

doc. Ing. Jiří HEMERKA, CSc.
Ing. Pavel VYBÍRAL, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Změny ve třídění vysoce účinných filtrů atmosférického vzduchu

Changes in Classification of High Efficiency Atmospheric Air Filters

Recenzent
Ing. Miloš Mojžíš

Príspevek je zaměřen na oblast vysoce účinné filtrace. Nejprve jsou stručně shrnuty teoretické základy filtrace ve vláknité vrstvě, vysvětleny jednotlivé odlučovací principy, souvislost mezi frakční odlučivostí izolovaného vlákna a vláknité vrstvy a rozdíly mezi ideální a reálnou vláknitou vrstvou. Další část informuje o zkoušení a třídění čistých prostorů, kde vysoce účinné filtry nacházejí své hlavní uplatnění. Hlavní část příspěvku tvoří informace o vzniku a významu mezinárodní normy ISO 29463 v oblasti vysoce účinných filtrů a jejím nedávném začlenění do evropské normalizace. V závěru je vysvětlen současný neobvyklý stav v Evropě v oblasti normalizace vysoce účinných filtrů, umožňující souběh norem EN a ISO.

Klíčová slova: vysoce účinné filtry, teorie filtrace, frakční odlučivost vláknité vrstvy, frakční odlučivost izolovaného vlákna, čisté prostory, normalizace v oblasti čistých prostorů, normalizace v oblasti vysoce účinných filtrů

The paper focuses on the field of high efficiency filtration. First, the theoretical basics of fibrous layer filtration are briefly summarized. The main separating principles are explained, as well as the link between the fractional separability of a single fibre and the fibrous layer, and the differences between the ideal and the real fibrous layer. The next part informs about testing and classification of cleanrooms where high efficiency filters find their main application. The main part of the contribution presents the information on the origin and relevance of the international standard ISO 29463 in the field of high efficiency filters and its recent integration into European standardisation. In conclusion, the current unusual situation in Europe in the field of standardisation of high efficiency filters is explained, allowing the concurrence of EN and ISO standards.

Keywords: high efficiency filters, filtration theory, fractional separability of the fibrous layer, fractional separability of a single fibre, cleanrooms, normalization in the field of cleanrooms, normalization in the field of high efficiency filters

ÚVOD

Dle současné normalizace v Evropě a ČSN se vzduchové filtry dělí na filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání, které se od roku 2018 zkouší a třídí dle nové normy ČSN EN ISO 16890-1 [1], kde tato norma zcela změnila pohled na zkoušení, třídění a použití filtrů u všeobecného větrání, a na filtry vysoce účinné, kde v roce 2019 došlo po dohodě mezi CEN a ISO ke změnám v EN 1822 a následně i u ČSN EN 1822.

Hlavním cílem příspěvku je objasnit čtenáři nedávné změny, k nimž došlo u EN a ČSN EN v roce 2019 v oblasti vysoce účinných filtrů vzduchu. Zde v roce 2019 při revizi evropské normy EN 1822 z roku 2009 (ČSN EN 1822 z roku 2010) a ve snaze o harmonizaci norem v oblasti vysoce účinných filtrů v Evropě a ve světě došlo ke kompromisní dohodě mezi CEN a ISO.

Dohodou mezi CEN a ISO vznikl ojedinělý „hybridní“ stav, kdy revidovaná EN norma z roku 2019 zachovává podle základní Části 1 (EN 1822-1:2019) svůj původní třídící systém, ale vlastní zkoušky filtrů se provádějí podle ISO standardu 29463, Částí 2 až 5 z roku 2017. Tyto změny se odpovídajícím způsobem projeví i při novelizaci ČSN EN 1822 v roce 2019.

Do nového třídícího systému EN ISO není zahrnuta základní část ISO 29463-1, obsahující jiné, jemnější třídění a označení filtrů než u EN 1822-1. Proto nemusela být tato norma zrušena a v Evropě tak nastal zmíněný „hybridní“ stav, kdy vedle sebe existují dva podobné třídící systémy. Lze konstatovat, že zmíněnými změnami došlo k posílení vlivu ISO standardu 29463 ve světě.

V USA se podobně jako v oblasti filtrace u všeobecného větrání řídí vlastní normalizací a třídění HEPA filtrů vychází z U. S. Standard MIL-STD-282 z roku 1956.

Dalším cílem příspěvku je po odborné stránce přiblížit čtenáři specifickou oblast vysoce účinné filtrace a čistých prostorů, kde vysoce účinné filtry nacházejí své hlavní uplatnění.

TEORETICKÉ ZÁKLADY FILTRACE VE VLÁKNITÉ VRSTVĚ

Teoretické základy filtrace částic vzduchu ve vláknité vrstvě jsou v české literatuře popsány např. v publikaci autorů článku [2].

Frakční odlučivost izolovaného vlákna a vláknité vrstvy

Základem filtrace částic atmosférického vzduchu je odlučování částic ve vláknité vrstvě, složené z filtračních vláken. Při filtraci dochází k odlučování částic na jednotlivých vláknech a poté i na již odloučených částicích. Protože se částice odlučují uvnitř vláknité vrstvy, jedná se o tzv. hloubkovou filtraci.

U ideální vláknité vrstvy se předpokládá, že:

- jednotlivá vlákna jsou ve vrstvě uspořádána rovnoběžně a proud na ně natéká kolmo,
- všechna vlákna mají stejný průměr d , tj. jsou monodisperzní,
- vlákna jsou ve vrstvě rovnoměrně rozmístěna.

Strukturu ideální vláknité vrstvy tvoří několik základních veličin:

- Tloušťka vrstvy s , která v závislosti na druhu a účelu použití filtračního materiálu dosahuje hodnot od desetin mm až po jednotky cm.

- Poréznost ε (1) nebo objemové zaplnění c (1), které jsou definovány jako poměr objemu vláken, resp. mezer (pórů), k objemu vrstvy. Musí proto platit $\varepsilon + c = 1$. Poréznost ε dosahuje v závislosti na druhu a účelu použití filtračního materiálu hodnot $\varepsilon > 0,8$ (u vysoce účinných filtračních materiálů $\varepsilon > 0,9$).
- Průměr použitých vláken d [m], který opět závisí na druhu a účelu použití filtračního materiálu a např. u vysoce účinných filtrů dosahuje hodnot v řádu desetin až jednotek μm .
- Základní veličinou charakterizující strukturu ideální vláknité vrstvy je parametr vrstvy λ (1), definovaný jako:

$$\lambda = \frac{4(1-\varepsilon)s}{\pi\varepsilon d} \quad (1)$$

U **reálné vláknité vrstvy** nemají všechna vlákna stejný průměr, jsou tvořena souborem vláken se středním aritmetickým průměrem vláken $d_{N,1}$ a vlákna nejsou ve vrstvě rovnoměrně rozmístěna. U definice parametru vrstvy λ (1) reálné vláknité vrstvy se ve vztahu (1) místo průměru vláken d použije střední aritmetický průměr vláken $d_{N,1}$.

Schopnost úspěšného odloučení částic ve filtrační vláknité vrstvě je založena na dosažení přiměřené hodnoty frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{f,i}$.

Hlavní odlučovací principy, které se podílejí na odlučování částic na izolovaném vlákně, jsou setrvačný, intercepční a difuzní princip.

U větších částic, jejichž rozměr je větší než vzdálenost mezi dvěma sousedními vlákny, se při průchodu vláknitou vrstvou uplatní i efekt zaklínění částice (síťový efekt). V teorii filtrace se tento odlučovací princip většinou zanedbává.

Při průchodu plynu vláknitou vrstvou hrají významnou roli i elektrické síly, vznikající mezi částicí a vláknem. Tato problematika je poměrně složitá a elektrické síly mohou mít svůj původ v přirozeném náboji částic a náboji vláken a mají pak pouze dočasný charakter. Cíleně pak mohou být elektrické síly naopak navýšeny umělým nabíjením částic i vláken nebo umístěním vláknité vrstvy do vnějšího elektrického pole.

Hlavní odlučovací principy, včetně elektrického, jsou schematicky znázorněny na obr. 1.

U **setrvačného principu** se malá hmotná částice při obtékání vlákna pohybuje díky své setrvačnosti po přímější dráze (trajektorii) než proudnice a ulpí na povrchu vlákna. Se zvětšující se velikostí částice se zvyšuje hmotnost částice a tím i setrvačnost částice. Se zvyšující se setrvačností částice se u daného proudového pole v okolí vlákna zvětšuje i oblast, ze které se částice díky setrvačnosti odloučí a tím se zvyšuje i odlučivost částice. Platí tedy, že se zvětšující se velikostí částice se zvyšuje i odlučivost částice vlivem setrvačnosti.

U **přímého zachycení** (intercepce) se naopak předpokládá velká částice s malou hmotností, která při obtékání vlákna kvůli malé setrvačnosti stačí sledovat změnu směru proudu plynu a zachytí se na povrchu vlákna jen díky své konečné velikosti. U daného proudového pole v okolí vlákna platí, že se zvětšující se velikostí částice se zvyšuje i oblast, ze které se částice při obtékání vlákna odloučí a tím se zvyšuje i odlučivost částice vlivem intercepce.

Difuzní odlučovací princip vychází z náhodného pohybu částic v klidném vzduchu a laminárním proudu plynu, způsobeného nárazy molekul plynu na částice. Čím je částice menší, tím hrají nárazy molekul na její pohyb větší roli a částice má větší hodnotu součinitele Brownovské (tepelné) difuze a pohyblivosti částice. Protože se jedná o náhodný (stochastický) jev, nesledujeme pohyb jednotlivé částice, ale celého souboru částic dané velikosti a vyjadřujeme střední vzdálenost, o kterou se částice v klidném prostředí nebo v laminárním proudu vzduchu posune ve směru kolmém na proud vzduchu.

Čím je částice menší, tím se ve směru kolmém na proud vzduchu posune za časovou jednotku o větší střední vzdálenost. Považujeme-li u teorie filtrace tuto střední vzdálenost za tzv. difuzní mezní vrstvu δ [m], tj. vzdálenost, ze které se částice při obtékání vlákna odloučí na povrchu vlákna vlivem náhodného pohybu částic (difuze), lze u daného proudového pole v okolí vlákna analogicky jako u ostatních principů vyčlenit oblast, ze které se částice při obtékání vlákna odloučí.

U difuzního principu platí, že odlučivost částice vlivem difuze se zvyšuje se zmenšující se velikostí částice. Částice se tedy chovají opačně v porovnání se setrvačným principem a intercepčí.

Při odlučování se nejprve předpokládá ideální stav, kdy částice, které dosáhnou-li jakýmkoliv odlučovacím principem nebo kombinací principů povrchu vlákna, na vlákně vlivem mezimolekulárních Van der Waalsových sil ulpí, a jsou tak považovány za odloučené.

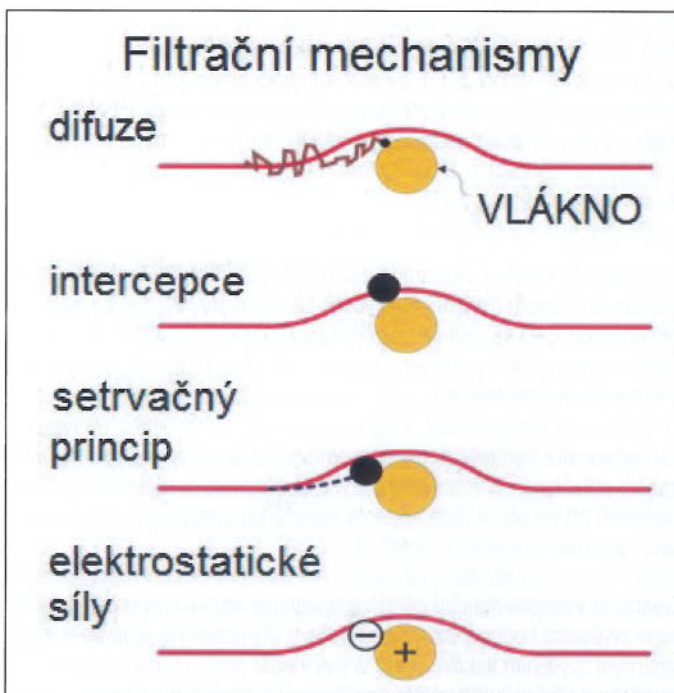
Pro výslednou hodnotu frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{f,i}$ (1) lze při zanedbání elektrického principu pro určitou velikost částice a [m] psát:

$$E_{f,i} = E_{setrv} + E_{int} + E_{dif} + E_{dod} \quad (2)$$

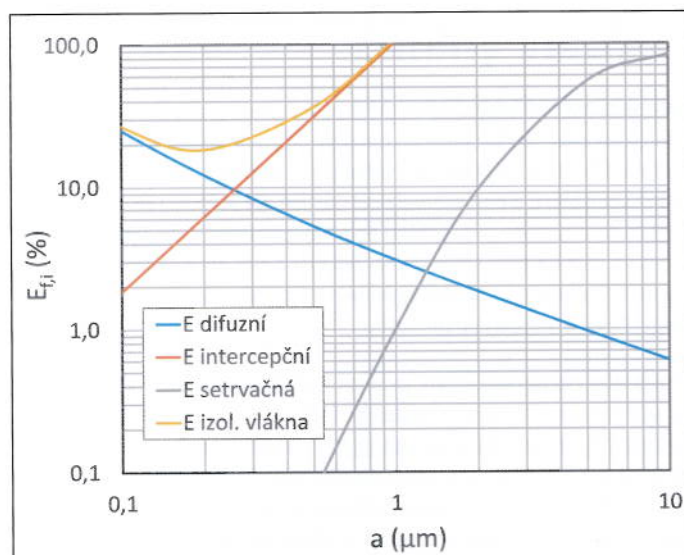
kde E_{setrv} , E_{int} a E_{dif} jsou frakční odlučivosti částic u základních odlučovacích principů – setrvačnosti, intercepce a difuze – a E_{dod} je korekce, vyjádřená jako dodatečná hodnota odlučivosti.

Zavedením korekce E_{dod} (1) se v matematickém modelu vyjadřuje experimentálně zjištěná skutečnost, že některé odlučovací principy (difuze a intercepce) se vzájemně ovlivňují a pro vyjádření výsledné odlučivosti nelze přesně použít jednoduchý princip aditivnosti.

Pro zjednodušení v dalším textu hodnotu korekce E_{dod} (1) zanedbáme v porovnání s hodnotami ostatních členů rovnice (2).



Obr. 1 Hlavní odlučovací principy při odlučování částic na izolovaném vlákně
Fig. 1 Main separation principles for particle separation on an individual fibre



Obr. 2 Ukázka vlivu jednotlivých členů v rovnici (2) pro případ filtrace u všeobecného větrání, kde $d_{N,1} = 10 \mu\text{m}$ a $v_e = 0,111 \text{ m/s}$

Fig. 2 Demonstration of the influence of individual members in the equation (2) in the case of filtration in general ventilation, where $d_{N,1} = 10 \mu\text{m}$ and $v_e = 0.111 \text{ m/s}$

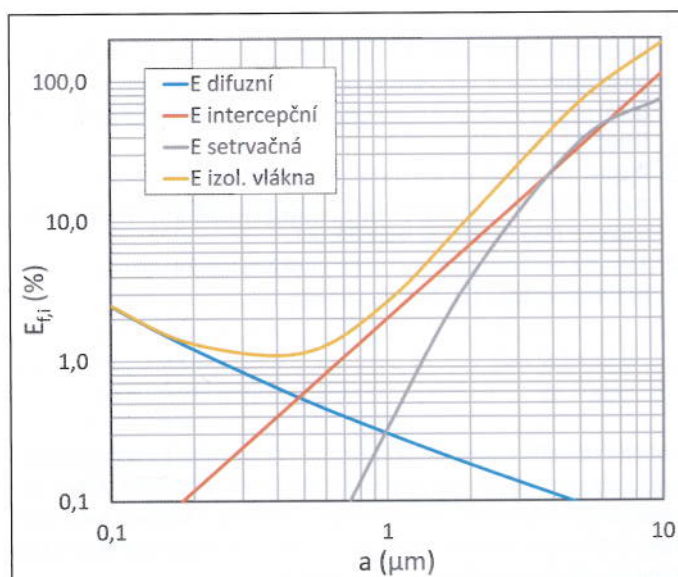
Na obr. 2 je ukázka průběhu výše uvedených závislostí $E_{setrv.}(a)$, $E_{int.}(a)$ a $E_{dif.}(a)$ u izolovaného vlákna a jejich vlivu na výslednou hodnotu frakční účinnosti izolovaného vlákna $E_{f,i}$ [%] pro případ filtrace ve vláknité vrstvě u běžného (všeobecného) větrání, kde průměr vlákna je $d = d_{N,1} = 10 \mu\text{m}$, filtrační rychlost $v_f = 0,1 \text{ m/s}$, poréznost vrstvy $\varepsilon = 0,9$ a následně rychlost nabíhajícího proudu vzduchu na vlákno (rychlost vzduchu ve vrstvě) $v_e = v_f/\varepsilon = 0,111 \text{ m/s}$, hustota částic $\rho_c = 2000 \text{ kg/m}^3$, a při běžných parametrech vzduchu (teplota, hustota, dynamická viskozita).

Jak vyplývá z průběhu výsledné frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{f,i}(1)$ zobrazeného na obr. 2, může tato hodnota pro některé velikosti částic překročit hodnotu 1, resp. 100 %. To je dáno definicí frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{f,i}(1)$ v matematickém modelu jako poměru hmotnostního toku odloučených částic na vlákne k hmotnostnímu toku částic v nabíhajícímu proudu na vlákno o šířce proudu, jako je průměr vlákna. Vlivem intercepčního principu pak pro větší částice běžně nastává stav, že $E_{int.} \geq 1$ a následně pak i výsledná frakční odlučivost izolovaného vlákna $E_{f,i} \geq 1$. Jak je uvedeno níže, má přepočítávací vztah mezi frakční odlučivostí izolovaného vlákna $E_{f,i}(1)$ a frakční odlučivostí ideální vláknité vrstvy $E_f(1)$ takový charakter, že přes skutečnost $E_{f,i} \geq 1$ pro výslednou hodnotu frakční odlučivosti vláknité vrstvy vždy platí $E_f \leq 1$.

Na obr. 3 je ukázka výsledné závislosti $E_{f,i}(a)$ a dílčích závislostí jednotlivých odlučovacích principů v oblasti **vysoce účinné filtrace**, kde byly pro výpočet použity následující hodnoty základních parametrů: střední aritmetický průměr vláken $d_{N,1} = 1 \mu\text{m}$, filtrační rychlost $v_f = 0,03 \text{ m/s}$, poréznost $\varepsilon = 0,92$, rychlost ve vrstvě $v_e = v_f/\varepsilon = 0,0326 \text{ m/s}$ a opět $\rho_c = 2000 \text{ kg/m}^3$ a běžné parametry vzduchu (teplota, hustota, dynamická viskozita).

Jak je vysvětleno v další části příspěvku (vztah (3)), k dosažení významných hodnot frakční odlučivosti celé vláknité vrstvy $E_f(1)$, a tím i reálné použitelnosti filtru pro účinné odlučování částic dané velikosti, je zapotřebí dosáhnout výsledných hodnot frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{f,i}(1)$ na úrovni minimálně jednotek %.

Z porovnání obou charakteristických případů zcela jasně vyplývá, že za podmínek vysoce účinné filtrace (jemná vlákna a nízká filtrační rychlost) se na výsledném charakteru závislosti $E_{f,i}(a)$ v oblasti velikostí částic do



Obr. 3 Ukázka vlivu jednotlivých členů v rovnici (2) pro případ vysoce účinné filtrace, kde $d_{N,1} = 1 \mu\text{m}$ a $v_e = 0,0326 \text{ m/s}$

Fig. 3 Demonstration of the influence of individual members in the equation (2) in the case of high efficiency filtration, where $d_{N,1} = 1 \mu\text{m}$ and $v_e = 0.0326 \text{ m/s}$

$1 \mu\text{m}$ významným způsobem podílí difuzní a intercepční odlučovací princip a setrvačný princip je v této oblasti naopak téměř zanedbatelný. Protože s rostoucí velikostí částice a se $E_{dif.}$ snižuje a naopak $E_{int.}$ zvyšuje, je výsledná závislost $E_{f,i}(a)$ charakteristická tím, že zde existuje určitá velikost částice, která se na vlákne nejhůře odlučuje. Velikost této částice se u podmínek vysoce účinné filtrace zpravidla pohybuje v rozsahu hodnot $0,1$ až $0,5 \mu\text{m}$, a jak je dále uvedeno, využívá se této charakteristické velikosti částice ke zkoušení a zatřídění vysoce účinných filtrů.

Za podmínek obtékání vlákna ve **filtraci u běžného větrání** (hrubší vlákna a vyšší filtrační rychlost a rychlost ve vrstvě) se na výsledném odlučovacím efektu u větších částic $a > 1 \mu\text{m}$ podílí setrvačný a intercepční odlučovací princip.

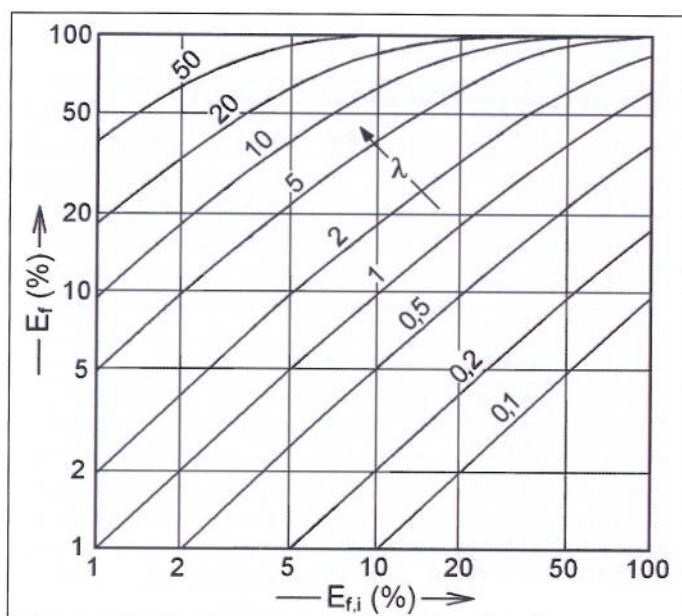
Mezi frakční odlučivostí izolovaného vlákna $E_{f,i}(1)$ a frakční odlučivostí ideální vláknité vrstvy $E_f(1)$ lze pak integrací změn koncentrace částic v elementu vláknité vrstvy přes celou šířku vrstvy odvodit výsledný jednoduchý přepočítávací vztah [2]:

$$E_f = 1 - \exp(-E_{f,i} \lambda) \quad (3)$$

Ze vztahu (3) vyplývá významný vliv hodnoty parametru vrstvy $\lambda(1)$ na výslednou hodnotu frakční odlučivosti vláknité vrstvy $E_f(1)$ – se zvyšující se hodnotou $\lambda(1)$ se zvyšují rozdíly mezi $E_{f,i}(1)$ a $E_f(1)$. Zároveň platí, že přibližně pro hodnoty parametru vrstvy $\lambda > 1$ platí, že $E_f > E_{f,i}$ a pro oblast $\lambda < 1$ naopak platí $E_f < E_{f,i}$.

Významný vliv hodnoty parametru vrstvy $\lambda(1)$ na výslednou hodnotu frakční odlučivosti vláknité vrstvy $E_f(1)$ je zřejmý z grafického vyjádření závislosti (3) na obr. 4, kde hodnota parametru vrstvy $\lambda(1)$ je vyjádřena jako parametr závislosti $E_f = f(E_{f,i}, \lambda)$.

Zvyšování výsledné frakční odlučivosti vláknité vrstvy $E_f(1)$ cestou přílišího zvyšování hodnoty parametru vrstvy $\lambda(1)$ (vztah (3)) je omezeno neúměrným zvýšením tlakové ztráty vrstvy, neboť podle (1) lze hodnotu $\lambda(1)$ prakticky zvyšovat zvětšováním tloušťky vrstvy s [m, mm] a zmenšováním průměru vláken d [m, μm]. Obě veličiny ale zásadním způsobem ovlivňují výslednou tlakovou ztrátu vláknité vrstvy, která je úměrná čelní rych-



Obr. 4 Grafické vyjádření závislosti (3), kde hodnota parametru vrstvy λ (1) je vyjádřena jako parametr závislosti $E_r = f(E_{r,i}, \lambda)$

Fig. 4 Graphical expression of dependency (3) where the value of the layer parameter λ (1) is expressed as the dependency parameter $E_r = f(E_{r,i}, \lambda)$

losti v_r , tloušťce vrstvy s a $1/(d_{N,2})^2$, tj. čím jemnější jsou vlákna ve vrstvě, tím větší je při stejné poréznosti ε tlaková ztráta, což pro vysoce účinné filtry s jemnými vlákny představuje vyšší tlakové ztráty. V reálné praxi je proto nutno pracovat pouze s reálnými hodnotami parametru vrstvy λ (1).

Z uvedeného vyplývá, že k účinnému odlučování částic dané velikosti ve vrstvě, a to jak u filtrace u všeobecného větrání, tak u vysoce účinné filtrace, je zapotřebí požadované hodnoty E_r (1) dosáhnout nikoliv neúměrným zvýšením hodnoty parametru vrstvy λ , ale dosažením frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{r,i}$ (1) minimálně na úrovni jednotek %.

Předpokladem platnosti vztahu (3) je existence ideální vláknité vrstvy s rovnoměrně rozdělenými vlákny a předpoklad, že částice při kontaktu s povrchem vlákna na vlákne ulpí.

U vyjádření frakční odlučivosti reálné vláknité vrstvy se zavádí korekce na nerovnoměrné rozdělení vláken a korekce na odskok částic při dopadu částice na vlákno. Vlastní korekce se u následujícího vztahu (4) vyjadřuje součiniteli γ_1 a γ_2 , kterými se koriguje výsledná hodnota frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{r,i}$ (1). Pro korigovanou hodnotu frakční odlučivosti reálné vláknité vrstvy lze psát:

$$E_{r,kor} = 1 - \exp(-\gamma_1 \gamma_2 E_{r,i} \lambda) = 1 - \exp(-E_{r,i,kor} \lambda) \quad (4)$$

Nutno konstatovat, že obě korekce, jak γ_1 na nerovnoměrné rozložení vláken ve vrstvě, tak γ_2 na odskok částic, jsou významné a odráží tak významné rozdíly, které existují mezi zjednodušenými teoretickými modely proudění a odlučování částic a skutečnými podmínkami ve vláknité vrstvě a při styku částice s povrchem vlákna.

Hodnota korekčního součinitele γ_1 závisí na vlastním provedení vláknité vrstvy a nezávisí na velikosti částice. U běžných vláknitých vrstev dosahuje hodnot v rozmezí cca 0,2 až 0,6 [2].

Odskok částic při dopadu na překážku (vlákno) je složitým problémem, kde je nutno respektovat adhezní síly (Van der Waalsovy molekulární síly), elektrické síly vznikající mezi částicí a překážkou, energii dopa-

dající částice a plastické deformace vznikající při dopadu na částici i na překážce. Záleží tak nejen na velikosti částice a průměru vlákna, ale i na velikosti a směru rychlosti dopadající částice na povrch vlákna a materiálu částice a vlákna.

Zanedbáme-li vliv plastické deformace na částici i překážce (vlákně), platí logické závěry [2], že hodnota korekčního součinitele γ_2 se snižuje, tj. korekce na odskok je větší, jestliže se:

- zvětšuje velikost částice a ,
- zvyšuje rychlost plynu před vláknem v_e ,
- zmenšuje průměr vlákna d .

I když se zavedením korekčních součinitelů γ_1 a γ_2 poněkud zkrlesí původní charakter výsledné závislosti frakční odlučivosti izolovaného vlákna $E_{r,i}(a)$ i vláknité vrstvy $E_r(a)$, zůstává v oblasti filtračních materiálů pro vysoce účinnou filtrace závislost korigované odlučivosti vláknité vrstvy na velikosti částice $E_{r,kor}(a)$ charakteristická tím, že v rozsahu velikostí částic 0,1 až 0,5 μm zde existuje oblast, kde je výsledná hodnota frakční odlučivosti nejnižší.

ČISTÉ PROSTORY A TŘÍDĚNÍ VYSOCE ÚČINNÝCH FILTRŮ DLE ČSN EN 1822

Čisté prostory

Vysoce účinné filtry vzduchu slouží k zajištění požadované čistoty vzduchu v prostorách s vysokými požadavky na čistotu prostředí, tzv. čistých prostorách, kde především parametry přivodního vzduchu a charakter proudění vzduchu v prostoru hrají důležitou roli. Čistý prostor lze chápat jako společný název pro čisté místnosti, jejich části – čisté zóny, čisté stěny a čisté boxy (kabinu).

Pro definici čistého prostoru lze použít US Standard FED-STD-209e z roku 1992, podle kterého je čistý prostor „definovaný prostor, kde je koncentrace částic ve vznosu řízena (regulována) tak, aby byla splněna specifikovaná třída čistoty prostoru pro částice ve vznosu“. Čistý prostor slouží jednak k ochraně pracovníka při práci s nebezpečnými látkami, např. ve zdravotnictví, jednak pro ochranu výrobku před znečištěním, např. v mikroelektronickém průmyslu. US Standard FED-STD-209e, stále používaný v USA, využívá pro zařazení maximální počty částic stejné velikosti nebo větších než 0,1 μm , 0,2 μm , 0,3 μm , 0,5 μm a 5 μm v 1 m^3 nebo alternativně v 1 ft^3 . Oproti evropské normalizaci je zde o trochu užší spektrum tříd.

V Evropě došlo v normalizaci v oblasti čistých prostorů již před 20 lety ke spolupráci s ISO a normy EN ISO 14644 a ČSN EN ISO 14644 vznikly již v roce 2000. Norma se neustále rozvíjí, vznikají nové části a dochází k novelizaci některých částí, zejména v roce 2016. V současné době se ČSN EN ISO 14644 skládá z 16 částí, z nichž dvě (11 a 12) jsou neplatné. Základem normy je Část 1, pojednávající o klasifikaci čistoty vzduchu v čistém prostoru podle koncentrace částic.

Maximální počty částic pro jednotlivé velikosti částic a třídy prostoru jsou podle ČSN EN ISO 14644-1 [3] uvedeny v tab. 1.

Čistota prostoru se vyjadřuje klasifikačním číslem N . Mezi tímto číslem N (1 až 9), uvažovaným průměrem částice D [μm] a maximálním počtem částic C_N [$1/\text{m}^3$] platí vztah:

$$C_N = 10^N \left(\frac{0,1}{D} \right)^{2,08} \quad (5)$$

Např. pro částici $D = 0,5 \mu\text{m}$ a třídu $N = 5$ je maximální koncentrace $C_N = 3517 \approx 3520$.

Tab. 1 Třídy čistoty vzduchu ISO podle koncentrace částic

Tab. 1 ISO air cleanliness classes by particle concentration

Číslo třídy ISO (M)	Maximální povolená koncentrace (počet částic/m ³) pro částice stejně velké nebo větší než velikost D ^{a)}					
	D = 0,1 μm	D = 0,2 μm	D = 0,3 μm	D = 0,5 μm	D = 1,0 μm	D = 5,0 μm
Třída ISO 1	10 ^{b)}	-	-	-	-	-
Třída ISO 2	100	24 ^{b)}	10 ^{b)}	-	-	-
Třída ISO 3	1 000	237	102	35 ^{b)}	-	-
Třída ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83 ^{b)}	-
Třída ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	-
Třída ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
Třída ISO 7	-	-	-	352 000	83 200	2 930
Třída ISO 8	-	-	-	3 520 000	832 000	29 300
Třída ISO 9	-	-	-	35 200 000	8 320 000	293 000

Pozn.:

^{a)} Všechny koncentrace v tabulce jsou kumulativní, tj. koncentrace zahrnuje všechny částice stejné velikosti a větší, než je uvedená velikost.

^{b)} Tyto koncentrace vedou k velkým objemům vzorku pro klasifikaci. Může být použit postupný sekvenční odběr vzorků, viz Příloha D [3].

Tab. 2 Střední desetinné třídy čistoty vzduchu ISO podle koncentrace částic

Tab. 2 Intermediate decimal classes of ISO air cleanliness by particle concentration

Číslo třídy ISO (M)	Maximální povolená koncentrace (počet částic/m ³) pro částice stejně velké nebo větší než velikost D ^{a)}					
	D = 0,1 μm	D = 0,2 μm	D = 0,3 μm	D = 0,5 μm	D = 1,0 μm	D = 5,0 μm
Třída ISO 1,5	32 ^{b)}	-	-	-	-	-
Třída ISO 2,5	316	75 ^{b)}	32 ^{b)}	-	-	-
Třída ISO 3,5	3 160	748	322	111	-	-
Třída ISO 4,5	31 600	7 480	3 220	1 110	263	-
Třída ISO 5,5	316 000	74 800	32 200	11 100	2630	-
Třída ISO 6,5	3 160 000	748 000	322 000	111 000	26 300	925
Třída ISO 7,5	-	-	-	1 111 000	263 200	9 250
Třída ISO 8,5	-	-	-	11 111 000	2 630 000	92 500

Pozn.:

^{a)} Všechny koncentrace v tabulce jsou kumulativní, tj. koncentrace zahrnuje všechny částice stejné velikosti a větší, než je uvedená velikost.

^{b)} Tyto koncentrace vedou k velkým objemům vzorku pro klasifikaci. Může být použit postupný sekvenční odběr vzorků, viz Příloha D [3].

Označení koncentrace částic ve vznosu pro čisté prostory musí zahrnovat číslo třídy ISO, vyjádřené jako „třída ISO N“, stav obsazenosti, na který se klasifikace vztahuje, a uvažované velikosti částic.

Stav obsazenosti je možný buď „po montáži“, nebo „v klidu“, nebo základní stav „v provozu“.

Kromě základního třídění čistých prostorů dle tab.1 je možno použít i desetinných tříd čistoty podle mezních hodnot uvedených v tab. 2 (příloha E [3]).

TŘÍDĚNÍ VYSOCE ÚČINNÝCH FILTRŮ – STRUČNÝ VÝVOJ ČSN EN 1822

První evropská norma EN 1822 pro zkoušení a třídění vysoce účinných filtrů z let 1998 až 2000 „High efficiency air filters (HEPA and ULPA)“ se skládala z 5 částí a ČR v letech 1999 a 2001 normu převzala v původní anglické verzi.

Při revizi po 10 letech platnosti byla původní EN 1822 v roce 2009 zrušena a nahrazena novou EN 1822 „High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA)“, opět složenou z 5 částí. Do soustavy ČSN byla tato norma zařazena v dubnu 2010, opět převzetím anglického originálu.

Označení a názvy jednotlivých částí:

ČSN EN 1822-1: Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování, duben 2010.

ČSN EN 1822-2 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 2: Výroba aerosolu, měřicí zařízení, statistické počítání částic, duben 2010.

ČSN EN 1822-3 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 3: Zkušební média plochých filtrů, duben 2010 (pozn. autorů: nesprávný překlad původní normy, správně mělo být „Zkoušení plochých filtračních materiálů“).

ČSN EN 1822-4 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 4: Stanovení propustnosti filtračních prvků (skenovací metoda), duben 2010.

ČSN EN 1822-5 Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 5: Stanovení účinnosti filtračních prvků, duben 2010.

V základním názvu normy se zřejmě nedůsledností v závorce nezobrazila zásadní změna, která je u anglického originálu, tj. že kromě HEPA a ULPA filtrů byla zavedena nová skupina filtrů EPA (Efficient Particulate Air filters).

Původní norma z let 1998 až 2000 (EN a ČSN EN) zavedla použití nové moderní měřicí techniky, založené na přímém počítání jednotlivých částic ve zkušebním aerosolu, nebo je možné použít jiné přístroje a používat monodisperzní aerosol s možností změny velikosti částic. V porovnání s normou ČSN EN 779 pro oblast všeobecného větrání je tato norma náročnější na přístrojové a experimentální vybavení.

Zkoušení a třídění filtrů bylo založené na zjišťování odlučivosti pro částice, které filtračním materiálem i vlastním filtrem nejvíce pronikají, tzv. MPPS (Most Penetrating Particle Size). Nejprve se zkoušel filtrační materiál při jmenovité filtrační rychlosti a stanovila se velikost částice MPPS. Stanovení MPPS se provádělo měřením odlučivosti, resp. průniku pro nejméně šest monodisperzních aerosolů s různou velikostí částic, nebo s použitím jednoho zkušební polydisperzního aerosolu a vyhodnocením frakční odlučivosti pro nejméně šest velikostních intervalů aerosolu. Jako látka pro zkušební aerosol byl doporučen DEHS (diethylhexyl sebacate), DOP (dioctyl phtalate) nebo parafinový olej.

Po stanovení velikosti částice MPPS následovala zkouška filtru s aerosolem, jehož střední velikost odpovídá zjištěné velikosti MPPS. Filtr se zkoušel jednak jako celek – pro stanovení celkové hodnoty odlučivosti, jednak od třídy H13 se sondováním napříč celým průřezem filtru zjišťovala hodnota místní odlučivosti. Místní odlučivost se zjišťuje proto, že netěsnosti způsobené vadou materiálu nebo jeho manipulací bývají řádově velmi malé (jednotky μm^2) a vůči celé ploše filtračního materiálu (jednotky m^2) jsou zanedbatelné a nemohou být tedy identifikovány při měření celkové odlučivosti.

Zařazení filtru do některé z tříd se provádělo porovnáním zjištěných hodnot s příslušnými mezními hodnotami. Filtry se v zásadě dělily na „HEPA“ (High Efficiency Particulate Air Filter), označené H10 až H14 a „ULPA“ (Ultra Low Penetrating Air Filter), označené U15 až U17. Velikost částice MPPS, podle které se vysoce účinné filtry zatřídí, se u většiny filtrů pohybuje v rozsahu 0,1 až 0,3 μm a přibližně pokrývá rozsah charakteristických velikostí zkušebních aerosolů, které se v minulosti u nás i ve světě používaly při zkoušení a třídění vysoce účinných filtrů (DOP v USA dle MIL-STD-282, Metoda olejové mlhy v ČR a ve státech RVHP).

Novela ČSN EN 1822 z roku 2010 zachovala základní koncepci, že se nejprve zkouší filtrační materiál a po stanovení velikosti částice MPPS se zkouší hotový filtr aerosolem, jehož velikost odpovídá velikosti částice MPPS. Zároveň však přinesla některé podstatné změny, mezi které patří zavedení filtrů třídy E (EPA filtry) – E10 až E12 místo původních H10 až H12. Kromě této viditelné změny další změny v ČSN EN 1822 spočívají v tom, že novelizovaná norma:

- zavádí možnost použití alternativní zkušební metody s použitím tuhého zkušební aerosolu, místo původních kapalných,
- zavádí metodu pro zkoušení a třídění filtrů vyrobených z membránového filtračního materiálu,
- zavádí metodu pro zkoušení a třídění filtrů vyrobených z filtračních materiálů ze syntetických vláken,
- zavádí alternativní metodu zkoušení netěsnosti filtrů třídy H jiného tvaru než deskového.

Tab. 3 Třídění vysoce účinných filtrů dle ČSN EN 1822 z roku 2010

Tab. 3 Classification of high efficiency filters according to ČSN EN 1822 from the year 2010

Třída filtru	Označení filtru	Celková hodnota		Přípustná místní netěsnost	
		Odlučivost (%)	Průnik (%)	Odlučivost (%)	Průnik (%)
E – EPA	E10	≥ 85	≤ 15	-	-
	E11	≥ 95	≤ 5	-	-
	E12	≥ 99,5	≤ 0,5	-	-
H – HEPA	H13	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	H14	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
U – ULPA	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

Zařazení filtru do některé ze tříd se podle ČSN EN 1822-1 provádí porovnáním zjištěných hodnot s příslušnými mezními hodnotami celkové a místní odlučivosti, resp. průniku. Mezní hodnoty jsou uvedeny v tab. 3.

Jak vyplývá z tabulky, filtry třídy E se zatřídí pouze podle hodnoty celkové odlučivosti (celkového průniku).

Filtry třídy H a U musí splňovat jak podmínky pro celkovou hodnotu, tak přípustnou místní netěsnost. Mezi dodavatelem a uživatelem mohou být dojednány u místní netěsnosti přísnější podmínky, tj. nižší hodnoty průniku.

Ke zkoušení EPA, HEPA a ULPA filtrů se používá kapalným zkušební aerosol, vyrobený např. z DEHS (diethylhexyl sebacate), PAO (polyalphaolefin) nebo parafinového oleje. Pro zkoušení místní netěsnosti může být alternativně použit tuhý aerosol, např. PSL (polystyrene latex).

Filtry z filtračního materiálu, který nese elektrostatický náboj (např. filtrační materiál ze syntetických vláken) se zatřídí podle hodnot uvedených v tab. 3, zjištěných pro elektricky vybitý filtrační materiál (podrobnosti uvádí Dodatek B k ČSN EN 1822-5 a vlastní vybíjecí procedura odpovídá ČSN EN 779:2003, Dodatku A).

V Dodatku B k ČSN EN 1822-5 je dále uveden postup, jak se zatřídí filtry z filtračního materiálu potaženého expandovanou PTFE (teflonovou) membránou, kde se zpravidla dosahuje nižších hodnot velikosti částice MPPS, typicky 0,07 μm , než tomu je u běžných filtračních materiálů bez PTFE membrány (0,1 až 0,3 μm).

Celý postup zkoušení a zatřídění filtrů se podle ČSN EN 1822-1 skládá z tří kroků.

Krok 1: Zkoušení plochého filtračního materiálu. Výsledkem je stanovení velikosti částice MPPS.

Krok 2: Zkouška netěsnosti filtru. Zkoušejí se filtry třídy H a U při jmenovitém průtoku vzduchu. Filtry třídy H se mohou zkoušet jednou ze tří zkušebních metod, popsanych v části ČSN EN 1822-4. Alternativní metoda pro filtry třídy H je vizuální tzv. „praménková zkouška olejovou mlhou“ (Oil Thread Leak Test) dle přílohy A, využitelná i pro filtry takových tvarů, na které nelze aplikovat základní skenovací metodu. Místní netěsnost filtrů třídy U se smí zkoušet pouze MPPS skenovací metodou, podrobně popsanou v ČSN EN 1822-4.

Krok 3: Zkouška účinnosti filtru. S použitím MPPS zkušební aerosolu se stanoví střední hodnota odlučivosti filtru při jmenovitém průtoku vzduchu. Filtry třídy E se zkoušejí na základě statistického přístupu dle ČSN EN 1822-5, čl. 4.4. Filtry třídy H a U se musí zkoušet všechny individuálně.

Podobně jako původní norma z roku 1998 až 2000, je i novelizovaná norma z roku 2010 jako celek velmi komplikovaná, náročná na zkušební

zařízení a přístrojové vybavení, zejména v oblasti aerosolové techniky. Nutno konstatovat, že výrobu a zkoušení filtrů třídy H a U s předepsanou individuální zkouškou stanovení střední hodnoty odlučivosti filtru s aerosolem odpovídajícím velikosti částice MPPS si tak mohla dovolit jen málokterá společnost.

Doporučení pro použití vysoce účinných filtrů zatříděných dle ČSN EN 1822 z roku 2010

Doporučení pro použití vysoce účinných filtrů (EPA, HEPA a ULPA) pro filtraci prostorů s vysokými nároky na čistotu a filtraci čistých prostorů jsou uvedena v tab. 4 a 5 [2].

Použití EPA filtrů

EPA filtry se používají tam, kde jsou vysoké nároky na čistotu prostoru, které nelze zajistit filtry třídy F pro všeobecné větrání, ale prostor není ještě definován jako čistý prostor. Filtr E12 lze již použít jako 3. stupeň filtrace pro nejméně náročné čisté prostory. Příklady použití jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Příklady použití EPA filtrů

Tab. 4 Examples of use of EPA filters

E10 – E11	Všeobecně	Typické příklady použití
- dobře účinné proti všem druhům prachů a aerosolů		- metrologické laboratoře pro kalibraci - laboratoře pro optiku, elektroniku a biologii - dodávka vzduchu pro jaderné elektrárny
E12	Všeobecně	Typické příklady použití
- velmi účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů		- shodné jako pro použití filtrů E10 a E11, pouze pro náročnější aplikace - 3. stupeň filtrace pro ČP třídy ISO 7 a ISO 8

Použití HEPA a ULPA filtrů

Filtry třídy H (HEPA) obecně se používají jako třetí stupeň pro vysoce účinnou filtraci, je nutné předřadit filtry tříd G a F.

Tab. 5 Příklady použití HEPA filtrů

Tab. 5 Examples of use of HEPA filters

H13	Všeobecně	Typické příklady použití
- vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů, včetně virů		- základní filtr pro všechny čisté prostory třídy ISO 5 až ISO 8 a s tím související aplikace v různých oblastech průmyslu, zdravotnictví a výroby léků - odsávací systémy pracující s nebezpečnými aerosoly (jaderná energetika, zdravotnictví, biologické prostory)
H 14 a vyšší	Všeobecně	Typické příklady použití
- vysoce účinné pro všechny druhy prachů a aerosolů včetně virů		- filtrace čistých prostorů tříd ISO 4 a lepších - dodávka vzduchu pro biotechnologie

ZMĚNY V OBLASTI VYSOCE ÚČINNÝCH FILTRŮ PO ROCE 2010

V roce 2011 ISO publikovala 5dílnou normu ISO 29463 „Vysoce účinné filtry a filtrační materiály pro odlučování částic ze vzduchu“ s cílem urychlit harmonizaci norem pro vysoce účinnou filtraci vzduchu ve světě s normalizací v USA a v Evropě.

Podobně jako EN 1822 z roku 2009 (ČSN EN 1822 z roku 2010 [2]), skládá se i ISO 29463 z roku 2011 a později i novela z roku 2017 z 5 dílů (částí), zachovává základní třídy filtrů EPA, HEPA a ULPA, ale nahrazuje (rozšiřuje) třídy filtrů dle následujícího schématu v tab. 6.

Tab. 6 Jednotlivé třídy filtrů dle EN 1822-1:2009 a ISO 29463-1:2017

Tab. 6 Classes of filters according to EN 1822-1:2009 and ISO 29463-1:2017

Norma	EN 1822-1:2009	ISO 29463-1:2017
Třídy filtrů	E10 až E12	ISO 15 E až ISO 30 E
	H13 a H14	ISO 35 H až ISO 45 H
	U15 až U17	ISO 50 U až ISO 75 U

Podobně jako u EN 1822 jsou jednotlivé třídy filtrů dle ISO 29463 definovány minimálními hodnotami celkové a místní odlučivosti pro aerosolové částice, jejichž velikost odpovídá zjištěné velikosti MPPS.

ISO norma při svém vzniku vycházela z EN 1822 a tuto normu pouze rozšiřovala. Protože ISO normy nejsou v Evropě závazné, předpokládala se v Evropě paralelní existence obou systémů třídění filtrů.

Kromě rozdílů v třídění filtrů existují mezi oběma normami i rozdíly v metodách zkoušky propustnosti filtrů, tzv. „leakage test“. Podle ISO 29463-1:2017 existuje celkem 5 metod, zatímco v normě EN 1822-1:2009 se uvádějí pouze 3 metody.

Při revizi EN 1822 v roce 2019 došlo k významné dohodě mezi CEN a ISO a vznikl ojedinělý „hybridní“ stav, kde revidovaná EN norma z roku 2019 zachovává podle základní Části 1 (EN 1822-1:2019) svůj původní třídící systém, ale vlastní zkoušky filtrů se provádějí podle ISO standardu 29463, Části 2 až 5.

Tímto opatřením zůstávají u obou systémů zmíněné rozdíly v počtu metod zkoušení propustnosti filtrů. Zatímco ISO 29463-1:2017 zavádí a v následující Části 4 rozpracovává 5 metod zkoušky propustnosti filtru, v normě EN 1822-1:2009 se uvádějí pouze 3 základní metody.

Co se týká vlastního třídění filtrů, v tab. 7 jsou uvedeny oba v současné době souběžně existující třídící systémy s hraničními minimálními hodnotami pro celkovou hodnotu odlučivosti a minimální odlučivosti u zkoušky místní netěsnosti.

V Evropě, kde jsou EN normy závazné, se třídění filtrů řídí podle EN 1822-1 z roku 2019 a nadále platí původní zatřídění filtrů do tříd E10 až E12, H13 a H14 a U15 až U17. Současně však, pro EU jako nezávazné, je možné po dohodě s uživatelem použít zatřídění podle ISO 29463-1 z roku 2017, které zavádí podrobnější zatřídění do tříd filtrů ISO.

Nedávné změny v evropské a světové normalizaci v oblasti vysoce účinných filtrů se následně projeví i u ČSN. V současné době tak v České republice platí již zmíněný souběh norem EN a ISO, kdy základní norma ČSN EN 1822-1 byla do naší legislativy přijata v roce 2019 [4] a v témže roce byly části 2 až 5 ISO normy 29463 přijaty jako ČSN EN ISO, Části 2 až 5 [5], [6], [7], [8]. Tento stav umožňuje v Evropě a tedy i v České republice po dohodě mezi zainteresovanými stranami používat podrobnější zatřídění filtrů dle ISO.

ZÁVĚR

Z porovnání obou existujících systémů třídění vysoce účinných filtrů, uvedených v tab. 7, vyplývá větší potenciál třídění filtrů dle ISO, umožňující jemnější dimenzování filtrů pro konkrétní aplikace čistých prostorů.

Nutno konstatovat, že v současné době v odborné literatuře a na webových stránkách hlavních dodavatelů čistých prostorů schází bližší doporučení o použití těchto filtrů, zejména pak v oblasti nejčistších prostorů a nejvyšších tříd filtrů.

Tab. 7 Současně platné třídící systémy vysoce účinných filtrů dle EN 1822-1 z roku 2019 a ISO 29463 z roku 2017

Tab. 7 Currently valid classification systems of high efficiency filters according to EN 1822-1 from the year 2019 and ISO 29463 from the year 2017

Třída filtru podle EN 1822-1 z roku 2019	Třída filtru podle ISO 29463-1 z roku 2017	Celková hodnota		Přípustná místní netěsnost	
		Odlučivost (%)	Průnik (%)	Odlučivost (%)	Průnik (%)
E10		≥ 85	≤ 15	-	-
E11	ISO 15 E	≥ 95	≤ 5	-	-
	ISO 20 E	≥ 99	≤ 1	-	-
E12	ISO 25 E	≥ 99,5	≤ 0,5	-	-
	ISO 30 E	≥ 99,9	≤ 0,01	-	-
H13	ISO 35 H	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	ISO 40 H	≥ 99,99	≤ 0,01	≥ 99,95	≤ 0,05
H14	ISO 45 H	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
	ISO 50 U	≥ 99,999	≤ 0,001	≥ 99,995	≤ 0,005
U15	ISO 55 U	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025
	ISO 60 U	≥ 99,9999	≤ 0,0001	≥ 99,9995	≤ 0,0005
U16	ISO 65 U	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
	ISO 70 U	≥ 99,99999	≤ 0,00001	≥ 99,9999	≤ 0,0001
U17	ISO 75 U	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001

Lze předpokládat, že uvedené dvojí zařazení vysoce účinných filtrů bude u další revize EN normy vyřešeno a dojde ke skutečné harmonizaci norm v Evropě a ve světě.

Kontakt na autora: jiri.hemerka@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN ISO 16890-1. Vzduchové filtry pro všeobecné větrání – Část 1: Technické specifikace, požadavky a klasifikační metody založené na účinnosti odlučování částic (ePM). ÚTNMZ, 2018.
- [2] HEMERKA, J., VYBÍRAL, P. *Filtrace atmosférického vzduchu*. ČVUT v Praze, 2011.
- [3] ČSN EN ISO 14644-1. Čisté prostory a příslušná řízená prostředí – Část 1: Klasifikace čistoty vzduchu podle koncentrace částic. ÚTNMZ, 2019.
- [4] ČSN EN 1822-1. Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA) – Část 1: Klasifikace, ověřování vlastností, označování. ÚTNMZ, 2019.
- [5] ČSN EN ISO 29463-2. Vysoce účinné filtry a filtrační materiály pro odlučování částic ze vzduchu – Část 2: Výroba aerosolu, měřicí zařízení a statistické počítání částic. ÚTNMZ, 2019.
- [6] ČSN EN ISO 29463-3. Vysoce účinné filtry a filtrační materiály pro odlučování částic ze vzduchu – Část 3: Zkoušení plochých filtračních materiálů. ÚTNMZ, 2019.

[7] ČSN EN ISO 29463-4. Vysoce účinné filtry a filtrační materiály pro odlučování částic ze vzduchu – Část 4: Zkušební metoda pro stanovení propustnosti filtračních prvků – skenovací metoda. ÚTNMZ, 2019.

[8] ČSN EN ISO 29463-5. Vysoce účinné filtry a filtrační materiály pro odlučování částic ze vzduchu – Část 5: Zkušební metoda pro filtrační prvky. ÚTNMZ, 2019.

České baterie HE3DA

V září 2020 otevřela společnost Magna Energy Storage (MES) v průmyslové zóně po bývalém černouhelném Dole František v Horní Suché u Haviřova továrny na výrobu vysokoenergetických akumulátorů HE3DA určených především pro využití v energetice. Závod má vyrábět bateriové články o kapacitě 1 a 2 kWh určené pro energetiku ve všech možných využitích. „V první etapě naše výrobní kapacita bude 200 MWh ročně a budeme vyrábět malá 15 kW úložiště určená pro domácnosti. Druhá linie je velká energetika, kontejnery od 500 kWh výše,“ uvedl předseda představenstva MES.

Není ovšem jasné, zda se nejedná pouze o slova. V oboru panuje vůči tvrzením společnosti a jejich představitelů jistá skepse. Kritici, kterých se najde dnes celá řada, poukazují na to, že tyto baterie ani po letech proklamací a slibů stále nejsou nikde k dispozici. Společnost navíc provázají spory s německo-čínským investorem a v současnosti není známo, kdy se zázračných českých baterií dočkáme.

Zdroj: *Technický týdeník 19/2020*

(VZ)



On-line slovník

Názvoslovný výkladový slovník
z oboru Technika prostředí
v Č-N-A, A-Č-N, N-Č-A mutacích,

je nyní k dispozici on-line na stránkách

<http://www.stpcr.cz/slovník>

Obsahuje vybranou terminologii oborů:

Vytápění, Solární technika, Tepelná izolace, Chladicí technika,
Tepelná čerpadla, Větrání, Klimatizace, Hluk a ořesy, Průmyslová
vzduchotechnika, Pneumatická doprava, Čistota ovzduší,
Odprašování, Hygiena, Automatická regulace, Ekonomika investic,
Domovní vodovody, Plynovody, Kanalizace.

Redakce VVI