

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

HİJYENİK ALANLARDA TAVAN TİPİ HEPA FİLTRE UYGULAMALARI



AIR FILTER TECHNOLOGY





İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

GANİM DOKUYUCU - Makina Muhendisi, MBA - Ulpatek Filtre

Hijyenik klima sistemlerin tasarımında dikkate alınması gereken parametrelerin başında ortamda bulunabilecek maksimum partikül konsantrasyonu ve çapı gelir. Bunun dışında sıcaklık, nem, basınç, ses şiddeti, titreşim, statik elektrik gibi parametrelerin de kontrol altına alınması gerekir. Konumuzun başlığında da anlaşılabacağı gibi hijyenik klima sistemlerinde istenilen maksimum partikül konsantrasyonu ve çapını yakalamak için kullanılan HEPA filtre tavan uygulamalarını ele alacağız. Hijyenik klima sistemlerinde kullanılan HEPA filtrelerin ilaç, gıda, kimya, kozmetik, elektronik, otomotiv (cam), hastane (Ameliyathane/Yoğun Bakım Uniteleri) ve laboratuvarlardaki kullanımları her geçen gün artmaktadır. HEPA (High Efficiency Particulate Air) filtreler ile ilgili Avrupa Birliği ülkelerinin bağlı olduğu CEN (European Committee for Standardization) tarafından yayınlanan EN 1822 standartları ile A.B.D. menşeli IEST (Institute of Environmental Sciences and Technology) tarafından yayınlanan standartlar bulunmaktadır. Bu standartlar kullanıcıdan çok, filtre üreticilerini ilgilendiren standartlardır.

Kullanımdaki mevcut standartlar arasındaki eşdeğerlik eksikliği hem üretici hem de tüketici için zorluklar yaratmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için "ISO 29463: Havadaki Partiküllerin Giderilmesi için Yüksek Verimli Filtre ve Filtre Medyası" standardı küresel bir standart olarak yeni oluşturulmuştur. Avrupa standardı olan EN 1822 temel olmakla birlikte yeni ISO standardı, dünya çapında kullanımda olan başlıca standartların filtre sınıflandırmasını kapsamaktadır. Bu standardın global olarak kabul görmesi ile sanayinin ve tüketicilerinin şu anda karşı karşıya kaldığı farklı standartlara uyum yükünün ortadan kalkması umulmaktadır.

Hava ile taşınan partikül konsantrasyonunun kontrol edildiği, oda içerisine partikül girişini, partikül oluşumunu ve partiküllerin oda içerisinde kalmasını minimize edecek şekilde inşa edilmiş, ayrıca gerekliliklere göre sıcaklık, basınç ve nem gibi parametrelerin kontrol edildiği özel alanlara temizoda (cleanroom) denir.

Temiz odalar ISO 14644-1:2015 standardına göre aşağıdaki gibi sınıflandırır;

ISO Sınıf Numarası (N)	Değerlendirmeye alınan boyutlardan daha büyük ve eşit partiküller için en yüksek konsantrasyon düzeyleri (partikül/m ³) (a)					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
ISO 1	10	d	d	d	d	e
ISO 2	100	24 (b)	10 (b)	d	d	e
ISO 3	1.000	237	102	35 (b)	d	e
ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83 (b)	e
ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	d,e,f
ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO 7	c	c	c	352.000	83.200	2.930
ISO 8	c	c	c	3.520.000	832.000	29.300
ISO 9	c	c	c	35.200.000	8.320.000	293.000

Notlar:

- a) Tablodaki tüm değerler kümülatiftir (ilgili partikül boyutu ve bundan büyük partiküllerin toplam değerini ifade eder)
- b) Bu konsantrasyon değerleri yüksek numune hacimleri gerektirebilir. Ek D'de tanımlanan ardışık numune alma prosedürü uygulanabilir.
- c) Bu partikül seviyesinde belirtilen temizlik sınıfları için (yüksek konsantrasyon nedeniyle) sınıflandırma tanımlanmamıştır.
- d) Bu seviyede partikül sayımı olması durumunda sınıflandırma geçersizdir.
- e) 1.0 µm'den büyük partiküllerin numune hattında tutulması riski sebebiyle tanımlama yapılmamıştır.
- f) 5.0 µm eşit ve büyük partikül tanımı için gerekli ise M tanımlayıcısı kullanılmalıdır.

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

Temizodada istenilen sınıfa ulaşılması için tablodaki parametreler dikkate alınarak hijyenik klima sistemi düzgün tasarlanmalıdır. Ayrıca inşai olarak odanın hazırlanması, temizoda içindeki kontaminasyon (kirlilik, bulaşma) kaynaklarının sınırlandırılması ve bu amaçla odalardaki hava akış düzeninin seçilmesi, çalışanların/ürünün/çevrenin korunması, personelin kullanacağı giysiler, malzeme, ekipman seçimi vb. kriterler de önemlidir.

Klasik bir temizodada HEPA/ULPA filtreler genellikle tavanda ve sisteminin son ürünü olarak yer alır. Bu şekilde filtreden geçen hava doğrudan temizodaya ulaşmış olur. Bu sebeple HEPA filtreler hem yüzeyde hem de oturdukları kanallarda sızdırmaz bir yapıda olmalıdır. Klima santralinin son filtre kademesinde HEPA kullanıp temizoda tasarımında da diğer kriterlere uyulduğunda ISO 8 ve ISO 9 alanlar, tavanda HEPA uygulaması olmadan da ulaşılabilecek seviyelerdir. Ancak birçok işletme risk almamak ve ileride daha yüksek temizoda sınıfına ihtiyaç duyulması ihtimaline karşın ISO 8 alanlarda da tavanda HEPA uygulaması yapmaktadır.



İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

Son yıllarda GMP, FED 209 ve özellikle ISO 14644-1 standartlarını dikkate alan işletmeler kendi gereksinimlerini de belirleyerek tavanda HEPA filtreleri çok yaygın olarak kullanmaktadır. NAFA (National Air Filtration Association) 2021 yılında yayınladığı "Guide to Air Filtration / Chapter 9" baskısında tavanda HEPA kullanım oranını aşağıdaki yüzdelerde ifade etmiştir;

Temizoda Sınıfı	HEPA Kullanım Oranı
@ ISO 14644-1	Tavan Alanı
ISO 5	%90
ISO 6	%75
ISO 7	%60
ISO 8	%40

ISO 5'ten az olan sınıflara ulaşmak için HEPA değil ULPA (Ultra Low Penetration Air) filtre kullanılması tavsiye edilir.

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

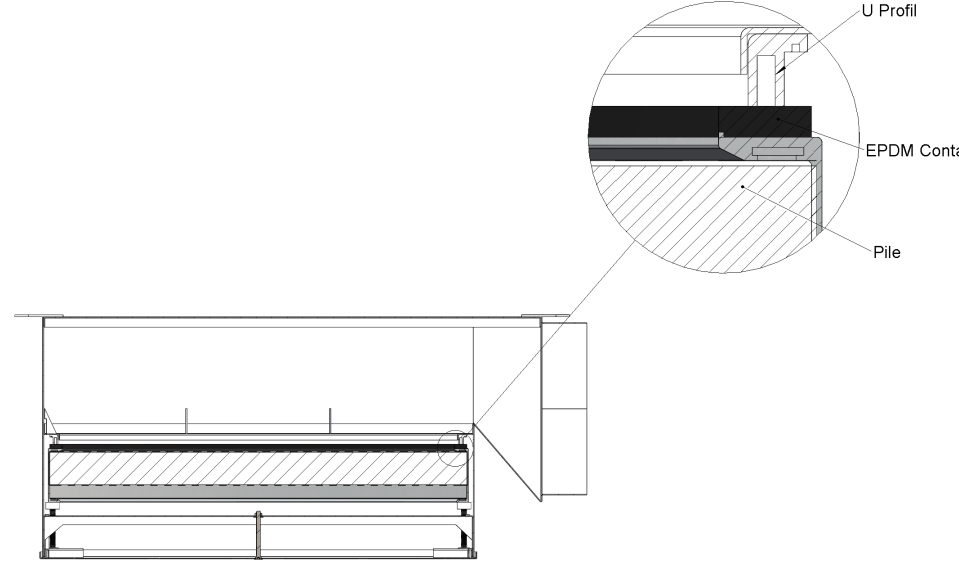
Tavan uygulamalarında kullanılan HEPA kutusu ve davlumbazlı filtreleri detaylı inceleyelim.

1- HEPA KUTULARI

1.1 Test Yarıklı (Groove) Kutular

Avantajları;

- Test Yarığı (Groove) (U profil) sayesinde conta sızdırmazlık testi imalat sürecinde ve yerinde montajda yapılabilir.
- Özellikle EPDM conta ile 90° köşelerde tam olarak yüzey sızdırmazlığı sağlanır (Resim1, a).
- U profil yüksekliği arttırılarak jel dolgulu filtrelere de uygun hale getirilebilir.



Şekil 1. Test Yarıklı (Groove) Kutu

Dezavantajları;

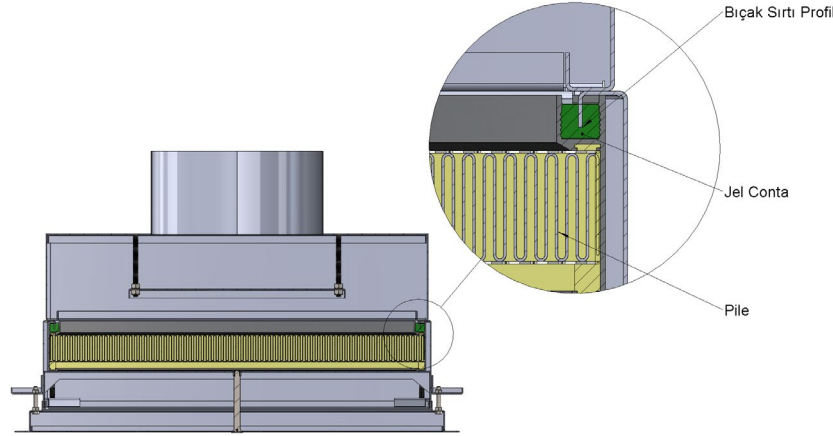
- Dökme contalı filtreler, köşeleri yuvarlak dönüşlü olduğu için bu modele uygun olmayabilir.
- Üretimi daha maliyetli olduğu için diğer iki modele göre daha pahalıdır.
- Düzgün uygulanmamış filtre contasının birleştirme noktası nedeniyle sızdırmazlık yaşanabilir. Eksiz conta tercih edilirse bu sorun ortadan kalkar.

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

1.2 Jel Dolgulu Filtrelere Uygun Kutular (Knife Edge)

Avantajları;

- Jel dolgulu filtreye uygun imal edildiği için diğer iki modele göre filtre oturma yüzeyi kaynaklı sızdırmazlık riski en az olan modeldir (Resim 1, b)



Şekil 2. Jel Dolgulu Filtrelere Uygun Kutu (Knife Edge)

Dezavantajları;

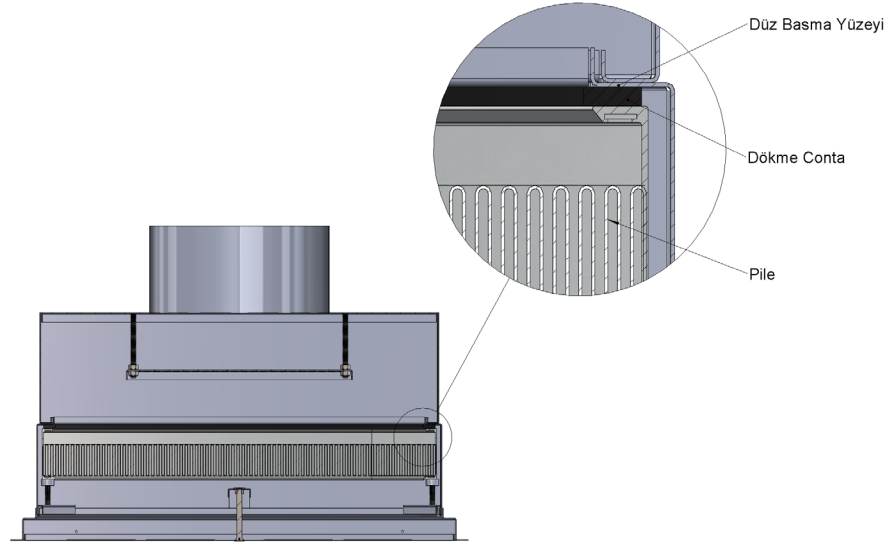
- Filtre çok fazla sökülüp takılırsa jel bozulabilir.
- Uzun süreli kullanımlarda (5 yıl üzeri) jel özelliğini kaybedebilir.
- Test groove olmayan modellerde HEPA filtre sızıntı (EMERY(DOP)) testinden önce conta yüzey testi yapılamaz.

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

1.3 Düz Yüzey Basmalı Kutular

Avantajları;

- En çok tercih edilen dökme conta filtreler bu modelde kullanılabilir (Resim 1, c).
- İmalatı diğer iki modele göre daha kolay olduğu için fiyat avantajı vardır.



Dezavantajları;

- Filtre oturma yüzeyi düzgün değilse (terazide değilse) filtre oturma yüzeyi kaynaklı sızdırmazlıkta sıkıntı yaşanabilir.
- Filtre oturma yüzeyi düz olduğu için HEPA filtre sızıntı testinden önce conta yüzey testi yapılamaz.

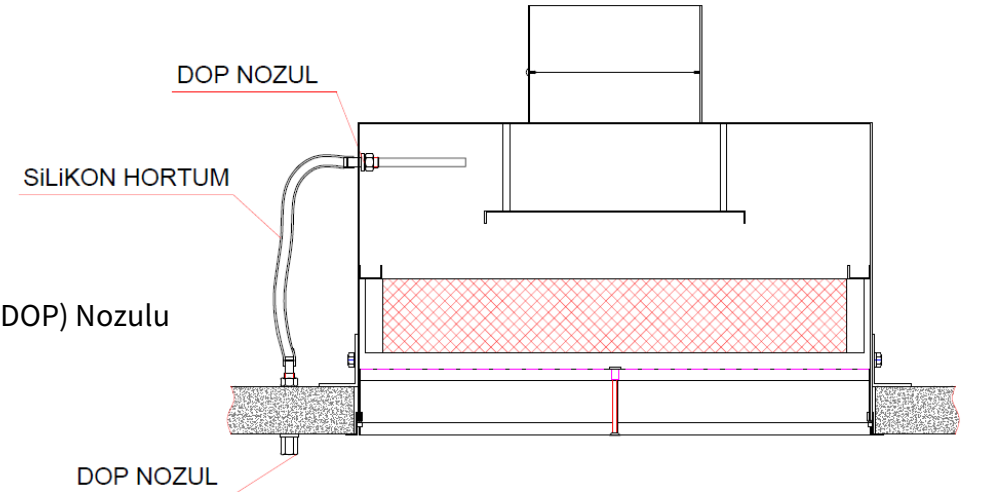
Şekil 3. Düz Yüzey Basmalı Kutu

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

ORTAK ÖZELLİKLER;

- Damperli modellerinde tavan arasından kısmi debi ayarı yapılabilir.
- Her türlü tavan şekline göre (clip-in, panel, alçıpan, T profil vs.) tasarım yapılabilir.
- HEPA filtrenin mahalden değiştirilmesine olanak sağlar.
- Swirl difüzör, kare anemostat, perfore menfez vs. hava dağıtıcılarına uygundur.
- Paslanmaz ve boyalı üretilebilir.
- Tavan arası dar olan yerlerde yandan boğazlı olarak üretim yapılabilir.
- İsteğe ve tasarıma bağlı olarak HEPA filtre sızıntı (DOP) testi ve ΔP nozulları konulabilir.

Şekil 4. HEPA Kutusunda HEPA Filtre Sızıntı (DOP) Nozulu

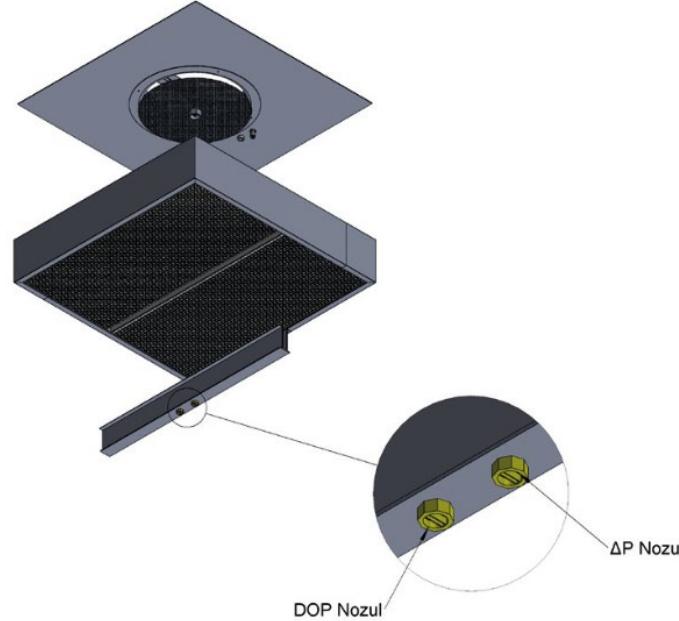


2- DAVLUMBAZ TİPİ HEPA FİLTRELER

2.1 Davlumbazlı Ara Bölmeli HEPA Filtre

Avantajları;

- Mahalden ayarlanabilir özellikte hava dağıtıcısıdır.
- Ara bölme üzerindeki nozul sayesinde HEPA filtre sızıntı (DOP) testinde %100 alınabilir.
- Ara bölme üzerindeki nozul kullanılarak fark basınç alınabilir.



Şekil 5. Ara Bölmeli Davlumbazlı Filtre Bileşenleri ve Nozullar

Dezavantajları;

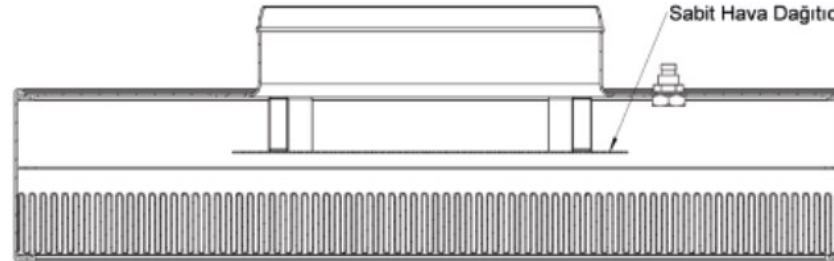
- Ara bölmesiz modele göre (Tip 2.2) nakliye ve montaj esnasında daha dikkat edilmelidir.
- Ara bölmesiz modele göre (Tip 2.2) filtre yüzeyi daha azdır.
- Ara profil bölmesi sebebiyle mahalden iki parça olarak görülmektedir.
- Sabit hava dağıtıcı modele göre biraz daha pahalıdır.
- Filtre kirlendiği zaman komple değiştirilir.

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

2.2 Davlumbazlı Ara Bölmesiz HEPA Filtre

Avantajları;

- Hava girişinde sabit hava dağıtıcısı vardır.
- Ara bölme olmadığı için filtre yüzeyi geniştir.
- Ara bölmeli modele göre (Tip 2.1) biraz ucuzdur.
- Mahalden karolaj ile birlikte görsel olarak bütünlük sağlar.



Şekil 6. Ara Bölmesiz Davlumbazlı Filtre

Dezavantajları;

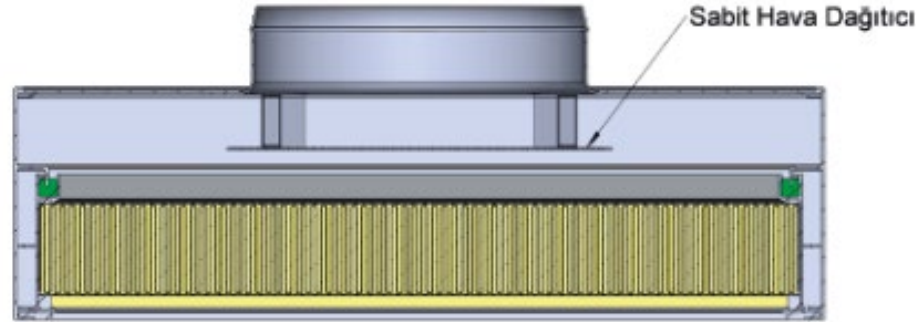
- Hava dağıtıcısı ayarlanabilir olmadığı için debi ayarı mahalden yapılamaz.
- Filtre üzerinden HEPA filtre sızıntı (DOP) testinde %100 alınamaz. Ancak tavana konulacak nozul ile bu durum ortadan kalkar (1 nozul en fazla altı filtre içindir).
- Filtre kirlendiği zaman komple değiştirilir.

İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

2.3 Değiştirilebilir Jel Dolgu Contalı Filtreye Uygun Davlumbazlı Filtre

Avantajları;

- Filtresi mahalden değiştirilebilir.
- Hava girişinde sabit hava dağıtıcısı vardır.
- Mahalden karolaj ile birlikte görsel olarak bütünlük sağlar.
- Ara bölme olmadığı için filtre yüzeyi geniştir.



Şekil 7. Değiştirilebilir Jel Contalı Filtreye Uygun Davlumbazlı Filtre

Dezavantajları;

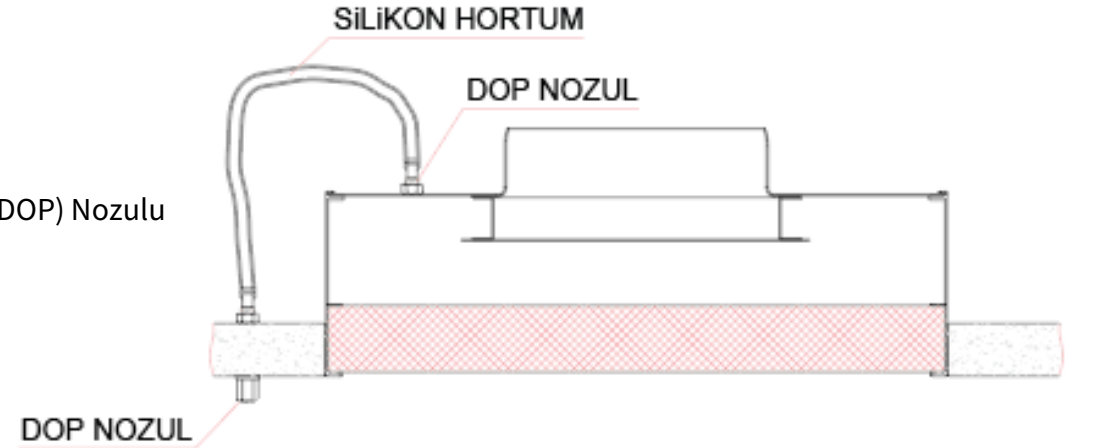
- Hava dağıtıcısı ayarlanabilir olmadığı için debi ayarı yapılamaz.
- Filtre üzerinden HEPA filtre sızıntı (DOP) testinde %100 alınamaz. Ancak tavana konulacak nozul ile bu durum ortadan kalkar (1 nozul en fazla altı filtre içindir).
- Diğer iki modele göre daha pahalıdır.
- Sıkıştırma çubukları sebebiyle kenar genişliği diğer modellerden biraz fazladır.

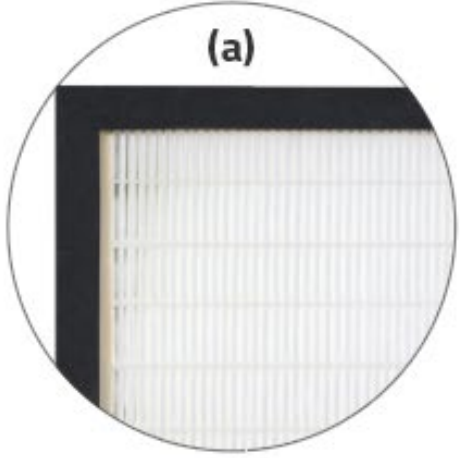
İYİ BİR GELECEK İÇİN, YÜKSEK KALİTELİ FİLTRASYON!

ORTAK ÖZELLİKLER;

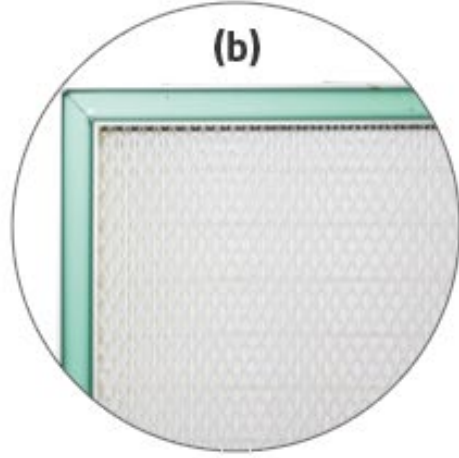
- İstenen çapta boğaz ölçüsü
- Bireysel sızdırmazlık test sertifikalı
- %100 sızdırmazlık garantili modül ve filtre
- Mevcut filtreler ile değiştirilebilme
- Vida veya bağlantı elemanı olmadan montaj edilebilme
- HEPA filtre sızıntı (DOP) testi ve ΔP nozulları hava giriş tarafında standart
- Hafif ve montaja hazır tasarım

Şekil 8. Davlumbazlı Filtrede HEPA Filtre Sızıntı (DOP) Nozulu

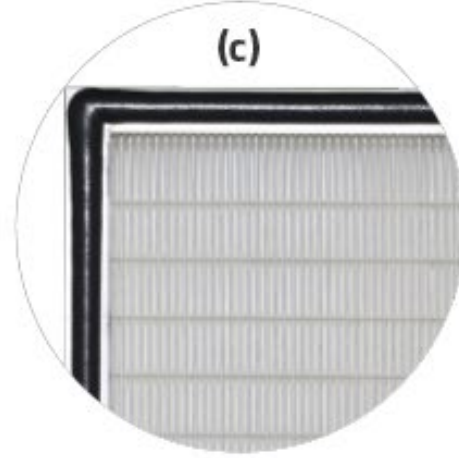




(a)



(b)



(c)

Resim 1. Farklı HEPA Kutu Modellerine Uygun Conta Çeşitleri
(a: EPDM Conta, b: Jel Conta, c: Poliüretan Köpük Conta)

HEPA Filtre Kutuları ile Davlumbazlı HEPA Filtre Modellerinin Karşılaştırılması;

HEPA FİLTRE KUTUSU

- Her temizoda klasında kullanılır.
- Kutu, HEPA filtre ve menfezden oluşur. Bu üç elemanın uyumu önemlidir ve dikkatli bir seçim gerektirir.
- Kutu, HEPA filtre ve menfezden oluştuğu için daha pahalıdır.
- İlk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen, işletme maliyeti açısından daha uygundur. Filtre kirlendiğinde sadece filtre değişimi yapılacaktır. Yatırımın uzun süreli olması durumunda kutu tercihi yapılabilir.
- Tavan ve kutu arasındaki montaj uyumuyla filtre değişim sırasında mahalın kirlenmesi önlenir.
- Her türlü tavan şekline göre (clip-in, panel, alçıpan, T profil vs.) tasarım yapılabilir.
- Daha ağırdır.
- Standart tasarımda kutu daha yüksektir.
- Swirl difüzör, kare anemostat, perfore menfez vs. hava dağıtıcılarına uygundur.
- Paslanmaz ve fırın boyalı üretilebilir.
- Tavan durumuna göre yandan boğazlı olarak üretilerek montaj kolaylığı sağlar.
- İlk montajı davlumbazlı filtreye göre daha uzun sürede yapılır.
- Tavan ve kutu arasındaki montaj uyumuyla tavan ile menfez yüzeyi aynı seviyede (hemyüz) bırakılabilir.

DAVLUMBAZLI HEPA FİLTRE

- Her oda klasında kullanılabilir, ancak özellikle ISO 8 gibi tavan yüzeyinde daha az HEPA kullanımlarında menfez olmadığı için oda içinde ölü hacimler daha fazla kalabilir. İyi bir emiş sistemi ile bu en aza indirilebilir.
- Kompakt bir modül olduğu için sızdırmazlık riski daha azdır.
- Belli parametreler gözetilerek seçilmiş kutulardan (filtre ve menfezi olan) daha ucuzdur.
- İlk yatırım maliyeti uygun olmasına rağmen, işletme maliyeti açısından daha pahalıdır. Filtre kirlendiğinde komple bir değişim gerektirir. Bu yüzden sık filtre değişimlerinde tercih edilmeyebilir.
- Alttan filtre değişimli modeli seçilmediği takdirde davlumbazlı filtre montajı tavandan yapılır. Bu nedenle mahal kirlenebilir.
- Panel ve T profil tavanlarına daha uygundur. Clip-in tavan için aparat yapılması gerekmektedir. Alçıpan tavanlarda filtre değişimi sıkıntılıdır.
- Daha hafiftir.
- Standart profillerden imal edildiği için daha kompakt bir yapısı vardır. Çerçeve yüksekliği kutudan azdır.
- Swirl difüzör, kare anemostat, perfore menfez vs. uygulamasına uygun değildir.
- Standart eloksallı alüminyum profil yapısına sahiptir.
- Standart olarak üstten boğazlıdır.
- Montajı daha kısa sürede yapılabilir.
- Filtre profili nedeniyle yüzey koruma (faceguard) tavan ile aynı seviyede değildir.

Tavanda HEPA kullanımında ister kutulu ister davlumbazlı filtre uygulaması yapılsın dikkat edilmesi gereken temel hususlar vardır. Temel hatlarıyla bu hususlar aşağıda verilmiştir;

- **Hava debisine göre uygun modelin seçimi:**

Projeye ve standartlara uygun olarak tasarım yapılmalıdır. Burada karşılaşılan temel sorun uygulamada gerekli olan kutu adedi azalsın diye tavandaki her bir HEPA filtreden nominalden fazla hava debisi geçirilmek istenmesidir. Alın hızı, ilk başlama basıncı, son kirlenme basıncı, filtrasyon hızı gibi kriterler dikkate alınarak ve özellikle uygulama yapılacak işletmedeki mühendislik ve kalifikasyon ekipleriyle yapılacak mutabakat ile sonradan çıkması muhtemel problemler ortadan kaldırılabilir.

- **Uygun asma tavanın seçilmesi:**

Kutu ile asma tavanın uyumu önemlidir. Kutular tüm tavan çeşitlerine uygulanabilir olmasına rağmen montaj ve işletme kolaylığı için asma tavanın doğru seçilmesi önemlidir.

- **Tavan yapısı ile uygulanacak modelin uyumu:**

Bu konu mutlaka üretici & taahhüt yapan firma & partisyon üreticisi arasında bir koordinasyon ile belirlenmeli ve gerekmesi durumunda imalata başlamadan önce numune çalışması yapılmalıdır.

- **Uygun difüzörün seçilmesi:**

Seçilecek difüzörün, kutu ve asma tavana uygun seçilmesi önemlidir. Bu yapı mahalden görülecek ve işletme sırasında filtre değişiminde sökölüp takılacaktır. Yapılacak seçimin görsel kriterler ve ilerde filtre değişimi sırasında görüntü kirliliği yaratmaması için önemlidir. Son dönem uygulamaları genellikle difüzörün kutu içinde kalması yönündedir.

- **HEPA filtre ile kutunun uyumu:**

Yukarıda uygulanacak modele göre hangi filtrenin hangi kutuya uygun olduğu anlatılmıştır. Taahhüt firması, uygulanacak modele göre filtre üreticisinden uygun filtrenin seçilmesine dikkat etmelidir. Bu husus oldukça önemlidir. Taahhüt firması çoğu zaman kutuyu, difüzörü ve HEPA filtreyi farklı tedarikçilerden temin edebilmektedir. Ya da komple aynı tedarikçiden temin etse bile hepsinin yukarıda anlatılan kriterlere uygun olup olmadığını mutlaka kontrol etmeli ya da sipariş aşamasında bunları sorgulamalıdır.

- **HEPA filtre sızıntı (DOP) testi ve ΔP nozullarının seçimi:**

Mühendislik firması sipariş aşamasına geçmeden önce uygulanacak tavan HEPA filtre modelinde filtre kirliliğini izlenebilmesi ve sızdırmazlık testinin yapılabilmesi için konulacak nozulların tespitini yapmalıdır. Bu seçimi yaparken işletme yetkilileri, kalifikasyon bölümü, partiyon firması ve üretici ile koordinasyon halinde olmalıdır. HEPA filtre kutusu ve davlumbazlı filtre dışında tavanda FFU (Fan Filtre Ünitesi) ve LF (Laminar Flow) uygulamaları da yapılmaktadır. FFU ve LF uygulamaları da yapı olarak yukarıda detaylı anlatılan iki modelin özelliklerini taşımaktadır. Filtre, filtre contası, filtre oturma yüzeyi, sıkıştırma sistemi, tavan ile uyumu gibi özellikler yukarıda anlatılan detaylar ile aynı olduğu için FFU ve LF için ayrı bir tablo yapılmamıştır.

SONUÇ:

Yukarıdaki anlatılan hususlardan dolayı tavanda uygulanacak HEPA filtre modelinin doğru seçilmesi oldukça önemlidir. Kurulan sistemin mahalden görülen en önemli elemanı bu uygulamadır. Bu sistemin belli aralıklarla kontrol edildiğini ve sızıntı testinin yapıldığını düşünürsek bu seçimin ne kadar büyük önem taşıdığı görülür. Piyasada yapılan en büyük hata bu hususlar dikkate alınmadan seçim yapılmasıdır. Bilgi eksikliğinden, bu işi satın alacak kişilerin maliyet odaklı olmasından, işin gereğinden ucuza alınmış olmasından ve bunun gibi sebeplerden dolayı hatalar yapılabilmektedir. Uygun olmayan kutunun seçilmesi ve sipariş edilmesi, gelen kutuya uygun olarak tavana zorlama çözümlerle kutu montajının yapılması ve kutu-filtre uyumsuzluğu içinden çıkılmaz problemler oluşturmaktadır. Bunlar sıklıkla karşılaştığımız sıkıntılardır. Hatta bu konuyu ele alıp yazma sebebimiz, bu önemli hususların maalesef ülkemizin önemli yatırımlarında göz ardı edilerek maliyet odaklı yaklaşımların sergilenmesi ve insan sağlığını tehlikeye atacak bu uygulamaların yapılmasıdır.

Kaynaklar:

1. Prof. Dr. F. Taner ÖZKAYNAK / Tetisan Teknik Yayınları
2. 2. ISO 14644-1:2015 Temizoda Standardı
3. 3. NAFA Guide to Air Filtration / Fifth Edition: 2014 (Chapter 9)
4. 4. ULPATEK Air Filter Technology
5. 5. EN ISO 29463-4:2011 High-Efficiency Filters and Filter Media for Removing Particles in Air - Part 4: Test Method for Determining Leakage of Filter Elements-Scan Method
6. 6. IEST-RP-CC034.2 HEPA and ULPA Filter Leak Tests
7. 7. Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation / Second Edition, W. Whyte



AIR FILTER TECHNOLOGY

www.ulpatek.com