

# HAVANIN İÇİNDEKİ TOZ VE FİLTREASYON PRENSİPLERİ VE FİLTRE TEST METODLARI

**Lale ULUTEPE**

1983 Boğaziçi Üniversitesi Kimya Mühendisliği mezunudur. 1986'da Alarko/ Almüt A.Ş.'de filtre satış ve pazarlaması konusunda çalışmaya başlamıştır. 1990'dan beri, AAF International BV Hollanda firmasının Türkiye bürosu olan AAF Hava Filtreleri ve Ticaret A.Ş.'de satış müdürü olarak görevini sürdürmektedir.

## ÖZET

Her insan günde 22.000 kez nefes alıp verir. Her nefesle 40.000 ila 70.000 adet partikül vücuda girer. Bu toz parçacıklarının virüsler için birer taşıyıcı olduğunu düşünürsek yalnızca havanın solunmasının bile vücuda virüs girmesinde ne kadar önemli bir rol oynadığını görürüz. Bu havanın bir de kirli olduğunu düşünecek olursak hava kirliliği ile ne denli tehdit altında olduğumuzu anlayabiliriz.

Toz virüslere taşıyıcılık yaparak sağlığımızı etkilediği gibi, istemediğimiz yerlere girip birikerek temizlik gerektirmekte, mekanik aletlerin üzerinde birikerek aşınmalara neden olmaktadır. Üretim sırasında bir tek toz parçacığının yarı iletken devre üzerine düşmesi onun işe yaramaz bir parça haline gelmesine yetmektedir.

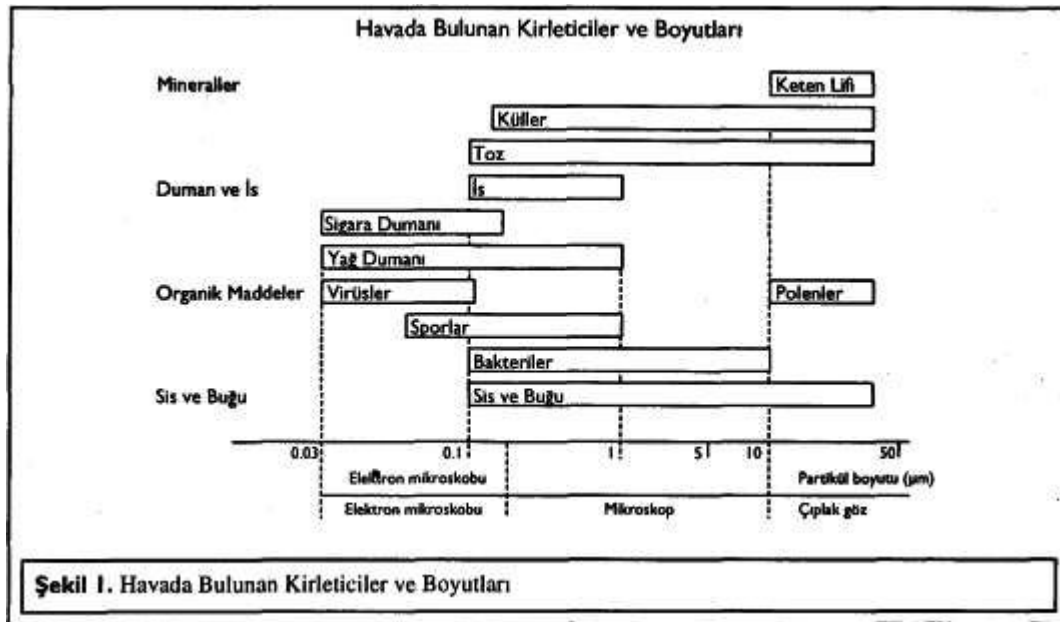
Bu bildiride havanın içindeki tozun boyutları, bu boyutlara göre geliştirilmiş olan çeşitli filtrasyon prensipleri, filtrelerin verimliliklerinin ölçüm metodları üzerinde durulmuştur. Ayrıca 1993'ten beri, Avrupa filtre üreticilerince yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkarılan ve Avrupa çapında ortak bir standardizasyon anlamına gelen EN 779 STANDARDI hakkında bilgi verilmiştir.

## GİRİŞ

Havanın içinde bulunan kirlenmeleri üç grupta toplayabiliriz:

Birinci grupta toz duman bulunur. Bu kategori, silisli mineralleri, kumu, doğal ve sentetik lifleri ve karbonu içermektedir. Serbest karbon, is, kurum, kül ve dumanda bulunur. Karbon doğadaki en kirlenici elemandır. Bir yüksek karbon siyahı 4000 m<sup>2</sup> beyaz kağıdı siyahlatmaya yetebilir.

Birleşik karbona ise, çürümüş hayvan ve bitki artıkları, tohum, polen ve birçok diğer biçimlerde rastlamak mümkündür. İkinci grup kirlenmeler, bulut ve sis şeklinde görülen sıvı partiküllerdir. Sonuncu grup ise gaz veya solid olmayan taneciklerin oluşturduğu kirlenmelerdir. (Şekil 1) havanın içindeki kirlenmeleri ve boyutlarını göstermektedir.



## Havadaki Kirleticilerin Kaynakları

Akla hemen gelen birçok kirletici kaynağı vardır. Fabrikalardan sayısız çeşitte zararlı gazlar, tam yanmama sonucu ortaya çıkan serbest karbon, otomobillerden çıkan egzost dumanları ve fren balatalarının aşınmasından gelen kalıntılar bu kaynaklar arasında sayılabilir.

Bunun dışında insan günlük yaşamından kaynaklanan, göze görünmeyen kirleticiler de bulunmaktadır. Giyeceklerden salınan lifler, yürüdükçe havaya kalkan halı tozları gibi. Ölü deri ve saçlar da bu göze çarpmayan kirleticiler arasındadır.

Benzer bir olgu doğada da bulunmaktadır. Duman, sis ve serbest karbon doğal olarak da üretilir. Çürüyen hayvan ve bitki artıklarının sonucu oluşan birleşik karbon da atmosfere sürekli girer ve rüzgar tarafından dağıtılır. Hafif bir rüzgar bile bu kirleticileri uzak yerlere rahatlıkla taşır.

## PARTİKUL BÜYÜKLÜKLERİ VE BOYUT DAĞILIMI

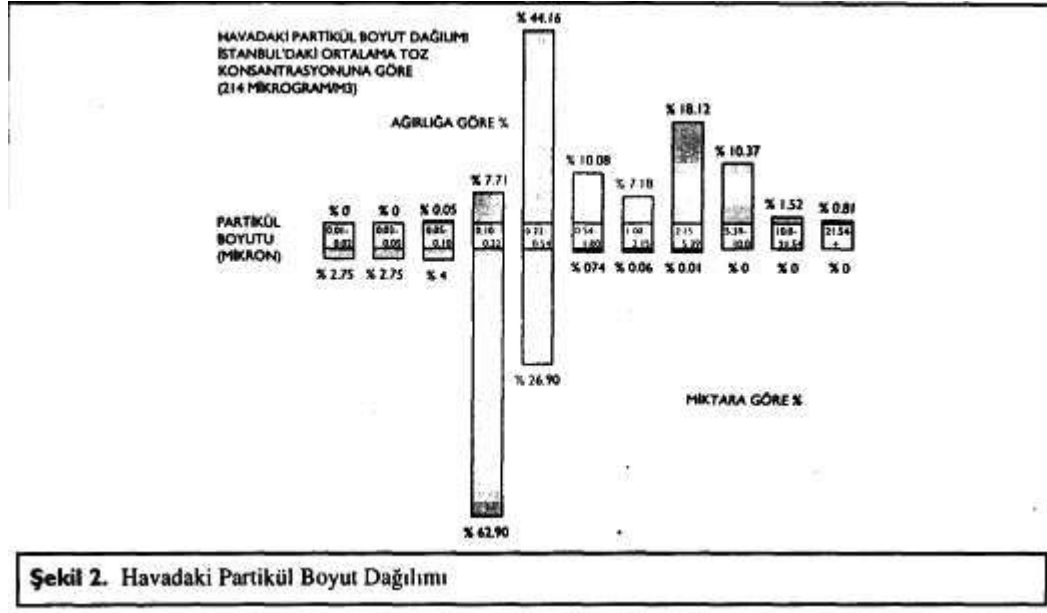
Şu ana kadar üzerinde durduğumuz partiküllerin hepsi havada asılı durumda bulunurlar. Partiküller, boyutları açısından büyük değişiklik gösterirler. En küçük partikül 1 mikronun çok altında bulunurken, en büyük partikül 200 mikronun çok üstünde olabilir. Cümle sonuna konulmuş bir noktanın 500 mikron olduğunu düşünürsek, bir noktada 2 milyon üzerinde çapı 0.3 mikron olan kurum parçacığının bulunacağını görürüz. En iyi ışık koşullarında 10 mikrona kadar partikülleri çıplak gözle görmek mümkün olabilir.

Mikronun ne olduğunu göz önüne getirmeye çalışırsak, insan saçının çapı 100 mikrondur. Ortamda bulunan kaba toz 10-20 mikrondur. Kan partikülleri 14 mikronken tüberküloz basilleri 2-6 mikron uzunluğunda, 0.5 mikron genişliğindedir.

İplik tiftiği, boyut olarak oldukça büyüktür. Kül ise bir çok boyutta karşımıza çıkabilir. 1/10 mikrondan 50 mikrona kadar değişen boyutlardadır.

(Şekil 2) ve (Şekil 3) İstanbul'da 1994-95 kış mevsiminde ulaşılan en yüksek hava kirliliği ölçümlerine dayanılarak (214 mikrogram/m<sup>3</sup>), AAF International BV/Hollanda firması uzmanları tarafından yapılan parçacık dağılımı model grafiğini göstermektedir. Bu grafiğin en önemli sonucu havanın içinde 10 mikrondan büyük partiküllerin oranının on milyonda 1.47 oluşudur.

On milyon adet parçadan yalnızca 1 adedi çıplak gözle görülebilmektedir. Ağırlık olarak bakıldığında, partiküllerin yüzde yirmisi toplam ağırlığın %92.24'ünü oluşturmaktadır. Diğer yandan partiküllerin %99'undan fazlasının çapı 0.5 mikrondan küçüktür. Virüsleri ve germleri taşıyan, lekeleme yaparak zarara neden olan partiküllerin de bu küçük parçalar olduğu gözönüne alınmalıdır.



İstanbul'daki Toz Konsantrasyonuna Göre Partikül Dağılımı								
MIKRON	MIKTAR/FT3	MIKTAR/M <sup>3</sup>	ORT.BOYUT	HACIM	AĞIRLIK	KÜMÜLATIF	MIK.GÖRE	AĞR.GÖRE
			mikron	m <sup>3</sup>	GRAM/m <sup>3</sup>	AĞIRLIK	ORAN%	ORAN
0.01-0.02	6.36E+06	2.25E+08	0.0150	3.97E-16	5.95E-10	5.95E-10	2.752	0.000
0.02-0.05	6.09E+06	2.15E+08	0.0350	4.83E-15	7.24E-09	7.84E-09	2.636	0.003
0.05-0.10	9.25E+06	3.27E+08	0.0750	7.21E-14	1.08E-07	1.16E-07	4.003	0.051
0.10-0.22	1.45E+08	5.13E+09	0.1600	1.10E-11	1.65E-05	1.66E-05	62.895	7.706
0.22-0.54	6.22E+07	2.20E+09	0.3800	6.31E-11	9.46E-04	1.11E-04	26.902	44.157
0.54-1.00	1.70E+06	6.02E+07	0.7700	1.44E-11	2.16E-05	1.33E-04	0.738	10.077
1.00-2.15	1.42E+05	5.01E+06	1.5750	1.03E-11	1.54E-05	1.48E-04	0.061	7.182
2.15-5.39	2.61E+04	9.22E+05	3.7700	2.59E-11	3.88E-05	1.87E-04	0.011	18.120
5.39-10.0	1.75E+03	6.20E+04	7.7000	1.48E-11	2.22E-05	2.09E-04	0.001	10.372
10.0-21.54	3.00E+01	1.06E+03	15.770	2.18E-12	3.26E-06	2.13E-04	0.000	1.523
>21.25	4.00E+00	1.41E+02	25.000	1.16E-12	1.73E-06	2.14E-04	0.000	0.809
TOTAL	2.31E+08	8.16E+09		1.43E-10	2.14E-04		100.000	100.000
					0.2142			
					mg/m <sup>3</sup>			
					s.m.l.15g/cc			

Şekil 3. İstanbul'daki Toz Konsantrasyonuna Göre Partikül Dağılımı

## HAVA FİLTREASYON TEKNİKLERİ

Atmosferik havadaki partiküllerin boyutlarındaki büyük değişiklikler ve bunlarla karşı karşıya gelen değişik yerler dolayısıyla çeşitli filtrasyon metodlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Büyük parçalar için, küçük parçalar için, katı maddeler için, sıvı partikülleri için filtrasyon metodları vb. Bu filtreleme metodları, şu aşağıdaki beş prensibin birinden ya da birkaçının bileşkesinden oluşmaktadır:

- eleme metodu
- çökeltme
- elektrostatik çöktürme
- viskoz çarpma
- difüzyon ve durdurma, yolunu kesme metodu

### Eleme Metodu :

Kelimenin kendisinden de açıkça anlaşılacağı gibi, havanın içindeki 10 mikron ve daha büyük boyuttaki partiküllerin 10 mikrondan küçük boyuttaki delikleri olan bir engelle havadan ayrılması.

### Çökeltme :

Hava akımı içindeki partiküllerin yer çekimi ile çökmesi ve giderilmesi.

### Elektrostatik Çöktürme :

Bu prensipte partikülleri tutmak için elektrik güçleri kullanılmaktadır. Bir iyonizasyon kaynağı tarafından elektrik ile yüklenen partiküller elektriksel olarak yüklenmiş paralel plakaların arasından geçer. Partiküller ters yüklü plakalar tarafından çekilir. Elektrostatik filtrelerde, küçük parçaların büyük parçaları çekerek oluşturacağı toz yığını, daha sonra plakaların üzerinden, çarpma veya difüzyon prensibi ile işleyen başka bir filtreye doğru sürüklenir. Suyu temizlenen filtrelerde ise, plakaların üzerinde yapışkan bulunur ve filtre düzenli aralıklarla suyla yıkanarak temizlenir.

### Viskoz Çarpma:

Çarpma partikülün havadan ayrılma biçimi, viskoz ise ayrıldıktan sonra tekrar havaya karışmaması için nasıl engellendiğini anlatmak için kullanılmıştır. Havanın içindeki bir partikül bir engele yaklaştığında, hava engelin etrafından dolanıp akmaya devam eder, partikül ise yoluna devam etmek isterken duramadığı için bu engele çarpıp ve çarpma ile hava akışından ayrılır. Burada engel filtre lifidir. Moleküler güç yalnız başına partikülü engele çekmede yeterli olmadığı için engele (yani life) yapıştırıcı uygulanır ve partikülün tekrar hava akışına karışmasına engel olunur.

Kolaylıkla görüleceği gibi, bu prensip daha çok ağır parçalar için geçerlidir ve ön ve kaba filtrelerde kullanılır. En

yüksek verim şu koşullar gerçekleştiğinde sağlanır:

- hava akımının saptırılabilmesi için mümkün olan en geniş boyutta engelin bulunması (filtre hedef lifleri),
- toz partikülünün hava akımıyla birlikte engelin etrafından dolaşma olasılığının azaltılabilmesi için 1,5-3 m/s'ye kadar yüksek hız,
- büyük parçaların yapışmasının sağlanabileceği güçlü bir yapıştırıcı.

#### **Yolunu Kesme - Durdurma Prensibi:**

Küçük ve çok hafif partiküller hava akımını takip ederler, ancak bazı koşullarda akış yönünde giderlerken, partikül ile engel arasındaki moleküler çekim gücü tarafından durdurulurlar. Buna durdurma prensibi adı verilir. Bunun için 0.1-0.2 m/s gibi oldukça düşük bir hız istenmektedir.

#### **Yayılma (Difüzyon) Prensibi**

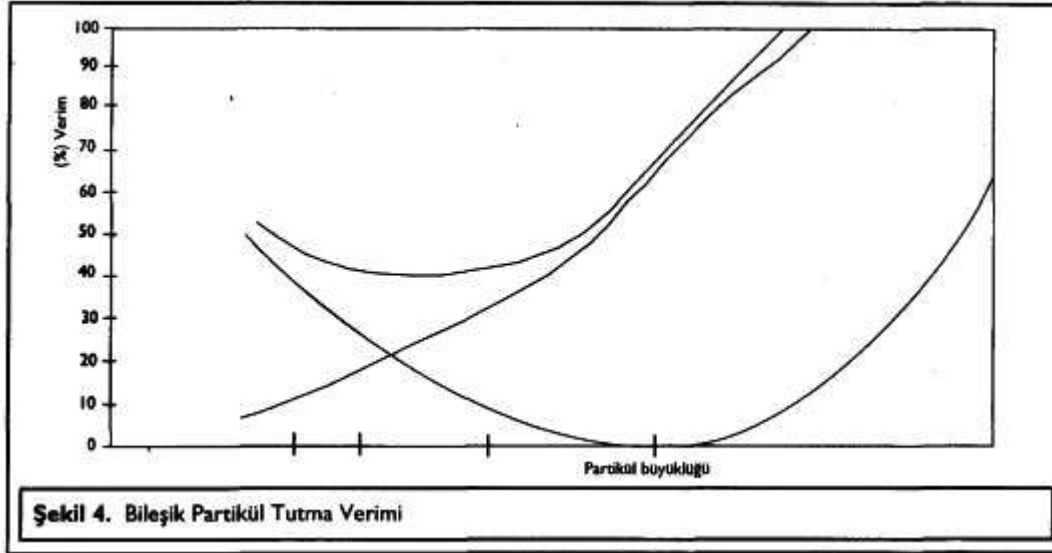
Mikrondan küçük parçalar rasgele hareket ederler. Bu, Brovvnian Hareketli olarak bilinir ve buna iç moleküler güçler neden olur. (Büyük parçalarda net moleküler kuvvetler toplamı böyle bir hareketi oluşturmaya yetmez.)

Bu tip rasgele hareket eden parçaları, yollarının üzerine sık dokulu engeller çıkararak yakalamak mümkündür. Partiküller engelin arasından geçerken, bu prensibe uygun olarak yakalanırlar. Bu prensipte yalnızca mikrondan küçük parçalarla ilgilendiğimiz için partikülle engel arasındaki moleküler çekim, partikülün yapıştırıcısız tutulabilmesi için yeterli olmaktadır. Bu prensip kullanılarak yapılacak filtrasyonda sağlanması gereken en önemli koşul, filtre ortamından geçerken 0.02 m/s gibi çok düşük bir hız kullanılmasıdır. Bu, partikülün ortamdaki ihtiyaç duyduğu zamanı, dolayısıyla partikülün yolunun kesilmesi olasılığını artırır.

Atmosferik partiküllerin büyük bir bölümü mikrondan küçük olduğu için bu prensip hava filtreleme tekniğinde çok büyük bir öneme sahiptir ve çoğunlukla orta ve yüksek verimli genişletilmiş yüzeyli filtrelerde kullanılır.

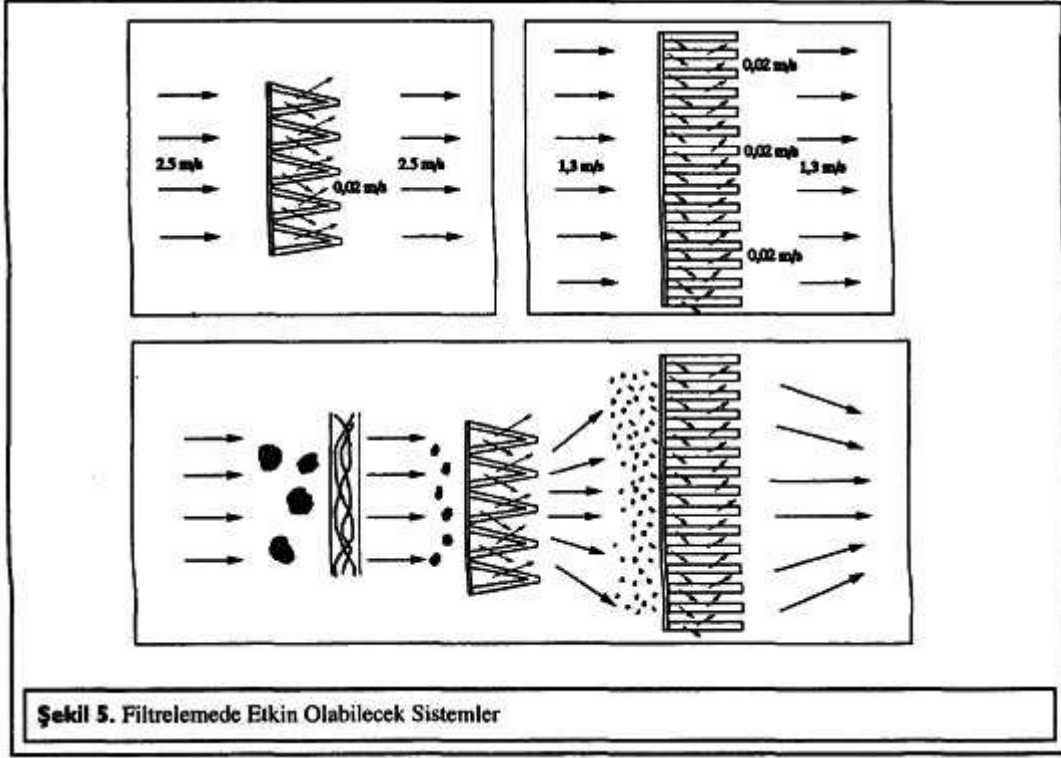
#### **Filtrasyon Prensiplerinin Birleştirilerek Kullanılması**

Havayı efektif olarak temizleyebilmek için viskoz çarpma ve durdurma/difüzyon prensiplerinin hepsinin etkisi sağlanmalıdır. (Şekil 4) Her üç prensibin tek tek ve bileşik olarak verimliliklerini göstermektedir. Şekilden de görülebileceği gibi çarpma ile çalışan filtre büyük partiküller üzerinde etkili olmaktadırken durdurma/difüzyon prensibi küçük ve mikron altı partikülleri ayırmaktadır.



Verimli bir filtrasyon için en önemli faktörün hava hızları olduğu göz önünde tutulduğunda farklı hava hızı gerektiren bu metodlar nasıl birleştirilebilir?

(Şekil 5) havanın içindeki her boyuttaki partikülün filtrelenmesinde etkin olabilecek sistemi göstermektedir.



**Şekil 5. Filtrelemede Etkin Olabilecek Sistemler**

Viskoz çarpma prensibi ile çalışan filtre 3 mikrondan 100 mikrona kadar olan partikülleri süzmekte, bunu durdurma/difüzyon prensibi ile çalışan genişletilmiş yüzeyli filtre izlemektedir. Bu filtrenin süzdüğü partikül boyutu 3-0.3 mikrondur. En sonda ise, yalnızca difüzyon prensibi ile çalışan ve 0.3 mikron ve altındaki boyuttaki partikülleri tutan "absolute" filtre bulunmaktadır.

Kanal içindeki hız her noktada aynı olmakla birlikte havanın değişik filtre ortamlarından geçiş hızı azaltılabilmektedir. Bu üretim esnasında durdurma/ difüzyon prensibi ile çalışan filtrelerin yüzey alanlarını arttırarak sağlanır. "Absolute" filtreler için ise kanalda yapılan genişleme yüzey hızı azaltılmaktadır.

Konuyu bir örnekle açıklamak gerekirse; 610x610 mm kesitindeki bir Standard filtreye uygun kanalda yüzey hızı;

$$3400/(3600 \times 0.37) = 2.5 \text{ m/s'dir.}$$

Bu aynı zamanda çarpma esasına göre çalışan ön filtrenin gerektirdiği hızdır. Bundan sonra, 8.5 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip genişletilmiş yüzeyli torba filtre gelmektedir. Burada kullanılan hız, durdurma/ difüzyon prensibinin rahatlıkla kullanılabileceği 0.11 m/s'dir. Son olarak yaklaşık 20 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip HEPA filtre gelmektedir. Buradaki yüzey hızı 0.02 m/s olup filtre sık dokusu arasında mikron altı partikülleri tutmaktadır.

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

Çeşitli filtrasyon tekniklerini gördükten sonra bir hava filtresinde aranan özellikleri şöyle sıralayabiliriz.

- hava akımına karşı oluşturduğu direnç
- toz tutma kapasitesi
- verimlilik

Filtreler, bu özellikler optimum bir performans gösterecek şekilde dizayn edilirler.

### **Hava Akımına Karşı Direnç**

Her filtre bulunduğu yerde hava akımına karşı bir direnç oluşturur. Bu da filtredeki basınç düşümü olarak ölçülür ve Pascal (N/m<sup>2</sup>) veya inch/mm su sütunu olarak ifade edilir.

Genel olarak viskoz çarpma prensibi ile çalışan filtrelerin direnci, durdurma/difüzyon prensibi ile çalışana göre çok düşüktür.

Filtrelerin kullanıldıkça dirençleri arttığı için, yalnızca başlangıç basınç düşümleri değil, son basınç düşümleri de belirtilmelidir. Bu değere ulaşıldığında, filtrenin değiştirilmesi gerekir.

### Toz Tutma Kapasitesi

Filtrenin önerilen son dirence ulaşıncaya kadar topladığı toz miktarıdır. Bu tanımdan yola çıkarsak, toz tutma kapasitesi filtrenin ömrünü belirler ve filtre kalitesini ortaya koyan en önemli faktördür diyebiliriz. Filtrelenmiş havanın maliyeti, toz tutma kapasitesi ve filtrenin hava akımına karşı yapacağı dirençle ölçülür.

### Verimlilik

Verimlilik kavramı kolay anlaşılabilir görünmesine karşın tanımlanması oldukça zordur. Değişik sınıflardan filtrelerin verimliliklerinin değişik şekillerde tanımlanması işimizi kolaylaştıracaktır.

Hava akımının içinde 100 gram toz olduğu varsayıldığında, bir filtre bu tozun 80 gramını ayırabiliyorsa, bu filtrenin %80 toz tutma verimi olduğu anlamına gelir. Viskoz çarpına esasına göre çalışan filtrelerde kullanılan verimlilik, tutulan toz., ağırlığına göre verimlilik (weight arrestance) olarak adlandırılır.

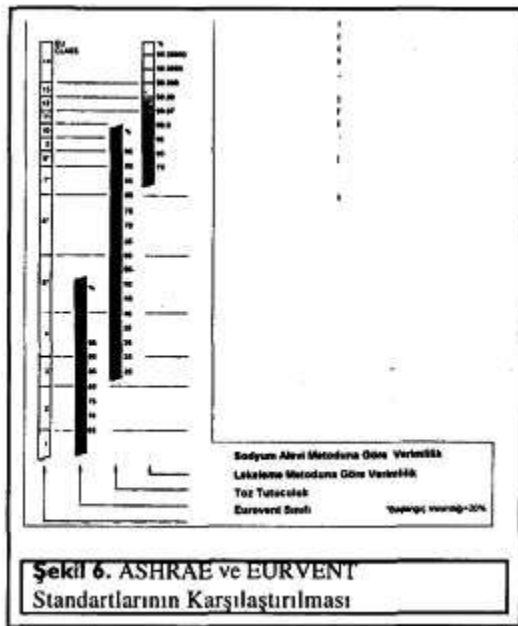
Ancak, termosferik partiküllerin toplam ağırlığının %97'si, toplam partikül sayısının %1'ini oluşturmaktadır. Bundan dolayı, küçük partikülleri ayıran filtreler için tutulan toz ağırlığına göre verimlilik terimini kullanmak mümkün değildir.

Kuru, genişletilmiş yüzeyli filtreler ve diğer difüzyon filtreleri için toz lekeleme verimliliği (dust spot efficiency) terimi kullanılmaktadır. Sözü edilen verimlilik, içinde daima kirletici küçük karbon partikülleri bulunan atmosferik havayı kullanarak yapılan bir test ile belirlenir. Bu durumda toz lekeleme verimliliği, filtrenin havadaki kirletici özellikteki partikülleri süzme yeteneği anlamına gelir.

HEPA filtre gibi daha yüksek verimliliğe sahip olan filtreler için toz lekeleme verimliliği de yetmez. Bu tip filtrelerin verimliliği, çapları 0.01 ile 2 mikron arasında değişen partiküllerin filtrelenecek' havanın içine enjekte edildikten sonra filtrenin temiz hava tarafında sayılmasıyla belirlenir. Bu ölçüm %0.001 hassasiyetiyle yapılır.

### VERİMLİLİK TESTLERİ

Filtrelerin tutulan toz ağırlığına göre verimliliği, lekeleme metoduna göre verimliliği ve toz tutma kapasitesi ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers) standartlarında belirtilen prosedüre uygun olarak ölçülür. Bunlar, dünya filtre endüstrisinde yer alan firmaların yapmaya zorunlu olduğu testlerdir. Ülkemizde filtre firmaları ve kullanıcıların filtreleri EU sınıfı olarak sınıflandırmasına temel oluşturan EUROVENT 4/5 standardının esasına da gene bu standart oluşturmaktadır. (Şekil 6) ASHRAE ile EUROVENT standardının karşılaştırılmasını göstermektedir.



### ASHRAE 52-76 (EUROVENT 4/5)'YA GÖRE VERİMLİLİK TESTLERİ

Bu testler için ASHRAE 52-76 Standardında belirtilen test düzeneği kullanılmalıdır. Test prosedürü şöyledir.

- Filtrenin yarattığı basınç düşümleri ölçülerek değişik hava hızlarına karşılık düşen ilk direnci bulunur. Bu değerler (Şekil 7)'de görüldüğü gibi grafiğe işlenir, bu A eğrisi olsun. Örneğimizde, filtrenin nominal geçiş hızında başlangıç basınç düşümü 170 Pa'dır. Bu değer de B eğrisine işlenir.

#### **bakınız: 38**

- Başlangıç toz lekeleme verimi, test edilen filtreden ortam havası geçirilerek ölçülür. Hava filtrenin temiz ve kirli taraflarında bulunan daire şeklindeki yüksek verimli filtre kağıdından bir vakum pompası ile emilir. Havanın içindeki toz, deney boyunca bu filtrekağıtlarınınüzzerinde toplanarak kararmaya neden olur. Test sonunda her iki filtre kağıdının da eşit olarak kararmış olması yapılacak hesaplamayı kolaylaştırır. Filtrenin kirli tarafındaki kağıt daha çabuk kararacağından bu kağıt üzerinden hava belirli bir süre geçirilir. Kağıt filtreler kirlenme miktarına göre optik olarak ışığı geçirme kabiliyetlerini kaybeder. Lekeleme verimi, opasimetre ile ölçülen ışık geçirme kabiliyetindeki azalma O, filtre kağıtlarından geçirilen hava miktarı Q kullanılarak,

$$E = 100 \times (1 - Q1/Q2 \times O2/O1) \%$$

şeklinde hesaplanır, O1 ile O2 değerlerinin mümkün olduğu kadar eşit çıkması gerekmektedir. (Fark en fazla %20 olabilir.)

- Bundan sonra ilk ağırlığa göre toz tutuculuk ölçümü yapılır. Ağırlığı önceden ölçülmüş yüksek verimli bir filtre test edilen filtrenin önüne yerleştirilir. (Şekil 8)'de karışım oranları görülen belirli miktarda yapay toz hava akımına karıştırılan Test sonunda, konulan filtre tartılarak hava akımına karıştırılır. Test sonunda, sonradan konulan filtre tartılarak test edilen filtrenin yakaladığı toz ölçülür. Tutulan Toz Ağırlığına Göre Verimlilik,

Tanecik Cinsi		Yüzdesi (%)
Arizona ince yol tozu		%72
0-5	µm	%12
5-10	µm	%12
10-20	µm	%14
20-40	µm	%23
40-80	µm	%30
80-200	µm	%9
Karbon siyahı		%23
Pamuk elyafı		%5

Şekil 8. ASHRAE'ye göre tutulan toz ağırlığına göre verim testinde kullanılan yapay tozun tanecik dağılımı

$$A = 100 \times (1 - W2/W1) \%$$

olarak hesaplanır ve D eğrisinde işaretlenir. Burada W1 yapay tozun toplam ağırlığını, W2 test edilen filtre tarafından yakalanamayan tozun ağırlığını göstermektedir.

- Lekeleme verimi tekrar ölçülür ve ikinci değer de eğri üzerinde işaretlenir. C eğrisinde de direnç işaretlenir.

- Toz tutuculuk, lekeleme verimi ve direnç ölçümleri beş kez alınır, deneye müsaade edilebilir basınç kaybına erişilene kadar devam edilir. Bu değerlerin ortalaması alınır ve filtrenin toz tutma kapasitesi hesaplanır.

#### **EN 779 STANDARDI**

1993 yılında Avrupa Standartlaştırma Komitesi, Teknik Komite 195 1. Çalışma Grubu (CEN/TC 195-WEG1) genel havalandırma filtreleri ile ilgili yeni bir standart oluşturdu.

EN 779 Standardı adıyla yayınlanan bu Standard ile birlikte, Avrupa Birliği'nc üye ülkelere bu standardın kendi ulusal standart kurumlarına uygun versiyonlarını yayınlama zorunluluğu getirildi. Örneğin, İngiltere'de BS EN 779, Almanya'da DIN EN 779 gibi. EN 779, EUROVENT 4/5 ve ASHRAE 2.1:1992 gibi varolan dokümanları temel almasına karşın her iki standartdan da daha titiz olarak hazırlanmıştır. Bu standartta, yeni olarak, Kaba ve İnce

filtrelerin sınıflandırılması, belirli bir son basınç düşümünde ortalama toz lekeleme verimliliğine göre yapılmıştır.

Başlangıç toz lekeleme verimi %20'nin altında olan filtreler Tutucu Filtreler/Kaba Filtreler (Arrestance Filters) olarak G1-G4 arasında sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada kullanılacak son basınç düşümü maksimum 250 Pa'dır. Başlangıç lekeleme verimliliği %20'nin üzerinde olan filtreler ise F5-F9 arasında sınıflandırılıp Verimlilik Filtresi (İnce Filtreler) olarak adlandırılır. Burada kullanılacak maksimum basınç düşümü ise 450 Pa'dır. (Şekil 9) EN 779'un genel havalandırma filtrelerini nasıl sınıflandırdığını göstermektedir.

Filtre Sınıfı	Ortalama Toz Tutuculuk $A_m$ (%)	Ortalama Verimlilik $E_m$ (%)
G1	$A_m < 65$	-
G2	$65 \leq A_m < 80$	-
G3	$80 \leq A_m < 90$	-
G4	$90 \leq A_m$	-
F5	-	$40 \leq E_m < 60$
F6	-	$60 \leq E_m < 80$
F7	-	$80 \leq E_m < 90$
F8	-	$90 \leq E_m < 95$
F9	-	$95 \leq E_m$
Başlangıç Toz Lekeleme Verimi $E_0$	$E < 20\%$ $E \geq 20\%$	

Şekil 9. Filtre Sınıfları (EN 779)

## HEPA VE ULPA FİLTRELER İÇİN AVRUPA STANDARDI

Yıllardır filtre üreticileri, standart enstitüleri, düzenleme kuruluşları ve danışmanlar ve planlama mühendisleri, HEPA ve ULPA filtrelerin verimlilik testi, kaçak testi ve sınıflandırılmasına ilişkin bütün dünyada kabul görmüş ve geçerli bir metodun eksikliğini yaşadılar. Müşteri isteklerindeki artış, ultra düşük geçirgenlikteki filtre malzemesi, yeni pleme teknolojisi, yeni bağlayıcı ve conta ve imalat vb. teknolojilerindeki yeni gelişmelerle karşılaşmaktadır. Bundan başka temiz odalar için validasyon testleri gibi, verimlilik ve kaçak ölçüm metodları hızla gelişmiştir.

Avrupa'da gerçek standart test metodu yoktur. Bu durumda, her ülke kendi standardını yaratmak zorunda kalmış ve Avrupa bu konuda değişik görüşlere bölünmüştür. Örneğin, 50 yıl önce oluşturulmuş olan ve DOP kullanılan A.B.D. Askeri Standardı 282, resmi olarak Avrupa'da tanınmasa bile bazı üreticilerce kullanılmaktadır.

İngiliz Standartları Enstitüsü'nce NaCl kullanılarak ve 0.6 mikron ortalama çaplı tanecikler oluşturulan BS 3928 standardı da EUROVNT 4/4'e adapte edilmesine karşın tüm Avrupa kıtasında kabul ve onay görmemiştir.

Kısaca, bütün bu standartların ortak özelliği, hiç birinin çok üstün olmaması, teknik anlamda mikroelektronik gibi modern endüstrilerin gelişen isteklerine cevap verecek kadar yetkin olmamasıdır.

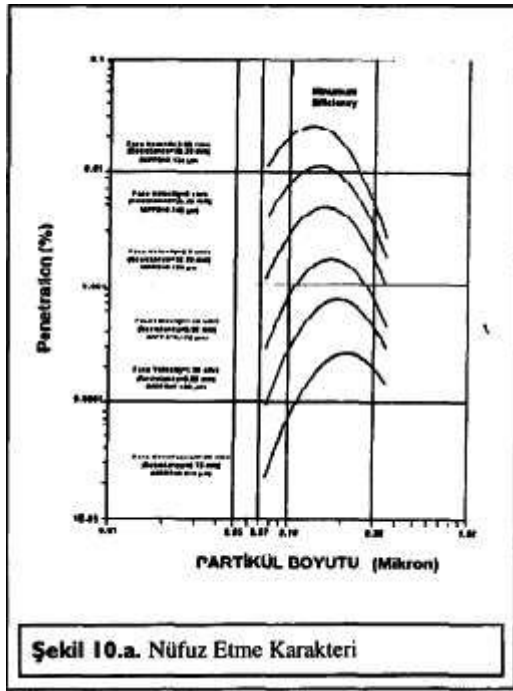
Buraya kadar anlatılanlar yakın geçmişe kadar olan durumu özetlemektedir. CEN TC 195AVG 2, bu günlerde 1995 sonunda yeni bir EN standardı olarak her ülkenin ulusal standart enstitülerine sunulacak bir taslak hazırlanmaktadır. Bu yeni Standard 1993'de yayınlanan DIN 24.183 taslağı temel alınarak hazırlanmıştır. Bu dökümanın ortaya çıkmasıyla, DIN standartları komitesi, ülkelerin kendi standartlarını ve test prosedürlerini kullanması durumundan vazgeçmelerinin ve tüm dünyada geçerli bir standartın kabulünün Avrupa endüstrisine getirdiği yararı gözledi.

CEN TCAVG 2, verimlilik ve penetrasyonu tanımlarken verili bir hız için her filtre kağıdının belirgin bir MPPS (Most Penetrating Partide Size / En Çok Nüfuz Eden Partikül Boyutu) olduğundan yola çıktı.

(Şekil 10-a)'da bulunan grafikten de görülebileceği gibi küçük parçalar difüzyon prensibi (Brovvnian Hareketi), büyük parçalar da durdurma prensibi (Van der Waals kuvveti) dolayısıyla az nüfuz eden bir karakter göstermektedir. MPPS filtre kağıdındaki hıza göre değiştiğinden, yüksek hızlarda daha küçük boyuttaki partiküller nüfuz da eder.

MPPS, sabit bir hızda, filtre kağıdının yapısına ve tipine bağlı olarak değişiklik gösterir. Filtre kağıdının yoğunluğu arttıkça, basınç düşümü artar ve temiz tarafa nüfuz eden partikül boyutu küçülür.





Filtre Sınıfı	MPPS'de Verimlilik		MPPS'de Penetrasyon	
	Filtre Tamamındaki Değer	Kısmi Değer	Filtre Tamamındaki Penetrasyon	Kısmi Penetrasyon
H10	=> 85	-	15	-
H11	=> 95	-	5	-
H12	=> 99.5	97.5	0.5	2.5
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	99.9975	0.0005	0.00025
U17	=> 99.999995	99.9999	0.00005	0.0001

**Şekil 10.b. Filtre Sınıfları İçin Verimlilik ve Nüfuz Etme**

### CEN TC/WG 2 NO 22 TASLAĞI

- Verili hız için filtre kağıdının MPPS'i bulunur. Bu lazer spektrometresi ile veya elektrostatik sınıflandırıcı ve CNC (Condensed Nucleus Counter/ Yoğunlaştırılmış Çekirdek Sayıcısı) ile yapılır.
- Filtre, istenilen hıza uygun olarak belirlenmiş kalitede ve miktarda kağıt ile imal edilir.
- Filtreden aerosol geçirilerek, filtrenin tümündeki ve her noktasındaki verimlilik MPPS'ye göre CNC veya lazer spektrometresi ile belirlenir.
- Filtre testin sonucuna göre HEPA için H10'dan HU'e kadar, ULPA için de U15'den U17'ye kadar sınıflandırılır. (Şekil 11), bu taslağı açıklamaktadır.

EN 779				
F8				
F9				
H10	EU10	Q	EU10	
H11	EU11	R	EU11	% 95
H12	EU12	S	EU12	99,97%
H13	EU13		EU13	99,99%
H14	EU14		EU14	99,999%
U15	EU15			
U16	EU16			
U17	EU17			
(TASLAK) CENT/TC195 NO22	(TASLAK) DIN 24 183	DIN 24 184		BS 3928 & BSI DOCUMENT 9073834

**Şekil 11. HEPA ve ULPA Filtreler için Kullanılan Test Metodlarının Karşılaştırılması**

- Kaçaklar, müsaade edilebilir maksimum noktasal geçirgenlik olarak tanımlanır ve filtrenin tamamındaki geçirgenliğin beş katını aşmamalıdır.

## SONUÇ

Hava kirliliğinin giderek arttığı günümüzde, filtrasyonun önemi her geçen gün daha çok anlaşılmaktadır. Ancak doğru filtrelerin ve filtre malzemelerinin seçilmesi filtre kullanılacak uygulamanın ve istenilen hava temizliği kalitesinin doğru tanımlanmasıyla mümkündür. Bu aşamadan sonra seçilen filtrenin performansını değerlendirebilmek için uluslararası kabul görmüş standartların kullanılması gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

1. AA F dokümantasyonu
2. Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri, Doç. Dr. Tamer ÖZKAYNAK (Tetisan A.Ş. Teknik Yayınları, 1994)

\* Bu Makale H. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi İzmir, Ekim 1995 Bildiriler Kitabından Alınmıştır.