

A levegő tisztítása, szűrése

Dr. Marschall József

A környezeti levegő igen sokféle anyagot tartalmaz, amelynek egy része káros, szennyező hatású. A szennyeződés lehet szilárd vagy gáz. Származhat természetes forrásból (vulkán kitörés stb.) de jó része az ember által megteremtett technikai fejlődés velejárója.

A szennyező elemek veszélyt jelenthetnek az emberek egészségére, környezetére, de sokféle zavar okozhatnak fizikai, kémiai biológia, technikai folyamatokban is. Kimondhatjuk, hogy a szennyező források megszüntetésének hatásossága környezetünk védelmének, a technikai fejlődésnek meghatározó eleme.

A továbbiakban a levegő szilárd szennyezésének leválasztásával foglalkozunk. A porok fizikai kémia tulajdonságai, szemcseméretük, mennyiségük, koncentrációja a levegőben, előfordulásuk, igen változatos. A porok minden sajátosságát egy levegő szűrő kiválasztásánál nem tudjuk figyelembe venni. A szűrők összehasonlítására, adott feladatra történő kiválasztására „test eljárásokat” dolgoztak ki. Világszerte elfogadott és átvett eljárás az ASHREA- Standard 52-76-ben található.

A szűrők összehasonlításának legfontosabb elemei:

- Porleválasztó képesség
- Légellenállás tisztított térfogatáram
- Portároló képesség, használhatósági időtartam
-

Alapfogalmak:

- Leválasztási fok (A): a szűrőn leválasztott és a szűrőre rávitt u.n. tesztpor (megállapodás szerinti összetételű) tömegarányának százalékban megadott értéke. A leválasztási fokot mérlegeléssel határozzák meg.
- Közepes leválasztási fok (A_m): leválasztási fok közepes értéke a szűrő terhelhetőségéig
- Hatásfok(E): a szűrőn leválasztott atmoszférikus por és a szűrő előtt izokinetikus mintavételezéssel mért atmoszférikus por tömegarányának százalékban megadott értéke
- Közepes hatásfok (E_m): a hatásfok közepes értéke a szűrő terhelhetőségéig
- Részecske leválasztási fok (A_p): leválasztási fok adott méretű porra.
- Átengedési fok (P): a szűrőn átjutó és a szűrőre rávitt tesztpor, vagy atmoszférikus por tömegarányának százalékban megadott értéke. Meghatározására fotometrikus vagy részecske számlálásra alkalmas eljárást alkalmaznak.
- Kezdeti nyomásesés a névleges térfogatáramnál
- Kezdeti nyomásesés az üzemi térfogatáramnál
- Javasolt nyomásesés a használhatósági időtartam végére

- Megengedett nyomásesés a használhatósági időtartam végére

A szűrőkre a fenti adatokat a forgalmazó ill. gyártó cégek katalógusai tartalmazzák.

A kiválasztáshoz a legfontosabb adatok A_m , E_m , P, valamint a térfogatára- nyomásesés kapcsolata.

A légszűrőket általában három csoportba sorolhatjuk:

1. Durva porszűrők, minősítésük a közepes leválasztási fok A_m alapján történik.
2. Finom porszűrők, minősítésük a közepes hatásfok E_m alapján történik.
3. Lebegőanyag (aeroszol, steril) szűrők minősítésük leválasztási fok ill a átengedési fok $P=(1-A)$ alapján történik

A levegőszűrők osztályai

Szűrő osztály	Közepes leválasztási fok %	Közepes hatásfok %	Megjegyzés
EU1 (G1)	$A_m < 65$		Durva porszűrő $E < 20\%$
EU2 (G2)	$65 < A_m < 80$		
EU3 (G3)	$80 < A_m < 90$		
EU4 (G4)	$90 < A_m$		
EU5 (F5)		$40 < E_m < 60$	Finom porszűrő $E > 20\%$
EU6 (F6)		$60 < E_m < 80$	
EU7 (F7)		$80 < E_m < 90$	
EU8 (F8)		$90 < E_m < 95$	
EU9 (F9)		$90 < E_m$	

Lebegőanyag szűrő osztályok

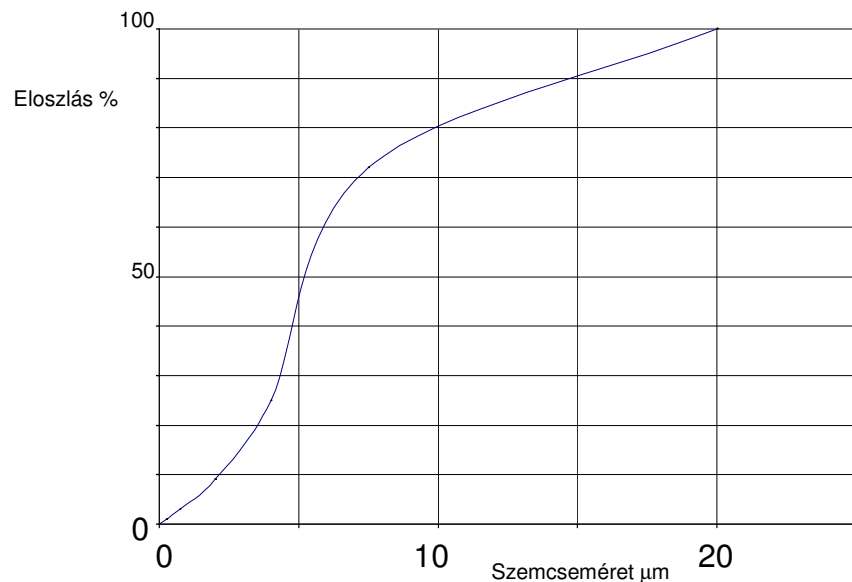
Osztály	Leválasztási fok %	Szemcse nagyság μm	Megjegyzés
EU10 (H10, Q)	> 85	0,3-0,5	HEPA SZŰRŐK (High Efficiency Particulate Air Filter)
EU11 (H11, Q)	> 85		
EU12 (H12, R)	> 95		
EU13 (H13, S)	$> 99,95$	0,05	ULPA SZŰRŐK (Ultra Low Penetration Filter)
EU14 (H14, ST)	$> 99,995$		
EU15 (U15 T)	$> 99,9995$		
EU16 (U16 U)	$> 99,99995$		
EU17 (U17 V)	$> 99,999995$		

Szűrő kiválasztás

- Szűrő előtti koncentráció:

Városi környezetben: 100-400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ipari környezet 200-2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Porszemcse eloszlása nagyvárosokban

Technológia folyamatoknál a belépő koncentráció meghatározásához mérésen alapuló adatokra van szükség

Iránelvek a légszűrők hatásosságának megítéléséhez

Szűrők csoportba sorolása	Részecske leválasztási fok (frakció leválasztási fok) A_p [%]			Közepes leválasztási fok A_m [%]	Közepes hatásfok E_m [%]	Átengedési fok* P [%]	Légszűrők alkalmazása
	Részecske méret [μm]						
	0,3	0,5	1,0				
Durva porszűrő	-	-	-	50	-	-	Előszűrő nagy méretű porok számára. Előszűrő nagy porkoncentráció esetén szellőző- és klíma berendezésekben Előszűrő lebegőanyag szűrés esetén. Üzemek kiszolgáló egységeiben, gépteremek szellőztetésénél Hőcserélő berendezések védelmére
	-	-	-	70	-	-	
	-	-	-	80	-	-	
	5	8	25	90	-	-	
Finom porszűrő	20	25	50	-	60	-	Finompor leválasztás szellőző-és klíma berendezésekben, étteremek, előadók, áruházi légfűgöny, kapcsoló termek és szekrények, festőkabinok, stb. számára Egészségügyi helyiségek előszűrési feladata
	55	75	90	-	80	-	
	80	90	98	-	95	-	
Lebegőanyag szűrők	Részecske méret [μm]			-	-	5	Igényes nagy tisztaságú légszűrés, ipari technológiák számára (elektronikai, foto, élelmiszer előállítás stb.) Hatásos leválasztó füst, aeroszolok, baktériumok rádióaktív porok esetenként Szűrők és előszűrők tisztatér technológiákban
	0,15	0,3	0,5				
	92	95	99	-	-	0,03	
	99,8	99,97	99,99	-	-	0,01	
	99,95	99,99	99,995	-	-	<0,001	
99,999	>99,999	-	-	-	<0,001		

Javaslat leválasztási fok ill. hatások alapján légszűrők kiválasztására különböző helyiségeknél

Alkalmazási terület	Terem	Levegőszűrés minőségi követelménye	
		Megfelelő	Igényes
Technikai helyiségek	Klíma központ, hő központ,	70% A _m	70% A _m
	Hűtőgépterem	70% A _m	70% A _m
	Kisfeszültségű kapcsoló terem	80% A _m	60% E _m
	Transzformátor terem	70% A _m	60% E _m
	Telefonközpont	60% A _m	90% E _m
	Raktár	80% A _m	80% A _m
Nem állandó jelleggel használt	Étkező	60% E _m	80% E _m
	Pihenőtér	60% E _m	80% E _m
	Öltöző	90% A _m	60% E _m
	Fürdőszoba	90% A _m	60% E _m
	WC	90% A _m	60% E _m
Hivatali helyiségek	Iroda	60% E _m	80% E _m
	Tárgyaló	60% E _m	80% E _m
Nyilvános helyiségek	Elő- és várószoba	60% E _m	80% E _m
	Pályaudvar	80% A _m	60% E _m
	Könyvtár	60% E _m	80% E _m
	Repülőtér	60% E _m	80% E _m
	Mozi	60% E _m	80% E _m
	Táncterem	90% A _m	60% E _m
	Színház	60% E _m	80% E _m
	Előadó	60% E _m	80% E _m
Sportcsarnok, Uszoda	Uszoda	90% A _m	60% E _m
	Sportcsarnok	90% A _m	60% E _m
	Tornaterem	60% E _m	80% E _m
Üzlet	Öltöző	90% A _m	60% E _m
	Gyógyszertár	60% E _m	90% E _m
	Optika, elektronika	60% E _m	80% E _m
	Élelmiszer	60% E _m	80% E _m
	Húsbolt	60% E _m	80% E _m
Szálloda, étterem	Bevásárló központ	60% E _m	80% E _m
	Szállodai szoba	60% E _m	80% E _m
	Konferencia terem	60% E _m	80% E _m
	Hall	60% E _m	80% E _m
Egyéb	Étterem	60% E _m	80% E _m
	Iskola	60% E _m	80% E _m
	Óvoda	60% E _m	80% E _m
	Idősek otthona	60% E _m	80% E _m
Lakások	90% A _m	80% E _m	

Megjegyzés: A javaslat a helyiségek átlagos terhelését veszi figyelembe

• **Felépítés**

A durva porszűrők általában keretes kivitelű síkszűrők. Expandált lemez, műszálas. nagy porterhelésnél táskás kivitel.

Átáramlás sebessége: max.3m/s

Finomszűrők műszálas szintetikus vagy üvegszálból készül.

Átáramlás sebessége: max.1-2m/s

A lebegőanyag szűrők anyaga mikro üvegszálból készült paplan, sűrűn "meredek" emelkedésű hullám alakra hajtogatva, keretbe helyezve.

Átáramlás sebessége:0,1-0,5m/s

Az egyes elemek túlterhelésének csökkentésére többfokozatú szűrést alkalmaznak

1. fokozatra EU1-EU4 (G1-G4)
2. EU7-8 (F7-F8)
3. fokozatra HEPA, ULPA

Eredő leválasztási fok:

$$A_{\text{eredő}} = 1 - (1 - A_1) \cdot (1 - A_2) \cdot (1 - A_3) \cdot \dots \cdot (1 - A_n)$$

• **Nyomásesés, használati időtartam**

	Kezdeti nyomásesés [Pa]	Javasolt nyomásesés a szűrő használat időtartamának végére [Pa]	Javasolt használati időtartam *
Durva porszűrők	30-100	200-300	5000 óra
Finom porszűrők	50-150	400-500	7000 óra
Lebegőanyag szűrők	250-300	1000-1500	1-4 év

Megjegyzés:

- A nyomásesés a terheléstől koncentráció por fizikai kémiai tulajdonságaitól, előszűrés alkalmazásától stb. függ.
- A nyomásesés kezdeti és vég értékei közötti különbség a térfogatáram kisebb mértékű változásával együtt jár, jóllehet a költséget megnöveli.

Szűrők szerelése, beépítése, ellenőrzése

- A forgalmazó leírásában rögzítettek szerinti szerelés
- Tömítések
- A beépített anyagok (időtálló, hőmérsékletnek megfelelő, formatartó, egészségre nem káros stb.)
- A szűrő osztály, leválasztási fok a berendezésen feltüntetve
- Általában negyedévenként ellenőrzés
- Folyamatos nyomásmérés

Szűrők áramlási ellenállásának meghatározása mérési adatokból

Nyomásesés: a porterheléssel jobban nő az ellenállás, mint a térfogatáram növelésével

$$\Delta p = \rho \cdot K_o \cdot e^{f(q)} \cdot v_{sz}$$

ahol, ρ [kg/m³]- a közeg sűrűsége

K_o [m/s]-konstans

$f(q)$ -a felületi porterheléstől függő mérésből meghatározható függvény legtöbbször igen jó közelítéssel

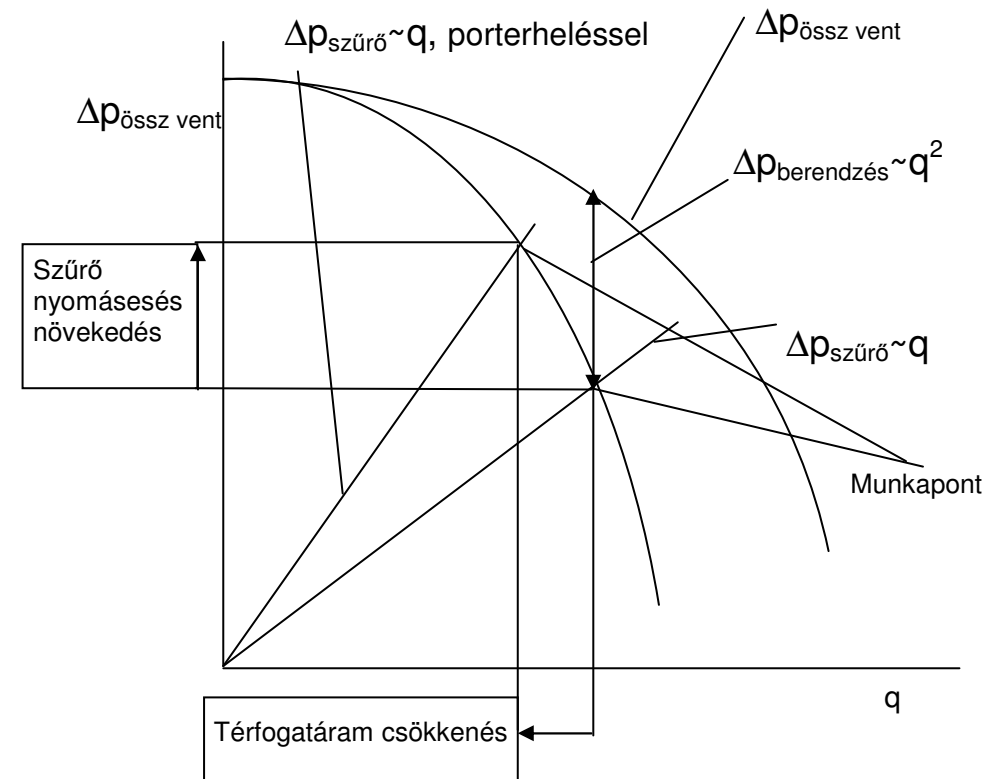
$f(q) \approx aq$ alakban írható föl

a = állandó, q [kg/m²] egységnyi szűrőfelületen tárolt portömeg.

v_{sz} [m/s]- szűrési sebesség, egységnyi szűrőfelületen átáramló térfogatáram

Ventilátor és légszűrő üzemszerű működése, a munkapont időbeli változása

(időben változó nyomásesés és térfogatáram)



Gazdaságossági számítás, éves költségbeclés

Válasszon szűrőszövetet (1. 2. 3. típus közül) költségbeclés alapján
Szűrő típusa, jellemzői a feladatra választva

egnevezés	Egység	1. jelű szűrő	2. jelű szűrő	3. jelű szűrő
Levegő térfogatáram	$q[m^3/s]$	10	10	10
Éves üzemóra	$\dot{U}[h]$	4000	4000	4000
Energia egységára	$E[Ft/kWh]$	36	36	36
Ventilátor hatásfok	$\eta [-]$	0,7	0,7	0,7
Éves amortizáció	$a [%]$	20	20	20
Szűrő kezdeti / vég nyomásesése	$\Delta p_k/\Delta p_v$ [Pa]	80/200	80/350	80/100
Átlagos nyomásesés	$\Delta p_{\bar{a}}=(\Delta p_k+\Delta p_v)/2$ [Pa]	140	215	90
A szűrő használati ideje	$H [h]$	6000	8000	2500
Évenkénti szűrő csere	$C[-]=\dot{U}/H$	0,666	0,5	1,6
A szűrő energia szükséglete	$FE=\Delta p_{\bar{a}} \cdot q/\eta/1000$ [kW]	2,0	3,07	1,3
A szűrő beszerzés, üzembe helyezés költsége	FB [Ft]	$1,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$
A szűrőanyag ,és beszerelésének költsége	FA [Ft]	$2,8 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$
Éves leírás	$=a \cdot FB$ [Ft]	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
Éves szűrőköltség	$=C \cdot FA$ [Ft]	$1,865 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$	$4,48 \cdot 10^5$
Energia ára	$=\dot{U} \cdot FE \cdot E$ [Ft]	$2,88 \cdot 10^5$	$4,42 \cdot 10^5$	$1,87 \cdot 10^5$
Összes évi költség	$= a \cdot FB + C \cdot FA + \dot{U} \cdot FE \cdot E$ [Ft]	$7,745 \cdot 10^5$	$8,82 \cdot 10^5$	$9,35 \cdot 10^5$

ÖSSZES ÉVI KÖLTSÉG

