

doc. Ing. Jiří HEMERKA, CSc.
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
 Ústav techniky prostředí

Filtrace při všeobecném větrání obytných místností



Ústav techniky prostředí

Filtration Concerning General Ventilation in Residential (Permanent Stay) Rooms

Recenzent
 prof. Ing. František, Drkal, CSc.

Článek přibližuje čtenáři změny, ke kterým došlo v poslední době v normalizaci filtrace atmosférického vzduchu. V první části článek pojednává o zkoušení a třídění filtrů atmosférického vzduchu používaných pro větrací a klimatizační systémy (pro všeobecné větrání). Druhá část se zabývá požadavky na filtraci atmosférického vzduchu pro nebytové prostory.
Klíčová slova: všeobecné větrání, filtrace atmosférického vzduchu, normy pro filtraci

The author brings near changes that occurred recently in the atmospheric air filtration standardization, to readers in his article. In the first part, the author deals with testing and classification of atmospheric air filters used for ventilating systems and air conditioning systems (for the conventional ventilation). In the second part, he is engaged in requirements for filtration of the atmospheric air in non-residential premises.

Key words: general ventilation (conventional), atmospheric air filtration, filtration standards

ÚVOD

Podle současné normalizace v Evropě a ČSN se vzduchové filtry dělí na **filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání**, které se zkouší a třídí podle novelizované normy ČSN EN 779:2012 [1] a na **filtry vysoce účinné**, které se zkouší a třídí podle novelizované normy ČSN EN 1822:2010 [2]. Příspěvek uvádí nedávné změny, ke kterým došlo revizí a novelizací EN 779 v roce 2012 a dále je zaměřen na problematiku filtrace atmosférického vzduchu u aplikací při větrání obytných místností podle ČSN EN 13779:2010 [3].

ZMĚNY VE TŘÍDĚNÍ FILTRŮ PRO VŠEOBECNÉ VĚTRÁNÍ

V roce 2012 došlo ke změnám ve zkoušení a třídění filtrů vzduchu pro všeobecné větrání. Do té doby používaná norma ČSN EN 779:2003 [4] byla nahrazena normou [1], ve které se při zatřídění jemných filtrů respektují i elektrické vlastnosti filtračních materiálů a původní jemné filtry třídy F5 a F6 jsou nahrazeny filtry středními M5 a M6. Norma [4] byla do naší normalizační struktury převzata v původní anglické verzi, norma [1] překladem. U původní [4] i současné normy [1] se filtry zkouší na horizontální trati, kde se zjišťují základní **filtrační parametry** filtru.

Mezi tyto parametry patří tlaková ztráta filtru a její změna se zanášením filtru, dále schopnost filtru odlučovat jemný aerosol, vyjádřená odlučivostí filtru pro aerosolové částice velikosti 0,4 μm a její změna se zanášením filtru a schopnost filtru odlučovat hrubý aerosol – syntetický prach a její změna se zanášením. Syntetický prach slouží i jako zátěžový prach, pomocí kterého se stanovuje jímavost filtru.

Při zkoušce filtru na aerosolové částice se používá rozprašený kapalným aerosolem oleje DEHS (DiethylHexaSebacate – $\text{C}_{26}\text{H}_{50}\text{O}_4$) v rozmezí velikostí částic 0,2 až 3,0 μm s tím, že pro zatřídění filtru se používá početní odlučivost filtru pro aerosolové částice velikosti 0,4 μm . V původní normě [4] se tato veličina nazývá „efficiency“, v normě [1] se schopnost filtru odlučovat částice 0,4 μm vyjadřuje jako **účinnost E**. Při zkoušce filtru s kapalným aerosolem se používá počítáč částic a k vyjádření účinnosti E se použije kanál počítáče částic s intervalem velikostí, kde střední velikost částice je 0,4 μm .

Při zkoušce filtru na syntetický prach se v normách [4] i [1] přebírá postup podle původního amerického standardu ASHRAE 52–68 a používá se zkušební prach označený jako „ASHRAE 52.1 synthetic test dust“. Jedná se o směs, která se skládá z:

- 72 % hmotnosti jemného pouštního písku („Arizona dust road“ – ISO 12103–1),
- 23 % sazí („carbon black“) a
- 5 % bavlněných vláken vznikajících při zpracování bavlny („cotton linters“).

Zkušební syntetický prach se používá k experimentálnímu modelování zanášení filtrů za podmínek, blízkých použití filtrů v klimatizačních zařízeních v jižních státech USA, kde venkovní znečištění je dáno především zvířeným pouštním prachem, emisemi ze spalovacích procesů a emisemi ze zpracování bavlny. Zkušební prach je poměrně hrubý, neboť hmotnostní medián vlastního pouštního prachu je cca 8,8 μm . Pro vlastní zkoušky zatřídění filtrů je nutné použít originální prach od amerického výrobce.

Odlučivost na syntetický prach se zjišťuje vážením (gravimetricky) podle podané hmotnosti dávky prachu a nárůstu hmotnosti koncového filtru, který je v trati umístěn za zkoušeným filtrem. V českém překladu [1] se tato veličina nazývá **odlučivost A**, původní název [4] této veličiny je „arrestance“.

Vlastní zkouška podle původní normy [4] probíhá při jmenovitém průtoku filtru v rozmezí hodnot 0,24 až 1,5 m^3/s . Nejprve se stanoví počáteční tlaková ztráta filtru a počáteční hodnota účinnosti E. Dále se zkouší pouze ty filtry, u nichž je počáteční hodnota účinnosti E (odlučivosti pro částice 0,4 μm) menší než 98 %. V další etapě zkoušky se filtr postupně zatěžuje jednotlivými dávkami syntetického prachu při hmotnostní koncentraci 70 mg/m^3 (hmotnost první dávky je 30 g) a zjišťuje se příslušná hodnota odlučivosti A_i (1), tlakové ztráty $\Delta p_{z,i}$ (Pa) a účinnosti E_i (1). Zkouška končí po dosažení tlakové ztráty filtru 250 Pa u hrubých filtrů třídy G nebo 450 Pa u jemných filtrů třídy F nebo jestliže u dané dávky syntetického prachu je zjištěná odlučivost na syntetický prach A_i nižší než 75 % maximální hodnoty nebo 2 zjištěné hodnoty jsou nižší než 85 % maximální hodnoty.

Z hodnot jednotlivých účinností filtrace na aerosolové částice E_i v průběhu celé zkoušky se vyhodnotí **střední účinnost E_m** . Podobně z hodnot jednotlivých odlučivostí na syntetický prach A_i se vyhodnotí **střední odlučivost A_m** . Vynásobením celkové hmotnosti podaného syntetického prachu a střední odlučivosti A_m se stanoví hodnota **jímavosti filtru**.

Jestliže hodnota E_m je **nižší než 40 %**, filtr je zařazen mezi **hrubé filtry** a jeho zatřídění je provedeno podle **střední odlučivosti A_m** . Jestliže $E_m \geq 40 \%$, filtr je zařazen mezi **jemné filtry** a konkrétní zatřídění je podle dosažené hodnoty **střední účinnosti E_m** .

Hranice odpovídajících středních odlučivostí A_m a středních účinností E_m u jednotlivých tříd filtrů jsou uvedeny v následující tab. 1.

Tab. 1 Třídy filtrů podle ČSN EN 779:2003 [4]

Třída filtru		Hraniční hodnoty třídy	
		A_m (%)	E_m (%)
hrubý	G1	$A_m < 65$	–
	G2	$65 \leq A_m < 80$	–
	G3	$80 \leq A_m < 90$	–
	G4	$90 \leq A_m$	–
jemný	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	–	$95 \leq E_m$

V roce 2012 proběhla revize normy EN 779, která přinesla zásadní změny normy [4]. Třídící systém filtrů podle EN 779:2003 a tedy i normy [4], obsahující třídy filtrů F a G, byl podle EN 779:2012 změněn na tři třídy filtrů (F-, M- a G-filtry). Do naší normalizační struktury byla norma zařazena překladem jako ČSN EN 779:2012 [1] s účinností od 1. 11. 2012. Zatřídění filtrů atmosférického vzduchu podle ČSN EN 779:2012 je shrnuto v tab. 2.

Filtry, u nichž byla pro kapalné částice DEHS průměru $0,4 \mu\text{m}$ zjištěna hodnota střední účinnosti $E_m < 40 \%$, jsou zařazeny do třídy G a účinnost E_m je uvedena jako „ $< 40 \%$ “. Třídění G-filtrů (G1 až G4) zůstává nezměněno a je založeno na jejich střední odlučivosti A_m na syntetický zátěžový prach.

Filtry, u nichž byla zjištěna hodnota střední účinnosti od 40% do hodnoty $< 80 \%$, jsou zařazeny do třídy M, střední filtry (M5, M6) a jejich zatřídění je založeno na hodnotě **střední účinnosti E_m** . **Třídy filtrů F5 a F6 se tak změnilly na M5 a M6**, ale se stejnými požadavky jako u starého třídícího systému.

Filtry, u nichž byla zjištěna hodnota střední účinnosti $E_m 80 \%$ a více, jsou zařazeny do třídy F, jemné filtry (F7 až F9) a jejich zatřídění je založeno na hodnotě **střední účinnosti E_m** jako u původního systému [4] a hodnotě **minimální účinnosti** během zkoušky. Minimální účinnost je nejnižší hodnota účinnosti pro částice $0,4 \mu\text{m}$ mezi počáteční účinností filtru, účinností čistého filtračního materiálu po vybití elektrického náboje a nejnižší hodnotou účinnosti během zátěžového postupu zkoušení filtru.

Tab. 2 Třídění filtrů atmosférického vzduchu podle ČSN EN 779:2012 [1]

Skupina	Třída	Konečná tlaková ztráta	Střední odlučivost A_m na syntetický prach	Střední účinnost E_m pro částice $0,4 \mu\text{m}$	Minimální účinnost pro částice $0,4 \mu\text{m}$
		Pa	%	%	%
hrubý	G1	250	$50 \leq A_m < 65$	–	–
	G2	250	$65 \leq A_m < 80$	–	–
	G3	250	$80 \leq A_m < 90$	–	–
	G4	250	$90 \leq A_m$	–	–
střední	M5	450	–	$40 \leq E_m < 60$	–
	M6	450	–	$60 \leq E_m < 80$	–
jemný	F7	450	–	$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	450	–	$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	450	–	$95 \leq E_m$	70

Zavedením požadavku na minimální účinnosti filtrace pro částice $0,4 \mu\text{m}$ se u zatřídění filtrů respektuje pozorovaná změna odlučovacích schopnos-

tí některých filtračních materiálů ze syntetických vláken, které díky elektrickému náboji filtračního materiálu z výroby dosahovaly při zatřídění podle původní EN vyšších hodnot, ale v praxi po neutralizaci elektrického náboje se odlučovací schopnosti významně zhoršily. Zkoušení filtrů tak obsahuje novou samostatnou proceduru, při níž se zjišťuje změna účinnosti vzorku původního čistého neupraveného filtračního materiálu a materiálu, u kterého je přesně popsán způsobem dosaženo vybití elektrického náboje (náboj se neutralizuje ponořením vzorků materiálu do izopropanolu).

Filtry jsou zatříděny podle dosažených hodnot střední účinnosti E_m nebo střední odlučivosti A_m při následujících **jmenovitých** zkušebních podmínkách:

- průtok atmosférického vzduchu při zkoušce musí být $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3400 \text{ m}^3/\text{h}$), pokud výrobce neurčí žádný jmenovitý objemový průtok vzduchu;
- 250 Pa jako maximální konečná tlaková ztráta pro hrubé (G) filtry;
- 400 Pa jako maximální konečná tlaková ztráta pro střední (M) a jemné (F) filtry.

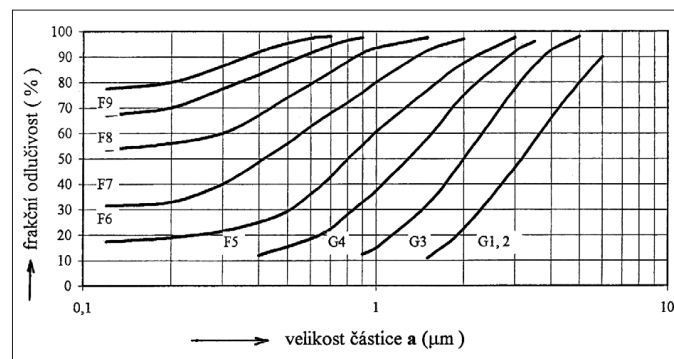
Jestliže jsou filtry zkoušeny při objemovém průtoku $0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ a při maximální konečné tlakové ztrátě, jsou zatříděny podle tab. 2., např. G3, M5, F7. Filtry zkoušené při průtocích a konečných tlakových ztrátách jiných než shora uvedených jsou zatříděny podle tab. 2 a zatřídění je blíže určeno zkušebními podmínkami v závorkách, např. G4 ($0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, 200 Pa), F7 ($1,25 \text{ m}^3/\text{s}$).

FRAKČNÍ ODLUČIVOSTI FILTRŮ PRO VŠEOBECNÉ VĚTRÁNÍ

Praktické využití výsledků zatřídění filtru do některé z tříd G, M nebo F je pro uživatele samo o sobě velmi omezené. Naměřené účinnosti na syntetický prach i částice $0,4 \mu\text{m}$ a naměřené jímavosti na syntetický prach nejsou přímo aplikovatelné do praxe. Výsledky měření tak slouží zejména výrobcům pro **vzájemné porovnání filtrů a filtračních materiálů**. Pro uživatele zde schází základní informace o **odlučovacích schopnostech filtrů**, vyjádřených závislostí frakční odlučivosti na velikosti částice $E_f(a)$, podle které je možno při použití filtru předpokládat účinnost odloučení určitých typických částic, např. cigaretového kouře nebo organických příměsí (např. pylů, plísní, bakterií, virů).

Měření frakčních odlučivostí filtrů se s rozvojem moderních měřících metod s využitím počítačů částic stalo v posledních letech standardem a **renomování výrobců filtrů tak kromě třídy filtrů uvádějí ve svých materiálech i výsledky těchto měření**. Na obr. 1 jsou jako příklad uvedeny rozsahy frakčních odlučivostí u filtrů jednotlivých tříd podle podkladů LVZ, a.s. Výsledky byly získány již v 90. letech měřením s použitím laserového počítače částic LAS-X.

Z charakteru závislosti $E_f(a)$ na obr. 1 je např. zřejmé, že dominantními odlučovacími principy u těchto filtrů jsou principy setrvačný a intercepční,



Obr. 1 Frakční odlučivosti filtrů pro všeobecné větrání (podle LVZ, a.s.)

kteří jsou charakteristické tím, že frakční odlučivost izolovaného vlákna i vláknité vrstvy se zvyšuje s velikostí částice. S ohledem na strukturu vláknité vrstvy a používané filtrační rychlosti je zde potlačen difúzní odlučovací princip a výsledné experimentálně zjištěné závislosti $E_f(a)$ ještě nenaznačují nárůst odlučivosti u jemných submikronových částic a existenci nejhůře odlučitelné částice v rozmezí velikostí částice 0,2 až 0,5 μm , která je charakteristická u vysoce účinných filtrů.

Z průběhu $E_f(a)$ u hrubých filtrů G vyplývá, že tyto třídy filtrů jsou použitelné pouze pro odlučování částic větších než 1 μm . U středních filtrů M (dříve F5 a F6) a u jemných filtrů F dochází k dílčímu odlučování i částic submikronových velikostí. Čím vyšší je třída filtru, tím vyšší odlučivost se dosahuje pro jemné částice.

Doporučení pro použití filtrů pro všeobecné větrání se odvíjí od jejich odlučovacích schopností, výskytu typických příměsí ve vzduchu a požadavků na kvalitu vnitřního prostředí.

POŽADAVKY NA DOSAŽENÍ UKAZATELŮ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ Z HLEDISKA VÝSKYTU TUHÝCH ČÁSTIC

Vnitřní prostředí můžeme v zásadě rozdělit na **bytové prostředí, pobytové místnosti a pracovní prostředí**. Požadavky na dosažení ukazatelů kvality vnitřního prostředí z hlediska výskytu tuhých částic se podle druhu prostředí výrazně liší.

U **vnitřního bytového prostředí** z hlediska výskytu tuhých částic neexistují žádné legislativní požadavky a doporučení pro použití filtrů u nuceného větrání tak vyplývá z **obecných doporučení** pro použití filtrů u **všeobecného větrání**, která vycházejí z odlučovacích schopností filtrů jednotlivých skupin a tříd, vyjádření zrnitosti atmosférického prachu a typických příměsí v atmosférickém vzduchu a obecných požadavků na dosažení čistoty vnitřního prostředí.

U **vnitřního prostředí pobytových místností** jsou požadavky na kvalitu vnitřního prostředí definovány ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb. [5], kde jsou v Příloze č. 2 stanoveny limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu. U prachu jsou stanoveny limitní koncentrace prachu frakce PM_{10} (částice menší než 10 μm) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a limitní koncentrace prachu frakce $\text{PM}_{2,5}$ (částice menší než 2,5 μm) 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Požadavky se vztahují na pobytové místnosti staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání (školy), vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a staveb pro shromažďování většího počtu osob.

Pokud ve venkovním ovzduší nedochází k mimořádnému znečištění (smogová situace), ke splnění požadovaných limitních koncentrací prachu ve vnitřním prostředí uvedených staveb by mělo stačit splnění **obecných doporučení** pro použití filtrů u všeobecného větrání.

Výrazný zásah do dosud používaných pravidel použití filtrů atmosférického vzduchu u všeobecného větrání v pobytových místnostech znamená přijetí doporučení o použití tříd filtrů u větrání **nebytových** budov, které uvádí ČSN EN 13779:2010 [3]. Podle této normy použití filtrů u větrání nebytových budov závisí na **kvalitě venkovního ovzduší** a požadavcích na **kvalitu vnitřního ovzduší**. S ohledem na význam této normy je problematice kvality venkovního ovzduší věnována samostatná kapitola.

U **pracovního prostředí** vyplývají požadavky na filtraci u větracího systému z nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [6], kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, konkrétně přípustné expoziční limity chemických látek nebo prachu jako celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním prostředí. Novelizace tohoto NV je uvedena v NV č. 68/2010 Sb. [7] a 93/2012 Sb. [8].

Velký význam v pracovním prostředí má eliminace vznikajících škodlivin místním nebo centrálním odsáváním. Podle druhu a koncentrace škodlivin lze k odloučení tuhých příměsí v odsávaném vzduchu použít buď filtrů atmosférického vzduchu nebo filtrů průmyslových. Kromě odsávání škodlivin je nutno použít přirozené nebo nucené větrání pracoviště, kterým se zajistí předpisem stanovené množství venkovního vzduchu na zaměstnance a hodnota přípustného expozičního limitu (PEL) i hodnota nejvyšší přípustné koncentrace pro danou škodlivinu.

Zavedením NV č. 361/2007 Sb. se propojení obou vzduchotechnických systémů (odsávání a nucené větrání) stalo velmi problematickým, neboť v případě vracení odsávaného vzduchu zpět na pracoviště musí být zpětný (oběhový) vzduch vycištěn tak, že koncentrace škodliviny je nižší než 5 % příslušného PEL. Tento požadavek prakticky vylučuje použití průmyslových filtrů pro čištění odsávaného vzduchu a vracení zpět na pracoviště, neboť průmyslovými filtry nelze pro hodnoty PEL u běžných znečišťujících látek na úrovni jednotek mg/m^3 dosáhnout požadované výstupní koncentrace na úrovni desítky až stovky $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Při použití filtrů atmosférického vzduchu pro vyšší koncentrace odsávaných škodlivin zase hrozí rychlé zanášení a snížená životnost filtrů. Praktickým řešením je proto použití průmyslových kompaktních filtrů pro odsávání škodlivin a využití odpadního tepla použitím systémů pro zpětné získávání tepla k ohřevu venkovního vzduchu.

Ekonomické a účinné větrání pracovišť je náročnou vzduchotechnickou úlohou a s ohledem na rozsah **není předmětem tohoto příspěvku**.

OBCENÁ DOPORUČENÍ PRO POUŽITÍ FILTRŮ PODLE JEDNOTLIVÝCH TŘÍD U VŠEOBECNÉHO VĚTRÁNÍ

Pevné a kapalné příměsí jsou součástí venkovního vzduchu a jejich koncentrace a složení kolísá podle místních podmínek, ročního období i v průběhu dne. Největší znečištění vzduchu je ve velkých městech a v okolí průmyslových podniků, kde může dosahovat až 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nejmenší na venkově, < 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Příměsí jsou různého chemického složení a jsou způsobeny lidskou činností (doprava, průmysl) i přírodního původu (eroze hornin, sopečná činnost, příměsí rostlinného a živočišného původu). Částice větší než 20 μm rychle sedimentují a vyskytují se pouze v blízkosti jejich zdrojů. Částice menší než 0,1 μm (např. viry) snadno koagulují a vyskytují se často jako shluky o větších rozměrech 0,1 až 0,5 μm .

Běžně se za atmosférický prach považují částice v rozsahu velikostí 0,01 až 20 μm . Jemné částice jsou v atmosféře celoplanetárně rozšířeny. Zrnitost atmosférického prachu se však mění a globálně závisí zejména na tom, zda se jedná o kontinent nebo přímořské oblasti. U kontinentálního atmosférického prachu pak závisí na tom, zda se jedná o průmyslové oblasti nebo oblasti bez velkých zdrojů znečišťování.

Ve střední Evropě, kterou je možno považovat za relativně více znečištěnou, přibližně 99 % celkového počtu jsou částice menší než 1 μm , ale u hmotnostního rozdělení tyto částice představují pouze 10 až 20 % celkové hmotnosti částic. Hmotnostní medián, jako charakteristická velikost souboru částic, dosahuje zde hodnot zhruba v rozmezí 2 až 5 μm .

Z hlediska použití filtrů nás zajímají velikosti některých typických příměsí:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> viry | 0,005 až 0,1 μm |
| <input type="checkbox"/> bakterie | 0,2 až 20 μm (většinou 0,5 až 1,5 μm) |
| <input type="checkbox"/> výtrusy hub, mechu, lišejníků a kapradin | 2 až 120 μm |
| <input type="checkbox"/> pyl | 10 až 200 μm |
| <input type="checkbox"/> plísně | 2 až 100 μm |
| <input type="checkbox"/> cigaretový kouř | 0,01 až 1 μm (střední hodnota 0,5 μm) |
| <input type="checkbox"/> olejová mlha | 0,04 až 1 μm |
| <input type="checkbox"/> saze | 0,01 až 0,5 μm |
| <input type="checkbox"/> kouř (spalování organické hmoty) | < 1 μm . |

Při použití filtrů pro všeobecné větrání (G1 až F9) se vychází z **praktických zkušeností** provozovatelů, respektují se **odlučovací schopnosti filtrů a výskyt typických příměsí** u jednotlivých aplikací. V následujícím přehledu jsou shrnuta dosud používaná pravidla pro používání filtrů u typických aplikací.

Použití hrubých filtrů

Filtry G1 až G2 by se měly používat hlavně pro vláknitý prach, při vysokých koncentracích prachu, příp. u zařízení, které mají malé tlakové rezervy.

G1 až G2	Všeobecně	Typické příklady použití
	– účinné pro vláknitý prach	– první stupeň filtrace u vícestupňových zařízení
	– poměrně účinné pro částice větší než 10 μm	– filtry pro klimatizaci a větrání v textilních provozech
	– systémy s nejnižšími požadavky na filtraci	– jednoduché okenní a podokenní klimatizátory
	– předfiltry pro vyšší koncentraci prachu	– ochrana výměníků, zvlhčovačů a větracích systémů
		– systémy větrání v těžkých provozech

G3 až G4	Všeobecně	Typické příklady použití
	– účinné proti pylu a zvířenému prachu	– ochrana výměníků, zvlhčovačů a větracích systémů
		– vytápěcí a větrací systémy průmyslových podniků
		– filtrace v dopravních prostředcích
		– filtrace garáží, obchodních domů
		– vzduchové clony, sportovní haly
		– předfiltry pro klimatizační zařízení

Použití středních filtrů

Doporučuje se použít předfiltry G1 až G4.

M5 – M6 (dříve F5 až F6)	Všeobecně	Typické příklady použití
	– málo účinné proti sazí, olejové mlze a tabákovému kouři a kouři z technologických procesů	– větrací a klimatizační systémy pro školy, shromažďovací místnosti, restaurace, sportovní haly, kancelářské budovy
	– částečně účinné proti výtrusům a bakteriím	– v průmyslu pro větrání provozů s vyššími nároky na čistotu (chemický, papírenský, výroba syntetických hmot, méně náročné výroby přesné mechaniky a optiky)

Použití jemných filtrů

Doporučuje se použít předfiltry G1 až G4.

F7	Všeobecně	Typické příklady použití
	– účinné proti bakteriím, výtrusům	– větrací a klimatizační zařízení pro laboratoře, nemocniční pokoje, kancelářské budovy, divadla, kuchyně, obchody s potravinami
	– částečně účinné proti sazí, olejové mlze, tabákovému kouři, kouři z technolog. provozů	– v průmyslu pro telefonní ústředny, výrobu potravin, dílny přesné mechaniky a optiky, rozhlasová a televizní studia, přívod vzduchu do stříkacích boxů

F8 až F9	Všeobecně	Typické příklady použití
	– velmi účinné proti sazí, olejové mlze, tabákovému kouři, kouři z technologických procesů, bakteriím	– operační sály, výzkumné zkušebny a laboratoře
		– provozy chemické a farmaceutické výroby
		– pomocné prostory sterilizačních pracovišť a operačních sálů
		– 2. stupeň filtrace pro vysoce účinnou filtraci

VYJÁDRĚNÍ KVALITY VENKOVNÍHO OVZDUŠÍ A POŽADAVKY NA FILTRACI PŘI VĚTRÁNÍ NEBYTOVÝCH BUDOV DLE ČSN EN 13779:2010

Kvalitativní změny pravidel použití filtrů atmosférického vzduchu u všeobecného větrání vyplývají z doporučení o použití tříd filtrů u větrání **nebytových** budov, které uvádí ČSN EN 13779:2010 [3]. V příloze A (informativní – Směrnice pro správný postup) je uvedeno doporučení pro použití filtrů u větrání nebytových budov, které závisí na **kvalitě venkovního ovzduší** a požadavcích na **kvalitu vnitřního ovzduší**.

Kvalita venkovního ovzduší je zde rozdělena do 3 tříd:

- ODA 1 – čistý vzduch, který může být pouze dočasně znečištěn prachem, např. pyl,
- ODA 2 – znečištěný vzduch (vzduch obsahující vysoké koncentrace prachu nebo plyných znečišťujících látek),
- ODA 3 – velmi znečištěný vzduch (velmi vysoké koncentrace prachu nebo plyných znečišťujících látek).

Zatřídění oblasti do jednotlivé třídy se provádí podle hodnot **faktorů znečišťujících látek f_{ZL}** , udávajících poměr koncentrace znečišťující látky v dané oblasti k **limitní hodnotě** (obdobu imisního limitu). Klíčové znečišťující látky, podle kterých se zatřídění provádí a limitní hodnoty příslušných koncentrací, se mohou podle této směrnice měnit.

Jako příklad jsou v normě uvedeny znečišťující látky SO_2 , O_3 , NO_2 a frakce tuhých částic PM_{10} a příslušné limitní hodnoty koncentrací dle doporučení WHO 1999 [9] a Směrnice Rady 99/30/EC [10]. Limitní hodnoty znečišťujících látek a způsob výpočtu odpovídajících faktorů uvádí tab. 3.

Tab. 3 Limitní hodnoty koncentrací znečišťujících látek a výpočet faktoru Z_L

Znečišťující látka	SO_2	O_3	NO_2	PM_{10}
limitní hodnota koncentrace	$C_{24h,lim} = 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$C_{8h,lim} = 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$C_{1h,lim} = 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$C_{24h,lim} = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $n_{lim} = 35$
skutečná hodnota koncentrace	$C_{24h,max}$	$C_{8h,max}$	$C_{1h,max}$	počet překročení n
faktor f_{ZL}	$C_{24h,max}/C_{24h,lim}$	$C_{8h,max}/C_{8h,lim}$	$C_{1h,max}/C_{1h,lim}$	n/n_{lim}

U SO_2 , O_3 a NO_2 do výpočtu faktoru vstupuje skutečná maximální zjištěná koncentrace v dané oblasti. U tuhých částic frakce PM_{10} je limitní hodnota $C_{24h,lim} = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a rozhodující je počet dní v roce n_{lim} , kolikrát může být limitní hodnota překročena. Do výpočtu faktoru u frakce PM_{10} pak vstupuje skutečný počet dní v roce n , kdy byla limitní koncentrace překročena.

Pokud je ze všech jednotlivých hodnot f_{ZL} maximální hodnota $f_{ZL,max} < 1$, je oblast označena jako ODA 1, pokud je $f_{ZL,max} < 1,5$, je oblast označena jako ODA 2 a v případě $f_{ZL,max} > 1,5$ se jedná o oblast silně znečištěnou, tedy ODA 3.

Imisní limity a vyjádření znečištění ovzduší v ČR

Uvedené limitní hodnoty přibližně odpovídají i platným imisním limitům podle současné legislativy v ochraně ovzduší, zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. [11] i předcházející právní úpravě, konkrétně nařízení vlády č. 597/2006 Sb. [12] o sledování a vyhodnocování ovzduší. Podle [11] a [12] jsou u uvedených znečišťujících látek imisní limity následující:

- u SO_2 je $C_{24h,lim} = 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tato hodnota může být překročena 3 x za rok, tj. $n_{lim} = 3$
- u O_3 je $C_{8h,lim} = 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tato hodnota může být ročně (v průměru za 3 roky) překročena 25 x, tj. $n_{lim} = 25$
- u NO_2 je $C_{1h,lim} = 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, který může být překročen 18 x za rok, tj. $n_{lim} = 18$
- u PM_{10} je imisní limit i četnost překročení stejný jako u ČSN EN 13779:2010, tedy $C_{24h,lim} = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a maximální povolená četnost překročení je 35 x za rok, tj. $n_{lim} = 35$.

Imisní limity platné v ČR odpovídají požadavkům Směrnice Rady 2008/50/ES [13].

Při **hodnocení kvality ovzduší** se porovnává zjištěná úroveň imisí s příslušnými hodnotami imisních limitů a s přípustnými četnostmi překročení za kalendářní rok.

Podle zákona o ovzduší je hodnocení znečištění ovzduší zaměřeno zejména na **vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší** (oblasti, kde se překračuje jeden nebo více imisních limitů), které se vymezují zvláště z hlediska zajištění ochrany zdraví populace a zvláště z hlediska ochrany ekosystémů a vegetace.

Směrnice EU pro kvalitu ovzduší, ze kterých vychází i naše legislativa, požaduje po členských státech rozdělit území do **zón a aglomerací**. Zónou nebo aglomerací se rozumí území vyčleněné za účelem sledování a řízení kvality ovzduší. Seznam zón a aglomerací v ČR zveřejnilo MŽP v roce 2005 a území bylo rozděleno do 3 aglomerací (Praha, Brno a Moravskoslezský kraj) a 12 zón, které odpovídaly území jednotlivých krajů. V novém zákoně o ochraně ovzduší [11] je seznam zón a aglomerací uveden v Příloze č. 3. Naše území je nyní rozděleno do 3 aglomerací: Praha, Brno a aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, shodných s územím okresů těchto měst. Ostatní území je nově rozděleno do 7 zón, které jsou pojmenovány: Zóna Střední Čechy, Zóna Jihozápad, Zóna Severozápad, Zóna Severovýchod, Zóna Jihovýchod, Zóna Střední Morava a Zóna Moravskoslezsko. Některé zóny tak zahrnují území více krajů a více vystihují územní charakter znečištění hlavními znečišťujícími látkami.

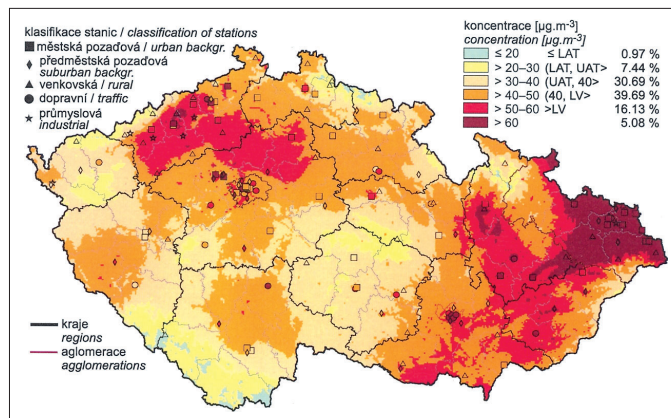
Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší se poté vymezují jako území v rámci uvedených zón a aglomerací.

Vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší na návrh ČHMÚ zveřejňuje každým rokem MŽP ve Věstníku MŽP [14]. Tyto informace jsou k dispozici i na webových stránkách ČHMÚ. V současné době jsou k dispozici údaje za roky 2005 až 2010. Vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší z údajů za rok 2010 je např. uvedeno ve Věstníku MŽP 2012/2. Nejmenší zobrazenou oblastí je území příslušných stavebních úřadů.

S ohledem na zaměření příspěvku na problematiku filtrů vzduchu pro všeobecné větrání má ze znečišťujících látek největší význam **znečištění částicemi frakce PM₁₀**. Toto znečištění v daném roce závisí na průběhu zimy a výskytu situací se zhoršenými rozptylovými podmínkami (smogová situace). K nejhoršímu znečištění za období let 2005 až 2010 došlo v roce 2005, kdy 24-hodinové imisní limity pro PM₁₀ byly překročeny na 35 % plochy území státu, kde žilo 67 % populace. V roce 2006 se situace mírně zlepšila a oblasti s nadlimitním znečištěním zabíraly 28,5 % území, kde žilo 62 % populace. V letech 2007 až 2009, výjimečně příznivých na meteorologické a rozptylové podmínky, se tento stav zlepšil a podle údajů z roku 2008 znečištění zasáhlo pouze 2,9 % území s 15 % populace. V roce 2009 se území se zhoršenou kvalitou ovzduší mírně zvýšilo na 4,42 % území státu a v roce 2010, jako odpověď na tuhou zimu, došlo k výraznému zhoršení a rozšíření oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší na 21,21 % území státu.

Na obr. 2 je jako příklad mapy znečištění částicemi PM₁₀ v ČR znázorněno pole 36. nejvyšší 24-hodinové koncentrace částic PM₁₀ v roce 2010, kde území, kde se překračuje imisní limit (LV – imisní limit 50 µg/m³), zahrnuje celkem 21,21 % území, kde žije 48 % obyvatelstva. Vyjádření znečištění území částicemi PM₁₀ pomocí 36. nejvyšší 24-hodinové koncentrace vyplývá z definice imisních limitů podle naší legislativy [11], kde $C_{24h,lim} = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a maximální povolená četnost překročení je 35 x za rok. O překročení imisního limitu na dané měřící stanici proto rozhoduje 36. nejvyšší 24-hodinové koncentrace.

Z map znečištění částicemi PM₁₀ vyplývá, že k největšímu znečištění dochází ve městech a aglomeraci Moravskoslezského kraje, nyní aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek. Kromě meteorologických podmínek



Obr. 2 Pole 36. nejvyšší 24-hodinové koncentrace částic PM₁₀ v roce 2010 (podle [15])

v daném roce znečištění tuhými částicemi PM₁₀ úzce souvisí s automobilovou dopravou a lokálními zdroji vytápění.

Vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší pro účely aplikace ČSN EN 13779:2010 [3] je obtížné, neboť se tyto oblasti rok od roku mění. Přesná definice ODA 1 a ODA 2, vycházející z počtu překročení imisního limitu pro PM₁₀, zcela neodpovídá definici oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší podle české legislativy v ochraně ovzduší, kde mapy znečištění zobrazují pole 36. nejvyšší naměřené 24-hodinové koncentrace PM₁₀ a nikoliv počet překročení imisního limitu.

Přes uvedené rozdíly mezi požadavky normy [3] a vyjádřením znečištění území aplikací zákona [11] lze u znečištění částicemi PM₁₀ konstatovat, že **zobrazené oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, uvedené v [14] a [15], lze v daném roce přibližně považovat za oblasti, kde jsou podle [3] splněny podmínky pro definici oblastí ODA 2**. K zařazení území do třídy ODA 3 podle [3] schází u tohoto zobrazení údaje o celkovém počtu překročení imisního limitu.

Problém odpovědného vyjádření oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší a tedy oblastí třídy ODA 2 však spočívá v již zmíněné závislosti znečištění na meteorologických a rozptylových podmínkách v daném roce, které se v průběhu posledních let výrazně liší. Pro tyto účely by bylo vhodné využít databáze ČHMÚ o znečištění ovzduší částicemi PM₁₀ a vyjádřit průměrné znečištění území ČR za delší období cca 10 let.

Použití filtrů při větrání nebytových budov podle ČSN EN 13779:2010

Požadavky na kvalitu vnitřního ovzduší v obytné zóně jsou dány zařazením daného prostoru do kategorií IDA 1 až IDA 4. Jednotlivé kategorie značí, že kvalita vnitřního prostředí je u kategorie:

- IDA 1 velmi vysoká,
- IDA 2 střední,
- IDA 3 průměrná (mírná, nevelká),
- IDA 4 nízká.

Doporučení pro použití filtrů při větrání nebytových prostor podle ČSN EN 13779:2010 závisí na kvalitě venkovního ovzduší, vyjádřené třídami ODA 1 až ODA 3 a požadavcích na kvalitu vnitřního prostředí, vyjádřených kategoriemi IDA 1 až IDA 4. Doporučené **minimální** třídy filtrů u jednotlivých kombinací IDA a ODA jsou uvedeny v tab. 4.

U větracích systémů v oblasti velmi znečištěného vzduchu (ODA 3) se doporučuje použití **uhlíkových filtrů (GF)**. Tyto filtry se rovněž doporučují i v oblastech ODA 2 s výskytem plynných znečišťujících látek. Aby se zabránilo vlhnutí filtrů, doporučuje se jejich použití pro filtraci vzduchu s maximální relativní vlhlostí 80 %. V oblastech s velmi znečištěným vzduchem (ODA 3) se u některých aplikací doporučuje použití **elektrických filtrů**.

Tab. 4 Doporučené minimální třídy filtrů u větrání nebytových budov pro jednotlivé kombinace tříd kvality venkovního ovzduší ODA a požadované kvality vnitřního prostředí IDA

Kvalita venkovního ovzduší ODA	Kvalita vnitřního prostředí IDA			
	IDA 1 velmi vysoká	IDA 2 střední	IDA 3 průměrná	IDA 4 nízká
ODA 1 (čistý vzduch)	F9	F8	F7	F5
ODA 2 (zaprášený vzduch)	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3 (velmi zneč. vzduch)	F7 + GF + F9	F7 + GF + F9	F5 + F7	F5 + F6

Poznámky: GF – uhlíkový nebo chemický filtr

Podle ČSN EN 779:2012 se filtry F5 a F6 označují jako střední filtry M5 a M6

U **nasávání venkovního vzduchu** se z hygienických důvodů doporučuje použít dvoustupňovou filtraci (přinejmenším u IDA 1 a IDA 2). Jako první stupeň by měl být použit filtr F5 (M5), přednostně však F7. Jako druhý stupeň by měl být použit přinejmenším filtr F7, přednostně F9. Jestliže se používá pouze jednostupňová filtrace, pak jako minimální požadavek je filtr třídy F7.

Co se týká **oběhového** vzduchu, jako ochrana před kontaminací vzduchotechnického systému by měl být použit přinejmenším filtr F5 (M5). Podle možností by měla být použita taková třída filtru, jaká se používá u přívodu venkovního vzduchu.

Pro ochranu **odváděného a odpadního** vzduchového systému by měly být použity nejméně filtry třídy F5 (M5).

Systémy **zpětného získávání tepla** (deskové nebo rotační výměníky) by měly být chráněny přinejmenším filtrem třídy F6 (M6).

ČSN EN 13779:2010 neuvádí konkrétní doporučení, jaké kategorie IDA použít pro typické případy větrání nebytových prostor. Jak je zřejmé z tab. 4, jsou rozdíly mezi filtračními systémy a minimálními třídami filtrů u jednotlivých kategorií kvality vnitřního prostředí IDA významné. Významné jsou následně i rozdíly mezi pořizovacími i provozními náklady na filtraci. Je proto nutné, aby požadavek na kvalitu vnitřního prostředí byl předem dohodnut ve smlouvě mezi zadavatelem a dodavatelem (projektantem).

ZÁVĚR

Zavedením novelizované normy ČSN EN 779:2012 dochází k výrazným změnám ve zkoušení a zařazení filtrů pro všeobecné větrání. Byla zavedena nová skupina filtrů M, filtry třídy M5 a M6, které nahradily dosud používané filtry F5 a F6. U jemných filtrů skupiny F (třídy F7 až F9) se u zařazení respektují elektrické vlastnosti některých filtračních materiálů, které ovlivňují odlučovací vlastnosti filtrů v počáteční etapě jejich použití.

Je zdůrazněn význam závislosti frakční odlučivosti filtru na velikosti částice $E_f(a)$, která určuje odlučovací schopnosti filtru a odvíjí se od ní použití filtru pro daný charakter znečištění a požadovaný výsledný stav vnitřního prostředí. Jako příklad jsou uvedeny rozsahy závislosti $E_f(a)$, zjištěné v 90. letech u filtrů vyráběných v LVZ, a.s.

Jsou uvedena dosud používaná obecná doporučení pro filtraci atmosférického vzduchu u všeobecného větrání, používaná pro bytové větrání, větrání v obytných místnostech k zajištění požadavků vyhlášky č. 6/2003 Sb. a na vyjmenované případy větrání na pracovištích.

Kvalitativní změny pravidel použití filtrů atmosférického vzduchu u běžného větrání vyplývají z doporučení o použití tříd filtrů u větrání nebytových budov, které uvádí ČSN EN 13779:2010. Podle této normy použití filtrů u větrání nebytových budov závisí na kvalitě venkovního ovzduší (třídy ODA 1 až ODA 3) a požadavcích na kvalitu vnitřního ovzduší, vyjádřené kategoriemi IDA 1 až IDA 4. U jednotlivých kombinací kategorií IDA a tříd ODA jsou uvedeny požadavky na minimální třídy filtrů. Z uvedených doporučení vyplývá, že pro zajištění větrání nebytových budov podle kvality venkovního ovzduší a požadavků na kvalitu vnitřního ovzduší jsou mezi filtračními systémy významné rozdíly. Prakticky odpadá použití hrubých filtrů a u víceúrovňové filtrace funkci filtrů 1. stupně přebírají filtry přinejmenším třídy F5, podle nového označení střední filtry M5.

Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší z hlediska znečištění ovzduší částicemi frakce PM₁₀ lze pro účely ČSN EN 13779:2010 přibližně považovat za oblasti se zaprášeným vzduchem ODA 2. Vymezení těchto oblastí se podle české legislativy v ochraně ovzduší rok od roku mění a závisí na klimatických a rozptylových podmínkách zejména v podzimmím a zimním období. Tyto oblasti v posledních letech zahrnují jednotky až desítky procent území, kde však žije významný podíl obyvatelstva. Protože se vzduchotechnické zařízení nepořizuje na 1 rok a náklady na filtraci tvoří významnou část pořizovacích i provozních nákladů, bylo by vhodné pro účely ČSN EN 13779:2010 vymezit území s kvalitou venkovního ovzduší ODA 2 a ODA 3 jako průměr za delší časové období.

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

Poznámka recenzenta:

Termín všeobecné větrání (také běžné větrání) přijatý z evropských norem zahrnuje v české normalizaci výrazy používané pro větrání vnitřního prostředí, tj. pro přívod venkovního vzduchu do bytů, obytných místností a pracovního prostředí (výrobních prostorů). Obytnou místnost definuje vyhláška č. 20/2012 Sb., některé příklady uvádí vyhláška č. 6/2003 Sb. Obecně je obytnou místností prostor, kde se mohou zdržovat osoby, kromě bytů a pracovního prostředí. Norma ČSN EN 13779:2010 zavádí termín „nebytové prostory“, který platí pro prostory, které nejsou byty a výrobní prostory, tj. tento termín se shoduje s výrazem „obytné prostory“.

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 779: 2012. Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů.
- [2] ČSN EN 1822: 2010. Vysoce účinné filtry vzduchu (HEPA a ULPA). Části 1–5.
- [3] ČSN EN 13779: 2010. Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy.
- [4] ČSN EN 779: 2003. Filtry na odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů.
- [5] Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb.
- [6] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
- [7] Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb.
- [8] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.
- [9] World Health Organisation. Air Quality Guidelines for Europe, WHO, 1999.
- [10] Směrnice Rady Evropské unie 1999/30/EC z 22. dubna 1999 o limitech pro SO₂, NO₂, NO_x, částice a olovo v ovzduší.
- [11] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.
- [12] Nařízení vlády č. 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování ovzduší.
- [13] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu.
- [14] Věstník Ministerstva životního prostředí.
- [15] Znečištění ovzduší a atmosférická depozice, ročenka ČHMÚ, 2010. ■