

Yveta ČECHOVÁ  
Ondřej FIŠER  
KS Klima-Service, a.s.

# Odstranění virů, bakterií, aerosolů a ostatních mikročásteček ze vzduchu

## Removal of the Viruses, Bacteria, Aerosols and other Microparticles from the Air

Recenzent  
doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc.

Vzduchové filtry pro atmosférickou filtraci jsou zařízení, která mají za úkol filtrovat vzduch od pevných částic – prachu, písku, textilních vláken, pylu, mlhy, výtrusů, bakterií, sazí, tabákového kouře a celé řady dalších znečišťujících elementů. Velkou skupinu těchto znečišťujících látek tvoří tzv. mikročástečky. Jsou to částice o velikosti menší než 1  $\mu\text{m}$  (1 mikrometr = 1 tisícina milimetru). Článek prezentuje poznatky z vývoje a výzkumu společnosti, která se problematikou odstranění mikročásteček ze vzduchu intenzivně zabývá a snaží se svými produkty této řady přispět k ochraně lidského zdraví a ovzduší.

**Klíčová slova:** filtrace vzduchu, HEPA a ULPA filtry, mikročástečky, čisté prostory

The air filters for the atmospheric filtration are devices which are used for filtering solid particles from the air – dust, sand, textile fibres, pollen, fog, spores, bacteria, soot, tobacco smoke and a number of other polluting elements. A large group of these pollutants is formed by so called microparticles. These are the particles smaller than 1  $\mu\text{m}$  (1 micrometer = 1 thousandth of a millimeter). The paper presents the findings from research and development of a company, which is intensively engaged in the issue of the microparticles removal from the air and which is striving to contribute to the protection of human health and air quality through its product line.

**Keywords:** air filtration, HEPA and ULPA filters, microparticles, clean spaces

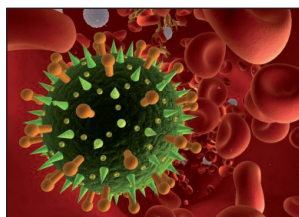
### HISTORIE FILTRACE MIKROČÁSTEČEK

Počátky filtrace mikročásteček spadají do období druhé světové války. Tehdy Komise pro atomovou energii začala vyvíjet tzv. HEPA filtraci k odstranění radioaktivních částic při výrobě jaderných bomb. Při výrobě prvních prototypů bylo jako filtračního média použito proutí trávy. První skelná vlákna ve filtračním papíru byla použita okolo roku 1950. Trvalo dalších deset let, než byla zavedena první norma a filtry byly pojmenovány a typizovány jako HEPA filtry, tedy filtry s vysokou účinností (High Efficiency Particulate Airfilter). Později také tzv. ULPA filtry, tedy filtry s ultra nízkým průnikem částic – propustností (Ultra Low Penetration Air filter).

Od té doby prošla filtrace mikročásteček obrovským vývojem. HEPA a ULPA filtry jsou nasazovány všude tam, kde je požadována vysoká čistota vzduchu a minimální počet částic na 1  $\text{m}^3$ . Tyto požadavky jsou udávány tzv. třídami filtrace, které předepisují s jakou účinností, resp. průnikem filtry pracují.

### Mikročástečky

Mikročástečky se v atmosféře nacházejí v různě velkých seskupeních a shlucích a v různých koncentracích. Zastoupeny jsou téměř všechny myslitelné tvary (obr. 1).



Obr. 1 Různé druhy bakterií a virů velikosti mikročásteček zvětšeno v průměru 10 000 $\times$

Kromě tradičních zdrojů znečištění, jako je průmysl, doprava, přírodní jevy (písečné bouře, sopečná činnost...) a vytápěcí systémy, je i člověk sám, svou vlastní existencí, významným zdrojem znečišťujících látek.

Pro srovnání zrno písku má průměr 90  $\mu\text{m}$ , lidský vlas cca 50 – 70  $\mu\text{m}$  a prachové nebo pylové zrno 10  $\mu\text{m}$ .

Velikost bakterie je v rozsahu 0,3 – 10  $\mu\text{m}$  a velikost viru 0,005 – 0,1  $\mu\text{m}$ , jsou to mikročástečky, které nejvíce ohrožují lidský život.

### DEFINICE HEPA ULPA FILTRŮ PRO ZÁCHYT MIKROČÁSTEČEK

HEPA filtry byly původně určeny pro astronauty, které je chránily před nebezpečnými mikročástečkami a stejně jako u jiných technologií se pak i HEPA filtry dostaly do běžného prostředí.

Tab. 1 Rozdělení vzduchových filtrů do skupin podle normy ČSN EN 1822:2010

EN 1822		Integrální hodnota pro MPPS částice (0,1 až 0,3 $\mu\text{m}$ )		Lokální hodnota pro MPPS částice (0,1 až 0,3 $\mu\text{m}$ )	
Skupina filtrů	Třída filtrace	Účinnost (%)	Průnik (%)	Účinnost (%)	Průnik (%)
Skupina E EPA	E 10	$\geq 85$	$\leq 15$	–	–
	E 11	$\geq 95$	$\leq 5$	–	–
	E 12	$\geq 99,5$	$\leq 0,5$	–	–
Skupina H HEPA	H 13	$\geq 99,95$	$\leq 0,05$	$\geq 99,75$	$\leq 0,25$
	H 14	$\geq 99,995$	$\leq 0,005$	$\geq 99,975$	$\leq 0,025$
Skupina U ULPA	U 15	$\geq 99,999\ 5$	$\leq 0,000\ 5$	$\geq 99,997\ 5$	$\leq 0,002\ 5$
	U 16	$\geq 99,999\ 95$	$\leq 0,000\ 05$	$\geq 99,999\ 75$	$\leq 0,000\ 25$
	U 17	$\geq 99,999\ 995$	$\leq 0,000\ 005$	$\geq 99,999\ 9$	$\leq 0,000\ 1$

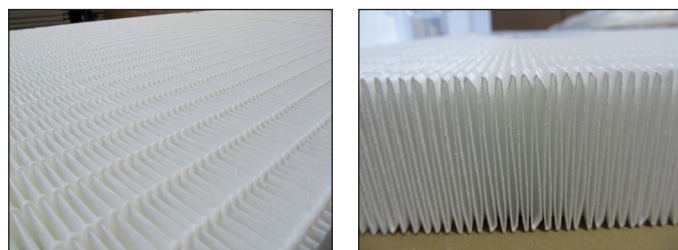
Požadavky na jednotlivé HEPA a ULPA filtry jsou dány normou ČSN EN 1822-1 – Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování. Filtry se zařídují podle účinnosti, resp. průniku pro částice, které filtračním materiálem i vlastním filtrem nejvíce pronikají, tzv. MPPS částice (Most Penetrating Particle Size). Částice MPPS zpravidla dosahují velikosti v rozsahu 0,1 – 0,3 µm.

Označení HEPA filtr má takový vzduchový filtr, který odstraní minimálně 99,95 % částic o velikosti odpovídající částici MPPS. HEPA filtr je tak účinný, že z 10 000 částic, které vstoupí do filtru, jich pouze 5 filtrem projde.

Označení ULPA filtr má takový vzduchový filtr, který pro částice MPPS splňuje účinnost  $\geq 99,999\ 5$  (U15),  $\geq 99,999\ 95$  (U16) a  $\geq 99,999\ 995$  (U17). Současně má nejvyšší třídu náročnosti výroby, kontrolního systému a finálního nasazení.

### Konstrukce HEPA a ULPA filtru

Filtrační médium vysoce účinných filtrů pro záchyt mikročásteček je ze speciálního papíru z jemných skelných mikrovláken v různých stupních odloučení, resp. průniku. Filtrační médium je vyskládáno do složence a počtem skládů a výškou skládů optimálně dimenzováno na provozní podmínky (tlakovou ztrátu, průtok vzduchu, účinnost ...) viz obr. 2a, 2b.



Obr. 2 a) Detail filtračního složence;  
b) Detail filtračních skládů složence se separátory

Použitím ultra jemných skelných mikrovláken a přesným skládáním dosahují HEPA a ULPA filtry vysokého výkonu odlučování mikročásteček a zaručují kontrolované jednosměrné proudění vzduchu – nesprávně nazývané jako laminární proudění.

Na separátory HEPA a ULPA filtrů je použita tzv. MINIPLAET-technika, kdy jsou separátory tvořeny tavným lepidlem upraveným následnou termickou úpravou. Ve speciálních případech je použita též technologie vkládaných hliníkových separátorů.

Provedení rámu pro HEPA a ULPA filtry je vždy specifické podle hygienických požadavků na konkrétní prostředí. Provedení rámu je buď hliníkový, vícevrstvý dřevěný, MDF, nerezový plech nebo pozinkovaný plech.

Důležitou součástí konstrukce HEPA a ULPA filtrů je těsnění, které eliminuje průnik mikročásteček okolo filtru. Těsnění je ze speciálního profilu EPDM-mechové pryže s uzavřenými póry, antibakteriální úpravou a dobrou elasticitou, pro speciální případy se používá těsnění gelové. Tvar těsnění se volí v závislosti na druhu uložení filtru v zařízení (ukládací rám, závitové tyče aj.), kde je filtr umístěn. Možnosti těsnění: ploché, půlkruhové, dvoubřité, U-profil a těsnění pro vysoké teploty.

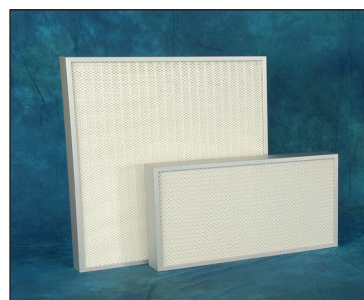
### Typy HEPA a ULPA filtrů

Pro filtraci mikročásteček naše společnost nabízí typy filtrů, jejichž provedení je účinně schopno zachytávat mikročástečky: HEPA filtry (obr. 3) jsou nasazovány především do nemocnic – operační sály, ve farmaceutickém průmyslu a ve všech prostorech, kde jsou kladeny vysoké nároky na čistotu prostředí. Zvláštnímu režimu kontrol a testů podléhají HEPA filtry



dodávaný např. do jaderných elektráren, kde jsou nasazeny ve speciálních zařízeních sloužících pro záchyt radioaktivních aerosolových mikročásteček. Vysoce účinné filtry této řady jsou znázorněny na obr. 4 a 5 s odpovídajícím rozsahem účinnosti.

Obr. 3 HEPA filtry s účinností  $\geq 99,95$  (H13) a  $\geq 99,995$  (H14)



Obr. 4 Vysoce účinný filtr typu HEPA, ULPA s účinností  $\geq 99,95$  (H13),  $\geq 99,995$  (H14) a  $\geq 99,999\ 5$  (U15),  $\geq 99,999\ 95$  (U16),  $\geq 99,999\ 995$  (U17)



Obr. 5 Vysoce účinný filtr typu HEPA, ULPA s účinností  $\geq 99,95$  (H13),  $\geq 99,995$  (H14) a  $\geq 99,999\ 5$  (U15)

### HEPA A ULPA FILTRY V ČISTÝCH PROSTORECH

„Čistý prostor“ je prostor s definovanou kvalitou vnitřního prostředí vyjádřenou počtem částic pevného aerosolu o daných velikostech částic. Požadavky na jednotlivé „třídy čistoty“ jsou dány v normě ČSN EN 14644-1 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí – Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu.

Jedním z důležitých kritérií pro dosažení třídy čistoty v prostoru a záchyt mikročásteček jsou i dobře navržené filtry s odpovídající třídou filtrace. Klasifikace čistoty vzduchu je definována tzv. třídami čistoty ISO (dle normy ČSN EN 14644-1). Třídy ISO 1 až ISO 8 uvádějí maximální počet částic v jednom metru krychlovém vzduchu, vztaženo k velikosti částic (tab. 2).

Tab. 2 Klasifikace čistoty vzduchu

Klasifikační číslo ISO (N)	Maximální limity koncentrace [počet částic/m <sup>3</sup> ] pro částice s velikostí rovnající se a větší než uvedené velikosti					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO třída 1	10	2				
ISO třída 2	100	24	10	4		
ISO třída 3	1 000	237	102	35	8	
ISO třída 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO třída 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO třída 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO třída 7				352 000	83 200	2 930
ISO třída 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO třída 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Čisté prostory najdeme v mnoha výrobních odvětvích např. biotechnologii, genetickém inženýrství, při výrobě zdravotnických pomůcek (kar-



dioestimulátory, umělé cévy, injekční stříkačky, implantáty), ve farmácii (sterilní výroby, ochrana některých kritických kroků), v nemocnicích (operační sály, izolace infekčních pacientů), při výrobě potravin a nápojů (výroba piva, nesterilní potraviny a nápoje) atd.

Filtrace mikročásteček v čistých prostorech je zpravidla řešena filtry ve třídách filtrace H13 – H14 (HEPA) a U15 – U17 (ULPA), které se nasazují v zařízeních přívodního, cirkulujícího a odvodního vzduchu, u kterých jsou kladeny nejvyšší požadavky na čistotu vzduchu a sterilitu. Bývají součástí vzduchotechnických zařízení, např. přívodních tlakových stropů (obr. 6a, 6b), čistých nástavců (obr. 7a, 7b), speciálních komor a jednotek (obr. 8) nebo kanálových filtračních jednotek (obr. 9).

**Příklady filtračních zařízení pro aplikaci HEPA a ULPA filtrů**



Obr. 6a Přívodní tlakový strop

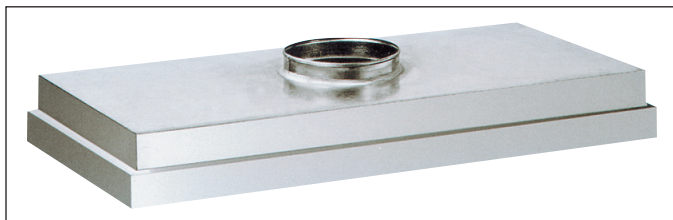


Obr. 6b Výměna filtrů HEPA v přívodním s laminarizátorem tlakovém stropu

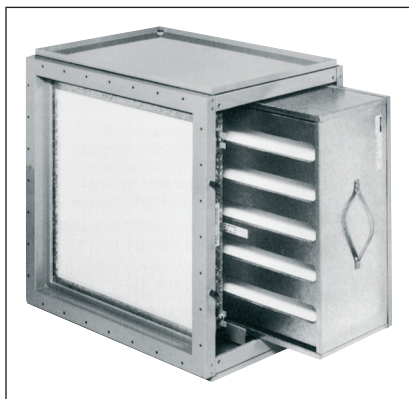


Obr. 7a Čistě nástavce

Obr. 7b Aplikace čistých nástavců



Obr. 8 Filtrační modul



Obr. 9 Kanálová filtrační jednotka

**MĚŘENÍ ÚČINNOSTI HEPA A ULPA FILTRŮ**

HEPA a ULPA filtr musí splňovat deklarovanou účinnost a bezdefektnost. Prokázání těchto vlastností filtru je ověřeno na skenovacím zařízení a doloženo protokolem s výsledky měření.

**Popis scan testu**

Zkoušený filtr je uchycen v držáku a prochází jím vzduch s testovacím aerosolem. Detekce netěsností a měření účinnosti filtru probíhá automa-

1387

**Prüfbericht gemäß EN 1822-4**  
**Test report according to EN 1822-4**  
**Rapport de test selon EN 1822-4**

Filterdaten / Filter data / Fiches techniques				
Artikel-Nummer Part no. Numéro du filtre	Bezeichnung Filter type Type du filtre	Serien-Nummer Serial no. Numéro de production	Prüf-Datum Date of test Date du test	Prüfer Operator Opérateur
	KS BESTFIL	1407091356	2014-07-11	OF
Filterabmessung (L x B x T) Filter dimensions (L x W x D) Dimensions du filtre (L x l x P)	Nennvolumenstrom Nominal flow rate Débit clair nominal	Anfangsdruckdifferenz Initial pressure drop Perte de charge initiale		
457 x 457 x 73mm	650m <sup>3</sup> /h	239Pa		
Filterklasse Filter class Classe de filtration	Minimale integraler Abscheidegrad Minimum integral efficiency Minimum efficacité intégrale	Minimale lokale Abscheidegrad Minimum local efficiency Minimum efficacité locale	Kommentar Comment Commentaire	
HEPA H13	99.9500000%	99.7500000%	MDF ráme	

Prüfbedingungen / Test Conditions / Conditions de test				
Prüfvolumenstrom Test flow rate Débit de test	Prüfer aerosol Test aerosol Aérosol de test	Partikelgröße Particle size Taille de particule	Rohgaskonzentration Upstream concentration Concentration amont	Temperatur Temperature Température
649m <sup>3</sup> /h	DEHS	0.10 - 0.30µm	3.73E+2#/cm <sup>3</sup>	23.3°C
				Rel. Feuchte Rel. Humidity Humidité rel.
				54.0%

Prüfergebnisse / Test results / Résultats de test				
Klassifizierung gemäß Testergebnis Classification to test result Classification selon résultat de test	Integraler Abscheidegrad Integral efficiency Valeur intégrale d'efficacité	Minimale Abscheidegrad Minimum efficiency Minimum valeur d'efficacité	Druckdifferenz Pressure drop Perte de charge	
HEPA H13	99.9855318%	99.7500000%	204.42 Pa	
Maximum (Leak signal) Maximum (Leak signal) Maximum (Signal du fuite)	Anzahl der gefundenen Number of leaks detected Nombre de fuites détectées			
36 (60)	0			

**Prüfbericht gemäß EN 1822-4**  
**Test report according to EN 1822-4**  
**Rapport de test selon EN 1822-4**

Filterdaten / Filter data / Fiches techniques				
Artikel-Nummer Part no. Numéro du filtre	Bezeichnung Filter type Type du filtre	Serien-Nummer Serial no. Numéro de production	Prüf-Datum Date of test Date du test	Prüfer Operator Opérateur
	KS SMOLO 8 100 H13	10022022	2014-02-05	OF
Filterabmessung (L x B x T) Filter dimensions (L x W x D) Dimensions du filtre (L x l x P)	Nennvolumenstrom Nominal flow rate Débit clair nominal	Anfangsdruckdifferenz Initial pressure drop Perte de charge initiale		
457 x 457 x 100mm	650m <sup>3</sup> /h	239Pa		
Filterklasse Filter class Classe de filtration	Minimale integraler Abscheidegrad Minimum integral efficiency Minimum efficacité intégrale	Minimale lokale Abscheidegrad Minimum local efficiency Minimum efficacité locale	Kommentar Comment Commentaire	
HEPA H13	99.9910000%	18.7500000%		

Prüfbedingungen / Test Conditions / Conditions de test				
Prüfvolumenstrom Test flow rate Débit de test	Prüfer aerosol Test aerosol Aérosol de test	Partikelgröße Particle size Taille de particule	Rohgaskonzentration Upstream concentration Concentration amont	Temperatur Temperature Température
649m <sup>3</sup> /h	DEHS	0.10 - 0.30µm	3.73E+2#/cm <sup>3</sup>	20.7°C
				Rel. Feuchte Rel. Humidity Humidité rel.
				39.1%

Prüfergebnisse / Test results / Résultats de test				
Klassifizierung gemäß Testergebnis Classification to test result Classification selon résultat de test	Integraler Abscheidegrad Integral efficiency Valeur intégrale d'efficacité	Minimale Abscheidegrad Minimum efficiency Minimum valeur d'efficacité	Druckdifferenz Pressure drop Perte de charge	
HEPA H13	99.9855318%	18.7500000%	204.42 Pa	
Maximum (Leak signal) Maximum (Leak signal) Maximum (Signal du fuite)	Anzahl der gefundenen Number of leaks detected Nombre de fuites détectées			
36 (60)	0			

Obr. 10 Typy protokolů scan testu

52

Vytápění, větrání, instalace 2/2015

ticky. Skener funguje v přetlaku. Vzduch je nasáván ventilátorem z okolí a je vycištěn přes HEPA filtr, aby bylo zaručeno co nej přesnější měření. Takto vycištěný vzduch je doplněn DEHS aerosolem o požadované koncentraci. Koncentrace aerosolových částic je v proudu vzduchu změřena laserovým počítačem částic. Takto upravený vzduch prochází filtrem a celý filtr je měřen dvěma odběrovými sondami s laserovými počítači částic. Odběrové sondy se pohybují na třiosém rameni poháněném precisními motory s přesností 0,05 mm. Měření samotného filtru probíhá následovně, nejdříve se změří utěsnění filtračního složenice v rámu a pak se doměří zbytek plochy filtru.

Pokud systém během měření najde místo s menší účinností, než je povolená mez podle normy ČSN EN 1822, po změření celého filtru se vrací na toto místo potenciálního úniku. Provede měření znovu s nejmenší možnou rychlostí pohybu odběrových sond a to je 5 mm/s. Pokud na stejném měřeném místě systém vyhodnotí menší účinnost, proběhne poslední statické měření, kde sondy stojí přímo před potenciálním únikem a měří tuto oblast po dobu 30 sekund. Výsledkem měření je protokol podle normy ČSN EN 1822-4, kde jsou uvedeny všechny údaje o měření, tj. výrobce filtru, průtočné množství vzduchu, tlaková ztráta filtru, koncentrace aerosolu, naměřené účinnosti, okolní podmínky měření, název filtru, třída filtrace.

Protokol o měření je zpravidla součástí každé dodávky HEPA a ULPA filtrů pro čisté prostory, jen tak je možné deklarovat parametry filtru (obr. 10).

## ZÁVĚR

HEPA a ULPA filtry jsou jednoznačně produkty budoucnosti a jejich nasazení bude postupně využíváno stále častěji všude tam, kde jsou kladeny nároky na komfortní čisté prostředí a zároveň tam, kde bude kladen nezbytný důraz na ekonomiku provozu.

Kontakt na autory: [yveta.cechova@ksklimaservice.cz](mailto:yveta.cechova@ksklimaservice.cz);  
[ondrej.fiser@ksklimaservice.cz](mailto:ondrej.fiser@ksklimaservice.cz)

## Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 14644-1. Čisté prostory a příslušné řízené prostředí – Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu.
- [2] ČSN EN 1822-1. Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování. ■

## Ventilátory Nicotra Gebhardt

Na veletrhu Mostra Convegno v Miláně vystavila firma Nicotra Gebhardt novou generaci energeticky efektivních ventilátorových modulů, které již dosahují stupně účinnosti motorů IE4. Radiální ventilátory s integrovanou nebo vestavěnou elektronikou jsou řešením plug&play s regulací otáček. Oběžné kolo nových střešních ventilátorů je řešeno ze šesti lopatek z dutých profilů. Nový ekodesign poskytuje navíc optimální řešení proudění uvnitř skříňového ventilátoru.

Pramen: CCI 05/2014

(AB)

## Výměníky tepla GEA Ecoplateplus

Především pro centrální větrací zařízení jsou určeny výměníky zpětného získávání tepla od závodu GEA Heat Exchangers, Bochum. Zařízení se skládají z jednotlivých modulárních vrstev, postavených na protiproudé konstrukci. Podle firmy GEA umožňují výměníky Ecoplateplus teplotní faktor zpětného získávání tepla až 90 % při tlakových ztrátách od 80 do 180 Pa při rychlosti proudění na vstupu mezi 1,5 až 2 m/s (třída H1 podle DIN EN 13053).

Pramen: CCI 05/2014

(AB)

## Lokální větrací jednotky s rekuperací



- čištění přichozího vzduchu pomocí volitelného filtru
- vhodné pro alergiky a astmatiky
- jednotka s vysokou účinností rekuperace a nízkou spotřebou elektrické energie
- trvalé snížení nákladů na vytápění
- rychlá a jednoduchá montáž

**KORADO®**