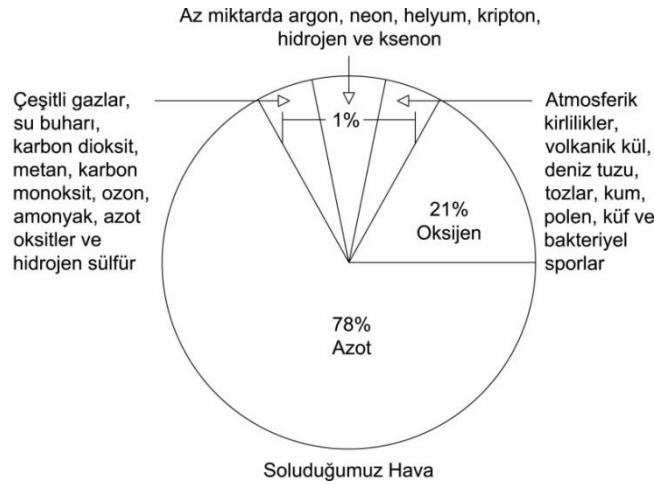


BÖLÜM-3 HAVALANDIRMA FİLTRELERİ

3.1 HAVANIN ÖZELLİKLERİ

Hava, %21'i Oksijen, %78'i Azot, %1'i Argon ve çok az miktarda diğer gazlardan oluşan bir gaz karışımıdır. Şekilde görüldüğü üzere, soluduğumuz hava; doğa, insanlar ve endüstriyel süreçler sonucu oluşan madde taneciklerini ve gazları da içermektedir. Bunlar içerisinde dikkat etmemiz gereken tanecik ve gazlar; sağlığınıza, konforunuza, yaşadığımız alanlara ve ürettiğimiz ürünlere zarar verenlerdir.

- Çeşitli gazlar, su buharı, karbon dioksit, metan, karbon monoksit, ozon, amonyak, azot oksitler ve hidrojen sülfür.
- Az miktarda argon, neon, helyum, kripton, hidrojen ve ksenon.
- Atmosferik kirlilikler, volkanik kül, deniz tuzu, tozlar, kum, polen, küf ve bakteriyel sporlar. %21 Oksijen %78 Azot

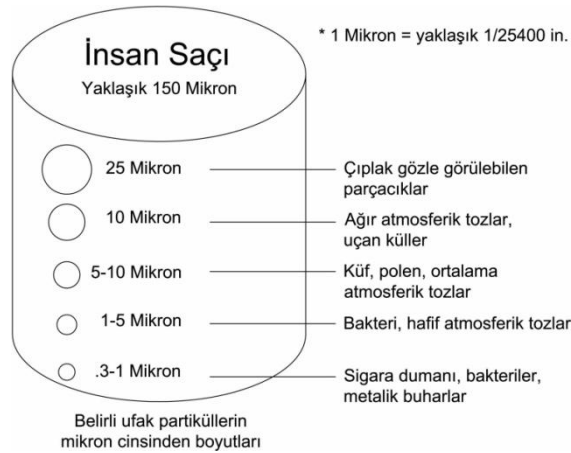


Şekil-3.1 Havayı oluşturan elemanlar

Kaynağından bağımsız olarak, havada bulunan kirlenmeler; gaz veya taneciklerden oluşabilir.

3.1.1 Tanecikler

Tanecikler, havada asılı katı ve sıvı parçacıklardır. Şekil-3.2'de taneciklerin boyutlarını bir insanın saç teli ve diğer cisimlerin boyutları ile karşılaştırarak, gözümüzde canlandırmamıza yardımcı olmaktadır.



Şekil-3.2 Havadaki taneciklerin boyutları

3.1.2 Tanecik Kirlenmesinin Ölçülmesi

Havada bulunan değişik boyuttaki tanecik miktarı taneciklerin kütlesi veya sayısına göre ölçülür. Ayrıca taneciklerin beyaz bir zemin üzerinde bıraktıkları lekenin optik olarak karşılaştırılması dikkate alınarak yapılan üçüncü bir yöntem daha bulunmaktadır. Filtreler bu üç yöntem esas alınarak test edilir.

3.2 HAVA FİLTRELERİ

Havada bulunan istenmeyen gaz, buhar ya da başka tanecikleri ayırtırmaya yarayan cihaz ya da malzemelere filtre denir. Klima santrallerinde ve havalandırma sistemlerinde dış havadaki tanecikleri, 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.

3.2.1 Filtreleme

Klima uygulamalarında hava temizliği, insan sağlığı yönünden olduğu kadar endüstriyel işlemlerin gereği olarak da önemlidir. Bu uygulamalarda genellikle havadaki toz miktarı $0,2 \text{ mg/m}^3$ seviyesinde olup en fazla 2 mg/m^3 sınırına dayanabilir. Hâlbuki endüstriyel egzoz 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 zerrelerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Uygulamanın özelliklerine göre havadaki parçacıkların cinsleri tespit edilip bunların ne seviyede temizlenmesi isteniyorsa ona göre filtre cinsi seçilmelidir. Bir hava filtresinin seçiminde üç unsur etken olacaktır:

- Filtre verimi
- Hava verimi
- Filtrenin ömrü veya toz 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-Octyl 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.

3.2.2 Yetersiz ve Kötü Filtrelemenin Sonuçları

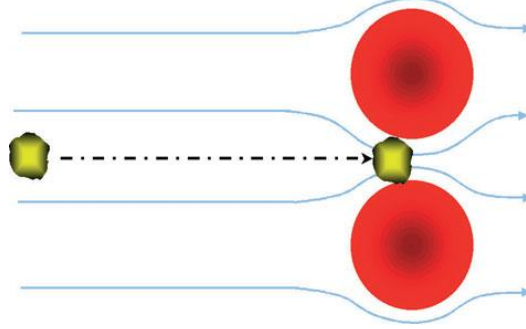
- Kötü iç hava kalitesi (Örneğin Lejyoner hastalığı)
- Mikro-organizmaların üremesi ve enfeksiyon riskinin artması (Bakteriler ve virüsler tozlarla taşınırlar)
- Yüksek enerji maliyetleri ve bakım süreleri
- Havalandırma sistemlerindeki cihazlarının bozulması ve gürültü çıkarması
- Beklenen hava akışının büyük oranlarda azalması
- Ölçüm cihazlarının yanlış ölçüm yapması
- Havalandırma kanallarının kirlenmesi
- Isıtma ve soğutma serpantinlerinin kirlenip işlevini yerine getirememesine sebep olur.

3.2.3 Hava Filtrelerinin Yakalama Mekanizması

Filtrelerin, tozları yakalanmasını sağlayan farklı etkiler vardır. Bunlar;

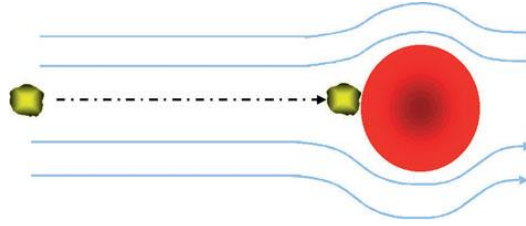
- Elek etkisi
- Atalet etkisi
- Yakalanma etkisi
- Difüzyon etkisi
- Elektrostatik etki

Elek Etkisi: En basit mekanizma olarak tanımlanabilen elek tipi filtreleme etkisinde şekilde görüldüğü gibi çapı filtre elemanı olarak kullanılan iki elyaf iplikçığının arasındaki açıklıktan daha büyük olan taneciklerin tutulması olayıdır.



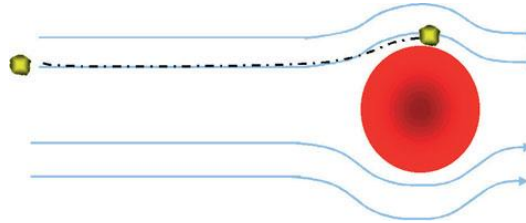
Şekil-3.3 Elek etkisi

Atalet Etkisi: Akım iplikçiklerinin önüne bir filtre elyafı çıktığı zaman onun etrafında paralelliklerini bozmadan dönerek yollarına devam ederler. Ancak akış içinde sürüklenen tanecikler ataletleri dolayısıyla filtre elyafı etrafında dönemeyerek, elyafa çarpıp onun yüzeyine yapışırlar. Bu etki hava hızının artması, tanecik çapının büyümesi ve elyaf çapının küçülmesi ile artar.



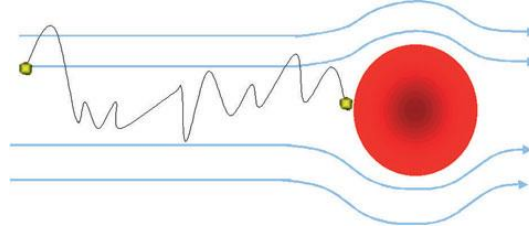
Şekil-3.4 Atalet etkisi

Yakalanma Etkisi: Tanecik çapı çok küçük ise tanecik hava ile beraber elyaf iplikçığı etrafında bir yörünge takip edebilir. Ancak bu yörünge taneciğin elyaf etrafındaki hareketinde, elyafa tanecik yarıçapından daha yakın bir yerden geçiyorsa, tanecik elyaf tarafından yakalanır ve elyafa yapışır. Tanecik çapı artıp, elyaf çapı ve elyaf iplikçikleri arasındaki mesafe azaldıkça bu etki artar. Bir filtre elyafı içinde, tutulmak istenen tanecik çapına yakın ne kadar küçük çaplı filtre elyafı varsa bu yakalama etkisi de o derece kuvvetli olur.



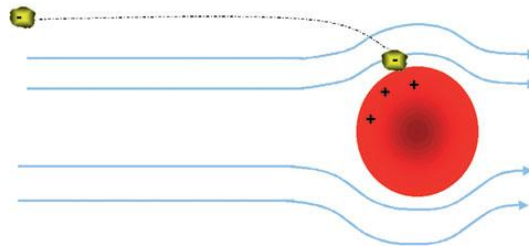
Şekil-3.5 Yakalama etkisi

Difüzyon Etkisi: Tanecik çapının $1\mu\text{m}$ 'den daha küçük olması halinde, taneciklerle çarpışan gaz molekülleri onların düzensiz hareket etmelerine neden olabilmektedir. Gaz moleküllerinin Brownian hareketi denen bu davranışları sonucu filtre elyafı ile çarpışan tanecikler onlara yapışabilmektedir. Bu etki hava hızı, tanecik çapı ve elyaf çapı küçüldükçe artmaktadır.



Şekil-3.6 Difüzyon etkisi

Elektrostatik Etki: Filters utilizing large diameter fibre media rely on electrostatic charges to increase their efficiency of fine particle removal. Large diameter fibre media is normally chosen due to low cost and air flow resistance. However, these filters often lose their electrostatic charge over time because the particles captured on their surface occupy charged sites, thereby neutralizing their electrostatic charge.



Şekil-3.7 Elektrostatik filtreleme etkisi

3.2.4 Filtreleme Prensiplerinin Birleştirilerek Kullanılması

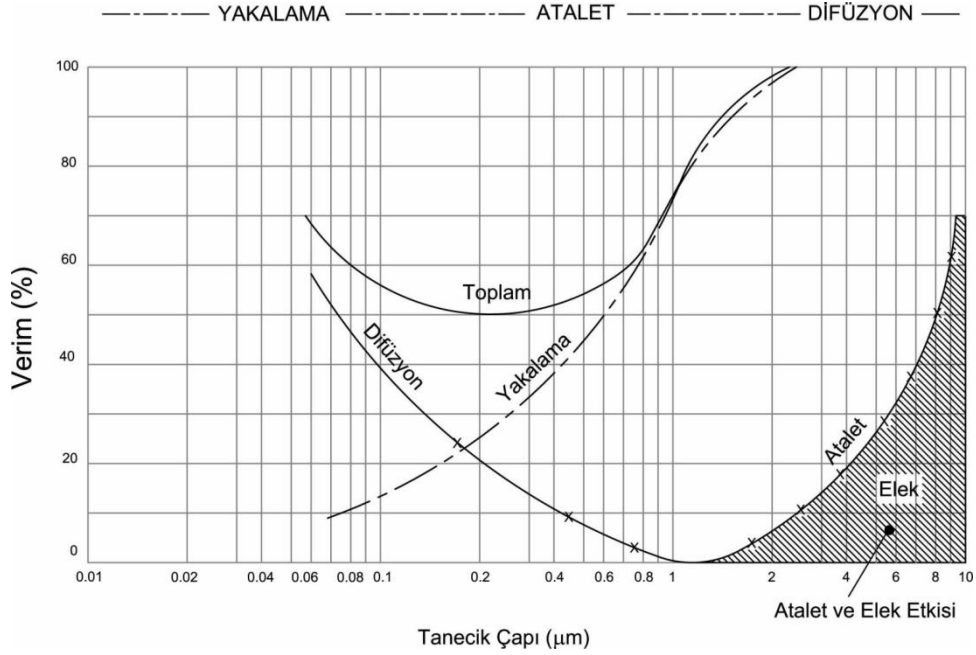
Havayı etkin olarak temizleyebilmek için, viskoz çarpma ve yakalama/difüzyon prensiplerinin bileşkesi sağlanmalıdır. Şekil-3.8, her üç prensibin tek tek ve bileşik olarak verimliliklerini göstermektedir. Şekilden de görülebileceği gibi çarpma ile çalışan filtre büyük tanecikler üzerinde etkili olmaktadırken yakalama/difüzyon prensibi küçük ve mikron altı tanecikleri havadan ayırmaktadır.

Bir filtrenin toplam verimi bu dört filtreleme etkisinin toplamından oluştuğu için, toplam verimin belli koşullar altında, belli bir minimum değeri olacaktır. Büyüyen tanecik boyutu ile yakalanma ve atalet etkileri artarken, difüzyon etkisi ise azalmaktadır. Bu da, bir filtrede yakalanması en zor olan belirli bir tanecik boyutunun varlığına işaret etmektedir (MPPS). Şekilde cam yünü elyafından yapılmış hassas bir filtrede, bütün bu mekanizmaların verim üzerindeki etkisi ile toplam verimin tanecik çapına göre değişimi görülmektedir. Buradan 0,15 – 0,3 μm çapındaki taneciklerin tutulması en zor olan tanecikler olduğu görülür.

Viskoz çarpma prensibi ile çalışan filtre 3 mikrondan 100 mikrona kadar olan tanecikleri süzmekte, bunu yakalama/difüzyon prensibi ile çalışan genişletilmiş yüzeyli filtre izlemektedir. Bu filtrenin süzdüğü tanecik boyutu 0.4 mikrondur. En son kademedede ise yalnızca difüzyon prensibi ile çalışan ve 0.3 mikron ve daha altındaki boyuttaki tanecikleri tutan HEPA filtre bulunmaktadır.

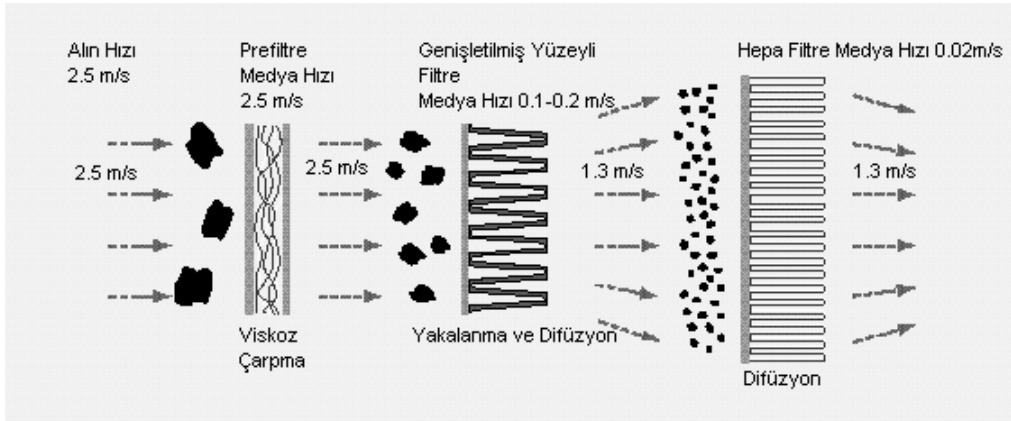
Kanal içindeki havanın hızının değişik filtre ortamlarından geçerken düşürülmesi gerekmektedir. Hızın düşürülmesi filtrelerin yüzey alanları artırılarak sağlanır. HEPA filtreler için ise kanalda yapılan genişletme ile yüzey hızı azaltılır.

Boyut ve ağırlık olarak büyük tanecikler, hava hızının 2,5 m/s olduğu havalandırma santrali içerisinde ön filtre tarafından filtre edilir. Bundan sonra, genişletilmiş yüzeyli ve yüksek verimli filtreler gelmektedir. Burada filtre yüzeyinin genişlemesi 2,5 m/s deki hava hızının filtre medyası içerisinde 0,1– 0,2 m/s lere kadar düşüreceğinden, ön filtreler tarafından tutulamayan küçük ve hafif tanecikler difüzyon prensibine göre bu kademelerde tutulmaya başlar.



Şekil-3.8 Çeşitli filtreleme mekanizmalarının tanecik çapına göre verime etkisi ve MPPS

Şekil-3.9, havanın içindeki değişik boyutlardaki taneciklerin filtrenmesinde etkin olabilecek sistemi göstermektedir.



Şekil-3.9 Havanın içindeki değişik boyutlardaki taneciklerin filtrenmesinde etkin olabilecek sistem

Son kademede HEPA filtre gelmektedir ve buradaki medya yüzey hızı 0.02 m/s olup filtrenin sık dokusu mikron altı tanecikleri tutmaktadır.

Hatırlanması gereken çok önemli bir nokta da, bu üç prensibi aynı filtrede birleştirmeye çalışmanın verimliliği azaltacağı olmalıdır. En iyi sonuç ayrı ayrı filtrelerden oluşan bir sistem oluşturmakla alınabilir.

3.3 FİLTRE MALZEMELERİ

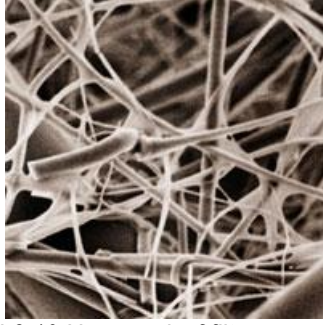
3.3.1 Sentetik/Polyester Elyafı

Bu filtre malzemesi sentetik esnek yığın lifli, yüksek katmanlı yapı oluşturan bir alev geciktirici madde ile birbirine bağlanmış %100 dokuma olmayan polyester elyaflarından oluşur.

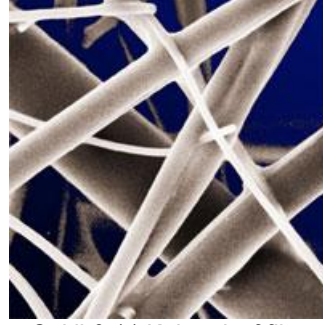
Yapışkan madde kaplı tip ve kuru tip olmak üzere 2 kısma ayrılır. Yapışkan madde kaplı, elyafli filtreler levha şeklinde yassı plakalar halinde yapılır ve bu plakalar kaba liflerden seyrek şekilde sıkıştırılarak yapılır. Filtre

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.



Şekil-3.10 Hassas elyaf filtre yapısı



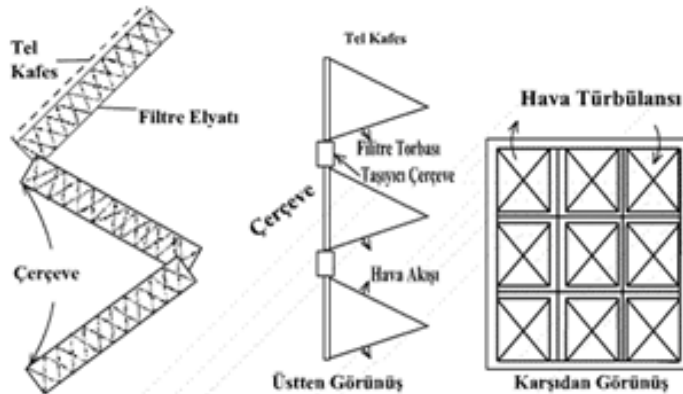
Şekil-3.11 Kaba elyaf filtre yapısı

Yapışkan madde kaplı elyafli tip filtrelerin tertip şekilleri ise; düz levha şeklinde (hava akımına dik), kıvrımlı zikzak 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 zikzaklı bir tel kafes üzerine gergin şekilde tespit edilmiş filtre yorganı uygulamaları sık sık görülür. Zikzak veya kıvrımların gayesi filtre yüzeyini artırmak ve böylece hava geçiş hızını düşürmektir.

TABLO-3.1 Elyaf filtre verimleri

Filtre kalınlığı (mm)	Tutulan tozun ağırlığına göre %	Havadan Numune olarak (Dust Spot) %	Toz tutma kapasitesine göre 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-3.12 Kuru tip elyafli filtreler

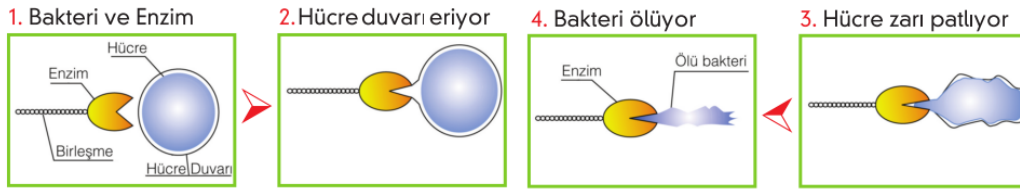
3.3.2 Cam Elyafı (Fiberglass)

Cam elyaf filtre malzemesi aralıksız cam elyaf katmanlarına yoğunlaştırılmış olup oldukça yüksek yüklemeye yeteneği sağlar. Filtrenin hava tarafındaki kısmı cilt şeklinde malzemeyi destekler ve son filtreleme kademesi oluşturur. Cam elyaf malzemenin tümü, boya tutucu elyaflar hariç olmak üzere, zehirsiz, yanmaz, kokusuz yapıştırıcı ile işlenir.

3.3.3 Biyo Filtreler

Biyo filtre, içeriğinde eko filtre sayesinde havadaki en küçük toz parçalarını tutar ve biyolojik enzim özelliği ile bakteri, mantar ve mikropları etkisiz hale getirir. Biyolojik enzim filtresinde bulunan enzimler ise bakterilerin hücre duvarlarını eriterek onları yok eder ve bireysel iklimlendirme cihazlarında "tekrarlanan kirlilik" sorununu ortadan kaldırır.

Biyo filtre, bakterilerin %95'ini yok ederken 0,3 μm 'dan küçük toz parçalarının %99'unu yakalar. Böylece tozlar tutulurken aynı zamanda sterilizasyon sağlanmış olur.



Şekil-3.13 Biyo filtre enzimlerinin bakterileri öldürmesi

3.3.4 Karbon Rulolar

Karbon rulolar, dokuma olmayan polyesterden yapılır ve ince aktif karbon tozlar emdirilir. Bu filtre malzemesi davlumbaz, hava yıkayıcılar, ev tipi iklimlendirme cihazları gibi bacasız uygulamalarda veya koku giderilmesi gereken tüm ortamlarda kullanışlıdır.

3.3.5 Hayvan Yünü

Yüksek seviyede bir sıklık, yüklemeye derinliği yüksek, dolambaç içine bükülmüş doğal liflerden yapılmış filtre malzemesi. Lifler tamamen özel bir bağlayıcı madde kullanılarak bir bükülmez ince kumaş net destek üzerine kilitletir ve birbirine sıkıca bağlanır. Doğal ve sentetik olanları mevcuttur.

3.4 KULLANIM ALANINA GÖRE FİLTRE ÇEŞİTLERİ

Havalandırma ve hava şartlandırma sistemleri binaların ve tesislerin mühendislik yapısının bir parçasını oluşturmaktadır. Bu sistemler sayesinde yaşam alanlarında ihtiyacı duyulan temiz hava elde edilebilmektedir. Yaşam kalitesinin yükseltilmesi sağlanan bu sistemlerde kullanılan elemanlarda oluşturulacak hava kalitesinde büyük rol oynamaktadır. Havalandırma sistemlerinde filtreler hava kalitesinin belirleyici faktörü olarak kullanılmaktadır. Hava kalitesinin tespitinde önemli bir rol oynayan bu filtre elemanlarının basit yapısına rağmen çok hassas ölçüm ve standartlar çerçevesinde üretilmesi gerekmektedir.

Klima santrallerinde ve havalandırma sistemlerinde dış havadaki tanecikleri, toz, toprak ve benzeri istenmeyen cisimleri tutmak, havalandırma cihazları girişlerinde gerekli ayrımları yapmak, besleme havalarındaki virüs ve bakterileri azaltmak amacıyla uygun filtreler kullanılmalıdır. Bütün filtreler en ufak bir sızdırmaya izin vermeyecek tarzda imal edilmelidir.

3.4.1 Metal Filtreler

Metal filtreler galvaniz saç veya alüminyum çerçeve içerisinde panel veya arttırılmış yüzeyli olarak örgü tel veya alüminyum perfore saç kullanılarak 20 mm, 48 mm, 96 mm derinliklerinde standart ebatlar ve standart dışı ebatlarda üretilir. Kademeli havalandırma sistemlerinde kaba toz tutulmasında ve mutfak davlumbazlarında yağ tutucu filtre olarak kullanılır.



Şekil-3.14 Metal (Yağ) Filtresi

3.4.2 Kaset Filtreler

Yıkanebilir Kaset Filtreler, poliüretan filtre malzemeli olup 10mm, 20 mm, 8 mm, 96 mm'lik çerçeveler içerisinde standart içi ve standart dışı ölçülerde üretilir.



Şekil-3.15 Kaset filtreler

Kaset filtreler, selülozik esaslı ve fiberglas esaslı olarak üretilirler.

100°C ye kadar olan sıcaklıklarda selülozik veya sentetik esaslı standart kaset filtreler, 100°C yi aşan sıcaklıklarda ise fiberglas esaslı alüminyum kafesli kaset filtreler kullanılmalıdır.

Kaset filtreler, havalandırma ve boyama sistemlerinde yoğun olarak kullanılırlar.

Kademeli havalandırma sistemlerinde çok kez yıkanebilirliğinden dolayı ön filtre olarak kullanılması tercih sebebidir.

Panel ve Arttırılmış Yüzeyle Filtreler, sentetik elyaf filtre ve cam elyaf filtrelerden mamul olup 25 mm plastik, 10 mm, 20 mm alüminyum, 45 mm, 48 mm, 96 mm galvaniz sac, 48 mm karton çerçeveden imal edilir. HVAC sistemlerinde kullanılır.

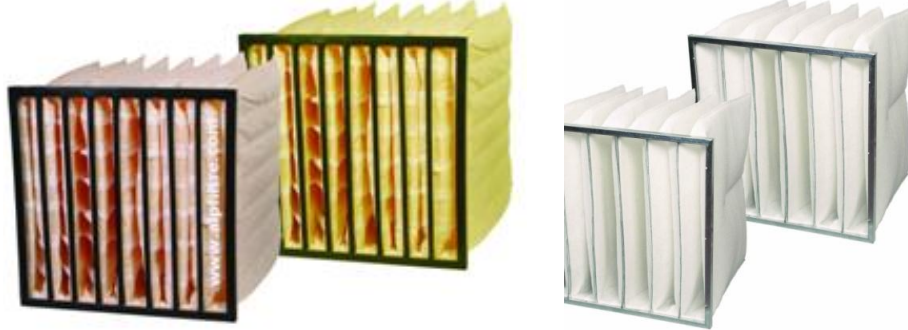
Poliüretan esaslı rulo filtreler, merkezi tip havalandırma sistemlerinde, fan-coil emişlerinde ve split klimalarda ön filtre olarak kullanılmaktadır. Gözenekli poliüretan yapısı ile G2 sınıfında yıkanebilir filtrelerdir. Standart plakalar haline veya istenilen ölçülerde kesilerek panel filtrelerde ön filtre malzemesi olarak kullanılmaktadır.

TABLO-3.2 Kaset filtrelerin verimleri

EUROVENT 4/5	EN 779	Verim %m	MODEL
EU1	G1	<65%	Metal kaset filtreler
EU2	G2	65%-80%	Yıkanebilir kaset filtreler
EU3	G3	80%-90%	Panel ve arttırılmış yüzeyle filtreler, karton çerçeveli filtreler
EU4	G4	>90%	Panel, kaset ve torba filtreler

3.4.3 Torba Filtreler

Sentetik elyaf malzemeden mamul torba filtreler, yüksek toz tutma kapasitesi ile üstün performans gösterirler. 500 mm, 600 mm derinliklerinde imal edilen torba filtreler, özel ebatlarda da imal edilirler.



Şekil-3.16 Torba filtreler

Sentetik elyafı torba filtreler, havalandırma sistemlerinde kullanılırlar. Hijyenik klima sisteminde ise büyük taneciklerin tutulması ve HEPA filtrenin korunması amacıyla klima santralinin içine monte edilirler.

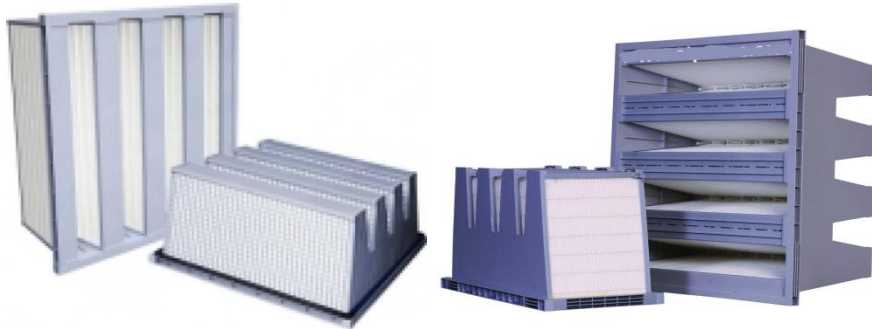
Sentetik elyafı torba filtreler G4 (EU4) - F5 (EU5) - F6 (EU6) - F7(EU7) - F9(EU9) sınıfında filtreleme yaparlar.

3.4.4 Kompakt Torba Filtreler

Sabit cepli torba filtreler olarak da isimlendirilen kompakt torba filtreler, cam lifinden mamul filtre kâğıdı ile mini pileli olarak üretilmiştir. Cam lifinden mamul filtre kâğıdı termo-plastik ayırıcılar ile birbirinden ayrılarak pilelenmiş ve V şeklinde cepler oluşturan plastik kasa içerisine yerleştirilmiştir. Bu modelde sıkıştırılmış pileli filtreler oldukça hafif olmakla birlikte montajı da oldukça kolaydır. Kullanım sonrası yakılarak imha edilebilirler.

Sabit cepli torba filtreler, havalandırma sistemlerinde kullanılırlar. Hijyenik klima sisteminde ise büyük taneciklerin tutulması ve HEPA filtrenin korunması amacıyla klima santralinin içine monte edilirler.

Sabit cepli torba filtreler G4 (EU4) - F5 (EU5) - F6 (EU6) - F7(EU7) - F9(EU9) sınıfında filtreleme yaparlar.



Şekil-3.17 Kompakt torba filtre (V Şekli)

TABLO-3.3 Torba hassas filtreler

Torba (Hassas) Filtreler	EN 779 Sınıfı
F5	$40 \leq Em < 60$
F6	$60 \leq Em < 80$
F7	$80 \leq Em < 90$
F8	$90 \leq Em < 95$
F9	$95 \leq Em$

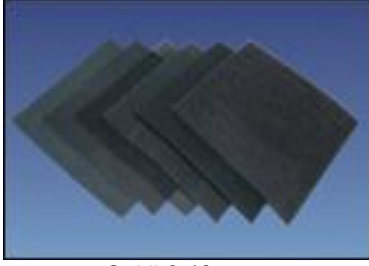
Em % : F5 - F9 sınıfındaki hassas filtreleri için ortalama verim

3.4.5 Rulo Filtreler

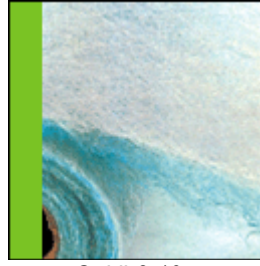
PPI filtreler poliüretan süngerden yapılmıştır. Ön filtrelemede çok yıkanabilir özelliğinden dolayı tercih sebebidir. 1,25x2 m ebatlarında plaka halinde çeşitli kalınlıklarda olup, istenilen ebatlarda panel ve kaset olarak imal edilir (Şekil-3.18).

Cam elyaf filtreler 50 ve 90 mm. kalınlıklarda olup standart rulo ebatlarında ve panel olarak kaset içlerinde imal edilir. Boya kabinlerinde boya tutucu olarak ve kademeli havalandırma sistemlerinde ön filtre olarak kullanılır (Şekil-3.19).

Sentetik elyaf filtre ısıtıl işlem ile birbirine bağlanmış %100 polyester liflerden üretilmiştir. İnsan sağlığı için hiçbir zararlı madde içermezler. Bazıları hava geçiş yönünü göstermek için su bazlı boyalarla renklendirilmiştir. Filtrelemenin her kademesinde kullanılan en ideal filtrelerdir. Standart ebatlarda rulo halde ve standart dışı ebatlarda bulunur (Şekil-3.20).



Şekil-3.18



Şekil-3.19



Şekil-3.20

Yüksek verimli rulo sentetik elyaf filtreler oto boya kabinlerinde tavan filtresi olarak kullanılır. Isıtıl işlemle bağlanmış %100 polyester liflerden üretilmiş olup, özel bir katkı maddesi ile toz tutma kapasitesi artırılmıştır. Temiz hava çıkış yönü polyesterlerle desteklenmiştir (Şekil-3.21).

Sentetik elyafa emdirilmiş aktif karbonlu rulo filtreler ısıtıl işlemle birbirine bağlanmış %100 polyester liflerden üretilmiştir. Ön filtreleme kullanıldığında organik kokuların giderilmesi için ekonomik çözümler sağlar. Hava temizleme cihazlarında, klima santrallerinde, mutfak aspiratör emişlerinde kullanılır (Şekil-3.22).



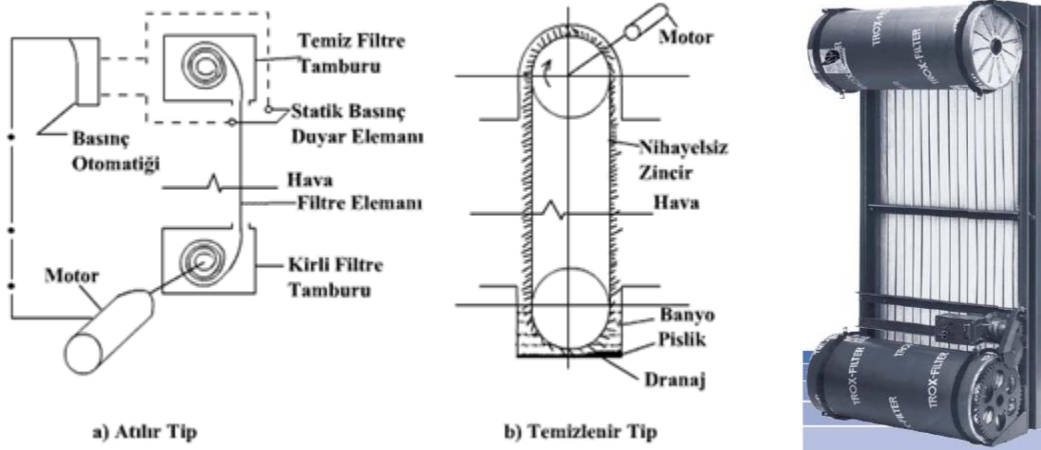
Şekil-3.21 Sentetik elyaf rulo filtresi



Şekil-3.22 Aktif karbonlu rulo filtre

Filtre Elamanı Tazelenebilir (Yenilenen) Tip Rulo 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-3.23 Elemanı devamlı tazelenir tip rulo filtreler

3.4.6 HEPA ve ULPA Filtreler

HEPA'nın açılımı High Efficiency Particulate Arresting'dir. Yüksek etkinlikte tanecik yakalayıcı anlamına gelir. HEPA filtreler, %85 ve üzerinde, 0,3 mikrona kadar havada bulunan tanecikleri havadan arındırabilen filtrelerdir.



Şekil-3.24 HEPA Filtreler

HEPA filtrelerden daha hassas ve %99,99 oranına sahip olan filtrelere ise ULPA filtre denir. HEPA ve ULPA filtreler bakım gerektirmeyen, özel liflerden oluşan ve kâğıda benzer bir yapıya sahiptir. Bu filtrelerin belirli bir zaman dilimi içerisinde yenisi ile değiştirilmesi gerekir. HEPA ve ULPA filtreler kullanıldığı ortam havası kirliliğine ve kullanım sıklığına bağlı olarak en geç 6 ayda bir değiştirilmelidir.

Günümüzde ameliyathanelerde, hastanelerde ve temiz oda uygulamalarında filtreleme performansı, güvenilirliğinden ve bakım gerektirmeyen yapısından dolayı HEPA ve ULPA filtreler kullanılmaktadır.

HEPA ve ULPA filtrelerin MDF, plastik veya metal çerçeveli modelleri mevcuttur.

TABLO-3.4 HEPA filtre standartları

Ê% @ 0.3 µm	Hepa Filtreler (EN 1822)	Ê% @ 0.3 MPPS
≥ 95	H10	≥ 85
≥ 98	H11	≥ 95
≥ 99.99	H12	≥ 99.5
≥ 99.997	H13	≥ 99.95
≥ 99.999	H14	≥ 99.995

TABLO-3.5 ULPA filtre standartları

Ê% @ 0.12 µm	Ulpa Filtreler (EN 1822)	Ê% @ 0.3 MPPS
≥ 99.9995	H15	≥ 99.9995
≥ 99.99995	H16	≥ 99.99995
≥ 99.999995	H17	≥ 99.999995

Ê% : H10 - U17 sınıfındaki HEPA ve ULPA filtreler için ortalama verim
MPPS: Filtrelerin en çok geçirdiği tane boy

3.4.7 Elektrostatik Filtreler

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.

a) 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 aralıklarla buralardan alınması gereklidir.

b) Filtre Elamanı Yüklenmiş İyonize Olmayan Tip

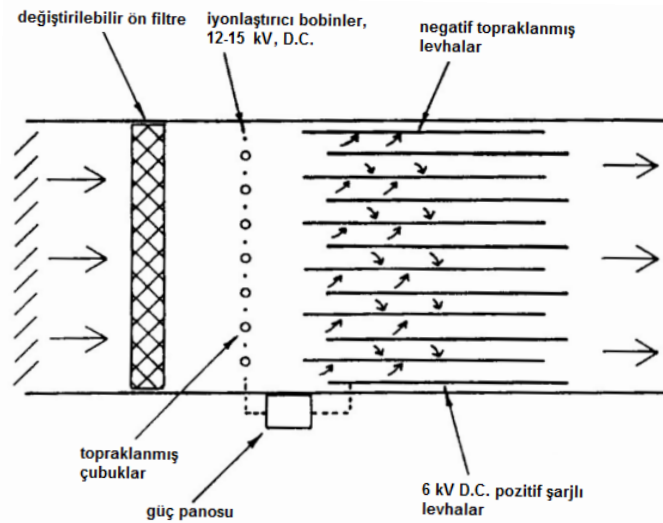
Bu tip hava temizleyiciler, kuru filtre ile elektrostatik temizleyicilerin karakteristiklerini birleştirmektedir. Bir di-elektrik filtre elamanının kuru tip filtrelerde olduğu gibi levha şeklinde tertip edilmesiyle sağlanır.

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.

c) Filtre Elamanı Yüklenmiş İyonize Tip

Bu tip temizleyiciler yukarıdaki iki tip filtrenin etkilerini birleştirmektedir. Toz zerrelere 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 tasarlanmazsa ve yüklenmiş toz zerrelere filtre perdesini aşip klima hacmine girerse, bilhassa duvarlarda toplanarak tozlu yüzeyler meydana getirir.



Şekil-3.25 Elektrostatik filtrenin çalışma prensibi

Elektrostatik Filtre (FEF) kirlenmiş taneciklerin iyonizasyonu prensibine göre çalışmaktadır. CleanMist ten çıkan hava 'iyonizasyon' bölümüne geçerek burada 0,03 mikrona kadar olan tanecikler güçlü elektrik şarjına maruz bırakılmaktadır. İkinci 'toplama' bölümünde ters şarjlı plakalardan geçmektedir.

İyonize olmuş kirlenmiş tanecikler plakalar tarafından çekilerek yüzeye yapışır. Filtre edilmiş hava %99 oranında kirlenmişlerden temizlenmiş olarak dışarı atılmaktadır.

Uygun bakımla filtreler kesintisiz işletme ve yüksek verimlilik rahatlıkla sağlanabilmektedir.

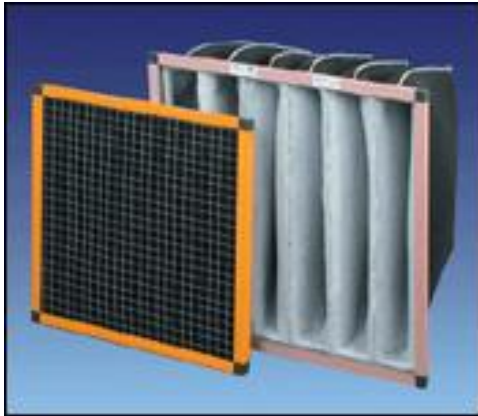


Şekil-3.26 Elektrostatik filtre kabini

3.4.8 Aktif Karbon Filtreler

Havalandırma emişlerinde kullanılan, organik kokuları, sigara kokularını tutan ön filtrelerdir. Sentetik elyafı da desteklenmiş çeşidi ayrıca tozlu ortamlarda toz tutucu olarak da kullanılır. Hava giriş yönü sentetik elyaf olup çıkış yönü aktif karbon emdirilmiş sentetik elyafıdır. Kaset ve torba filtre halinde yüzeyi arttırılmış olarak standart ve standart dışı ebatlarda üretilir (Şekil-3.27).

Sentetik elyafa karbon edilmiş, yüzeyi mini-pileli arttırılmış yüzeyli, plastik kasalı sabit cepli filtre Granül karbonlu sabit cepli plastik kasalı filtre galvaniz kasa içerisinde yoğun miktarda granül karbonlu filtre. Granül aktif karbonlu kaset filtreler standart ve standart dışı ebatlarda 48 mm, 96 mm derinliğe imal edilir. Granül Aktif Karbon Filtreler 4 mm çapında 25 kg'lık paketler halinde satılmaktadır (Şekil-3.28).



Şekil-3.27 Aktif karbon filtre



Şekil-3.28 Mamul karbon filtreler

Aktif karbon filtrenin gaz moleküllerini yakalama ve tutma özelliği vardır. Aktif karbon filtrenin yüzeyi milyonlarca ufak gözenekten oluşmaktadır. Bu gözenekler sayesinde birçok koku yayan zehirli gazlar yakalanır. Aktif karbon filtreler kullanıldığı ortam havası kirliliğine ve kullanım sıklığına bağlı olarak değiştirilmelidir. Örneğin, sigara içilen bir ortamda aktif karbon filtrelerin 3 ila 6 ayda bir değiştirilmesi gerekmektedir.

Aktif granül karbon filtreler ağır kokuların oluştuğu mekânlarda koku tutucu filtre olarak kullanılırlar. Aktif granül karbon filtrelerde, filtre kirlendiğinde sadece granül karbonlar değiştirilir. Filtrenin hücrelerini değiştirmeye gerek yoktur.

TABLO-3.6 Aktif karbon filtrelerin kullanım alanları

Uygulama	Problem	Hedeflenen Gaz
Hava alanları	Kokular ve sağlık tehlikeleri	Kerosen (uçak yakıtı)
Müzeler	Sanat eserlerine zarar verilmesi	Kükürt oksitler ve azot oksitler
Poliüretan köpük üretimi	Havaya salınan zehirli gazlar	Toluen diizosiyanat
Nükleer güç santralleri	Havaya salınan radyoaktif izotoplar	İyot, kripton, ksenon
Pestisid üretimi	Havaya salınan zehirli kimyasallar	Geniş kademe pestisitler
Mutfak atıkları	Mutfak kokular	Oldukça karmaşık kimyasal yapı

3.5 HAVA FİLTRELERİNİN VERİMLİLİK YÖNÜNDEN SINIFLANDIRMASI

Hava filtreleri için 3 temel kriter önemlidir. Bu kriterler sırasıyla filtre toz tutma verimi, ağırlıkça toz tutma kapasitesi kısaca servis ömrü, ve filtre başlangıç direncidir.

Filtre test standartları öncelikle filtrelerin birbirleriyle mukayese edilebilmesini sağlar. Avrupa standartına göre hava filtreleri iki ayrı grupta toparlanabilir, bunlardan birincisi G ve F verimindeki filtre grupları için uygulanan EN 779 standardı, ikincisi ise Hepa filtrelerin verimini belirleyen EN 1822 standardıdır.

EN 779:2012 standardı G verimindeki kaba filtreleri yalnızca ağırlıkça ortalama toz tutuculuk değerlerine göre belirleyip sınıflandırır. Buna göre G tipi kaba filtrelerin ortalama toz tutuculuk değerleri aşağıdaki gibidir.

Orta ve hassas filtrelerin verimliliği ise yapılan testlerle, filtre giriş ve çıkışındaki 0,2 – 3 mikron boyut aralığındaki tanecikler sayılarak ve birbiriyle oranlanarak belirlenir. Ancak sınıflandırma için, testte kullanılan taneciklerin ortalama boyutu olan 0,4 mikron kullanılır, bu sebeple F verimindeki filtrelerin verimi 0,4 mikrondaki taneciğin ortalama verimi cinsinden ifade edilir.

TABLO-3.7 EN 779:2012 standartına göre hava filtreleri sınıflandırması

Filtre Sınıfı	Son Basınç Kaybı Pa	Ortalama Test Tozu Tutuculuk % (Am)	0,4 µm tanecik boyutunda ortalama verim (Em)	0,4 µm tanecik boyutunda Minimum Verim
G1	250	50 ≤ Am < 65	-	-
G2	250	65 ≤ Am < 80	-	-
G3	250	80 ≤ Am < 90	-	-
G4	250	90 ≤ Am	-	-
M5	450	-	40 ≤ Em < 60	-
M6	450	-	60 ≤ Em < 80	-
F7	450	-	80 ≤ Em < 90	35
F8	450	-	90 ≤ Em < 95	55
F9	450	-	95 ≤ Em	70

Not: EN 779 testlerinde kullanılan sentetik toz ile atmosferik toz karakteristik olarak birbirleri arasında farklılık gösterebilirler. Bu sebeple, test sonuçları ile operasyonel performans ve filtre servis ömrü arasında farklılıklar oluşabilir. Buna ek olarak filtre malzemesinin elektrostatik yük kaybı ve lif kopmaları toplam toz tutma verimini olumsuz etkileyebilir.

Hepa filtreler ise EN1822 test metoduna göre test edilir ve verimleri belirlenir. Bu metoda göre filtrelerin verimi, minimum verimi verecek tanecik boyutuna göre belirlenip, diğer bir deyişle belirli bir filtre kağıdı için belirli bir hava hızında en düşük verimlilik değerini veren tanecik boyutuna göre test edilirler. Bu tanecik boyutuna en çok geçen tanecik boyutu (Most Penetrating Particle Size-MPSS) olarak adlandırılır. Filtre kağıdının veriminin belirlenmesinin ardından, filtre verimi öncelikle filtre çerçeveleri ve contasıyla birlikte tüm filtre konstrüksiyonu için, bunun ardından da tüm filtre yüzey alanı taranarak noktasal olmak üzere iki şekilde belirlenmelidir. Verimlilik değeri elde edilen geçirgenlik değeri kullanılarak hesaplanmalıdır. Test edilen filtre hareketli aerosol besleme nozülü ve ölçüm uçlarıyla kullanılarak taranmalıdır. Burada belirlenecek birden çok sayıdaki noktasal verimlilik değeri test raporuna eklenecek olan grafiğe işlenecektir. Verim için doğru sınıflandırmayı yapabilmek için noktasal ve filtrenin tamamının verimi tabloda gösterilmiş değerlere uygun olmalıdır.

TABLO-3.8 EN 1822 standartına göre HEPA filtre sınıflandırma tablosu

Filtre Sınıfı	MPPS'de (%) Verim		MPPS (%) Geçirgenliği	
	Toplam Verim	Bölgesel Verim	Toplam Verim	Bölgesel Verim
E10	> 85	-	15	-
E11	> 95	-	5	-
E12	> 99,5	-	0,5	-
H13	≥ 99,95	99,75	0,05	0,25
H14	> 99,995	99,975	0,005	0,025
U15	> 99,9995	99,9975	0,0005	0,0025
U16	> 99,99995	99,99975	0,00005	0,00025
U17	> 99,999995	99,99999	0,000005	0,00001

Notlar: E10, E11 ve E12 verimindeki filtreler için bölgesel verim değerlerine ihtiyaç yoktur. H13 ve H14 verimindeki filtreler için, standart tarama testine alternatif olarak duman kaçak testi yapılabilir.

Sonuç olarak HEPA filtrelerin verimliliği EN1822 Standartına göre, filtrenin geçirdiği en küçük tanecikün yüzde olarak oranına göre önceden saptanmaktadır. HEPA filtreler için, filtre üreticisinden istenen EN1822'ye göre uygulanmış test raporu yeterli olmayıp, filtre montajı yapıldıktan sonra takıldıkları mahallerde de mevcut standartlara göre test edilmelidirler.

3.6 FİLTRELEME ÜRÜNLERİ

Filtrasyon ürünleri değiştirilen filtre elemanları ve filtrasyon donanımları olarak iki gruba ayrılırlar.

3.6.1 Değiştirilen Filtre Elemanları

Bu gruptaki elemanlar kaba filtreler (G), orta (M) ve hassas verimlilikteki (F) filtreler, EPA/HEPA/ULPA filtreler, ve gaz fazı kirlenmeler için filtrasyon ürünleri yer almaktadır. Kaba filtreler, ön filtrasyon ve düşük hassaslıktaki uygulamalar için kullanılırken, orta(M) ve hassas (F) filtreler genel endüstri ve HVAC uygulamalarında ön filtre veya son kademe filtre olarak kullanılırlar. EN 1822:2009 normuna göre verimleri belirtilen EPA/HEPA/ULPA filtreler ise temiz odalar ve diğer kontrollü alanlarda 2. veya son kademe filtre olarak kullanılırlar. Gaz fazı kirlenmeleri ortadan kaldırması için tasarlanan filtre elemanları ise genel, özel endüstriyel ve HVAC uygulamalarında hassas filtrelerden sonra kullanılabilirler.

3.6.2 Filtreleme Donanımları

Bu donanımlar havanın filtre edilmesi için kullanılan makine ve cihazlardır. Bu donanımlar kaba filtrasyon için kullanılan yağ banyolu filtre cihazları, otomatik sarmalı filtre cihazları olarak belirtilebilir. Bu tip filtrasyon donanımlarının verimleri EN 779:2012'ye göre G2 ve G3 verimlerinde olup, yüksek debilerde çok fazla sayıda filtrenin değiştirilmesi gerekeceğinden servis giderlerinden tasarruf etmek amacı ile kullanılırlar. Yatırım maliyetleri yüksek olduğundan düşük debili sistemlerde ekonomik olmamaktadır.

TABLO-3.9 Örnek uygulama alanları ve tavsiye edilen filtre tipleri

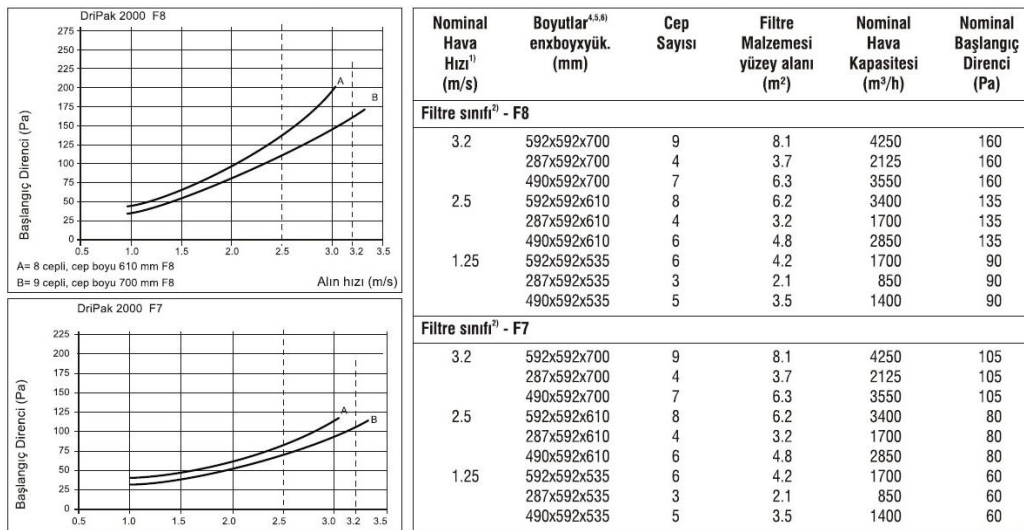
Uygulama	Kontrol edilen kirlenici boyutu ve tipleri	Ön Filtre	Hassas Filtre	Kimyasal Filtre (Standart ve özel tip karbon filtreler)	HEPA Filtre	Filtre tipi
Depolar, hassas olmayan üretim alanları, mekanik ve elektrik cihaz odaları, serpantinlerin korunması	>10.0 µm tanecikler Polen, kum tanecikleri, lifler, boya tanecikleri	G4 EN779:2012	-	-	-	Torba filtreler, panel filtreler
Basit ofis binaları, yaş boya kabinleri, özel üretim alanları, alışveriş merkezleri,	3.0 -10.0 µm Küf Spor Büyük tozlar	G4 EN779:2012	M5 M6 EN779:2012	-	-	Panel filtreler, torba filtreler
Vasıflı iş merkezleri, plazalar, vasıflı konut binaları,	1.0-3.0 µm Legionella Mineraller Aerosoller Karbon tozu Endüstriyel proses tozları	G4 EN779:2012	F7 EN779:2012	Gerekli (EN13779 gereğince tavsiye edilir)	-	Panel filtreler, torba filtreler, kompakt filtreler
Genel hastane alanları, spor kompleksleri, laboratuvarlar, ince toza hassas ürünlerin üretildiği alanlar, veri merkezleri	0.3-1.0 µm Bakteriler Virüsler Yağ dumanı Silikatlar	G4 EN779:2012	F9 EN779:2012	Gerekli (EN13779 gereğince tavsiye edilir)	-	Panel filtreler, torba filtreler, kompakt filtreler
Hastane ve ilaç sanayinde aseptik alanlar, mikroelektronik ve benzeri kritik endüstrilerde temiz odalar, radyoaktivite ile kirlenmiş atık hava filtrasyonu	<0,3 µm Bakteriler Virüsler Ultra hassas tozlar	M5 EN779:2012	F9 EN779:2012	Gerekli (EN13779 gereğince tavsiye edilir)	H13 H14 U15 EN1822:2009	Panel filtreler, torba filtreler, kompakt filtreler, HEPA filtreler

3.7 FİLTRE EKONOMİSİ VE SEÇİMİNDE YAPILMASI GEREKENLER

1. Bilindiği üzere hava filtreleri, sistem üzerinde ekstra direnç anlamına geldiğinden seçilecek hava filtreleri mutlaka benzer hava hızı veya debisinin yaratacağı başlangıç dirençlerine göre seçilmelidir, bunu sağlamak için Eurovent gibi resmi kuruluşların internet siteleri veya üretici broşürleri dikkate alınabilir.
2. Yukarıdaki maddeye paralel olarak filtre seçimi toplam yüzey alanına göre yapılmalıdır, yüksek yüzey alanlı filtrelerin, düşük yüzey alanlı filtrelere göre başlangıç dirençleri daha düşük olup, toz tutma kapasiteleri daha fazla olacaktır. Örnek vermek gerekirse yüksek yüzey alanlı kompakt filtrelerin torba filtrelere göre toplam filtre maliyeti (başlangıç direnci, toz tutma kapasitesi, filtre değişim periyodu) olarak daha avantajlı olacaktır.
3. Ön filtrelerden sonra kullanılacak olan sentetik (meltblown) torba filtrelerin kullanımı sırasında, filtre medyasının karakteristik özelliğinden kaynaklı elektrostatik yük kaybına bağlı olarak belirtilen filtre toz tutma veriminde önemli kayıplar olacağı unutulmamalıdır. Örnek vermek gerekirse F7 verimindeki sentetik bir torba filtre toplam kullanım ömrü süresince G4 verimine kadar verim kaybı gösterebilir. Bu durum sonraki kademelerde kullanılacak olan filtrelerin kullanım ömrünü kısaltıp hedeflenen hava kalitesini bozacaktır. Bunun önüne geçebilmek için sentetik torba filtreler yerine elektrostatik yükünü kaybetmeyen cam elyafından üretilmiş hassas filtreler tercih edilebilir.
4. Hava filtreleri hijyenik sebepler, artan enerji ve yenilebilir kaynakların ekstra maliyetleri nedeni ile yıkanmamalıdır. Yıkandıktan sonra kullanılan filtrelerin lif dağılımı bozulduğundan dolayı filtreler zamanla sistem üzerinde temiz bir filtreye göre fazla direnç oluşturacaklardır veya toz tutamayıp arka kademelerde bulunan yüksek verimli filtrelerin erken dolmasına sebep olacaktır.
5. Filtre yüzeyindeki hava akımının filtrenin tüm yüzeyinde eşit olarak dağılmış olduğunu kontrol edilmelidir.
6. Yüksek verimlilikteki filtrelerin önüne mutlaka ön filtre konulmalıdır.
7. Taze hava girişlerine panjur ve yaprak böcek benzeri büyük parçaları tutacak elek konulmalıdır.
8. Filtrelerin değişim tarihini belirlemek için direnç ölçer kullanılmalıdır.
9. Etketif bir bakım yapabilmek için filtrelere kolay erişimin olduğunu kontrol edilmelidir.
10. Sistem değişken debi ile çalışıyorsa filtre seçiminde dikkatli olmak gereklidir. (Nominal debiden %20'den az ya da % 130 fazla hava hacmi gereken yerlerde dikkatli bir seçim gerekmektedir.)
11. Hava filtrelerini, imalatçının verdiği katalog değerlerinin üzerinde kullanılmamalıdır.
12. Yüksek direncin yüksek enerji sarfiyatı anlamına geleceğini unutmamalıdır.
13. Bir filtreyi seçerken yalnızca "ilk maliyeti" göz önüne alınmamalıdır. Filtreler arasında doğru bir karşılaştırma yapmak için filtre ömrüne göre yapılan maliyet analizi dikkate alınmalıdır.
14. Filtre üreticisinin tavsiye ettiği son basınç düşümü değerlerini aşılmamalıdır.

3.7.1 Filtre Seçimi İçin Yapılması Gereken Hesaplamalar

Ön ve orta verimlilikte filtre için toplam debi, bir filtrenin 2,5 m/s hızda geçireceği debiye bölünür. Genellikle 592x592 mm (24x24 inch) kesitindeki filtreler kullanıldığı için bu debi yaklaşık 3400 m³/h'tir.



Şekil-3.29 Filtre hız-direnç(basınç düşümü) eğrisi

Bir filtreden geçen debi = $0,592 \text{ m} \times 0,592 \text{ m} \times 3600 \text{ s/h} \times 2,5 \text{ m/s} = 3400 \text{ m}^3/\text{h}$
 Örneğin $12,000 \text{ m}^3/\text{h}$ toplam debi için bu sayı
 $12000 \div 3400 = \text{yaklaşık } 4 \text{ çıkacaktır.}$

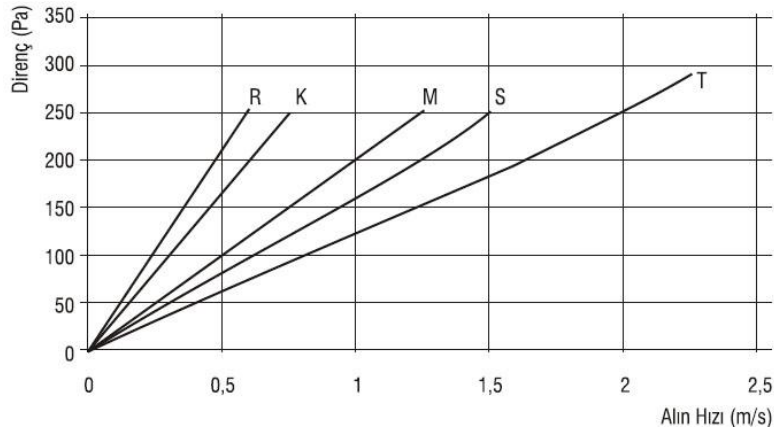
Filtrelerin debilerini katalog değerlerinin biraz altında seçmek kullanım ömürlerini uzatacak, verimlerini yükseltip, enerji maliyetlerini düşürecektir. Filtrelerin debilerine göre temizken yarattıkları başlangıç basınç düşümleri imalatçı kataloglarındaki hız-basınç düşümü eğrilerinden hesaplanmalıdır (Şekil-3.29).

Ameliyathane ve yoğun bakım gibi alanlarda kullanılan HEPA filtrelerden geçen hız standartlara göre belirlenmiştir ve genellikle $0,45 \text{ m/s}$ civarındadır. Bu hıza göre $610 \times 610 \text{ mm}$ kesitten geçen hava debisi $600 \text{ m}^3/\text{h}$ 'tir. Filtrenin bir adedinden geçen debi, kullanılacak HEPA filtre kesitine göre hesaplanır.

Örneğin $0,45 \text{ m/s}$ hız ile $610 \times 610 \text{ mm}$ kesitinde bir HEPA filtreden geçen debi:
 Bir adet HEPA filtreden geçen debi = $0,610 \text{ m} \times 0,610 \text{ m} \times 3600 \text{ s/h} \times 0,45 \text{ m/s} = 600 \text{ m}^3/\text{h}$
 Hesaplanan değer toplam giriş havası debisine bölünerek kullanılacak HEPA filtre miktarı bulunur.
 Toplam debi $2400 \text{ m}^3/\text{h}$ olsun:

Kullanılacak HEPA filtre sayısı = $2400 \div 600 = 4$ 'tür.

HEPA filtrenin bir adedinden geçen debiye göre de başlangıç basınç basınç düşümü imalatçı broşürlerindeki hız-direnç eğrisine göre hesaplanır (Şekil-3.30).



Şekil-3.30 HEPA filtre hız-direnç (basınç düşümü) eğrisi

3.7.2 Filtre Enerji Verimliliği ve Filtre Değişim Zamanını Belirleme

Hava filtreleri, son basınç düşümüne ulaştığı zaman işlevlerini yerine getirmiş olurlar. Bu basınç farkını ölçmek için sistemde basınç farkı ölçen, U-manometre, eğik manometre ya da kadranlı tip manometre monte edilmiş olmalıdır.

EN 779:2012 Standardı, son basınç düşümünü, G-sınıfı ön filtreler için 250 Pa , F-sınıfı hassas orta kademe filtreler için 450 Pa olarak belirlemiştir. Belirlenen bu son basınç düşümü değerleri, filtrelerin sınıflandırılması için gerekli olup havalandırma klima sistemlerinde kullanılan filtreler için daha düşük değerler seçilmiş olabilir. Son basınç düşümü genellikle filtre başlangıç basınç düşümünün 100 ila 150 Pa üstünde ya da başlangıç basınç düşümü değerinin iki katı olarak saptanır.

Eurovent Sertifikasyon programı, 4/11 kılavuzunda belirtilen kuralları baz alarak EN779:2012 ye göre test edilmiş hava filtrelerini enerji verimliliğine göre sınıflandırmaya başlamıştır.

Buna göre G4 - F9 arası her hava filtresi için yıllık 6000 saat üzerinden, enerji tüketimi hesaplamasını takiben, A-G aralığında enerji etiketleri verilir. Bu değerlendirmeye göre Tablo-3.10'da her filtre verimlilik sınıfı için tüketim aralık değerleri bulunmaktadır.

TABLO-3.10 Yıllık enerji tüketim aralıklarına göre enerji verimliliği sınıflandırması

Filtre Sınıfı	G4	M5	M6	F7	F8	F9
ME ¹⁾	-	-	-	ME ≥ 35%	ME ≥ 55%	ME ≥ 70%
	M ₀ = 350 g ASHRAE	M ₀ = 250 g ASHRAE		M _F = 100 g ASHRAE		
A	0 – 600 kWh	0 – 650 kWh	0 – 800 kWh	0 – 1200 kWh	0 – 1600 kWh	0 – 2000 kWh
B	> 600 kWh – 700 kWh	> 650 kWh – 780 kWh	> 800 kWh – 950 kWh	> 1200 kWh – 1450 kWh	> 1600 kWh – 1950 kWh	> 2000 kWh – 2500 kWh
C	> 700 kWh – 800 kWh	> 780 kWh – 910 kWh	> 950 kWh – 1100 kWh	> 1450 kWh – 1700 kWh	> 1950 kWh – 2300 kWh	> 2500 kWh – 3000 kWh
D	> 800 kWh – 900 kWh	> 910 kWh – 1040 kWh	> 1100 kWh – 1250 kWh	> 1700 kWh – 1950 kWh	> 2300 kWh – 2650 kWh	> 3000 kWh – 3500 kWh
E	> 900 kWh – 1000 kWh	> 1040 kWh – 1170 kWh	> 1250 kWh – 1400 kWh	> 1950 kWh – 2200 kWh	> 2650 kWh – 3000 kWh	> 3500 kWh – 4000 kWh
F	> 1000 kWh – 1100 kWh	> 1170 kWh – 1300 kWh	> 1400 kWh – 1550 kWh	> 2200 kWh – 2450 kWh	> 3000 kWh – 3350 kWh	> 4000 kWh – 4500 kWh
G	> 1100 kWh	> 1300 kWh	> 1550 kWh	> 2450 kWh	> 3350 kWh	> 4500 kWh

¹⁾ ME = Minimum Verimlilik, 0,4 mikron toz tanesi için filtrenin en düşük verimlilik değeri

Bir hava filtresi, filtre temizken en düşük verime sahiptir. Zamanla, filtrenin üzerinde toz tutuldukça filtre verimi yükselir ancak basınç düşümü değeri de yükselir. Basınç düşümü değeri arttıkça, filtreden havanın geçirilebilmesi için daha çok enerji gerekir, bu da işletme masrafını artırır.

Filtre Yıllık Enerji Tüketiminin Hesaplanması

Filtrenin neden olduğu enerji tüketimi Eurovent 4/11 kılavuzuna göre aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$W = \frac{q_h \cdot \Delta p \cdot t}{\eta \cdot 1000} \quad \text{Yıllık enerji tüketimi [kWh]}$$

Burada:

q_h : Hava debisi [m^3/s]

ΔP : Ortalama basınç düşümü [Pa]

t : Yıllık işletim süresi [h]

η : Fan verimi [%]

Yukarıda belirtilen formülü, filtrelerin yıllık enerji tüketimlerinin, yanı sıra, ΔP değerini anlık kullanarak filtrelerin tükettikleri enerji miktarlarını hesaplamamıza yardımcı olur. Bir örnek vermek gerekirse:

Filtre 1:

Basınç Düşümü(ΔP): 300 Pa

Hava Debisi(q) : 10 m^3/s

Çalışma Süresi: 1 saat

Fan Verimi $\%(\eta)$: 0,50

Filtre 2:

Basınç Düşümü (ΔP): 150 Pa

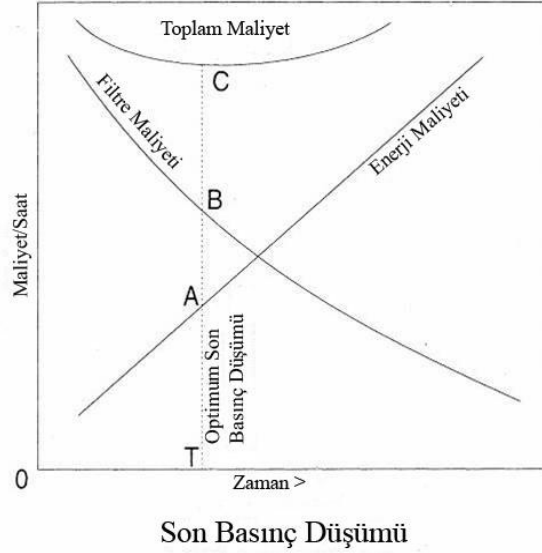
Hava Debisi (q): 10 m^3/s

Çalışma Süresi: 1 saat

Fan Verimi (μ): 0,50

Yukarıda verilen formül de örnek olarak verilen değerler yerine koyulursa, Filtre 1'in 1 saatlik enerji tüketimi 6 kWh iken, Filtre 2'nin enerji tüketimi ise 3 kWh olarak bulunur. Bu değer sadece bir adet filtre için hesaplanmış olup, filtre adedi arttıkça tüketilen enerji miktarı da aynı oranda katlanmaktadır. Görüldüğü üzere filtre direncinin ve filtre üzerinden geçirilen hava debisinin filtre enerji tüketimi üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi filtre filtre direnci ve ömrünü iyileştirmek için filtreler dirençlerine göre seçilmelidir. Filtre toplam yüzey alanı fazla olan filtreler tercih edilerek filtre direnci düşürülüp, toplam servis ömrü uzatılabilir.

Filtrelerin değiştirilme noktası ise aşağıdaki grafik ile anlaşılabilir (Şekil-3.31). Grafikte, filtrenin birim zamana düşen maliyetinin zamana göre azaldığı, buna karşın filtrenin yarattığı basınç düşümü dolayısıyla işletme maliyetinin zamana göre arttığı görülmektedir. Filtrenin değiştirilme kararının verilmesi gereken zaman ise grafikte maliyet toplamının gösterildiği Toplam Maliyet eğrisinin en düşük olduğu noktadır. Bu noktanın en düşük olduğu değer, başlangıç basınç düşümünün yaklaşık 100-150 Pa üstü olarak hesaplanmaktadır.



Şekil-3.31 Maliyet-zaman grafiği

3.8 FİLTRE TEST YÖNTEMLERİ

Filtre testlerinin yapılması ile ilgili var olan iki ana kaynak; ABD standartları (ASHRAE, IEST; MIL) ve Avrupa standartlarıdır (CEN; EN 779 ve EN 1822). ASHRAE, kaba filtreler için, ağırlık bazlı "Ortalama Ağırlık Yakalama" verimini kullanırken, hassas filtreler için kirlenme bazlı "Ortalama Atmosferik Toz Lekesi Verimi"ni kullanmaktadır. Diğer yandan EN779: 2000 'de hem kaba hem de hassas filtreler, içerisinde DEHS (veya eşdeğer) taneciği bulunan hava ile beslenerek, filtrenin iki tarafındaki optik tanecik sayaçları aracılığıyla, veriminin ölçülmesi yöntemini kullanmaktadır.

HEPA ve ULPA filtreler için Avrupa'da CEN standartları, ABD'de ise IEST ve MIL'in yayınladığı tavsiye şeklindeki standartlar kullanılmaktadır. IEST standartlarına göre HEPA filtrelerin verimi $0.3\mu\text{m}$ 'de tanımlanmaktadır. Buna karşı, EN 1822 filtre verimi için MPPS'deki (Filtreden en kolay geçen tanecik boyutu) tanımı yapmıştır. Bu iki standartta filtre test şekilleri de değişmektedir. Filtre testleri için, IEST tanecik sayaçlarını ve fotometreleri tavsiye ederken, EN 1822 tanecik sayaçlarını zorunlu kılmaktadır.

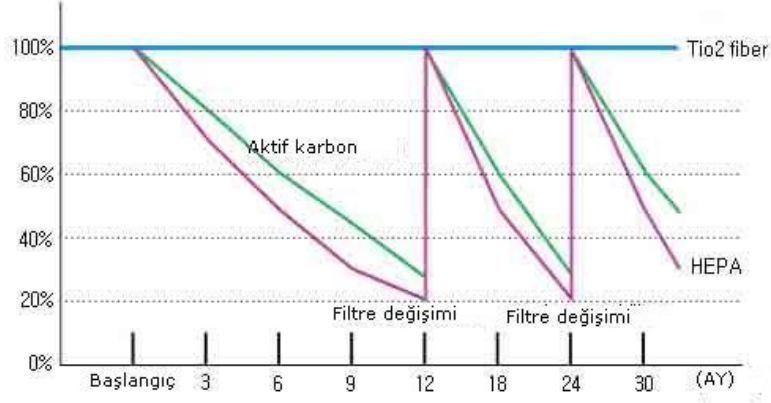
ULPATEK filtreleri, kullanıcı isteğine göre hem Avrupa (CEN) hem de ABD standartlarına uygun olarak test edilebildiği gibi, HEPA ve ULPA filtreler için ise bireysel test sertifikaları verilmektedir

ASHRAE ve filtre üreticileri gibi özel kuruluşların desteğinde yapılan çalışmalar, atmosferdeki parçacıkların yüzdesel dağılımının, büyük oranda ölçüm metoduna bağlı olduğunu göstermiştir. Atmosferdeki tanecik boyutu dağılımını gösteren ilişikteki şekil, tanecik boyut dağılımı ve ölçüm metodu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Örneğin $1,0$ mikrondan küçük tanecikler, tüm atmosferik toz parçacıklarının ağırlık olarak %3'ünü oluşturmaktayken, sayısal olarak ise %98,5'ini oluşturmaktadır. Diğer yandan, $5,0$ ile $1,0$ mikron arasında boyutlara sahip atmosferik toz tanecikleri, ağırlık bazında %52 oranında iken, sayı bazında % 0,175 oranındadır. Filtre seçiminde atmosferdeki taneciklerin büyük bir kısmının 1 mikron çapından küçük olduğuna dikkat edilmelidir.

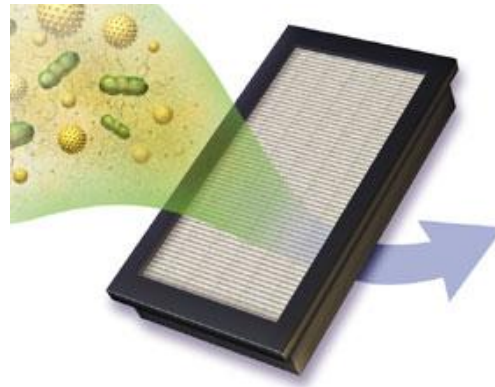
3.8.1 Toz Tutuculuk

Bilinen bileşimdeki toz, test edilecek filtre elemanından geçirildiğinde, ağırlık olarak ölçülen konsantrasyonun, giren hava konsantrasyonu ile farkının giren hava konsantrasyonuna bölümü olarak ifade edilir.

Belli bir karışıma göre hazırlanmış tozlar, test edilen filtre havasına verilir. Test süresince kirlenen filtrede basınç düşümü artar. Basınç düşümü, imalatçının önerdiği maksimum değere vardığında, toplanan toz miktarı ölçülerek kapasite tespit edilir.



Şekil-3.32 HEPA filtrelerin aylara göre tutma kapasitesi



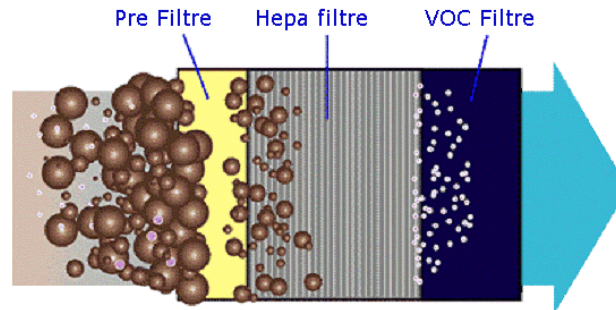
Şekil-3.33 HEPA filtrelerin tutuculukları

3.8.2 Lekeleme Yöntemi

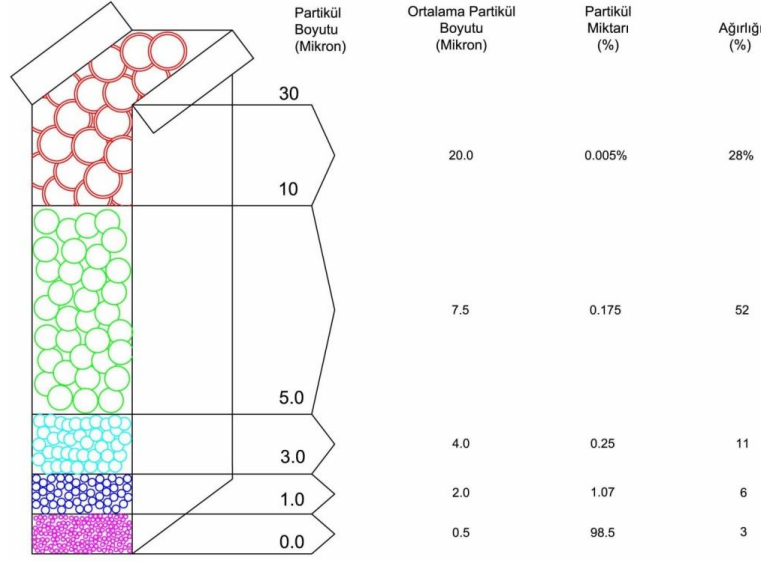
Görülebilir karakteristikteki toz zerreciklerinin test edilen filtre elemanından geçtikten sonra, özel bir filtre kâğıdı üzerinde bıraktığı izlerin ışık geçirgenliği ile ölçülür.

3.8.3 Sodyum Alevi Testi

Sodyum klorid solüsyonu, test edilen filtrenin üst yüzüne sevk edilen havanın içine enjekte edilir. Buharlaştan solüsyonun ortalama köşegen büyüklüğü $0,6 \mu\text{m}$, maksimum $1,7 \mu\text{m}$, %58'i $0,1 \mu\text{m}$ 'dan küçük kristalleri filtreden geçtikten sonra, bir hidrojen alevinin rengini havanın derişikliğine bağlı olarak değiştirir. Filtrenin penetrasyonunun anında tespitini sağlar.



Şekil-3.34 HEPA filtrelerin tanecik tutması



Şekil-3.35 Atmosferdeki tanecik (partikül) boyutu dağılımı

3.8.4 Duman Testi 1822-4

Sızdırmazlık testi filtre parçalarında herhangi bir sızıntı olup olmadığını, yerel penetrasyon değerlerinin izin verilen değerin üzerinde olduğunu doğrulamak için kullanılır (Bkz. EN 1822-1, Tablo 1). Yağ vida dişi sızdırmazlık testi H grubu filtreler için alternatif bir sızdırma testi olarak yapılabilir (H13 ve H14 sınıfları). Bu sızdırmazlık testine kaynak bu standart çerçevesinde tanımlanan parçacık sayım tarama yöntemidir. Yağ vida dişi sızdırmazlık testi aynı zamanda tarama yönteminin uygulanamadığı filtre şekilleri (Vbank ortam panelli veya silindirik filtreler için filtre parçaları) için bir test prosedürü olarak kabul edilir.



Şekil-3.36 Duman test cihazı

Yağ vida dişi sızdırmazlık testi sızıntının olmadığını görsel olarak ortaya koyan nitel bir testtir. Bu yüzden test personelinin düzenli eğitiminin gerçekleştirilmesi, prosedürün hassaslığının ve metodun düzenli aralıklarla, referans tarama testi yöntemiyle nitelendirilmiş, iyi tanımlı sızıntıları bulunan referans filtre elemanları kullanarak doğrulanması oldukça önemlidir. Referans filtre elemanlarındaki yerel sızıntıların yerel penetrasyonu, EN 1822-1 Tablo 1'de tanımlanan filtre sınıfı limit değerleri ve maksimum çift eş limit değeri arasında olmalıdır. Testte, filtre kurulumu, prosedürü optimize etmek için çeşitlendirilebilen yaklaşık 1,3 cm/s (42 m³/m²/h) hıza sahip çok

dağılımlı yağ damlacığı aerosol akışına tabi tutulur. Filtre difüzör veya kutu üzerine yatay olarak yerleştirilmelidir. Test filtre montaj düzeneği, test filtresinin sızdırmaz mahfazalı olduğunu ve gereklilikler doğrultusunda akışa bağlı olduğunu garanti etmelidir. Filtrenin hiçbir kesit alanı parçasına engel teşkil etmemelidir.

Çok dağılımlı test aerosolü, EN 1822-2'nin 4,1'inci paragrafına göre sıvı aerosol maddenin sprey hale getirilmesiyle üretilir. Parça çapının ortalama değeri 0,3 ile 1,0 μm arasında olmalıdır. Kitlesel yoğunlaşma 1,5 g/m³ olmalıdır (gravimetrik yöntemlerle belirlenir).

Akıntı yönündeki filtre dikey olarak beyaz bir floresan lamba ile veya halojen lambalarla ışıklandırılmalıdır. Lambanın aydınlığı işleme yüzeyinde > 1000 Lux olmalıdır. Filtrenin etrafı koyu olmalı ve gözlemlenebilen arka plan siyah olmalıdır. Etraftan gelen kontrol edilmeyen hava akımları filtrelenmelidir.

Bu koşullar altında, sızıntılar; sızıntı sebebiyle ortaya çıkan açıkça görülebilen yağ vida dişi formunda fark edilebilir. Eğer hiçbir yağ vida dişi görünürde yoksa H14 sınıfına kadar olan filtreler EN 1822-1, Tablo 1'de tanımlanan sızıntı limit değerlerince sızıntı yapmaz.

Lambanın konumu ve parlaklığı, tarama testi yöntemlerince nitelendirilen iyi tanımlanmış sızıntıları bulunan referans filtre elemanlarını kullanarak kontrolörün bağımlılık algısına adapte edilebilir. Şu da önerilir ki referans filtreler ortada, çerçeve kenarlarında ve ortasında ve dolguya yakın yerlerde iyi tanımlanan sızıntılarla kullanılmalıdır.

3.8.5 Emery DOP (Diocetyl Phthalate) Testi

HEPA filtreler için kullanılan bir test metodudur. DOP(Diocetyl Phthalate) buharı, hava ile birlikte filtrenin bir yüzüne verilir. Diğer yüzünden özel bir cihazla yakalanarak fotometre ile ölçüm yapılır.

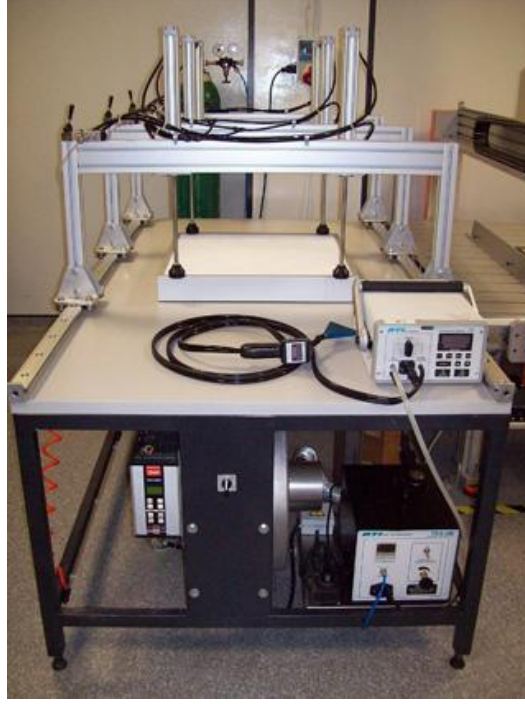
Filtrelerle ilgili bir diğer terim de, toz tutma kapasitesidir. HEPA filtreleri genellikle sadece oldukça yüksek seviyede temizlik ve saflık istenen yerlerde kullanılır. Bu gereklilik iri parçaların bulunması veya canlı hava kökenli organizmaların fizyolojik sorunlarından kaynaklanıyor olabilir. Her durumda, her filtrenin etkinliği oldukça yüksek önem arz eder ve uygun bir biçimde ölçülmelidir.

Mil-Std-282 , "(sıcak)" DOP etkinlik testi için standart olarak görülür ve pek çok HEPA filtre tanımlarıyla uyum için kullanılır. Ayrıca, HEPA filtreleri için EPA ve OSHA tanımlarında olduğu gibi " tekil dağılımlı 0,3 mikron parçacıkları" olarak da tanınır.

DOP (diocetylphthalate), yumuşak vinil plastik yapmak için vinil resinlerle yaygın olarak kullanılan bir yağdır. Ayrıca hava filtresi üreticileri ve çeşitli test acenteleri tarafından da hava filtrelerinin etkinliğini test etmeye yarayan aerosol yapmak için kullanılır. Diğer yağ benzeri maddeler, DOS gibi, benzer sonuçlar doğurur.

Bu standart tarafından etkinlik testi için HEPA filtrelerine meydan okumak için kullanılan DOP aerosol "sıcak" veya "termal yünden üretilen" DOP olarak bilinir, çünkü ısıtılmış dioktilftalat yağdan türemektedir. Karmaşık ekipman yağın ve hava sıcaklığının, hava akımı oranlarının ve karışık durumların özenli kontrolü için kullanılır. Bu "sıcak" DOP aerosol çok dar parça boyutlu bir dağıtıma sahiptir (tekil dağılımlı). Çünkü belli bir parça boyutu üzerindeki etkinliği (kısmi etkinlik) belirlemenin tek yolu, o boyuttaki parçalarla test yapmaktır; DOP, 0,3 mikron parçalarının yüksek konsantrasyonunu üretmek için kullanılır- bunu teori ortaya koyar ve tarihsel olarak en etkili filtre aracı olarak düşünülür.

Her bir test için, ortalama aerosol konsantrasyonu ışıkölçer ile filtrenin hem yukarı akımı hem de aşağı akımı ile ölçülür. Yüzdeler olarak yetersizlik veya penetrasyon belirlenebilir ve filtre işareti üzerinde kaydedilir. Örneğin,%0,008'lik etkiye sahip bir filtre önceden %99,992'lik bir verimliliğe sahip olduğu anlamına gelir, yani HEPA verimliliği için en az %99,97 seviyesinin üstündedir.



Şekil-3.37 DOP test cihazı

DOP aerosol alanda üretilebilir, fakat kullanılan ekipman, oldukça basit ve taşınabilir olan, tekil dağılımlı gerçek "sıcak" DOP'yi üretmez. Böyle bir ekipman tarafından üretilen DOP çok dağılımlıdır ve geniş madde boyutlarında dağıtım yapar. Böyle bir aerosol sızıntılar için alan testi için ve kurulumun bütünlüğünün sağlanması için gereklidir, fakat 0,3 mikron boyutlu parçacıkları sayma becerisi olmaksızın, "soğuk" DOP filtre verimliliği için en yüksek seviye testi sağlamaz.

Filtrenin verimliliği veya penetrasyonu aerosolün parça büyüklüğü tarafından büyük ölçüde etkilenmektedir. Parça boyutundaki ufak bir değişiklik etki üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Parça ne kadar küçükse, maksimum etki parçası büyüklüğüne ulaşılan kadar olan etkililik o kadar düşüktür.

Daha önceden gösterildiği gibi, "soğuk" DOP, "sıcak" DOP'den daha büyük ortalama büyüklükte geniş parça boyutuna sahiptir. Sıcaklıkların ve akım oranlarının ekipmanlı kontrolü, sürekli ve yeniden üretilebilir etkinlik ölçülerine izin veren sürekli olarak sıkı parça dağılımını sürdürmek için büyük öneme sahiptir.

"Soğuk DOP'nin HEPA filtre etkililiğini belirlemede yararlı olabileceği yer, testin IESTRP-CC007.1'e uygun olarak yapıldığı yerdir. Her bir test için, parça sayacı, filtrenin 0,3 mikron parçalı yukarı akıntı ve aşağı akıntı sayılarını eş zamanlı saymak için ayarlanmıştır. 'soğuk' DOP zıt aerosol sağlanması, istatistiksel olarak 0,3 parçalarının önemli numaralarını içerir, yetersizlik ve yüzdesel penetrasyon belirlenebilir. Bu testte, 'soğuk' DOP'nin çok dağılımlı doğası alakasızdır çünkü diğer parça boyutları ölçülmemiştir.

3.8.6 Tarama Testi

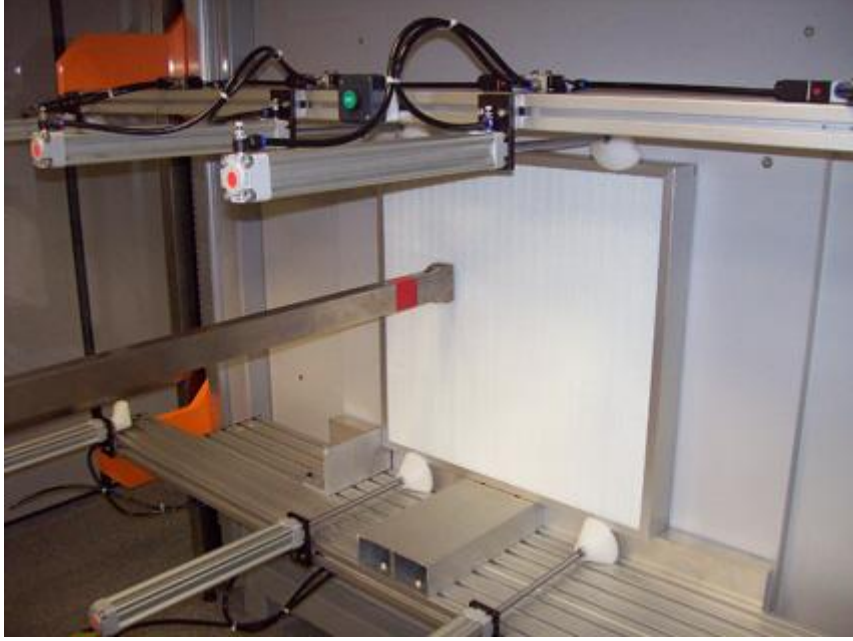
Sızdırmazlık testi, izin verilen seviyeleri aşan yerel penetrasyon değerleri için filtre elemanlarını test etmeye yarar (bkz. EN 1822-1). Sızdırmazlık testi için test filtresi montaj düzeneğine kurulur ve nominal hava akım oranına karşılık gelen hava akım testine tabi tutulur. Ölçüm sonrasında basınç nominal hacim akım oranına düşer, filtre arındırılır ve aerosol üretici tarafından üretilen test aerosol karıştırma kanalı boyunca, hazırlanan test havası ile karıştırılır böylece bu kanalın yatay kesitine homojen olarak yayılır.

Test filtresinin aşağı akım yönündeki parça akış oranı, faktör ortalama etkisi yanındaki yukarı akım yönü üzerine ulaşan parça akım oranından daha küçüktür.

Filtre materyalinin üretim arızaları veya sızıntılar filtre yüz alanı üzerinde parça akış oranının farklılığına sebep olur. Ayrıca, sınır alanlarındaki ve test filtreleri unsurları içindeki (dolgu, filtre çerçevesi, filtre montaj düzeneği) sızıntılar yerel olarak test filtresinde aşağı akım tarafındaki parça akış oranında artışa sebep olabilir.

Sızdırmazlık testi için, limit değerlerinin aşıldığı durumların belirlenebilmesi için parçacık akış dağılımı filtrenin aşağı yönünde belirlenir. Bu pozisyonların koordinatları kayıt altına alınır.

Tarama alanları ayrıca filtre çerçeve alanlarını, köşeleri, filtre çerçevesi ve conta arasındaki dolguyu kapamalıdır. Böylece muhtemel sızıntılar da belirlenebilir. Orijinal contası ile montelenen sızıntı filtrelerini taramak için, aynı montaj pozisyonunda ve hava akım yönünde tavsiye edilir. Çünkü bir taraf üzerine kururlar.



Şekil-3.38 Tarama test cihazı

Aşağı akım parçası akım dağılımını ölçmek için, tanımlı geometrilere sahip sonda aşağı akım yönünde örnek olarak belirli kısmi akımı sağlamak için kullanılmalıdır. Bu kısmi akımdan, örnek bir hacim akım oranı parça sayıcıya yönlendirilmelidir. Bu parça sayıcı parçaları sayar ve zaman işlevi olarak sonuçları gösterir. Test sırasında, sonda, filtre elemanının aşağı akım yönüne yakın boşluklar olmaksızın hatları üst üste bindirme veya dokunmada belli bir hızda hareket eder. Aşağı akım parça akım dağılımı için ölçme periyodu, pek çok paralel çalışan ölçme sistemini kullanarak kısaltılmıştır (kısmi akım çıkarıcılar/parça sayıcılar). Sondanın koordinatlarının ölçüleri, tanımlı bir sonda hızı ve yeteri derecede kısa aralıklardaki parça akım oranının ölçümü sızıntıların yer tespitini sağlar. Daha ileriki bir test adımında, yerel penetrasyon sabit sonda kullanılarak bu pozisyonda ölçülmelidir.

Sızdırmazlık testleri, bu standardın Ek E uyarınca membran aracı olan filtreler hariç, MPPS parçaları kullanılarak yürütülmelidir (bkz. EN 1822-3). Aerosol parçalarının boyut dağıtımını bir parça boyutu analiz sistemi kullanılarak kontrol edilebilir (örneğin DMPS).

Sızdırmazlık testi ya tekil dağılımlı ya da çok dağılımlı test aerosollerini kullanarak gerçekleştirilir. Ortalama parça çapının MPPS parça çarpına tekabül etmesi sağlanmalıdır. MPPS parça çapında filtre ortalaması en düşük etkililiğe sahiptir. Çok dağılımlı aerosol ile test yapılırken, bütün parça sayma metot yoğunlaşma öz sayacı (CNC) ile veya optik parça sayacı (OPC; örneğin bir lazer parça sayacı) ile kullanılabilir.

Çok dağılımlı aerosol kullanırken, parçaları sayan ve boyut dağılımını ölçen optik parça sayacı kullanılır.

Eğer tarama testi otomatik prosedür olarak uygulanıyorsa, bu ayrıca parça konsantrasyonunun ölçümünden testin ortalama etkililiğinin belirlenmesini sağlar. Aşağı akım kısmındaki ortalama parça konsantrasyonu, sayılan toplam

parça sayısından hesaplanır, diğer yandan da sonda geçiş alanına geçiş yapar. Örnek hacim, bir zaman dilimi boyunca parça sayacı tarafından analiz edilen hava hacmine denir. Test filtresinin yukarı akım kısmındaki parça konsantrasyonu kanal enine kesitinde temsili bir pozisyonda ölçülür. Dâhili verimliliği belirlemek için olan bu metot, EN 1822-5'te sabitlenmiş sondalı metotlara eş değerdir.

3.8.7 EN 1822 Standardı

Bu yeni Avrupa standardı gerçekten farklı uygulamaların ihtiyaçlarını kapsayan parça sayma metotları üzerinedir. EN 1822 bir önceki basımından (EN 1822:1998) farklıdır. Farklılıklar şu şekildedir;

- Panellerden farklı şekillere sahip H grubu filtrelerin sızdırmazlık testi için alternatif bir metot
- Sıvı yerine katı bir test aerosolü kullanan alternatif bir metot
- Membran tipi araçtan yapılan filtreleri test etme ve sınıflandırma metodu
- Sentetik lif aracından yapılan filtreleri test etme ve sınıflandırma metodu

Temel fark, şimdi E10- E12 olarak değiştirilen H10-H12 filtre sınıflarının sınıflandırılmasıyla bağlantılıdır.

Aşağıdaki tablo EN 1822'ye göre yüksek verimli filtrelerin çeşitli sınıflandırmalarını göstermektedir.

TABLO-3.11 EN 1822'ye göre yüksek verimli filtrelerin sınıflandırılması

Filtre sınıfı	İntegral değer		Yerel değer	
	Yakalama verimi %	İçine işleme %	Yakalama verimi %	İçine işleme %
E10	85	15	-	-
E11	95	5	-	-
E12	99,5	0,5	-	-
H13	99,95	0,05	99,75	0,25
H14	99,995	0,005	99,975	0,025
U15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
U16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
U17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

Filtre sınıfı tanımları şu şekildedir:

- EPA 10 - EPA 12: Verimli Partikül Hava Filtreleri
- HEPA 13 - HEPA 14: Yüksek Verimli Partikül Hava Filtreleri
- ULPA 15 - ULPA 17: Ultra Düşük Penetrasyon Hava Filtreleri

EN 1822'ye Göre Filtre Testi

EN 1822'ye göre Test etme normalde filtrenin bütün yüzeyi boyunca hareket ettirilebilen aerosol sondası ile yapılır. Aerosol sondasının bu hareketi veya taraması pek çok yerel toplanma etkinliğinin ölçümü ile sonuçlanır. Bu yerel verimlilikler bütün filtrenin verimliliğini veya filtrenin özel alanının sızıntı oranını hesaplamada kullanılabilir. Bütün verimlilik hesaplama genellikle bütün değeri belirler, diğer yandan sızıntı oranı genellikle yerel değeri belirler

Testler genellikle belirli volümetrik hava akımındaki yeni filtrelerde uygulanır. U15 veya üstündeki filtreler, bu amaçla tasarlanan parça sayma sondası ile taranmalıdır. Yağ vida dişi testi H13 ve H14 sınıflandırılmalı filtrelerde kullanılır.

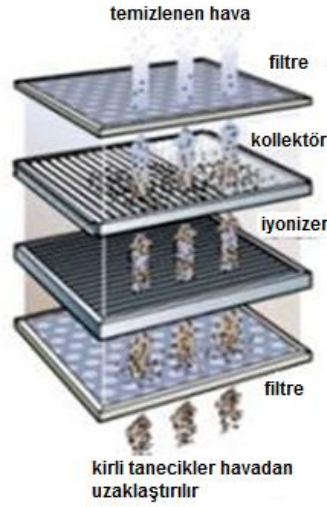
Filtre test aşağıdaki ölçümleri kapsar:

1. Nominal hava akışındaki basınç düşüşü
2. En etkili parçacık boyutundaki toplama verimliliği (MPPS)
3. MPPS'deki yerel toplama verimlilikleri
4. Yukarıdaki tabloda belirtildiği üzere H13'ün üzerinde sızıntı yoktur

En zorlu sanayi ve/veya müşteri standartları için Megalam (HEPA/ULPA) üretilmektedir. Ayrıca, gaz giderimi için, örneğin: PU dolgularından organopatizmler, ham madde bileşenleri test edilmektedir. Katı lateks alanları veya silika genellikle düşük gaz giderimi oranları sebebiyle mikro elektrik sanayi için test aerosolleri olarak tercih edilir.

3.8.8 Filtrelerin Konstrüksiyonu

Filtreler genellikle havalandırma santrallerinde, teçhizatın kirlenmesini önlemek amacıyla ısıtma ve soğutma serpantinlerinin önüne konulur.



Şekil-3.39 HEPA filtrelerin konstrüksiyonu

3.9 EUROVENT 4/4'E GÖRE HEPA FİLTRELER

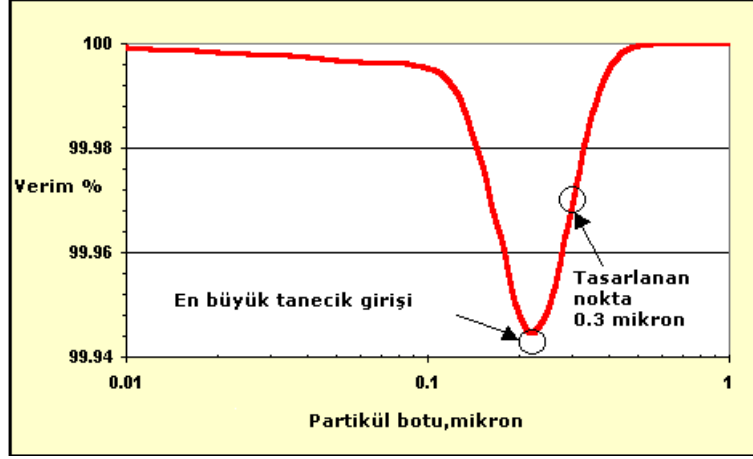
TABLO-3.12 EUROVENT 4/4'e göre filtre verimi

Sodyum alevi ile yapılan verim (0. 65 μm)		
100. 000	Eurovent sınıfı	
99,999	EU14	ULPA FİLTRE
99,99	EU13	HEPA FİLTRE
99,97	EU12	
99,9	EU11	MİCRO FİLTRE
95	EU10	

Bu deneyle doğrudan doğruya dış atmosfer havası kullanılabileceği gibi, bir HEPA filtreden geçirilen dış havaya istenen özelliklerde suni tanecik beslenebilmektedir. Filtre öncesi ve sonrasında kanal içine konan sondalar yardımıyla emilen hava bir bilgisayara bağlı olan tanecik sayıcıya gelmektedir. Bilgisayar solenoid vanalar yardımıyla filtre öncesi ve sonrası havadan numune olarak ölçme ortalamalarındaki sapma istenen bir değere erişinceye kadar belirli sayıda ölçme yapmaktadır.

Filtre seçiminde genel kaide, verilen bir hava debisi için filtre yüzeyini mümkün olduğu kadar büyük seçmektir. Bu şekilde filtre ömrü arttığı gibi, basınç kayıpları da azalacağından, işletme masrafları da düşecektir. Diğer bir kaide de HEPA ve ULPA filtrelerinin muhakkak bir hassas filtre ile (EU7) korunmasıdır. Bu şekilde kullanım yerine bağlı olarak HEPA ve ULPA filtrelerinin ömrü 5-7 seneye kadar çıkabilir. Ön filtre olarak kullanılacak hassas filtrelerin ömrü ise tesisin bulunduğu ortama göre değişebilmektedir. Ağır endüstrinin bulunduğu bir ortamda 2880 h (4 ay) olan bir filtrenin ömrü, endüstriyel tesislerin bulunmadığı yerleşim yerlerinden uzak bir yerle 7200 h (10 ay) olabilmektedir.

Temiz odalarda kullanılan HEPA ve ULPA filtrelerinin Şekil-3.38'de görülebildiği gibi verimlerine ilişkin diyagram bulunmaktadır. 610x610 mm boyutlarında %99,99 DOP veriminde bir filtrenin fiyatının 350-400 U.S.D. mertebelerinde, EU 8/9'luk bir filtrenin ise bunun onda biri fiyata temin edilebileceği düşünülürse, seçimde ne kadar hassas davranmak gerektiği ortaya çıkar.



Şekil-3.40 Tipik bir HEPA %99,97 Filtre performansı

3.9.1 Filtreler İçin MERV Derecelendirmesi

MERV derecelendirmesi, hava filtresi veya ocak filtresinin verimliliğini tanımlamaya yönelik sanayi standardıdır. MERV Minimum Verimlilik Derecelendirme Değerinin kısaltmasıdır ve 1-20 sayılarıyla gösterilir. 1 en az 20 en çok verimli anlamına gelir. Bu değer siz tüketicilere, farklı firmalar tarafından üretilen filtreleri sizin için en uygun olan filtre hakkında bilgilendirici bir karar almanıza yardımcı olur.

Bu derecelendirme, farklı boyutlardaki yok etme parçalarındaki filtrelerin verimliliğine dayanır. Test edilen üç boyut aralığı bulunmaktadır; 3,0-10,0 mikron, 1,0-3,0 mikron ve 0,3-1,0 mikron. Bir mikron bir metrenin bir milyonda birine eşittir. Bunu açacak olursak, bir insan saçı genellikle yaklaşık olarak diyametrede 100 mikrondur, MERV derecelendirmelerinde test edilen en geniş parçanın 10 katıdır. Bu yargının sonundaki nokta yaklaşık 600 mikrondur. 3,0-10,0 ve 1,0-3,0 mikron aralığındaki her bir parça genellikle sadece mikroskop altında görünürdür. Burada 0,3-1,0 aralığı sadece elektron mikroskobu altında görülmektedir. Aşağıda bazı parçalar ve boyutlarının örnekleri verilmektedir:

- Küf Sporları: 10-20 Mikron
- Küf: 3-12 Mikron
- Örümcek Ağı: 2-3 Mikron
- Şarbon: 1-5 Mikron
- Bakteriler: 0,3-6,0 Mikron
- Sigara Dumanı: 0.01-4,0 Mikron
- Virüsler: 0.005-0,3 Mikron
- Polenler: 10-1000 Mikron
- Tipik Atmosferik Toz: 0.001-30,0 Mikron

MERV 4 ve aşağı seviyede derecelendirilen filtreler genellikle fiberglas, kullan-at tipindedir. Bu filtreler sistem koruması için minimumdur ve genellikle fabrikadan yeni üniteye gönderilenlerdir. Isıtma ve soğutma sistemini korumak için uygun olsalar da, genellikle sağlıkla ilgili olan küçük parçaları ve alerjenleri filtrelemede çok başarılı değildir.

MERV 8 filtreleri fiberglasın, filtrelerin kullan at türünün en yaygın yüksek sürümüdür. MERV 8 dereceli filtreler 3,0-10,0 mikron aralığındaki parçaları yok etmede %85'e kadar etkilidir.

MERV 13 filtreleri genellikle son teknoloji konut ve ticari uygulamalarda yaygın olarak bulunur. Bir MERV 13 filtresi 0,3-1,0 arası parçaları yok etmede yaklaşık %75; 1,0-3,0 mikronlarında %90 veya daha iyi ve 3,0-10,0 arası mikronlarda %85 veya daha iyi oranda etkilidir. Bunlar alerji sorunu olan ve evlerindeki havanın kalitesinde oldukça temiz olan kişiler için en iyi filtrelerdir.

Aşağıda farklı boyuttaki parçaları yok edebilen her bir MERV derecelendirmesi ve verimliliği gösteren tablo yer almaktadır.

TABLO-3.13 Filtre verimi – ortalama filtrelenen tanecik boyutu

MERV Değeri	0,3-1,0 Mikron	1,0-3,0 Mikron	3,0-10 Mikron	Filtre tarafından yakalanan parçacık tipi
MERV 1	-	-	%20'den daha az	Polen, toz kenesi, ayak tozu, sprey boya tozu, halı lifleri
MERV 2	-	-	%20'den daha az	
MERV 3	-	-	%20'den daha az	
MERV 4	-	-	%20'den daha az	
MERV 5	-	-	%20-%34	Mantar sporları, saç spreyi, lifli koruyucu, çimento tozu
MERV 6	-	-	%35-%49	
MERV 7	-	-	%50-%69	
MERV 8	-	-	%70-%85	
MERV 9	-	%50'den düşük	%85 veya daha iyi	Nemlendirici tozu, kurşun tozu, taşıt emisyonları, öğütülmüş un
MERV 10	-	%50-%64	%85 veya daha iyi	
MERV 11	-	%65-%79	%85 veya daha iyi	
MERV 12	-	%80-%89	%85 veya daha iyi	
MERV 13	%75'den daha az	%90 veya daha iyi	%85 veya daha iyi	Bakteri, yaygın tütün dumanı, ince tanecikler (akşırık sonrası)
MERV 14	%75-%84	%90 veya daha iyi	%85 veya daha iyi	
MERV 15	%85-%94	%90 veya daha iyi	%85 veya daha iyi	
MERV 16	%95 veya daha iyi	%90 veya daha iyi	%85 veya daha iyi	

3.10 FİLTRE SEÇİMİ

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 imkânları 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 tasarlanmış panjurlar (tel kafesli) kullanılmalıdır.
 6. Elektrostatik hava temizleyicilerde yüksek voltajın kaybolduğunu veya kısa devreyi gösteren bir alarm veya gösterici tertibat bulunmalıdır.

TABLO-3.14 Filtre seçim tablosu

	PARTİKÜL BOYUTU	EN 779	EU 4 / 5	ORTALAMA VERİM		
				EN 1822	EU 4 / 4	ORTALAMA VERİM
Ön Filtreler	>10 µm	G1	EU1	Am<65		
		G2	EU2	65 ≤ Am < 80		
	3-10 µm	G3	EU3	80 ≤ Am < 90		
		G4	EU4	90 ≤ Am		
Hassas Filtreler	1 - 3 µm	F5	EU5	40 ≤ Em < 60		
		F6	EU6	60 ≤ Em < 80		
	0,3 - 1µm	F7	EU7	80 ≤ Em < 90		
		F8	EU8	90 ≤ Em < 95		
		F9	EU9	95 ≤ Em		
			E % @ 0.3 µm	EU 4 / 4	E % @ MPPS	
Hepa Filtreler	0,3 - 1 µm	≤ 95		H10	EU 10	≤ 85
		≤ 98		H11	EU 11	≤ 95
	< 0,3 µm	≤ 99,99		H12	EU 12	≤ 99,5
		≤ 99,997		H13	EU 13	≤ 99,95
		≤ 99,999		H14	EU 14	≤ 99,995
Ulpa Filtreler	0,2 - 0,1 µm	E % @ 0,12 µm				
		≤ 99,9995		U15	EU 15	≤ 99,9995
		≤ 99,99995		U16	EU 16	≤ 99,99995
		≤ 99,999995		U17	EU 17	≤ 99,999995

Filtre Değişimi

Filtrenin hava akımına karşı temizken oluşturduğu dirence başlangıç direnci veya başlangıç basınç düşümü denir. Bu değer Pa (Pascal) olarak ölçülür. Filtreler kirlendikçe bu değer artar. Direnç değeri önerilen son değere ulaşan filtre değiştirilmelidir.

Ön filtre ve torba filtreler için önerilen son direnç değerleri EN 779 Avrupa standartlarına göre belirlenmiş olup aşağıdaki şekillerde açıklanmıştır.

Filtre Ömrü

Filtre ömrü filtrenin monte edildiği yerdeki havanın kirliliğine bağlıdır. Havadaki kirleticilerin artması ya da eksilmesi ve mevsimler gibi faktörler de filtre ömrüne etki etmektedir.

Tecrübelerle göre kaset filtrelerin ömrü 2-3 ay, torba filtrelerin 4-6 ay, HEPA filtrelerin de 6-12 ay civarındadır.

Yıkama Özelliği

İçyapısı poliüretan veya metal olan ön filtreler yıkanabilir. Torba, HEPA ve ULPA filtreler gözle görülmeyen tanecikleri filtre liflerine, moleküler çekim esasına göre çekip yapıştırarak filtrelemektedir. Bu tip filtrelerin temizlenmesi mümkün değildir, yenisi değiştirilmelidir.

TABLO-3.15 Filtre tiplerine göre başlangıç ve bitiş basınçları

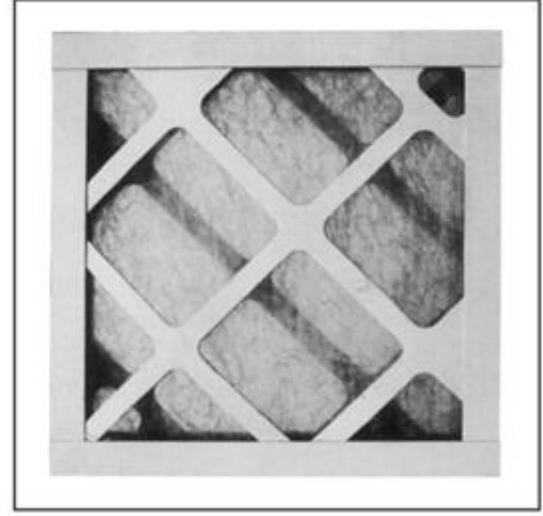
EU 4/4 DIN 24183 EN 1822						DIN 24185 EU 4/5 En 779															
Ulpa Filtreler			Hepa Filtreler			Hassas Filtreler					Ön filtreler										
U17	U16	U15	H14	H13	H12	H11	H10	F9	F8	F7	F6	F5	G4	G3	G2			G1			
																		✓	Koku Giderici Filtre		
																		✓	%50-65	Ortalama Tuz	
																	✓	%60-80			
																	✓	%75-90			
																	✓	%85-90			
																		✓	%45-60	Ortalama Verim	
																		✓	%60-75		
																		✓	%75-90		
																		✓	%90-95		
																			✓	%95-98	DOP 0,3 Mikron Parçacık Testi
																			✓	%98	
																			✓	%99,9	
																			✓	%99,99	
																			✓	%99,995	MPPS 0,12 Mikron Parçacık
																			✓	%99,9995	
																			✓	%99,99995	
																			✓	%99,999995	
✓																			✓	%99,999995	
																			✓	Rulo Tip Filtre	
																			✓	Panel Tip Filtre	
																			✓	Torba Tip Filtre	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sıkıştırılmış Pileli Filtre	
60	60	60	125	125	125	125	125	126	126	87	111	30	30	30	25	20			✓	Başlangıç Basıncı (Pa)	
160	160	160	280	280	280	280	280	400	400	450	450	450	300	225	175	150			✓	Önerilen Bitiş Basıncı (Pa)	
85	85	85	85	85	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Maksimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	

TABLO-3.16 Hava filtreleri için uluslararası sınıflandırma

	DIN 24185 DIN 24184	Verimlilik	EUROVENT 4/5	DIN 24183	EN 779
Kaset Filtreler	EU 1	$Am < 65$	EU 1	EU 1	G 1
	EU 2	$65 \leq Am < 80$	EU 2	EU 2	G 2
	EU 3	$80 \leq Am < 90$	EU 3	EU 3	G 3
	EU 4	$90 \leq Am$	EU 4	EU 4	G 4
* % Am: Kaba filtrelerin toz tutuculuk değerlerine göre ortalama verimlilik					
Torba ve Kompakt Filtreler	EU 5	$40 \leq Em < 60$	EU 5	EU 5	F 5
	EU 6	$60 \leq Em < 80$	EU 6	EU 6	F 6
	EU 7	$80 \leq Am < 90$	EU 7	EU 7	F 7
	EU 8	$90 \leq Em < 95$	EU 8	EU 8	F 8
	EU 9	$95 \leq Em$	EU 9	EU 9	F 9
** % Em: Torba filtreler için 0.4 mikron boyutundaki partiküllere göre ortalama verimlilik					
			EUROVENT 4/4	DIN 24183	EN 1822
HEPA Filtreler	Q	$E \geq 85$	EU 9	EU 10	H 10
		$E \geq 95$	EU 10	EU 11	H 11
	R	$E \geq 99.5$		EU 12	H 12
		$E \geq 99.95$	EU 11	EU 13	H 13
	S	$E \geq 99.995$	EU 12		EU 14
		$E \geq 99.9995$	EU 13	EU 15	U 15
ULPA Filtreler	T	$E \geq 99.9995$	EU 14	EU 16	U 16
	U	$E \geq 99.99995$		EU 17	U 17
	U	$E \geq 99.999995$			
*** % E: HEPA ve ULPA filtreler için 0.3 mikron boyutundaki partiküllere göre ortalama verimlilik					

TABLO-3.17 G Tipi fiberglas filtreler

- Yüzey: Fiberglas
- Çerçeve: Dolaplı
- M1'e göre yanmaya dayanıklı
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Hafif
- Ekonomik

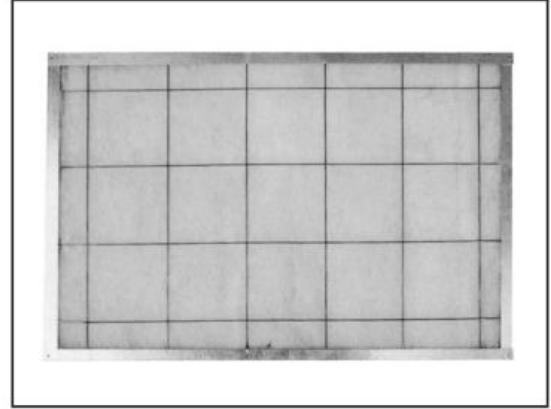


Model	Boyutlar (mm)	Verim EN 779	Yüzey (m ²)	Ortalama hava akım miktarı (m ³ /h)	Ortalama basınç (Pa)
G 12/12/1	287 287 22	G2	0.08	600	50
G 12/24/1	287 595 22	G2	0.17	1200	50
G 20/24/1	490 595 22	G2	0.29	1600	50
G 24/24/1	595 595 22	G2	0.35	2400	50
G 12/12/2	287 287 47	G3	0.08	600	60
G 12/24/2	287 595 47	G3	0.17	1200	60
G 20/24/2	490 595 47	G3	0.29	1600	60
G 24/24/2	595 595 47	G3	0.35	2400	60
G 3/3/2	305 305 47	G3	0.09	600	60
G 3/6/2	305 610 47	G3	0.19	1200	60
G 6/6/2	610 610 47	G3	0.37	2400	60
G 12/24/4	287 595 98	G3	0.17	1200	80
G 20/24/4	490 595 98	G3	0.29	1600	80
G 24/24/4	595 595 98	G3	0.35	2400	80
G 3/6/4	305 610 98	G3	0.19	1200	80
G 6/6/4	610 610 98	G3	0.37	2400	80

Teknik Bilgiler

VERİMLİLİK	G2-%80, G3-%85 GRAVİMETRİK	KULLANIM	HAVA İŞLEM KONTROLÜ MERKEZİ, ENDÜSTRİYEL MUTFAK
ÇERÇEVE	DOLAPLI	MAKSİMUM BASINÇ	200 Pa
YÜZEY	FİBERGLAS	FAYDA	90 °C - %100

TABLO-3.18 G-GL fiberglas filtreler



- Yüzey: Fiberglas
- Çerçeve: Galvaniz çelik
- M1'e göre yanmaya dayanıklı
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Ekonomik
- Sert

Model	Boyutlar (mm)	Verim EN 779	Yüzey (m ²)	Ortalama hava akım miktarı (m ³ /h)	Ortalama basınç (Pa)
G 12/12/1 GL	287 287 22	G2	0.08	600	50
G 12/24/1 GL	287 595 22	G2	0.17	1200	50
G 20/24/1 GL	490 595 22	G2	0.29	1600	50
G 24/24/1 GL	595 595 22	G2	0.35	2400	50
G 12/12/2 GL	287 287 47	G3	0.08	600	60
G 12/24/2 GL	287 595 47	G3	0.17	1200	60
G 20/24/2 GL	490 595 47	G3	0.29	1600	60
G 24/24/2 GL	595 595 47	G3	0.35	2400	60
G 3/3/2 GL	305 305 47	G3	0.09	600	60
G 3/6/2 GL	305 610 47	G3	0.19	1200	60
G 6/6/2 GL	610 610 47	G3	0.37	2400	60
G 12/24/4 GL	287 595 98	G3	0.17	1200	80
G 20/24/4 GL	490 595 98	G3	0.29	1600	80
G 24/24/4 GL	595 595 98	G3	0.35	2400	80
G 3/6/4 GL	305 610 98	G3	0.19	1200	80
G 6/6/4 GL	610 610 98	G3	0.37	2400	80

Teknik Bilgiler

VERİMLİLİK	G2-%80, G3-%85 GRAVİMETRİK	KULLANIM	HAVA İŞLEM KONTROLÜ MERKEZİ, ENDÜSTRİYEL MUTFAK
ÇERÇEVE	GALVANİZE ÇELİK	MAKSİMUM BASINÇ	200 Pa
YÜZEY	FİBERGLAS	FAYDA	200 C - %100

TABLO-3.19 W3-GL Yüzeyi genişletilmiş zigzag filtre

- Izgaraya dikilmiş sentetik yüzey
- Çerçeve: Galvaniz çelik
- M1'e göre yanmaya dayanıklı
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Sağlam
- Hafif



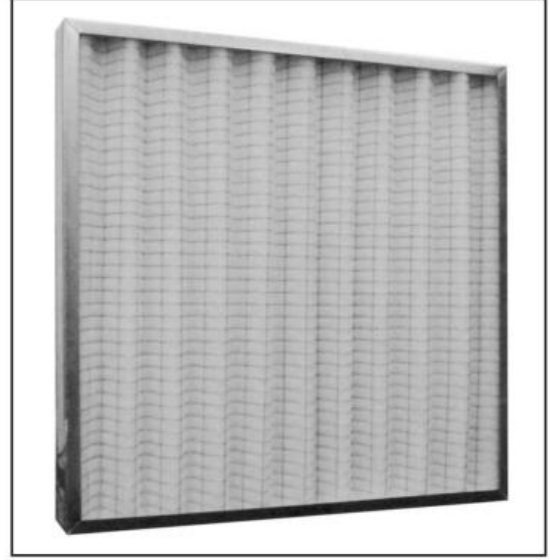
Model	Boyutlar (mm)	Verim EN 779	Yüzey (m ²)	Ortalama hava akım miktarı (m ³ /h)	Ortalama basınç (Pa)
W3 12/12/2 GL	287 287 50	G3	0.15	700	60
W3 12/24/2 GL	287 595 50	G3	0.30	1400	60
W3 20/24/2 GL	490 595 50	G3	0.45	2200	60
W3 24/24/2 GL	595 595 50	G3	0.60	2800	60
W3 3/3/2 GL	305 305 50	G3	0.15	700	60
W3 3/6/2 GL	305 610 50	G3	0.30	1400	60
W3 6/6/2 GL	610 610 50	G3	0.60	2800	60
W3 12/24/4 GL	287 595 100	G3	0.45	2100	80
W3 20/24/4 GL	490 595 100	G3	0.67	3300	80
W3 24/24/4 GL	595 595 100	G3	0.90	4200	80
W3 3/6/4 GL	305 610 100	G3	0.45	2100	80
W3 6/6/4 GL	610 610 100	G3	0.90	4200	80
W3 12/24/8 GL	287 595 200	G3	0.60	2800	100
W3 20/24/8 GL	490 595 200	G3	0.90	4400	100
W3 24/24/8 GL	595 595 200	G3	1.20	5600	100
W3 3/6/8 GL	305 610 200	G3	0.60	2800	100
W3 6/6/8 GL	610 610 200	G3	1.20	5600	100

Teknik Bilgiler

VERİMLİLİK	G4-%90 GRAVİMETRİK	KULLANIM	HAVA İŞLEM KONTROLÜ MERKEZİ, ENDÜSTRİYEL MUTFAK
ÇERÇEVE	GALVANİZE ÇELİK	MAKSİMUM BASINÇ	200 Pa
YÜZEY	SENTETİK	FAYDA	100 C - %100

TABLO-3.20 W4-GL Yüzeyi genişletilmiş zigzag filtre

- Izgaraya dikilmiş sentetik yüzey
- Çerçeve: Galvaniz çelik
- M1'e göre yanmaya dayanıklı
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Sağlam
- Hafif



Model	Boyutlar (mm)	Verim EN 779	Yüzey (m ²)	Ortalama hava akım miktarı (m ³ /h)	Ortalama basınç (Pa)
W4 12/12/2 GL	287 287 50	G4	0.15	700	90
W4 12/24/2 GL	287 595 50	G4	0.30	1400	90
W4 20/24/2 GL	490 595 50	G4	0.45	2200	90
W4 24/24/2 GL	595 595 50	G4	0.60	2800	90
W4 3/3/2 GL	305 305 50	G4	0.15	700	90
W4 3/6/2 GL	305 610 50	G4	0.30	1400	90
W4 6/6/2 GL	610 610 50	G4	0.60	2800	90
W4 12/24/4 GL	287 595 100	G4	0.45	2100	110
W4 20/24/4 GL	490 595 100	G4	0.67	3300	110
W4 24/24/4 GL	595 595 100	G4	0.90	4200	110
W4 3/6/4 GL	305 610 100	G4	0.45	2100	110
W4 6/6/4 GL	610 610 100	G4	0.90	4200	110
W4 12/24/8 GL	287 595 200	G4	0.60	2800	120
W4 20/24/8 GL	490 595 200	G4	0.90	4400	120
W4 24/24/8 GL	595 595 200	G4	1.20	5600	120
W4 3/6/8 GL	305 610 200	G4	0.60	2800	120
W4 6/6/8 GL	610 610 200	G4	1.20	5600	120

Teknik Bilgiler

VERİMLİLİK	G4-%90 GRAVİMETRİK	KULLANIM	HAVA İŞLEM KONTROLÜ MERKEZİ, ENDÜSTRİYEL MUTFAK
ÇERÇEVE	GALVANİZE ÇELİK	MAKSİMUM BASINÇ	200 Pa
YÜZEY	SENTETİK	FAYDA	100 C - %100

TABLO-3.21 FP3 Orta verimlilikte cep filtreleri

- Sentetik yüzey
- Galvanize çelik çerçeve
- M1'e göre yanmaya dayanıklı
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Hafif
- Ekonomik

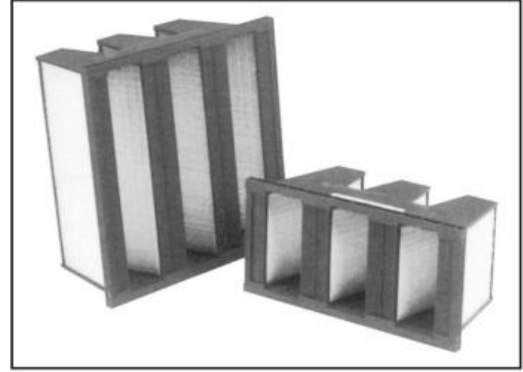


Model	Boyutlar (mm)	Verim EN 779	Cep Sayısı	Yüzey (m ²)	Ortalama hava akım miktarı (m ³ /h)	Ortalama basınç (Pa)
FP3 332	287 287 200	G3	3	0.35	500	50
FP3 362	287 595 200	G3	3	0.75	1000	50
FP3 462	490 595 200	G3	5	1.25	1600	50
FP3 662	595 595 200	G3	6	1.50	2000	50
FP3 682	595 890 200	G3	6	2.30	3100	50
FP3 334	287 287 400	G3	3	0.70	950	50
FP3 364	287 595 400	G3	3	2.50	1900	50
FP3 464	490 595 400	G3	5	2.50	3000	50
FP3 664	595 595 400	G3	6	3.00	3800	50
FP3 684	595 890 400	G3	6	4.60	5800	50
FP3 335	287 287 500	G3	3	0.88	1100	50
FP3 365	287 595 500	G3	3	3.13	2200	50
FP3 465	490 595 500	G3	5	3.13	3500	50
FP3 665	595 595 500	G3	6	3.75	4500	50
FP3 685	595 890 500	G3	6	5.75	6900	50

Teknik Değerler

VERİMLİLİK	G3-%85 GRAVİMETRİK	KULLANIM	HAVA İŞLEM KOTROLÜ MERKEZİ, TOZ ÖN FİLTRELEME
ÇERÇEVE	GALVANİZE ÇELİK	MAKSİMUM BASINÇ	200 Pa
YÜZEY	SENTETİK	YÜZEY	80 C - %100

TABLO-3.22 FPR yüksek verimli filtreler



- Plastik çerçeve
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Hafif
- Ekonomik
- Yanabilir

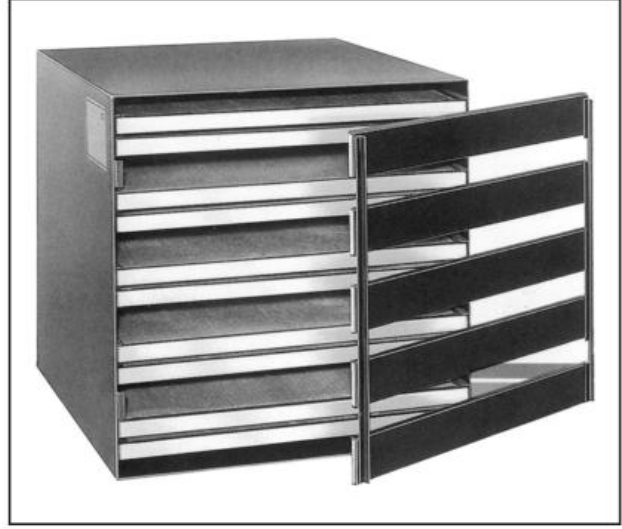
Model	Boyutlar (mm)	Verim EN 779	Yüzey	Yüzey (m ²)	Ortalama hava akım miktarı (m ³ /h)	Ortalama basınç (Pa)
FPR65 3/6	287 595 292	F6	GLASS FIBRE	9.00	2100	100
FPR65 4/6	490 595 292	F6	GLASS FIBRE	15.00	3400	100
FPR65 6/6	595 595 292	F6	GLASS FIBRE	19.00	4200	100
FPR65 3/6C	287 595 292	F6	CELLULOSE	9.00	2100	100
FPR65 4/6C	490 595 292	F6	CELLULOSE	15.00	3400	100
FPR65 6/6C	595 595 292	F6	CELLULOSE	19.00	4200	100
FPR85 3/6	287 595 292	F7	GLASS FIBRE	9.00	2100	120
FPR85 4/6	490 595 292	F7	GLASS FIBRE	15.00	3400	110
FPR85 6/6	595 595 292	F7	GLASS FIBRE	19.00	4200	110
FPR95 3/6	287 595 292	F8	GLASS FIBRE	9.00	2100	140
FPR95 4/6	490 595 292	F8	GLASS FIBRE	15.00	3400	140
FPR95 6/6	595 595 292	F8	GLASS FIBRE	19.00	4200	140
FPR95 3/6C	287 595 292	F8	CELLULOSE	9.00	2100	140
FPR95 4/6C	490 595 292	F8	CELLULOSE	15.00	3400	140
FPR95 6/6C	595 595 292	F8	CELLULOSE	19.00	4200	140
		EN 18122				
FPR96 3/6	287 595 292	H10	GLASS FIBRE	9.00	2100	250
FPR96 4/6	490 595 292	H10	GLASS FIBRE	15.00	3400	250
FPR96 6/6	595 595 292	H10	GLASS FIBRE	19.00	4200	250

Teknik Bilgiler

VERİMLİLİK	F6 (%85 OPA) - H10 %96 DOP (0.3u)	KULLANIM	HAVA İŞLEM KOTROLÜ MERKEZİ
ÇERÇEVE	PLASTİK	MAKSİMUM BASINÇ	250 Pa (H10 için 500)
YÜZEY	FIBERGLAS	YÜZEY	80 C - %100

TABLO-13.23 Aktif karbon filtreler

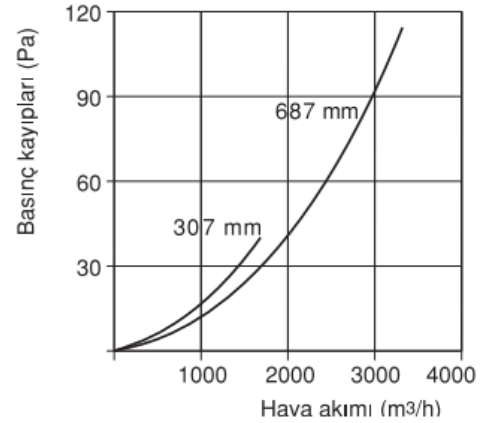
ETK aktif karbon filtreler, hava giriş sistemlerinde kullanılan, kokulu gazları ve zararlı buharları (duman, is, hidrokarbonlar vb.) ve farklı dumanları ayrıştır-mak için kullanılır. Filtre üniteleri duvar ve tavana monte edilen ventilasyon ve havalandırma sistemlerinde kullanılmaya uygundur. İhtiyaca göre kaset sayısı tesbit edilir. Kullanım ömrü, sistemin yükü ve ayrıştırılan maddelerin yoğunluğuna bağlı olarak 6 ay ile 2 yıl arasında değişir.



Filtreler iki farklı boyutta sunulmaktadır;

610 x 610mm, derinlik 307mm, 1700 m³/h akım hacmi için 8 aktif karbon kaset ve 610 x 610mm, derinlik 687mm, 3400 m³/h akım hacmi için 10 aktif karbon kaset

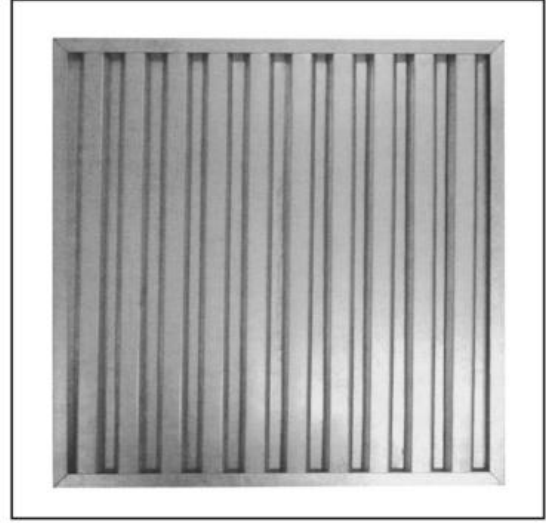
Aktif Karbon Teknik Veriler	Yaklaşık Değerler
Karbonun gözenek hacmi , cm ³ /g olarak	
(1.000 A ya da 100 µm'den küçük gözenekler)	0,50
BET'e göre karbonun dahili gözenek yüzeyi m ² /gr olarak	1.000
Karbonun görünen yoğunluğu (kuru), gr/lt olarak	430
Aktivite: Karbonun tetraklorometan CCL oranı, gr/100 gr olarak	62,5
%olarak nemlilik	max %2



Boyutlar ve Hava Miktarı / Sizes and Air volume	ET 401	ET 402
Hava akım miktarı (m ³ /saat) / Air volume	1700	3400
Basınç Farkı (Pa) / Pressure differential	40	115
Hücre Boyutları (mm) / Casing dimensions	610 x 610 x 307	610 x 610 687
Kaset Boyutları (mm) / Cell dimensions	610 x 300 x 25	600 x 680 x 25
Birim Başına Aktif Karbon Miktarı (lt) / Activated carbon quantity per unit	31	82
Birim Başına Düşen Kaset Adedi / Number of cells per unit	8	10
Net Ağırlık (kg) / Net weight	60	112
Sipariş No. Aktif Karbon Filtre Kaseti, Komple / Order number Activated carbon filter, comple	ET 401	ET 402
Sipariş No. Yedek Aktif Karbon Filtre Kaseti / Order number replacement Activated carbon filter, cell	ET 401 - K	ET 402 - K

TABLO-3.24 Mutfak davlumbaz filtresi

- Galvanize, paslanmaz çelik ya da alüminyum çerçeve
 - M0'a göre yanmaya dayanıklı
 - Pek çok farklı boyut
 - Düşük basınç düşme eğrisi
 - Yüksek dayanıklılık kapasitesi
 - Yıkanebilir, tekrar kullanılabilir
 - Ekonomik
- Frame : Galvanized sheet, stainless steel or aluminium
 - Fire resistant according to MO
 - Available in different sizes
 - High durability capacity
 - Washable
 - Economic



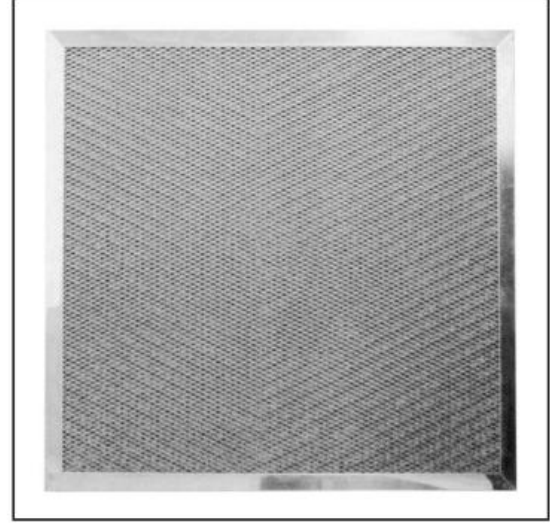
Model / Type	Boyutlar (mm) / Sizes	Ortalama / Average hava akım / Air volume miktarı (m ³ /h)	Ortalama / Average basınç (Pa) / Pressure
MUT 12/12/1	287 287 25	700	50
MUT 12/24/1	287 595 25	1500	50
MUT 20/24/1	490 595 25	2000	50
MUT 24/24/1	595 595 25	3000	50
MUT 12/12/2	287 287 50	700	40
MUT 12/24/2	287 595 50	1500	40
MUT 20/24/2	490 595 50	2000	40
MUT 24/24/2	595 595 50	3000	40
MUT 3/3/2	305 305 50	700	40
MUT 3/6/2	305 610 50	1500	40
MUT 6/6/2	610 610 50	3000	40

Teknik Bilgiler

ÇERÇEVE FRAME	METAL METAL	KULLANIM USAGE	ENDÜSTRİYEL MUTFAK INDUSTRIA KITCHEN
TEMİZLEME CLEANLINESS	BASINÇLI SU PRESSURE WATER	FAYDA UTILITY	500 C - %100

TABLO-3.25 Çelik örgülü metal filtre

- Galvanize, paslanmaz çelik ya da alüminyum örgü
- Çerçeve: Örgüye bağlanmış
- M0'a göre yanmaya dayanıklı
- Pek çok farklı boyut
- Düşük basınç düşme eğrisi
- Yüksek dayanıklılık kapasitesi
- Yıkılabilir, tekrar kullanılabilir
- Ekonomik



Model / Type	Boyutlar (mm) / Sizes	Verim / Efficiency EN 779	Yüzey (m ²) / Surface	Ortalama / Average hava akım / Air flow miktarı (m ³ /h)	Ortalama / Average basınç (Pa) / Pressure
MET 12/12/1	287 287 22	G2	0.66	700	50
MET 12/24/1	287 595 22	G2	1.37	1500	50
MET 20/24/1	490 595 22	G2	2.33	2000	50
MET 24/24/1	595 595 22	G2	2.83	3000	50
MET 12/12/2	287 287 47	G3	1.32	700	60
MET 12/24/2	287 595 47	G3	2.73	1500	60
MET 20/24/2	490 595 47	G3	4.66	2000	60
MET 24/24/2	595 595 47	G3	5.66	3000	60
MET 3/3/2	305 305 47	G3	1.49	700	60
MET 3/6/2	305 610 47	G3	2.98	1500	60
MET 6/6/2	610 610 47	G3	5.95	3000	60

Teknik Bilgiler

VERİMLİLİK / EFFICIENCY	G2-%80, G3-%85 GRAVİMETRİK GRAVİMETRİK	KULLANIM / USAGE	ENDÜSTRİYEL MUTFAK, ÖN FİLTRELEME INDUSTRIAL KITCHEN, PREFİLTRE
ÇERÇEVE / FRAME	METAL / METAL	MAKSİMUM BASINÇ / MAX PRESSURE	200 Pa
YÜZEY / SURFACE	METAL ÖRGÜ TEL / METAL BRAID WIRE	FAYDA / UTILITY	500 C - %100

3. BÖLÜM KAYNAKLARI

1. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA-Environmental Protection Agency)
2. NAFA Guide to Air Filtration (<http://www.nafahq.org/>)
3. <http://www.klimasantralleri.com/kategoriler.php?kategorino=42>
4. <http://www.elektroteknik.com.tr/index.php/tr/filtre-grubu>
5. [http://www.slideshare.net/arkam_slideshare/mechanical-ventilation-](http://www.slideshare.net/arkam_slideshare/mechanical-ventilation)
090317230450-phpapp01 20.02.2014 tarihinde erişildi)
6. Nr_11_Air_Filtration_in_HVAC_Systems[1], REHVA Federation of European Heating, Ventilation and Air-conditioning Associations.
7. Benjamin P.L. HO, Ventilation, <http://www.hku.hk/bse/MEBS6006> (22.02.2014 tarihinde erişildi.)
8. <http://www.tetisantesisat.com/hava-filtreleri-teknolojisi/olcum-metodunun-etkisi>
9. AAF Dökümantasyonu
10. NAFA Guide to Air Filtration, National Air Filtration Association, Third Ed., 2007
11. Gustavsson J., "Why We Need Effective Air Filtration", *Filtration+Separation*, Vol.39, No. 3.
12. Gustavsson J., "Can We Trust Air Filters?", *Filtration+Separation*, Vol. 37, No. 2.
13. Mutlu Nakiboğlu, TMMOB Filtre Seçim Semineri, 29.11.2013.

NOT: Bu bölümün hazırlanmasında katkılarından dolayı Öğr. Gör. Dr. Volkan ŞAHİN'e teşekkür ederiz.