESİTLİ KANALLAR

Dikdörtgen Kanal Kenarı	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	Dikdörtgen Kanal Kenarı
100	109																				100
125	122	137																			125
150	133	150	164																		150
175	143	161	177	191																	175
200	152	172	189	204	219																200
225	161	181	200	216	232	246															225
250	169	190	210	228	244	259	273														250
275	176	199	220	238	256	272	287	301													275
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328												300
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383											350
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437										400
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492									450
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547								500
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601							550
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656						600
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711					650
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765				700
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820			750
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875		800
900	289	330	367	402	435	465	494	522	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	900
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	1000
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	1100
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	1200
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	1300
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	1400
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	1500
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	1600
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	1700
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	1800
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	1900
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	2000
2100	402	461	516	566	614	659	702	743	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	2100
2200	410	470	525	577	625	671	715	757	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	2200
2300	417	478	534	587	636	683	728	771	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	2300
2400	424	486	543	597	647	695	740	784	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	2400
2500	430	494	552	606	658	706	753	797	840	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589	2500
2600	437	501	560	616	668	717	764	810	853	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	2600
2700	443	509	569	625	678	728	776	822	866	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	2700
2800	450	516	577	634	688	738	787	834	879	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	2800
2900	456	523	585	643	697	749	798	845	891	977	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	2900
Dikdörtgen Kanal Kenarı	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	Dikdörtgen Kanal Kenarı

Dikdörtgen Kanal Kenarı	1000 1100 1200 1300 1400	1500 1600 1700 1800 1900	2000 2100 2200 2300 2400	2500 2600 2700 2800 2900	Dikdörtgen Kanal Kenarı
1000	1093				1000
1100	1146 1202				1100
1200	1196 1256 1312				1200
1300	1244 1306 1365 1421				1300
1400	1289 1354 1416 1475 1530				1400
1500	1332 1400 1464 1526 1584	1640			1500
1600	1373 1444 1511 1574 1635	1693 1749			1600
1700	1413 1486 1555 1621 1684	1745 1803 1858			1700
1800	1451 1527 1598 1667 1732	1794 1854 1912 1968			1800
1900	1488 1566 1640 1710 1778	1842 1904 1964 2021 2077			1900
2000	1523 1604 1680 1753 1822	1889 1952 2014 2073 2131	2186		2000
2100	1558 1640 1719 1793 1865	1933 1999 2063 2124 2183	2240 2296		2100
2200	1591 1676 1756 1833 1906	1977 2044 2110 2173 2233	2292 2350 2405		2200
2300	1623 1710 1793 1871 1947	2019 2088 2155 2220 2283	2343 2402 2459 2514		2300
2400	1655 1744 1828 1909 1986	2060 2131 2200 2266 2330	2393 2453 2511 2568 2624		2400
2500	1685 1776 1862 1945 2024	2100 2173 2243 2311 2377	2441 2502 2562 2621 2678	2733	2500
2600	1715 1808 1896 1980 2061	2139 2213 2285 2355 2422	2487 2551 2612 2672 2730	2787 2842	2600
2700	1744 1839 1929 2015 2097	2177 2253 2327 2398 2466	2533 2598 2661 2722 2782	2840 2896 2952	2700
2800	1772 1869 1961 2048 2133	2214 2292 2367 2439 2510	2578 2644 2708 2771 2832	2891 2949 3006 3061	2800
2900	1800 1898 1992 2081 2167	2250 2329 2406 2480 2552	2621 2689 2755 2819 2881	2941 3001 3058 3115 3170	2900
	1000 1100 1200 1300 1400	1500 1600 1700 1800 1900	2000 2100 2200 2300 2400	2500 2600 2700 2800 2900	
Dikdörtgen Kanal Kenarı					Dikdörtgen Kanal Kenarı
Eşdeğer yuvarlak kanal formülü: $D_e = 1.30 \left[(a.b)^{0.625} / (a+b)^{0.250} \right]$					

TABLO3 - DÜZ KANAL BASINÇ KAYBI TABLOSU



8.4 TABLO 4 – DİKDÖRTGEN DİRSEK, KESKİN, GENİŞLEYEN VEYA DARALAN AKIŞTA

H/W	C KATSAYISI					
	W ₁ /W					
	0.6	0.8	1.2	1.4	1.6	2.0
0.25	1.8	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1
1.0	1.7	1.4	1.0	0.95	0.90	0.84
4.0	1.5	1.1	0.81	0.76	0.72	0.66
X	1.5	1.0	0.69	0.63	0.60	0.55

TABLO 5 – DİKDÖRTGEN DİRSEK, KANATSIZ GENİŞ AÇILI

R/W	C KATSAYISI										
	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.27	0.21
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

R/W	Re SAYISI İÇİN DÜZELTME SAYISI								
	Re 10 ⁻⁴								
	1	2	3	4	6	8	10	14	≥20
0.5	1.40	1.26	1.19	1.14	1.09	1.06	1.04	1.0	1.0
≥0.75	2.0	1.77	1.64	1.56	1.46	1.38	1.30	1.15	1.0

Re = 66.4 DV
 Burada :
 D = kanal çapı (mm)
 V = kanaldaki hız (m/s)
 Dikdörtgen kanallar için:

$$D = \frac{2 HW}{H + W}$$

TABLO 6 – DİKDÖRTGEN KANAL GEÇİŞİ

A ₁ /A	C KATSAYISI							
	θ							
	16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
2	0.18	0.22	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33	0.30
4	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61	0.63	0.63	0.63
6	0.42	0.47	0.58	0.68	0.72	0.76	0.76	0.75
≥10	0.42	0.49	0.59	0.70	0.80	0.87	0.85	0.86

A = GİRİŞ KESİT ALANI,
 A₁ = ÇIKIŞ KESİT ALANI

TABLO 7 – FANA GÖRE SİMETRİK, KENARLAR DÜZ GEÇİŞ PARÇASI

		C KATSAYISI					
A_1/A		1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
θ							
10°	0.05	0.07	0.09	0.10	0.11	0.11	
15°	0.06	0.09	0.11	0.13	0.13	0.14	
20°	0.07	0.10	0.13	0.15	0.16	0.16	
25°	0.08	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	
30°	0.16	0.24	0.29	0.32	0.34	0.35	
35°	0.24	0.34	0.39	0.44	0.48	0.50	

TABLO 8 – YUVARLAK VEYA DİKDÖRTGEN REDÜKSİYON

		C KATSAYISI						
A_1/A		θ						
		10°	15° - 40°	50° - 60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26	
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41	
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42	
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43	

TABLO 9 – DİKDÖRTGENDEN YUVARLAK KESİTE REDÜKSİYON

		C KATSAYISI							
$Re \cdot 10^{-4}$		1	2	4	6	8	10	20	≥ 40
C		0.27	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.04	0

Re = 66,4 D.V (Metrik birim)

TABLO 10 – YUVARLAK BRANŞTAN DİKDÖRTGEN ANA KANALA GENİŞLEYEN T BAĞLANTI

BRANŞMAN, C KATSAYISI										
V_c (m/s)	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< (6)	-0.63	-0.55	0.13	0.23	0.78	1.30	1.93	3.10	4.88	5.60
> (6)	-0.49	-0.21	0.23	0.60	1.27	2.06	2.75	3.70	4.93	5.95

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

TABLO 11 – DİKDÖRTGEN BRANŞTAN DİKDÖRTGEN ANA KANALA GENİŞLEYEN T BAĞLANTI

BRANŞMAN, C KATSAYISI										
V_c (m/s)	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< (6)	-0.75	-0.53	-0.03	0.33	1.03	1.10	2.15	2.93	4.18	4.78
> (6)	-0.69	-0.21	0.23	0.67	1.17	1.66	2.67	3.36	3.93	5.13

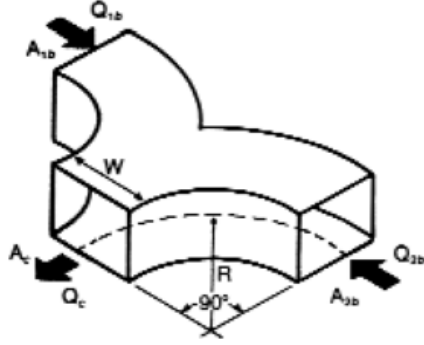
A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

TABLO 12 – ANA KANALA 45° BRANŞ GİRİŞİ, GENİŞLEYEN T BAĞLANTI

BRANŞMAN, C KATSAYISI										
V_c (m/s)	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< (6)	-0.83	-0.68	-0.30	0.28	0.55	1.03	1.50	1.93	2.50	3.03
> (6)	-0.72	-0.52	-0.23	0.34	0.76	1.14	1.83	2.01	2.90	3.63

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

TABLO 13 – DİKDÖRTGEN SİMETRİK PANTOLON PARÇASI

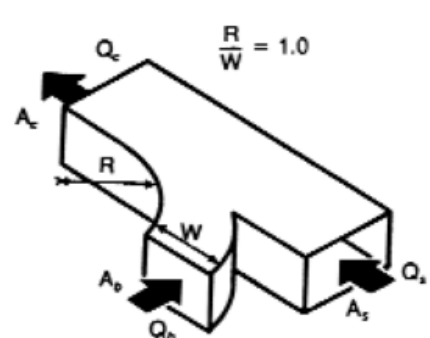


ANA KANAL, C KATSAYISI											
A_s	A_b	Q_b/Q_s									
A_c	A_c	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.3	0.2	5.3	-0.1	2.0	1.1	0.34	-0.20	-0.61	-0.93	-1.2	-1.4
	0.3	5.4	3.7	2.5	1.6	1.0	0.53	0.16	-0.14	-0.38	-0.58
0.4	0.2	1.9	1.1	0.46	-0.07	-0.49	-0.83	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
	0.3	2.0	1.4	0.81	0.42	0.08	-0.20	-0.43	-0.62	-0.78	-0.92
	0.4	2.0	1.5	1.0	0.68	0.39	0.16	-0.04	-0.21	-0.35	-0.47
0.5	0.2	0.77	0.34	-0.09	-0.48	-0.81	-1.1	1.3	-1.5	-1.7	-1.8
	0.3	0.85	0.56	0.25	-0.03	-0.27	-0.48	-0.67	-0.82	-0.96	-1.1
	0.4	0.88	0.66	0.43	0.21	0.02	-0.15	-0.30	-0.42	-0.54	-0.64
	0.5	0.91	0.73	0.54	0.36	0.21	0.06	-0.06	-0.17	-0.26	-0.35
0.6	0.2	0.30	0	-0.34	-0.67	-0.96	-1.2	-1.4	-1.6	-1.8	-1.9
	0.3	0.37	0.21	-0.02	-0.24	-0.44	-0.63	-0.79	-0.93	-1.1	-1.2
	0.4	0.40	0.31	0.16	-0.01	-0.16	-0.30	-0.43	-0.54	-0.64	-0.73
	0.5	0.43	0.37	0.26	0.14	0.02	-0.09	-0.20	-0.29	-0.37	-0.45
	0.6	0.44	0.41	0.33	0.24	0.14	0.05	-0.03	-0.11	-0.18	-0.25
0.8	0.2	-0.06	-0.27	-0.57	-0.86	-1.1	-1.4	-1.6	-1.7	-1.9	-2.0
	0.3	0	-0.08	-0.25	-0.43	-0.62	-0.78	-0.93	-1.1	-1.2	-1.3
	0.4	0.04	0.02	-0.08	-0.21	-0.34	-0.46	-0.57	-0.67	-0.77	-0.85
	0.5	0.06	0.08	0.02	-0.06	-0.16	-0.25	-0.34	-0.42	-0.50	-0.57
	0.6	0.07	0.12	0.09	0.03	-0.04	-0.11	-0.18	-0.25	-0.31	-0.37
	0.7	0.08	0.15	0.14	0.10	0.05	-0.01	-0.07	-0.12	-0.17	-0.22
	0.8	0.09	0.17	0.18	0.16	0.11	0.07	0.02	-0.02	-0.07	-0.11
1.0	0.2	-	-0.39	-0.67	-0.96	-1.2	-1.5	-1.6	-1.8	-2.0	-2.1
	0.3	-	-0.19	-0.35	-0.54	-0.71	-0.87	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4
	0.4	-	-0.10	-0.19	-0.31	-0.43	-0.55	-0.66	-0.77	-0.86	-0.94
	0.5	-	-0.04	-0.09	-0.17	-0.26	-0.35	-0.44	-0.52	-0.59	-0.66
	0.6	-	0	-0.02	-0.07	-0.14	-0.21	-0.28	-0.34	-0.40	-0.46
	0.8	-	0.06	0.07	0.05	0.02	-0.03	-0.07	-0.12	-0.16	-0.20
	1.0	-	0.09	0.13	0.13	0.11	0.08	0.06	0.03	-0.01	-0.03

C KATSAYISI		
A_{1b}/A_c veya A_{2b}/A_c	0.50	1.0
C	0.23	0.07

$$\frac{R}{W} = 1.5 \quad \frac{Q_{1b}}{Q_c} = \frac{Q_{2b}}{Q_c} = 0.5$$

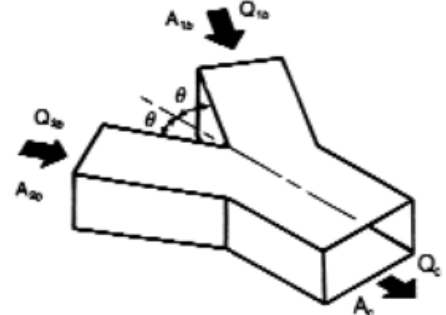
TABLO 14 – GENİŞLEYEN DİKDÖRTGEN PANTOLON PARÇASI



BRANŞMAN, C KATSAYISI										
A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-0.50	0	0.50	1.2	2.2	3.7	5.8	8.4	11
0.33	0.25	-1.2	-0.40	0.40	1.6	3.0	4.8	6.8	8.9	11
0.5	0.5	-0.50	-0.20	0	0.25	0.45	0.70	1.0	1.5	2.0
0.67	0.5	-1.0	-0.60	-0.20	0.10	0.30	0.60	1.0	1.5	2.0
1.0	0.5	-2.2	-1.5	-0.95	-0.50	0	0.40	0.80	1.3	1.9
1.0	1.0	-0.60	-0.30	-0.10	-0.04	0.13	0.21	0.29	0.36	0.42
1.33	1.0	-1.2	-0.80	-0.40	-0.20	0	0.16	0.24	0.32	0.38
2.0	1.0	-2.1	-1.4	-0.90	-0.50	-0.20	0	0.20	0.25	0.30

ANA KANAL, C KATSAYISI										
A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.75	0.25	0.30	0.30	0.20	-0.10	-0.45	-0.92	-1.5	-2.0	-2.6
1.0	0.5	0.17	0.16	0.10	0	-0.08	-0.18	-0.27	-0.37	-0.46
0.75	0.5	0.27	0.35	0.32	0.25	0.12	-0.03	-0.23	-0.42	-0.58
0.5	0.5	1.2	1.1	0.90	0.65	0.35	0	-0.40	-0.80	-1.3
1.0	1.0	0.18	0.24	0.27	0.26	0.23	0.18	0.10	0	-0.12
0.75	1.0	0.75	0.36	0.38	0.35	0.27	0.18	0.05	-0.08	-0.22
0.5	1.0	0.80	0.87	0.80	0.68	0.55	0.40	0.25	0.08	-0.10

TABLO 15 – YUVARLAK VEYA DİKDÖRTGEN PANTOLON PARÇASI



C KATSAYISI											
θ	Q_{1b}/Q_c or Q_{2b}/Q_c										
	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.0
15°	-2.6	-1.9	-1.3	-0.77	-0.30	0.10	0.41	0.67	0.85	0.97	1.0
30°	-2.1	-1.5	-1.0	-0.53	-0.10	0.28	0.69	0.91	1.1	1.4	1.6
45°	-1.3	-0.93	-0.55	-0.16	0.20	0.56	0.92	1.26	1.6	2.0	2.3

$A_{1b} = A_{2b}$
 $A_c = A_{1b} + A_{2b}$
 olduğu durumda

TABLO 16 – YUVARLAK T VEYA W PARÇASI (30° - 90°)

	ANA KANAL, C KATSAYISI									
	V_b/V_c	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
	C	0.35	0.28	0.22	0.17	0.13	0.09	0.06	0.02	0
	W $\theta = 30^\circ$: BRANŞMAN, C KATSAYISI									
	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	0.8	0.75	0.55	0.40	0.28	0.21	0.16	0.15	0.16	0.19
	0.7	0.72	0.51	0.36	0.25	0.18	0.16	0.16	0.20	0.26
	0.6	0.69	0.46	0.31	0.21	0.17	0.16	0.20	0.28	0.39
	0.5	0.65	0.41	0.26	0.19	0.18	0.22	0.32	0.47	0.67
	0.4	0.59	0.33	0.21	0.20	0.27	0.40	0.62	0.92	1.3
	0.3	0.55	0.28	0.24	0.38	0.76	1.3	2.0	—	—
	0.2	0.40	0.26	0.58	1.3	2.5	—	—	—	—
	0.1	0.28	1.5	—	—	—	—	—	—	—
	W $\theta = 45^\circ$: BRANŞMAN, C KATSAYISI									
	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	0.8	0.78	0.62	0.49	0.40	0.34	0.31	0.32	0.35	0.40
	0.7	0.77	0.59	0.47	0.38	0.34	0.32	0.35	0.41	0.50
	0.6	0.74	0.56	0.44	0.37	0.35	0.36	0.43	0.54	0.68
	0.5	0.71	0.52	0.41	0.38	0.40	0.45	0.59	0.78	1.0
	0.4	0.66	0.47	0.40	0.38	0.40	0.45	0.59	0.78	1.0
	0.3	0.66	0.48	0.52	0.73	1.2	1.8	2.7	—	—
	0.2	0.56	0.56	1.0	1.8	—	—	—	—	—
	0.1	0.60	2.1	—	—	—	—	—	—	—
	W $\theta = 60^\circ$: BRANŞMAN, C KATSAYISI									
	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	0.8	0.83	0.71	0.62	0.56	0.50	0.50	0.53	0.60	0.68
	0.7	0.82	0.69	0.61	0.56	0.54	0.54	0.60	0.70	0.82
	0.6	0.81	0.68	0.60	0.58	0.61	0.61	0.72	0.87	1.1
	0.5	0.79	0.66	0.61	0.62	0.76	0.76	0.94	1.2	1.5
	0.4	0.76	0.65	0.65	0.74	1.1	1.1	1.4	1.8	2.3
	0.3	0.80	0.75	0.89	1.2	2.6	2.6	3.5	—	—
	0.2	0.77	0.96	1.6	2.5	—	—	—	—	—
	0.1	1.0	2.9	—	—	—	—	—	—	—
	T $\theta = 90^\circ$: BRANŞMAN, C KATSAYISI									
	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	0.8	0.95	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	1.1	1.2	1.4
	0.7	0.95	0.94	0.95	0.98	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6
	0.6	0.96	0.97	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.7	2.0
	0.5	0.97	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.8	2.1	2.5
	0.4	0.99	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.4	—	—
	0.3	1.1	1.4	1.8	2.3	—	—	—	—	—
	0.2	1.3	1.9	2.9	—	—	—	—	—	—
	0.1	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—

TABLO 17 – T PARÇA 45° GİRİŞ , DİKDÖRTEN ANA KANAL VEYA BRANŞMAN

BRANŞMAN, C KATSAYISI									
A_b/A_c	Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.91								
0.4	0.81	0.79							
0.6	0.77	0.72	0.70						
0.8	0.78	0.73	0.69	0.66					
1.0	0.78	0.98	0.85	0.79	0.74				
1.2	0.90	1.11	1.16	1.23	1.03	0.86			
1.4	1.19	1.22	1.26	1.29	1.54	1.25	0.92		
1.6	1.35	1.42	1.55	1.59	1.63	1.50	1.31	1.09	
1.8	1.44	1.50	1.75	1.74	1.72	2.24	1.63	1.40	1.17

TABLO 18 – T PARÇA, DİKDÖRTEN ANA KANAL VEYA BRANŞMAN

BRANŞMAN, C KATSAYISI									
A_b/A_c	Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.03								
0.4	1.04	1.01							
0.6	1.11	1.03	1.05						
0.8	1.16	1.21	1.17	1.12					
1.0	1.38	1.40	1.30	1.36	1.27				
1.2	1.52	1.61	1.68	1.91	1.47	1.66			
1.4	1.79	2.01	1.90	2.31	2.28	2.20	1.95		
1.6	2.07	2.28	2.13	2.71	2.99	2.81	2.09	2.20	
1.8	2.32	2.54	2.64	3.09	3.72	3.48	2.21	2.29	2.57

TABLO 19 – DİKDÖRTGEN KESİTLİ AYRILMA PARÇASI

BRANŞMAN, C KATSAYISI										
A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	0.55	0.50	0.60	0.85	1.2	1.8	3.1	4.4	6.0
0.33	0.25	0.35	0.35	0.50	0.80	1.3	2.0	2.8	3.8	5.0
0.5	0.5	0.62	0.48	0.40	0.40	0.48	0.60	0.78	1.1	1.5
0.67	0.5	0.52	0.40	0.32	0.30	0.34	0.44	0.62	0.92	1.4
1.0	0.5	0.44	0.38	0.38	0.41	0.52	0.68	0.92	1.2	1.6
1.0	1.0	0.67	0.55	0.46	0.37	0.32	0.29	0.29	0.30	0.37
1.33	1.0	0.70	0.60	0.51	0.42	0.34	0.28	0.26	0.26	0.29
2.0	1.0	0.60	0.52	0.43	0.33	0.24	0.17	0.15	0.17	0.21

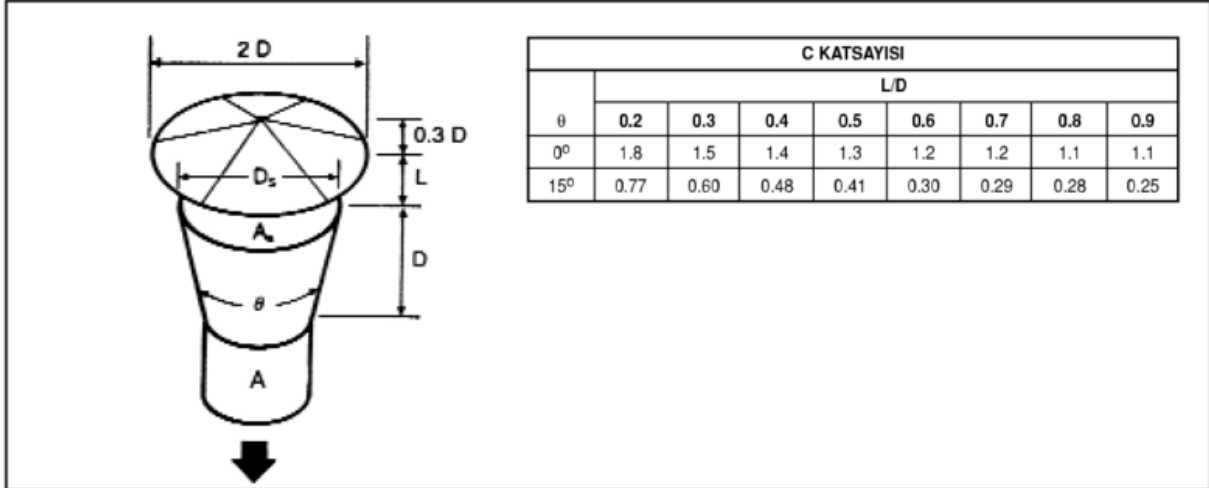
BRANŞMAN, C KATSAYISI										
A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-0.01	-0.03	-0.01	0.05	0.13	0.21	0.29	0.38	0.46
0.33	0.25	0.08	0	-0.02	-0.01	0.02	0.08	0.16	0.24	0.34
0.5	0.5	-0.03	-0.06	-0.05	0	0.06	0.12	0.19	0.27	0.35
0.67	0.5	0.04	-0.02	-0.04	-0.03	-0.01	0.04	0.12	0.23	0.37
1.0	0.5	0.72	0.48	0.28	0.13	0.05	0.04	0.09	0.18	0.30
1.0	1.0	-0.02	-0.04	-0.04	-0.01	0.06	0.13	0.22	0.30	0.38
1.33	1.0	0.10	0	0.01	-0.03	-0.01	0.03	0.10	0.20	0.30
2.0	1.0	0.62	0.38	0.23	0.13	0.08	0.05	0.06	0.10	0.20

TABLO 20 – DİKDÖRTGEN VEYA YUVARLAK PANTOLON PARÇA

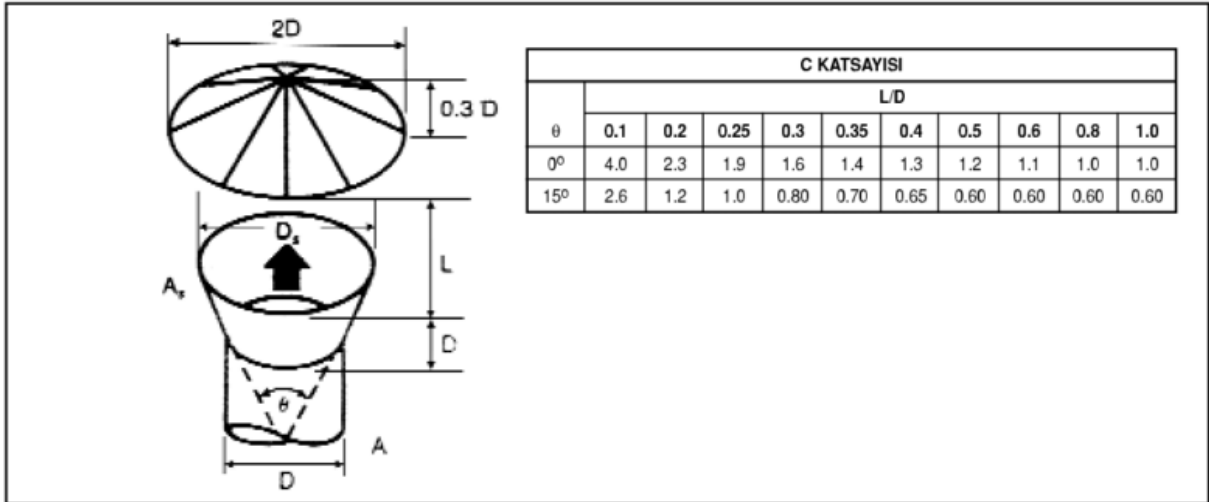
C KATSAYISI							
θ	V_{1b}/V_c veya V_{2b}/V_c						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
15°	0.81	0.65	0.51	0.38	0.28	0.20	0.11
30°	0.84	0.69	0.56	0.44	0.34	0.26	0.19
45°	0.87	0.74	0.63	0.54	0.45	0.38	0.29
60°	0.90	0.82	0.79	0.66	0.59	0.53	0.43
90°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

C KATSAYISI						
θ	V_{1b}/V_c veya V_{2b}/V_c					
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
15°	0.06	0.14	0.30	0.51	0.76	1.0
30°	0.15	0.15	0.30	0.51	0.76	1.0
45°	0.24	0.23	0.30	0.51	0.76	1.0
60°	0.36	0.33	0.39	0.51	0.76	1.0
90°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

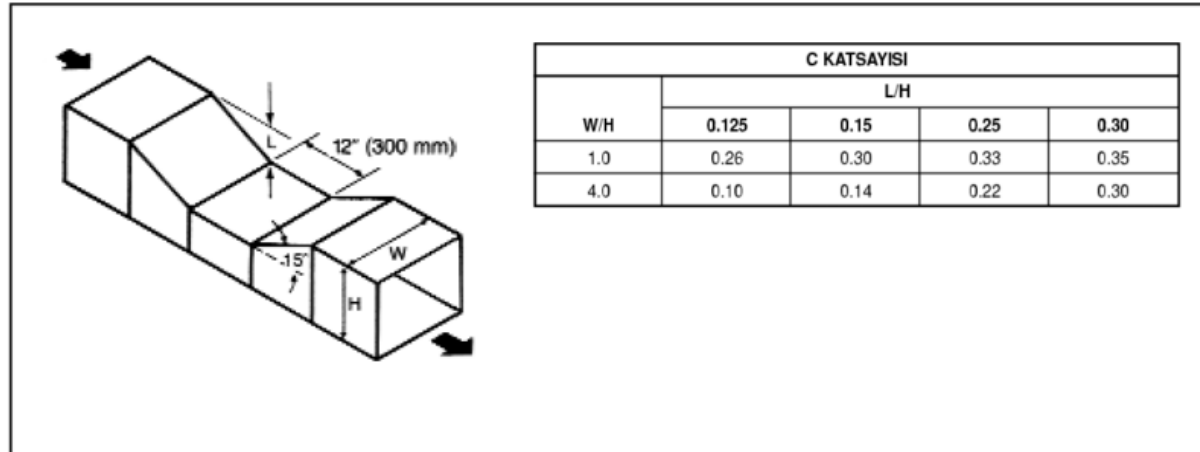
TABLO 21 – EMİŞ AĞZI



TABLO 22 – EGZOZ ÇIKIŞI



TABLO 23 – DİKDÖRTGEN KANAL ENGEL GEÇİŞİ



KAYNAKÇA (ORS MAKİNA-BOMAKSAN KATALOĞU)

- Endüstriyel Havalandırma - Ahmet H. GÖKŞİN / Dr. Mustafa BİLGE
- Isısan Çalışmaları No : 305 - Klima Tesisatı - Makine Y. Müh. Rüknettin KÜÇÜKÇALI
- Pnömatik İletim Temel Bilgileri - Mak.Müh. Nuri ARUN / Mak.Müh. Hüseyin AKKOÇ