# BÖLÜM 2

# HAVALANDIRMA SİSTEM ELEMANLARI

***AMAÇ***

Havalandırma sistem elemanlarını tanıyabilme ve kataloglardan seçebilme.

## 2. HAVALANDIRMA SİSİTEM ELEMANLARI

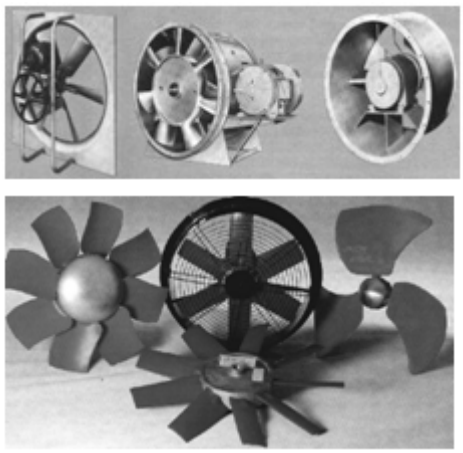
### 2.1. Fan ve Fan Çeşitleri

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.

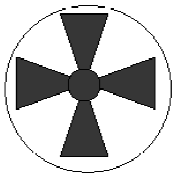
### 2.1.1. Aksiyal (eksenel) Tip Fanlar

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.

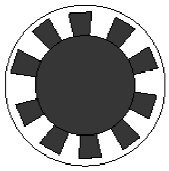


Şekil 2.1. Aksiyal tip fanlar

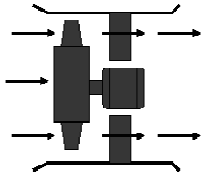
1. Pervane kanatlı tip: Alçak, orta ve yüksek basınçlı genel ısıtma, havalandırma ve klima uygulamalarında kullanılırlar.
2. Silindir kanat tip: Alçak ve orta basınçlı sistemlerde ve kurutma ve boyama kabinlerinin egzozlarında kullanılırlar.
3. Kılavuzlu silindir tip: Alçak statik basınçlı, büyük hava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



Şekil 2.2. Pervane kanatlı



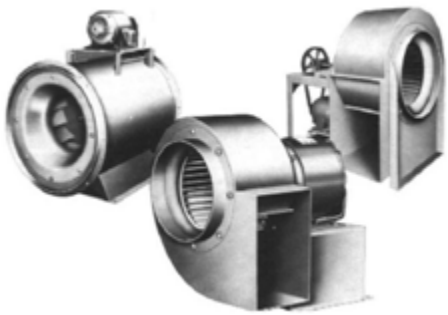
Şekil 2.3. Silindir kanat



Şekil 2.4. Kılavuzlu sil.

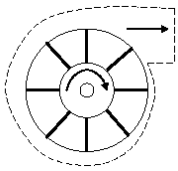
### 2.1.2. Radyal Tip Fanlar

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.

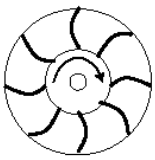


Şekil 2.5. Radyal Tip Fanlar

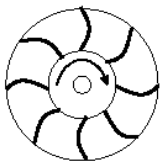
1. Radyal (eğimsiz) tip: Endüstriyel tesislerde malzeme nakli için veya yüksek basınçlı kilma tesislerinde kullanılırlar.
2. Öne eğimli kanatlı tip: Alçak basınçlı havalandırma sistemlerinde, paket klima cihazları, ev tipi sıcak hava aparayleri ve fanlı serpantinlerde kullanılırlar.
3. Geriye eğimli kanat tip: Genel havalandırma sistemlerinde kullanılırlar.
4. Aerodinamik kanatlı tip: Genel havalandıra 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 $m^3/h$, statik basıncı 25 mmSS, devir sayısı 1687 d/dk ve gücü 3.08 BG olan bir fanın yeni debisi 15000 $m^3/h$ çıkartılırsa yeni karakteristikleri ne olur?

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

$$n_2 = 1687.\frac{15000}{10300} \qquad n_2 = 2457 \;\; d/dk$$

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

$$P_2 = 25.\left(\frac{2457}{1687}\right)^2 \qquad P_2 = 53\, mmSS$$

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

$$N_2 = 3,08.\left(\frac{2457}{1687}\right)^3 \qquad N_2 = 9,51 \; BG$$

bulunur.

## 2.3. Fan Seçiminde Kullanılan Gerekli Parametreler

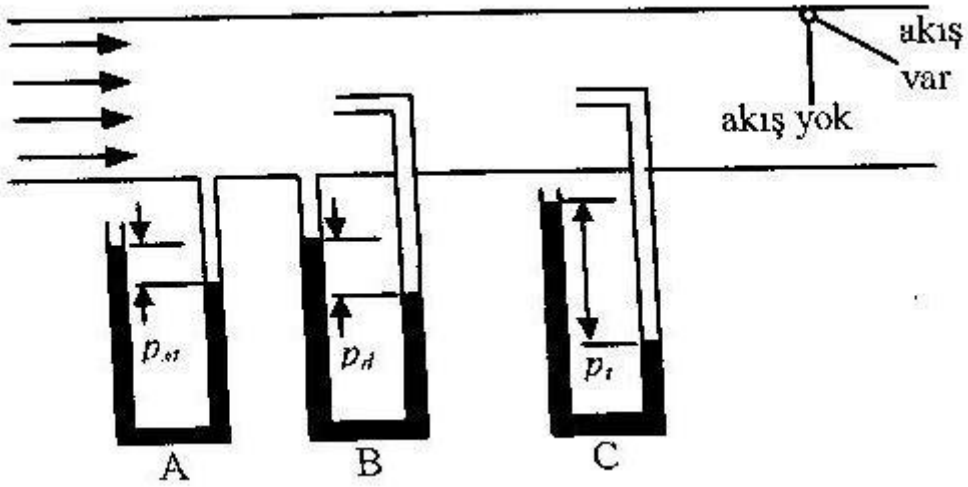
### 2.3.1. Mutlak Basınç

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

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

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 bağlanış şekline göre, kanalda hüküm süren üç değişik basınç okunabilir.




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

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

$P_t =$ Toplam basınç

$P_{st} =$ Statik basınç

$P_d =$ Dinamik basınç

$\rho_h =$ Havanın yoğunluğu (1,2 kg/m$^3$)

$V =$ 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.

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

H = Basma yüksekliği (mmSS)

$\rho_{su}$ = Suyun yoğunluğu (998,3 kg/m$^3$)

g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s$^2$)

**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.

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

Q = Havanın hacimsel debisi (m$^3$/s)

$\Delta P_t =$ Fanın giriş ve çıkışı arasındaki toplam basınç farkı (Pa)

**2.3.4. Debi**

Debi, birim zamanda geçen hava miktarıdır.

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

V= Hız (m/s)

A= Kesit alanı ($m^2$)

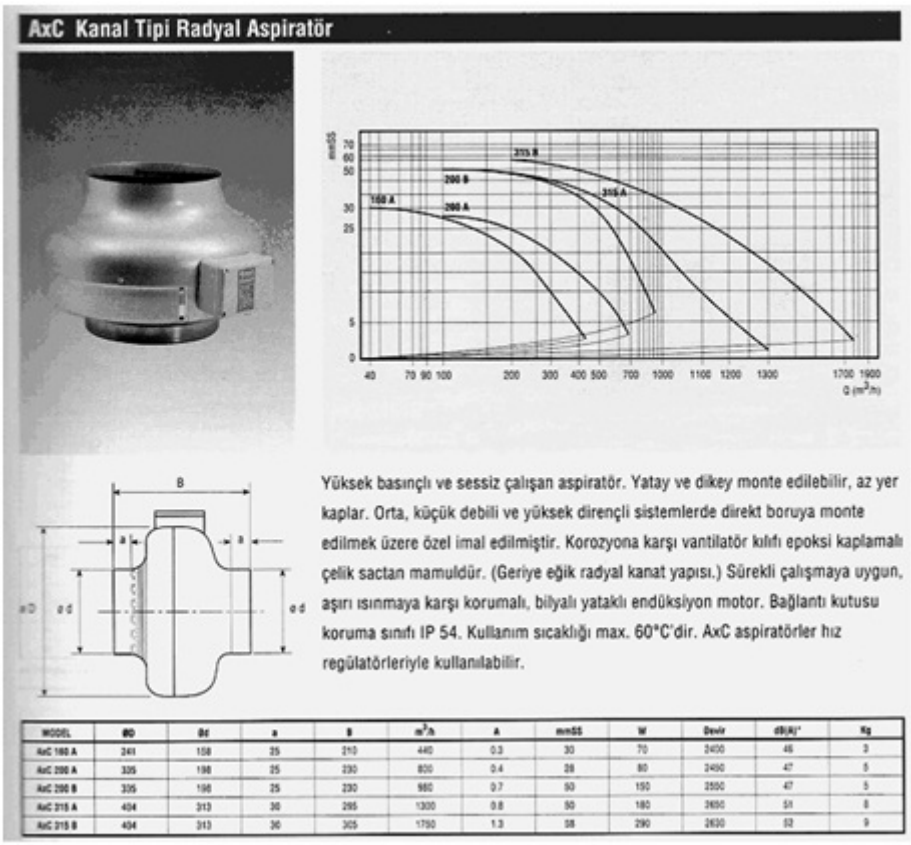
### 2.4. Fan Performans Eğrileri

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;

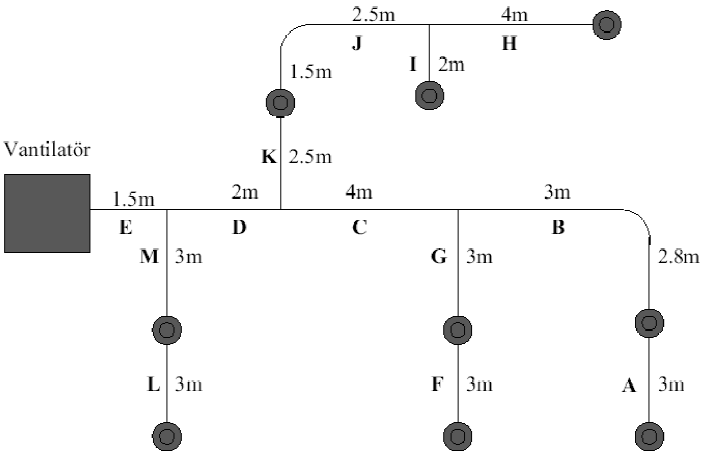
1. Sistemin tamamen tasarlanmış olması, tüm elemanlarının ve boyutlarının belirlenmiş olması gereklidir.
2. Hava miktarı (debisi) değerleri tespit edilmelidir.
3. Kanal, menfez, panjur, damper, hava yıkayıcısı, filtre, ısıtıcı ve soğutucu serpantin gibi kısımlardaki basınç kayıpları toplanarak statik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




| MODEL | ØD | Ød | a | B | m³/h | A | mmSS | W | Devir | dB(A)* | Kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AxC 160 A | 241 | 158 | 25 | 210 | 440 | 0.3 | 30 | 70 | 3400 | 46 | 3 |
| AxC 200 A | 305 | 198 | 25 | 230 | 800 | 0.4 | 28 | 80 | 3400 | 47 | 5 |
| AxC 200 B | 305 | 198 | 25 | 230 | 980 | 0.7 | 50 | 150 | 2850 | 47 | 5 |
| AxC 315 A | 404 | 313 | 30 | 285 | 1300 | 0.8 | 50 | 180 | 2690 | 51 | 8 |
| AxC 315 B | 404 | 313 | 30 | 305 | 1750 | 1.3 | 58 | 290 | 2630 | 52 | 9 |

Şekil 2.11. Fan Performans Eğrisi ve Tablosu

**Örnek:** Şekildeki havalandırma sisteminde difüzörler 500 $m^3/h$ debiye sahiptir. Toplam basınç kaybı 9,79 mmSS olduğuna göre fan seçimini yapınız.




Şekil 2.12. Havalandırma Sistemi

Her bir difüzör 500 $m^3/h$'lik debiye sahip olduğuna göre, fan çıkışındaki E ile tanımlanan kanaldaki debi miktarı;

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

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

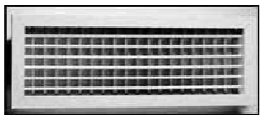
Bir havalandırma sisteminin en son unsurudur ve mahal içinde bulunmaktadır. Menfezlerden genel olarak beklenenler şunlardır:

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

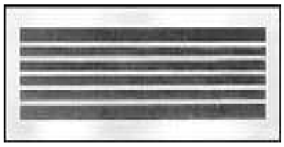
Menfezler havanın akış yönüne göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

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



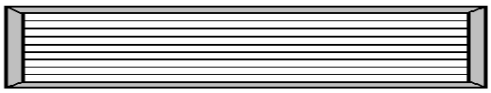
Şekil 2.13

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.

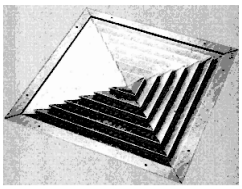


Şekil 2.15

### 2.8.2. Difizörler (Anemostat)

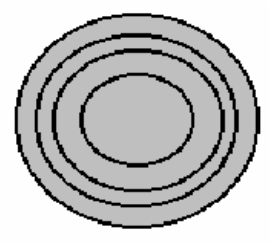
Besleme havasını farlı yönlerde ve düzlemlerde dağıtan hava çıkış elemanlarına difüzör denir. Aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

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 yapılır. Standart imalat, doğal renkte eloksallıdır. İstendiğinde anolok renklendirme, sellüzoik veya sentetik fırın boya yapılmaktadır.



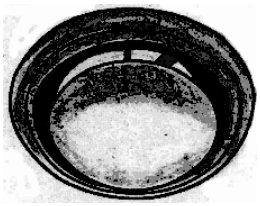
Şekil 2.16

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



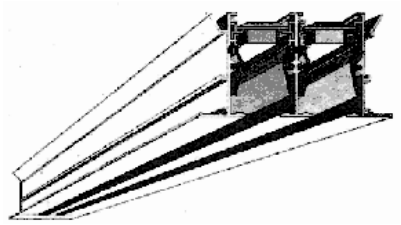
Şekil 2.17

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



Şekil 2.18

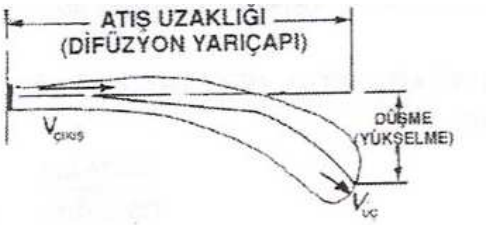
4. **Lineer Difüzörler:** Yönlendirici kanatlarla, düşey veya yatay hava akışı sağlanabilir. Hava miktarının ayarı, hava akışını doğrultan damperle yapılamaktadır. Çok bölmeli difüzörlerde, her bölüm ayrı olarak ayar edilebilir. İstenildiğinde; yan kapakları ile (montajlı veya ayrı) bir de plenum kutusu 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 ekseni arasındaki 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 $m^3$/h ve 10 adet dağıtıcı kullanılacaktır. Menfez boyutlarını seçiniz.

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

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

**Çözüm:** Bir anemostat için 6000/8=750 $m^3$/h debi bulunur. Çizelge 2.2'den en yakın değer 720 $m^3$/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 cm² | 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 | 280 | 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 | 567 | 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 | 663 | 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 | 796 | 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 | 4488 | 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 | 11858 | 14229 | 16600 | 18972 | 23715 | 28458 | 33200 |

NOT: Hava Miktarı: m³/h NOTE: Air Quantity: m³/h

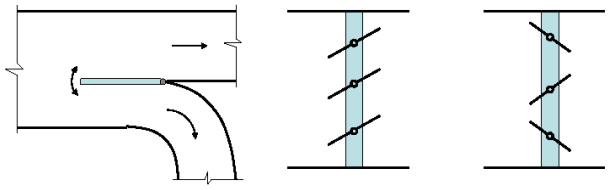
| Hız m/s | 1 | 1,53 | 2 | 2,54 | 3 | 3,55 | 4 | 5 | 6,1 | 7,11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Statik Basınç mmSS | 0.10 | 0.23 | 0.37 | 0.60 | 0.85 | 1.12 | 1.47 | 2.22 | 3.00 | 4.00 |

Çizelge 2.2. Bir Firmaya Ait Yuvarlak Anemostat Seçim Tablosu

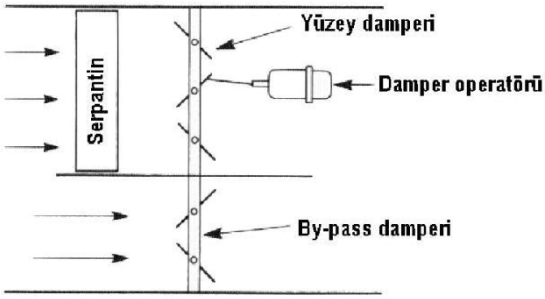
| Boğaz çapı Neck diameter ϕ | Çerçeveler Frames ϕ | YUVARLAK TAVAN DİFÜZÖRLERİNİN SEÇİM TABLOSU CIRCULAR CEILING DIFFUSERS SELECTION DIAGRAM | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hava çıkış hızı | Air flow | | m/s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 100 (0.00785 m²) | 300 | Hava Miktarı | Air quantity | | m³/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 | 1.7 |
| | | | | | max | 0.4 | 0.8 | 1.2 | 1.55 | 1.9 | 2.3 | 2.7 | 3.1 | 3.5 |
| | | 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 m²) | 400 | Hava miktarı | Air quantity | | m³/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 | 2.7 |
| | | | | | max | 0.7 | 1.3 | 2.0 | 2.6 | 3.1 | 3.7 | 4.4 | 5.0 | 5.6 |
| | | 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 m²) | 500 | Hava miktarı | Air quantity | | m³/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 | 3.9 |
| | | | | | max | 1.0 | 2.0 | 2.9 | 3.8 | 4.4 | 5.5 | 6.5 | 7.0 | 8.0 |
| | | 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 m²) | 600 | Hava miktarı | Air quantity | | m³/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 | 5.15 |
| | | | | | max | 1.5 | 2.7 | 4.0 | 5.2 | 6.3 | 7.5 | 8.55 | 9.5 | 10.5 |
| | | 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 m²) | 700 | Hava miktarı | Air quantity | | m³/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 | 7.0 |
| | | | | | max | 2.0 | 4.0 | 5.3 | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 11.0 | 13.0 | 14.0 |
| | | 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 m²) | 800 | Hava miktarı | Air quantity | | m³/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 | 8.4 |
| | | | | | max | 2.6 | 5.0 | 7.0 | 8.5 | 10.0 | 12.2 | 14.1 | 15.7 | 17.3 |
| | | 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 m²) | 900 | Hava miktarı | Air quantity | | m³/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 | 8.1 |
| | | | | | max | 3.0 | 6.0 | 8.2 | 9.3 | 10.5 | 13.4 | 15.7 | 17.1 | 19.3 |
| | | 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 200-40 000 mg/$m^3$ gibi yüksek değerlere ulaşır ki bu tür tozların filtrelenmesi buradaki konumuzun dışındadır. Hangi tip filtre kullanılacağının seçimine yardımcı olmak üzere hava filtrelerinin verimleri tespit edilmiştir. Diğer yandan havada bulunabilecek zerrelerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Uygulamanın özelliklerine göre havadaki zerrelerin 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.

a) Tutulan toz ağırlığına göre değerlendirme, Belirli oranlarda değişik zerrelerden oluşan tozlu havanın filtreden geçirilmesinde birim zamanda tutulan tozun ağırlığı.

b) Tozlu ve filtrelenmiş havadan belirli zaman aralıklarında numune olarak verim tespiti

c) Toz tutma kapasitesi tespitiyle değerlendirme

d) DOP (DI-Octyyı Phthalate) nüfuz etmesine göre değerlendirme. Daha ziyade yüksek verimli, filtrelerin verimlerinin tespitinde kullanılır.

e) 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, elyaflı 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.

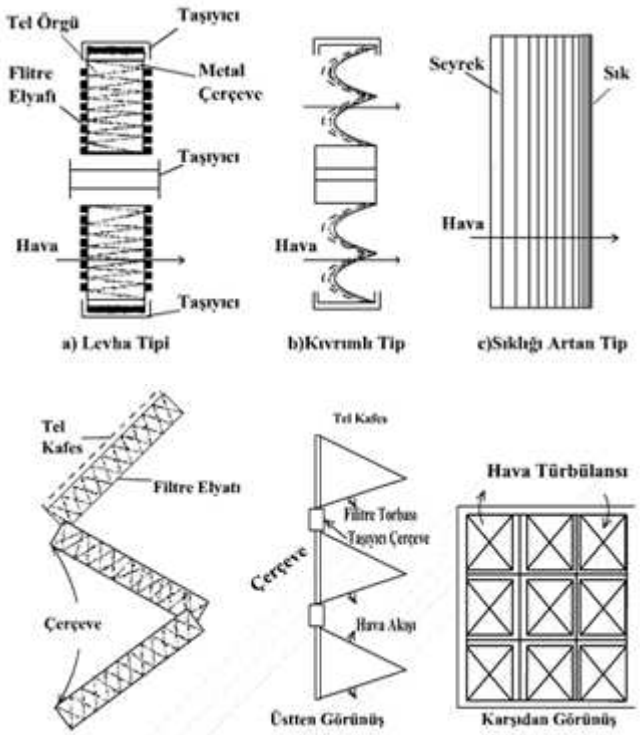
Bu tip filtreler 15 ila 100 mm kalınlıkta (daha çok 25 ila 50 mm) ve 60x 60 cm. boyutlarında yapılır ve genellikle yüksek verimli filtrelerden önce kaba filtreleme maksadıyla kullanılır. Filtre elyafı malzemesi olarak 15 ila 60 mikron çapında cam yünü, hayvan kılı, nebatat elyafları, sentetik elyaflar, 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 elyaflı 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 |

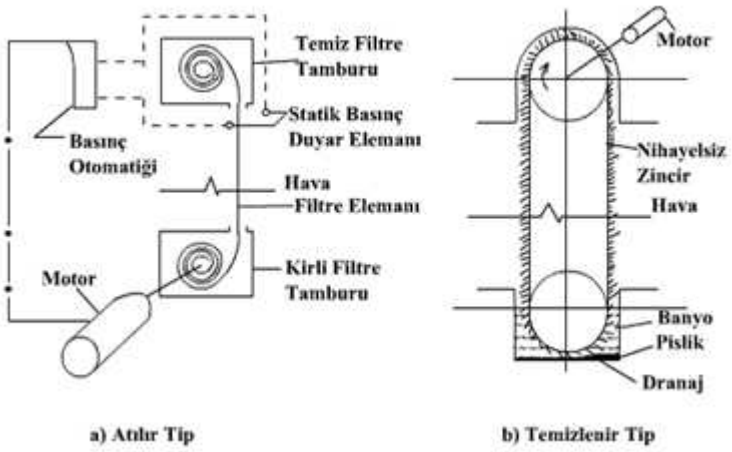
Kuru tip filtreler de yukarıda bahsedilen yapışkan maddeli filtrelere benzer, yalnız filtre elyafları tozun yapışmasına yardım eden bir madde ile kaplanmamıştır.Filtre malzemesi olarak cam yünü, selüloz lifleri, yün keçe, asbest ve sentetik elyaflar gibi malzemeler kullanılır.




Şekil 2.23. Kuru Tip Elyaflı Filtreler

### 2.10.2.2. Filtre Elamanı Tazelenebilir (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 zerreleri tutmak için elektrostatik yükle 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 Yüklenmiş İyonize Olmayan Tip**

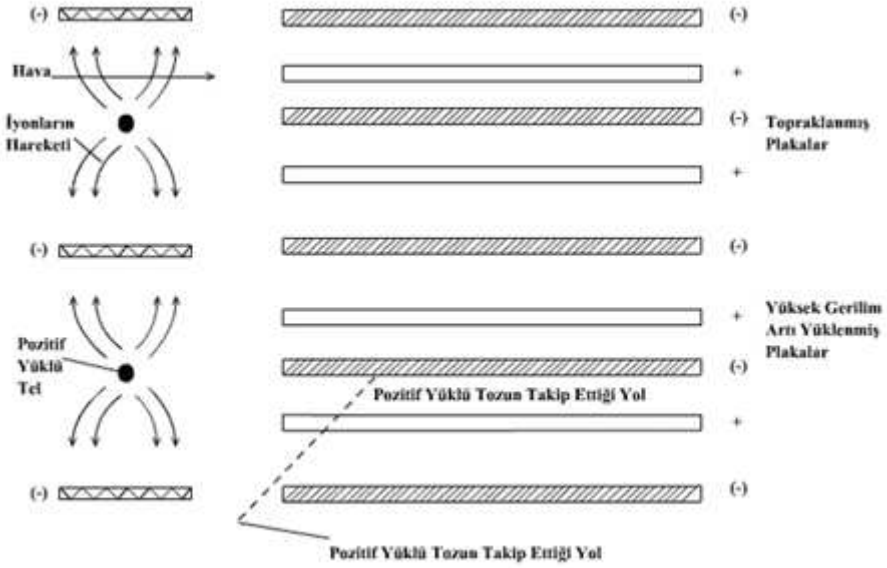
Bu tip hava temizleyiciler, kuru filtre ile elektrostatik temizleyicilerin karakteristiklerini birleştirmektedir. Bir di-elektrik filtre elamanının kuru tip filtrelerde olduğu gibi levha şeklinde tertip edilmesiyle sağlanır.

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 Yüklenmiş İyonize Tip :**

Bu tip temizleyiciler yukarıdaki iki tip filtrenin etkilerini birleştirmektedir. Toz zerreleri 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 zerreleri filtre perdesini aşıp 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 $m^3$/h ve devir sayısı 1687 d/dk olan bir fanın yeni debisi 15000 $m^3$/h'e çıkartılırsa yeni devri ne olur?