

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

Převod tříd filtrů mezi ČSN EN 779 a ČSN ISO 16890-1

Filter Classes Conversion between ČSN EN 779 and ČSN ISO 16890-1

Recenzent
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

S ohledem na závažnost problematiky a časové zpoždění v převodu tříd filtrů pro všeobecné větrání mezi ČSN EN 779:2012 a ČSN EN ISO 16890-1:2018 jsou v následujících kapitolách stručně uvedeny charakteristické znaky nového zařazení filtrů, dále shrnuty hlavní rozdíly mezi oběma třídícími systémy a uveden přehled dostupných přibližných převodních vztahů, které mohou přispět k urychlenému uvedení nového systému třídění filtrů do běžné praxe.

Klíčová slova: filtrace, třídění filtrů

With respect to the seriousness of the issue and the time delay concerning the filter classes conversion between ČSN EN 779:2012 and ČSN EN ISO 16890-1:2018 for filters for general ventilation, the following chapters briefly present the characteristics of the new filter classification and summarize the main differences between the two classification systems. An overview of the available approximate conversion relationships that can contribute to the accelerated implementation of the new filter classification system is presented.

Keywords: filtration, filter classification

ÚVOD

Správné použití filtrů atmosférického vzduchu pro všeobecné větrání vychází z odlučovacích schopností filtrů, vyjádřených závislostí frakční odlučivosti na velikosti částice, a ze zrnitosti a koncentrace tuhých příměsí v nosném vzduchu v daném konkrétním případě.

Norma ISO 16890-1 z prosince 2016 [1] přinesla v porovnání s ČSN EN 779 [2] nové cenné přímé informace o odlučovacích schopnostech filtrů a po začlenění do struktury EN a ČSN EN v roce 2018 ([3], [4], [5], [6]) se předpokládalo její široké uplatnění především v Evropě. Souběh normy ČSN EN 779 a ČSN EN ISO 16890 skončil v polovině roku 2018. Od té doby měly ve světě existovat pouze dva systémy – ISO 16890 a americký ASHRAE 52.2.

Skutečnost v přechodu na novou normu v průběhu roku 2020 je poněkud jiná, než předpokládal časový plán přechodu. Ke zpoždění svým způsobem „přispěla“ i revize a zrušení EN 13779:2004, 2007 (ČSN EN 13779:2010) [7] v oblasti větrání nebytových budov a vznik nové EN 16789-3:2017 (Energy performance of buildings – Ventilation of buildings – Part 3: For non-residential buildings) [8]. V této základní a široce používané normě v oblasti větrání nebytových budov, revidované s platností od srpna 2017, jsou sice v základním textu v tab. 17 uvedeny požadavky na minimální účinnost filtrace v [%] pro 15 kombinací vnitřního a vnějšího znečištění, avšak v příloze B Default choices (Výchozí volby) v tabulce B.3 doporučených minimálních tříd filtrů pro jednotlivé kombinace kategorie vnějšího znečištění ODAi a požadované kvality (kategorie) přivodního vzduchu SUPi je uvedeno doporučení použití tříd filtrů stále podle EN 779, a nikoliv třídy filtrů ePM_x dle ISO 16890.

Jak uvádí Ing. Mojžiš ve svém příspěvku [9], k úspěšnému převodu na nový klasifikační systém by projektanti potřebovali odpovědět na základní otázku: „U konkrétní aplikace se dosud používala ověřená třída filtrů dle ČSN EN 779. Jaká třída filtrů se má použít podle nové normy?“

Odpověď není jednoduchá, protože s ohledem na rozdílnost třídících systémů neexistuje přímý přepočítání mezi oběma systémy. Navíc existuje duplicita řešení, protože např. některé filtry základní třídy ePM_{2,5} s vyšší odlučivostí lze nahradit filtry základní třídy ePM₁ s nižší odlučivostí.

S ohledem na závažnost problematiky převodu tříd filtrů mezi ČSN EN 779 a ČSN EN ISO 16890-1 jsou v následujících kapitolách stručně uvedeny charakteristické znaky nového zařazení filtrů, shrnuty hlavní rozdíly mezi oběma třídícími systémy a uveden přehled dostupných převodních vztahů.

Cílem příspěvku je přispět k překonání existujícího a nad očekávání dlouhého a nežádoucího přechodového období a uvést nový třídící systém do praxe.

ZKOUŠENÍ A TŘÍDĚNÍ FILTRŮ PRO VŠEOBECNÉ VĚTRÁNÍ DLE ISO 16890

ISO 16890-1 z prosince 2016 [1] zavádí při zkoušení a třídění filtrů nové indikátory – frakce atmosférického prachu PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁.

Jednotlivé třídy filtrů jsou definovány podle dosažené odlučivosti ePM_x pro uvedené frakce atmosférického prachu, počínaje velikostí částice 0,3 μm.

Do struktury norem EN byla tato norma zařazena již v prosinci 2016 a do české soustavy ČSN byla postupně podle jednotlivých částí zavedena v roce 2018 jako [3], [4], [5], [6].

Frakce atmosférického prachu PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ jsou v ochraně ovzduší definovány jako částice atmosférického prachu menší než aerodynamická velikost částice 10, 2,5 a 1,0 μm. Velikost částic atmosférického prachu se vyjadřuje ve formě tzv. aerodynamické velikosti částice, tj. průměru kulové částice o jednotkové hustotě materiálu částice 1000 kg/m³, která má stejné pohybové vlastnosti jako částice skutečná nekulového tvaru.

Vlastní předpis ISO 16890 pracuje s účinností ePM_x, která vyjadřuje hmotnostní účinnost odlučování „zařízení“ (odlučivost filtru), stanovenou pro částice atmosférického prachu v rozsahu opticky stanovených velikostí částic 0,3 až x μm – viz tab. 1. U tohoto předpisu se tak zanedbává rozdíl mezi aerodynamickým průměrem částice a opticky stanovenou velikostí částice. Omezení hodnoty ePM_x pouze pro částice x ≥ 0,3 μm je dáno omezením rozlišovacích schopností běžných optických přístrojů pro částice velikosti < 0,3 μm.

Tab. 1 Rozsah velikostí částic při stanovení účinnosti odlučování

Tab. 1 Particle size range when determining separation efficiency

Účinnost odlučování	Rozsah opticky stanovených velikostí částic [μm]
ePM ₁₀	0,3 ≤ x ≤ 10
ePM _{2,5}	0,3 ≤ x ≤ 2,5
ePM ₁	0,3 ≤ x ≤ 1

Při zkoušce filtru se jeho odlučovací schopnosti měří v rozsahu opticky stanovených velikostí částic 0,3 až 10 μm aerosolu KCl ve 12 velikostních intervalech nejprve u čistého a elektricky neupraveného filtru (unconditioned) podle postupu uvedeného v části ISO 16890-2. Měření se získají jednotlivé hodnoty účinnosti odlučování E_i [%].

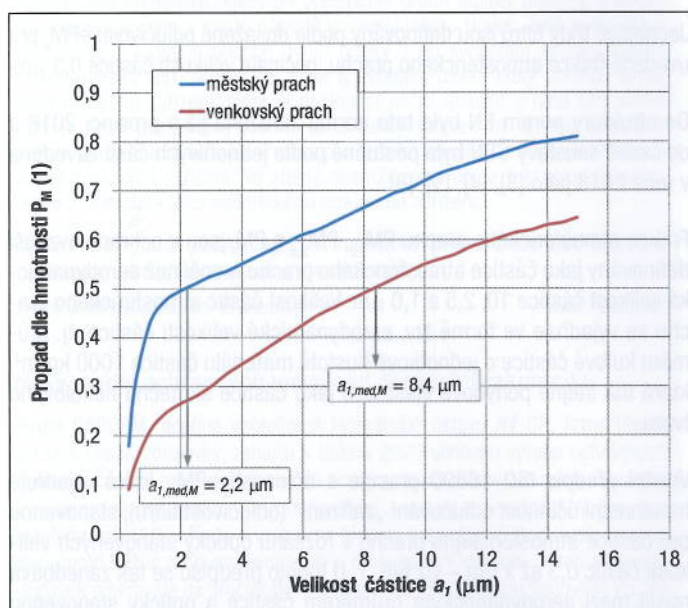
Po neutralizaci náboje filtračního materiálu dle části ISO 16890-4 (vybití náboje v parách izopropylalkoholu IPA) se opět zjistí odlučovací schopnosti elektricky neutrálního filtru ve 12 velikostních intervalech v rozsahu velikostí částic 0,3 až 10 μm, hodnoty E_{D,i} [%]. Závislost E_{D,i}(a) se považuje za minimální hodnoty frakční odlučivosti filtru.

Zatěžováním filtru jemným syntetickým prachem L2 dle ISO 15957 (základní prach bez příměsí sazí a vláken) a postupem uvedeným v části ISO 16890-3 se stanoví počáteční hodnota odlučivosti filtru na syntetický prach, dále závislost změny tlakové ztráty filtru na hmotnosti zachyceného prachu a stanoví se hodnota jímavosti filtru (test dust capacity).

Z jednotlivých zjištěných hodnot E_i a E_{D,i} se stanoví střední aritmetické hodnoty E_{A,i}, které se dále považují za střední hodnoty, podle nichž se bude filtr chovat v reálných podmínkách.

Jednotlivé hodnoty E_{A,i} [%], resp. závislost E_{A,i}(a) se dále použije při výpočtu hodnoty odlučivosti filtru ePM_x v rozsahu velikostí částic 0,3 až x μm.

K výpočtu hodnot ePM_x [%] se používá průměrné složení atmosférického prachu v městských oblastech (urban area) a ve venkovských oblastech (rural area). Rozdělení velikostí částic dle hmotnosti (objemu), a to ve formě vyjádření četnosti a kumulativní křivky zrnitosti – křivky propadů, je uvedeno v příspěvku [10] na obr. 4. Charakteristickým znakem



Obr. 1 Průměrné složení atmosférického prachu v městských a venkovských oblastech

Fig. 1 Average composition of atmospheric dust in urban and rural areas

zrnitosti obou typických atmosférických prachů je bimodální rozdělení četnosti dle hmotnosti. Pro lepší porovnání rozdílů jsou na obr. 1 křivky propadů obou použitých atmosférických prachů vyjádřeny v lineárních souřadnicích velikostí částic.

Hmotnostní podíl částic menších než 0,3 μm (propad dle hmotnosti) závisí na znečištění ovzduší, je nezanedbatelný a obecně dosahuje řádově hodnot až 30 %. Podle údajů na obr. 1 tvoří u uvedených atmosférických prachů podíl částic menších než 0,3 μm 18 a 9 %. Již z běžného pohledu vyplývá, že mezi oběma atmosférickými prachy jsou významné rozdíly. Nejpoužívanějším charakteristickým znakem zrnitosti částic je hmotnostní medián a_{med,M} který u těchto prachů dosahuje hodnot 8,4 a 2,2 μm.

Podle doporučení v ISO 16890 se filtry, které se většinou používají k odlučování částic frakce PM₁ a PM_{2,5}, zatřídí podle zrnitosti atmosférického prachu v městských oblastech a filtry určené především k odlučování částic frakce PM₁₀ se zatřídí podle zrnitosti prachu ve venkovských oblastech. Vypočítané hodnoty ePM₁ a ePM_{2,5} [%] proto vycházejí z distribuční křivky pro městský aerosol, hodnota ePM₁₀ [%] pak z distribuční křivky pro venkovský aerosol. Připomínáme, že k výpočtu hodnot ePM_x [%] se používají zjištěné střední aritmetické hodnoty odlučivosti E_{A,i} [%] u jednotlivých velikostních frakcí.

Kromě těchto středních hodnot, které patří mezi hlavní uváděné parametry filtru (class reported value), se při zpracování výsledků měření výpočet doplňuje stanovením minimálních hodnot ePM_{1,min} a ePM_{2,5,min} [%] podle zjištěných hodnot minimálních odlučivosti E_{D,i} [%] u jednotlivých velikostních frakcí.

Na základě výsledků zkoušek jsou filtry zatříděny podle splnění požadavků pro ePM_{1,min} a ePM_{2,5,min} [%] a pro ePM₁₀ [%] do 4 následujících základních tříd – ISO hrubý, ISO ePM₁₀, ISO ePM_{2,5} a ISO ePM₁, viz tab. 2.

Tab. 2 Zatřídění filtrů dle ISO 16890

Tab. 2 Filter classification according to ISO 16890

Základní třída filtrů	Požadavek na třídu filtrů			Uváděná hodnota u filtrů
	ePM _{1,min}	ePM _{2,5,min}	ePM ₁₀	
ISO hrubý	-	-	< 50 %	Počáteční hodnota odlučivosti na syntetický prach
ISO ePM ₁₀	-	-	> 50 %	ePM ₁₀
ISO ePM _{2,5}	-	> 50 %	-	ePM _{2,5}
ISO ePM ₁	> 50 %	-	-	ePM ₁

Kromě tohoto základního zatřídění se u každého zkoušeného filtru uvádí zjištěná hodnota ePM_x [%], stanovená podle středních hodnot frakčních odlučivosti E_{A,i} [%] (hodnota v posledním sloupci tab. 2). Hodnota ePM_x [%] se uvádí zaokrouhlená dolů na násobek 5 %.

U základní třídy ISO hrubý se jako výsledek zkoušení uvádí počáteční hodnota odlučivosti na syntetický prach, zaokrouhlená dolů na násobek 5 %.

Jak vyplývá z interpretace požadavků na zatřídění filtrů dle hodnot v tab. 2 a jak je uvedeno v průvodci EUROVENT Guidebook [11] z roku 2017 a v příspěvku Ing. Mojžíše [9] z roku 2018, existují dle ISO EN následující možnosti kvality filtrů (tab. 3).

Z tab. 3 vyplývá, že teoreticky existuje celkem 49 tříd filtrů ve 4 různých základních skupinách (třídách), po 10 třídách v PM₁, PM_{2,5} a PM₁₀ a 19 tříd u základní třídy ISO hrubý.

Tab. 3 Klasifikační tabulka filtrů dle ISO 16890

Tab. 3 Filter classification table according to ISO 16890

ePM ₁ klasifikace	ePM _{2,5} klasifikace	ePM ₁₀ klasifikace	ISO hrubý
ePM ₁ (95)	ePM _{2,5} (95)	ePM ₁₀ (95)	Odučivost na prach po hodnotách 5 %
ePM ₁ (90)	ePM _{2,5} (90)	ePM ₁₀ (90)	
ePM ₁ (85)	ePM _{2,5} (85)	ePM ₁₀ (85)	
ePM ₁ (80)	ePM _{2,5} (80)	ePM ₁₀ (80)	
ePM ₁ (75)	ePM _{2,5} (75)	ePM ₁₀ (75)	
ePM ₁ (70)	ePM _{2,5} (70)	ePM ₁₀ (70)	
ePM ₁ (65)	ePM _{2,5} (65)	ePM ₁₀ (65)	
ePM ₁ (60)	ePM _{2,5} (60)	ePM ₁₀ (60)	
ePM ₁ (55)	ePM _{2,5} (55)	ePM ₁₀ (55)	
ePM ₁ (50)	ePM _{2,5} (50)	ePM ₁₀ (50)	
Požadavky: > 50 % počát. odluč. > 50 % odluč. po vybití	Požadavky: > 50 % počát. odluč. > 50 % odluč. po vybití	Požadavky: > 50 % počát. odluč. > 50 % odluč. po vybití	Žádné požadavky na vybití náboje

SHRNUTÍ ROZDÍLŮ MEZI ČSN EN 779 A ČSN EN ISO 16890

Jak již bylo uvedeno v úvodní kapitole, přímý převodní vztah mezi třídami filtrů dle ČSN EN ISO 16890 [3], [4], [5], [6] a ČSN EN 779 [2] neexistuje a ani existovat nemůže, protože oba systémy třídění jsou příliš odlišné. Existující převodní vztahy slouží pouze jako hrubé vodítko, jak využít dosavadních zkušeností s používáním tříd filtrů podle ČSN EN 779 v novém systému, který se pouze pomalu uplatňuje v praxi. V této kapitole jsou stručně shrnuty základní charakteristiky a rozdíly obou třídících systémů.

Zatřídění dle ČSN EN 779 vychází u filtrů tříd F a M ze střední účinnosti filtrace E_m pro částice 0,4 μm (aerosolové částice DEHS s opticky stanovenou velikostí částice) během zátěžového testu a u hrubých filtrů G ze střední gravimetrické účinnosti filtru A_m na zátěžový zkušební prach. Jedná se tedy o účinnosti středně zanesených filtrů. Zátěžový prach kromě jemného pouštního prachu obsahuje příměsí sazí a bavlny. V novele z roku 2012 byl u zatřídění filtrů F zaveden požadavek na stanovení minimální účinnosti filtrace pro částice 0,4 μm u elektricky vybitých filtračních materiálů, kterým se se u zatřídění filtrů respektuje pozorovaná významná změna odlučovacích schopností některých filtračních materiálů ze syntetických vláken.

Zatřídění podle ČSN EN ISO 16890 je založeno na stanovení odlučovacích schopností čistého elektricky neupraveného a elektricky neutrálního materiálu v rozsahu opticky stanovených velikostí aerosolových částic KCl 0,3 až 10 μm. Rozsah velikostí částic je rozdělen do 12 velikostních intervalů a u každého intervalu je stanovena střední aritmetická hodnota $E_{A,i}$, která se dále považuje za střední hodnotu, podle níž se bude filtr chovat v reálných podmínkách. Jednotlivé hodnoty $E_{A,i}$ [%], resp. závislost $E_{A,i}(a)$, se dále použijí při výpočtu hodnoty odlučivosti filtru ePM_x v rozsahu velikostí částic 0,3 až x μm.

K výpočtu hodnot ePM_x [%] se použije průměrné složení atmosférického prachu v městských oblastech (urban area) a ve venkovských oblastech (rural area). Vypočítané hodnoty ePM_1 a $ePM_{2,5}$ [%] vycházejí z distribuční křivky pro městský aerosol, hodnota ePM_{10} [%] pak z distribuční křivky pro venkovský aerosol. Kromě těchto hodnot ePM_x [%], které se

zaokrouhlují dolů na násobek 5 % a které patří mezi hlavní uváděné parametry filtru (class reported value), se při zpracování výsledků měření výpočet doplňuje stanovením minimálních hodnot $ePM_{1,min}$ a $ePM_{2,5,min}$ [%] podle zjištěných hodnot minimálních odlučivosti $E_{D,i}$ [%] u jednotlivých velikostních frakcí.

Zatěžováním filtru jemným syntetickým prachem L2 dle ISO 15957 (základní prach bez příměsí sazí a vláken) se stanoví počáteční hodnota odlučivosti filtru na syntetický prach, dále závislost změny tlakové ztráty filtru na hmotnosti zachyceného prachu a stanoví se hodnota jímavosti filtru (test dust capacity).

EXISTUJÍCÍ PŘEVODNÍ VZTAHY MEZI TŘÍDAMI FILTRŮ EN 779 A EN ISO 16890

V této kapitole jsou shrnuty převodní vztahy (tabulky) mezi oběma třídícími systémy, které uvádějí někteří renomovaní výrobci a dodavatelé filtrů pro všeobecné větrání, nebo převodní vztahy uváděné u některých významných zahraničních norem nebo publikací zájmových sdružení, jako např. sdružení výrobců vzduchotechnických zařízení EUROVENT a Evropské asociace průmyslového větrání EVIA.

PM1 – Fine Dust Hazard to Health, Clean Air Solutions, Camfil, 2017

První informace o odlučovacích schopnostech tříd filtrů EN 779 pro frakce atmosférického vzduchu PM_x uváděla firma Camfil ve své publikaci [12] z roku 2017, kterou jsme již citovali v článku [10]. Nevýhodou tohoto zpracování z dnešního pohledu dle ISO 16890 je skutečnost, že uváděné mezní odlučivosti se vztahují na celý rozsah velikostí částic frakce PM_x , tedy i na částice menší než 0,3 μm, a uváděné mezní hodnoty tak přesně neodpovídají hodnotám odlučivosti ePM_x . Druhou nevýhodou citované publikace z dnešního pohledu dle ISO 16890 je, že se zde neuvádí, pro jaký atmosférický prach byly stanoveny odlučivosti u jednotlivých tříd filtrů dle EN 779.

Mezní hodnoty odlučivosti frakcí PM_1 pro jednotlivé třídy filtrů skupiny M a F jsou podle [12] uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Typické odlučivosti jednotlivých tříd filtrů EN 779 pro frakce atmosférického prachu PM_1 , $PM_{2,5}$ a PM_{10} [12]

Tab. 4 Typical separation efficiency of individual filter classes EN 779 for atmospheric dust fractions PM_1 , $PM_{2,5}$ and PM_{10} [12]

Třída filtrů	Odučivost pro frakce atmosférického prachu PM_1 , $PM_{2,5}$ a PM_{10}			
	PM_1	$PM_{2,5}$	PM_{10} ¹⁾	
ČSN EN 779	M5	< 20 %	< 40 %	> 50 %
	M6	< 40 %	50 – 60 %	> 60 %
	F7	50 – 75 %	> 70 %	> 80 %
	F8	70 – 85 %	> 80 %	> 90 %
	F9	> 85 %	> 90 %	> 95 %

¹⁾ Poznámka autorů: ISO 16890 pracuje s účinností ePM_x stanovenou pro částice atmosférického prachu v rozsahu velikostí částic 0,3 až x μm. Hmotnostní podíl částic menších než 0,3 μm (propad) je u atmosférického prachu nezanedbatelný a podle údajů na obr. 1 tvoří u použitých atmosférických prachů 18 % (městský prach) a 9 % (venkovský prach) celkové hmotnosti částic. Jak vyplývá z grafů počátečních frakčních odlučivosti $O_i(a)$, uvedených v našem článku [10] na obr. 1 a 2, má u nižších tříd filtrů pro všeobecné větrání závislost $O_i(a)$ obecně klesající tendenci se zmenšováním velikosti částice. Výjimku tvoří filtry třídy F, kde se u jemných částic menších než 0,3 μm již začíná uplatňovat vliv difuze a výsledná frakční odlučivost se začíná mírně zvyšovat. Jestliže bychom chtěli stanovit odlučivost filtru pro celou frakci částic PM_x , potom příspěvek odloučených částic v rozsahu velikostí 0 až 0,3 μm se bude výrazně lišit v závislosti na třídě filtrů a použitím rozsahu velikostí částic a bude se zvyšovat se zvyšující se třídou filtrů.

Z výše uvedených důvodů nelze informace v tabulce přímo použít pro převod filtrů z ČSN EN 779 na ČSN ISO 16890. S ohledem na možnou chybu ve výpočtu hodnoty ePM_x lze však podle našeho názoru jako „orientační“ hodnoty pro ePM₁₀ použít uváděné hodnoty PM₁₀, protože u atmosférického prachu obecně je podíl jemných částic velikosti 0 až 0,3 relativně malý a možná chyba ve stanovení hodnoty ePM₁₀ je tak rovněž malá.

Německá norma VDI 3804 – 4 a švýcarská norma SWKI VA101-01
V průvodci EUROVENT Guidebook [11] z března 2017 je uvedena převodní tabulka podle revidovaných národních norem – německé VDI 3804 – 4 a švýcarské SWKI VA101-01. Tato převodní tabulka je uvedena v tab. 5 a týká se pouze vybraných filtrů tříd M5, F7 a F9.

Tab. 5 Převodní tabulka mezi vybranými filtry dle EN 779:2012 a EN ISO 16890-1:2016 [11]

Tab. 5 Conversion table between selected filters according to EN 779:2012 and ISO 16890-1:2016 [11]

Třídy filtrů		Poznámky
EN 779:2012	EN ISO 16890-1:2016	
M5	ePM ₁₀ ≥ 50	
F7	ePM _{2,5} ≥ 65	V případě, že se nejedná o poslední stupeň filtrace.
F7	ePM ₁ ≥ 50	V případě, že se jedná o poslední stupeň filtrace.
F9	ePM ₁ ≥ 8Q	

Podobnou převodní tabulku vybraných filtrů tříd M5, F7 a F9 jako doporučení expertní pracovní skupiny VDI – SWKI uvádí ve svých materiálech TROX Technik [13]. Jediným rozdílem oproti údajům v tab. 5 je udávaná hodnota odlučivosti bez znaménka „≥“.

FGK Status Report Nr. 44

Jednoduchou orientační převodní tabulku uvádí v roce 2017 ve Status Report Nr. 44 profesní sdružení Fachverband Gebaude-Klima e.V. [14]. Převodní údaje jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6 Převodní tabulka mezi filtry dle EN 779 a ISO 16890 podle [14]

Tab. 6 Conversion table between filters according to EN 779 and ISO 16890 according to [14]

Třída filtru dle EN 779	ISO ePM ₁	ISO ePM _{2,5}	ISO ePM ₁₀	ISO hrubý
G2				> 30 %
G3				> 45 %
G4				> 60 %
M5			≥ 50 %	
M6		≥ 50 %		
F7	≥ 50 %			
F8	≥ 70 %			
F9	≥ 80 %			

EVIA (European Ventilation Industry Association)

Podle podkladů firmy Systemair [15] téměř stejnou převodní tabulku, jako je tab. 6, uvádí Evropské sdružení průmyslového větrání EVIA (viz tab. 7).

Podobně jako v předcházejících dvou případech je převod mezi oběma systémy uveden ve formě minimálních odlučivostí, tj. otevřených rozsa-

Tab. 7 Převodní tabulka mezi filtry dle EN 779 a ISO 16890 podle [15]

Tab. 7 Conversion table between filters according to EN 779 and ISO 16890 according to [15]

Třída filtru dle EN 779	ISO ePM ₁	ISO ePM _{2,5}	ISO ePM ₁₀	ISO hrubý
G2				≥ 30 %
G3				≥ 45 %
G4				≥ 60 %
M5			≥ 50 %	
M6		≥ 50 %		
F7	≥ 50 %			
F8	≥ 70 %			
F9	≥ 80 %			

Tab. 8 Převodní tabulka mezi filtry dle EN 779 a ISO 16890 podle Systemair [15]

Tab. 8 Conversion table between filters according to EN 779 and ISO 16890 according to Systemair [15]

PM ₁		PM _{2,5}	
ISO ePM ₁ 95 %	F9	ISO ePM _{2,5} 95 %	F7
ISO ePM ₁ 90 %		ISO ePM _{2,5} 90 %	
ISO ePM ₁ 85 %		ISO ePM _{2,5} 85 %	
ISO ePM ₁ 80 %		ISO ePM _{2,5} 80 %	
ISO ePM ₁ 75 %	F8	ISO ePM _{2,5} 75 %	
ISO ePM ₁ 70 %		ISO ePM _{2,5} 70 %	
ISO ePM ₁ 65 %	F7	ISO ePM _{2,5} 65 %	M6
ISO ePM ₁ 60 %		ISO ePM _{2,5} 60 %	
ISO ePM ₁ 55 %		ISO ePM _{2,5} 55 %	
ISO ePM ₁ 50 %		ISO ePM _{2,5} 50 %	

PM ₁₀		hrubý	
ISO ePM ₁₀ 95 %	M6	ISO hrubý 95 %	G4
ISO ePM ₁₀ 90 %		ISO hrubý 90 %	
ISO ePM ₁₀ 85 %		ISO hrubý 85 %	
ISO ePM ₁₀ 80 %		ISO hrubý 80 %	
ISO ePM ₁₀ 75 %		ISO hrubý 75 %	
ISO ePM ₁₀ 70 %		ISO hrubý 70 %	
ISO ePM ₁₀ 65 %		ISO hrubý 65 %	
ISO ePM ₁₀ 60 %	M5	ISO hrubý 60 %	G3
ISO ePM ₁₀ 55 %		ISO hrubý 55 %	
ISO ePM ₁₀ 50 %		ISO hrubý 50 %	
		ISO hrubý 45 %	G2
		ISO hrubý 40 %	
		ISO hrubý 35 %	
		ISO hrubý 30 %	

hů odlučivostí ePM_x . Jediným rozdílem oproti údajům v tab. 6 je použití znaménka „ \geq “ i u rozsahů odlučivostí filtrů třídy G.

Systemair

V prezentaci firmy Systemair [15] se uvádí orientační převodní tabulka mezi třídami filtrů dle EN 779 a „uzavřených“ rozsahů odlučivostí ePM_x a ISO hrubý dle ISO 16890.

Tab. 8 je netradičně uspořádána podle frakcí atmosférického prachu a dosahovaných odlučivostí ePM_x . Z tab. 8 je zároveň zřejmé alternativní použití filtrů pro různé zrnitosti prachů, např. možnosti využití ekvivalentů třídy filtrů F7 pro odlučování jemných frakcí PM_1 a zároveň pro odlučování frakcí $PM_{2,5}$.

Kromě této cenné formy převodu filtrů se v prezentaci [15] uvádí i jednoduchá převodní tabulka vybraných tříd filtrů ve formě charakteristických odlučivostí, viz tab. 9.

Tab. 9 Převodní tabulka mezi filtry dle EN 779 a ISO 16890 podle [15]

Tab. 9 Conversion table between filters according to EN 779 and ISO 16890 according to [15]

Třída filtru dle EN 779	ISO ePM_1	ISO ePM_{10}	ISO hrubý
G2			30 %
G3			50 %
G4			60 %
M5		55 %	
F7	60 %		

Z porovnání těchto údajů s hodnotami v tab. 6 a 7 je zřejmé, že uváděné odlučivosti v tab. 9 nevyjadřují minimální hodnoty odlučivosti, dosahované pro filtry třídy dle EN 779, ale „charakteristické“ nebo „střední“ hodnoty odlučivosti.

Robatherm

Stejnou orientační převodní tabulku mezi filtry dle EN 779 a ISO 16890, jako je tab. 8, uvádí ve svém materiálu firma Robatherm [16].

V návaznosti na uspořádání tabulky podle použití pro odlučování částic atmosférického prachu frakcí PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_{10} a syntetického prachu L2 se u ekvivalentů jemných filtrů určených pro odlučování frakcí PM_1 požaduje nejnižší účinnost 50 % pro filtry v neošetřeném a elektrostaticky vybitém stavu.

Totéž se požaduje u středních filtrů, kde minimální účinnost pro odlučování frakcí atmosférického prachu $PM_{2,5}$ pro filtry v neošetřeném a elektrostaticky vybitém stavu je 50 % ($ePM_{2,5}$).

Pro střední filtry, určené pro odlučování frakcí atmosférického prachu PM_{10} , se požaduje nejnižší účinnost 50 % (ePM_{10}) pro filtry v neošetřeném stavu. Nejsou žádné požadavky na stav elektrostatického vybití.

U filtrů hrubých nejsou kladeny žádné požadavky na stav elektrostatického vybití.

Směrnice EUROVENT 4/23 – 2018

Podobný přístup v porovnání použitelnosti filtrů dle EN 779:2012 a EN ISO 16890-1:2016 je použit ve směrnici EUROVENT 4/23 – 2018 [17], kde v příloze 1 je uvedeno porovnání filtrů třídy M a F se zatříděním filtrů dle ePM_x ve formě odpovídajících rozsahů odlučivosti ePM_x . Uvedené hodnoty jsou výsledkem porovnávacích zkoušek provedených u výrobců, členů sdružení EUROVENT, kteří mají 70% podíl na evropském trhu. Výsledky porovnání jsou uvedeny v tab. 10.

Tab. 10 Převodní tabulka mezi filtry dle EN 779:2012 a EN ISO 16890-1:2016 [17]

Tab. 10 Conversion table between filters according to EN 779:2012 and EN ISO 16890-1:2016 [17]

Třída filtrů	Rozsah odlučivosti u tříd filtrů ePM_1 , $ePM_{2,5}$ a ePM_{10}			
	ePM_1	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}	
EN 779	M5	5 – 35 %	10 – 45 %	40 – 70 %
	M6	10 – 40 %	20 – 50 %	60 – 80 %
	F7	40 – 65 %	65 – 75 %	80 – 90 %
	F8	65 – 90 %	75 – 95 %	90 – 100 % ^{*)}
	F9	80 – 90 %	85 – 95 %	90 – 100 % ^{*)}

^{*)} Poznámka autorů: S ohledem na uvedenou horní hranici 100 % všechny uváděné hodnoty v tabulce zřejmě značí vypočítané hodnoty odlučivosti ePM_x ještě před zaokrouhlením na 5 % dolů.

POROVNÁNÍ PŘEVODNÍCH VZTAHŮ PODLE JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ

Pro vzájemné porovnání jsou v tab. 11 až 15 u jednotlivých tříd filtrů dle EN 779:2012 shrnuty uvedené převodní vztahy mezi EN 779:2012 a EN ISO 16890-1:2016.

Tab. 11 Shrnutí převodních vztahů pro hrubé filtry třídy G

Tab. 11 Conversion relationships summary for coarse filters of Class G

Zdroj	G2	G3	G4
	ISO hrubý [%]	ISO hrubý [%]	ISO hrubý [%]
FGK [14]	> 30	> 45	> 60
Systemair [15]	30 – 40	45 – 55	60 – 95
Systemair [15]	30	50	60
EVA v [15]	\geq 30	\geq 45	\geq 60
Robatherm [16]	30 – 40	45 – 55	60 – 95

Tab. 12 Shrnutí převodních vztahů pro střední filtry třídy M

Tab. 12 Conversion relationships summary for medium filters of class M

Zdroj	M5			M6		
	ePM_1 [%]	$ePM_{2,5}$ [%]	ePM_{10} [%]	ePM_1 [%]	$ePM_{2,5}$ [%]	ePM_{10} [%]
Camfil [12]	-	-	> 50	-	-	> 60
VDI – SWKI v [11]	-	-	\geq 50	-	-	-
VDI – SWKI v [13]	-	-	50	-	-	-
FGK [14]	-	-	\geq 50	-	\geq 50	-
EVA v [15]	-	-	\geq 50	-	-	-
Systemair [15]	-	-	50 – 60	-	50 – 60	65 – 95
Systemair [15]	-	-	55	-	-	-
Robatherm [16]	-	-	50 – 60	-	50 – 60	65 – 95
Eurovent [17]	5 – 35	10 – 45	40 – 70	10 – 40	20 – 50	60 – 80

Tab. 13 Shrnutí převodních vztahů pro jemné filtry třídy F7

Tab. 13 Conversion relationships summary for fine filters of class F7

Zdroj	F7		
	ePM ₁ [%]	ePM _{2,5} [%]	ePM ₁₀ [%]
Camfil [12]	-	-	> 80
VDI – SWKI v [11]	≥ 50 posl. st.	≥ 65	-
VDI – SWKI v [13]	50 > 50 posl. st.	-	-
FGK [14]	≥ 50	-	-
E VIA v [15]	≥ 50	-	-
Systemair [15]	50 – 65	65 – 95	-
Systemair [15]	60	-	-
Robatherm [16]	50 – 65	65 – 95	-
Eurovent [17]	40 – 65	65 – 75	80 – 90

Tab. 14 Shrnutí převodních vztahů pro jemné filtry třídy F8

Tab. 14 Conversion relationships summary for fine filters of class F8

Zdroj	F8		
	ePM ₁ [%]	ePM _{2,5} [%]	ePM ₁₀ [%]
Camfil [12]	-	-	> 90
FGK [14]	≥ 70	-	-
E VIA v [15]	≥ 70	-	-
Systemair [15]	70 – 75	-	-
Robatherm [16]	70 – 75	-	-
Eurovent [17]	65 – 90	75 – 95	90 – 100

Tab. 15 Shrnutí převodních vztahů pro jemné filtry třídy F9

Tab. 15 Conversion relationships summary for fine filters of class F9

Zdroj	F9		
	ePM ₁ [%]	ePM _{2,5} [%]	ePM ₁₀ [%]
Camfil [12]	-	-	> 95
VDI – SWKI v [11]	≥ 80	-	-
VDI – SWKI v [13]	80	-	-
FGK [14]	≥ 80	-	-
E VIA v [15]	≥ 80	-	-
Systemair [15]	80 – 95	-	-
Robatherm [16]	80 – 95	-	-
Eurovent [17]	80 – 90	85 – 95	90 – 100

Z porovnávacích tabulek jednotlivých tříd filtrů vyplývá u hrubých filtrů G2 až G4 velmi dobrá shoda dosahovaných odlučivostí na syntetický prach L2 dle ISO 15957 podle jednotlivých zdrojů. Zrnitost syntetického prachu je uvedena v [9] na obr. 1 a hmotnostní medián je cca 10 µm.

Rovněž u středních filtrů M5 a M6 jsou údaje od jednotlivých zdrojů v dobré shodě, s jedinou výjimkou u filtrů M6 a odlučivosti ePM_{2,5}. Podle údajů Eurovent [17] se u těchto filtrů dosahuje odlučivosti 20 až 50 %, kdežto podle ostatních zdrojů je odlučivost ≥ 50 %, resp. 50 až 60 %.

U jemných filtrů F7 až F9 jsou údaje od jednotlivých zdrojů v dobré shodě, opět s výjimkou údajů dle Eurovent [17], kde u filtrů F8 a odlučivosti ePM₁ udávaný široký rozsah odlučivosti 65 až 90 % neodpovídá užšímu rozsahu 70 až 75 % dle údajů [15] a [16].

Z porovnání uváděných „otevřených“ rozsahů odlučivosti (≥ XY %) a „uzavřených“ rozsahů odlučivosti (od – do) u všech filtrů vyplývá i reálný odhad skutečného rozsahu odlučivosti u udávaných „otevřených“ odlučivosti.

ZÁVĚR

Zásadní změnu v třídění a použití filtrů pro všeobecné větrání přinesl vznik ISO normy 16890, která při zkoušení a třídění filtrů zavádí nové indikátory – frakce atmosférického prachu PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ a pro zařazení používá hodnoty celkové odlučivosti filtru ePM_x stanovené na základě experimentálně zjištěné závislosti frakční odlučivosti na velikosti částice v rozsahu 0,3 µm až x µm.

V příspěvku jsou shrnuty hlavní rozdíly mezi původním zařazením filtru dle ČSN EN 779 a novým zařazením dle ČSN EN ISO 16890 a vysvětlen problém přímého překlasifikování filtrů tříd ČSN EN 779 na třídy filtrů dle ČSN EN ISO 16890.

Hlavní náplní příspěvku je výčet známých převodních vztahů mezi původním a novým zařazením filtrů, které uvádějí někteří renomovaní výrobci filtrů pro všeobecné větrání, některé národní normy nebo publikace zájmových sdružení, jako např. sdružení výrobců vzduchotechnických zařízení EUROVENT a Evropská asociace průmyslového větrání EVIA.

I když uváděné převodní vztahy mezi oběma třídícími systémy jsou pouze orientační a s ohledem na rozdílnost systémů ani jiné být nemohou, věříme, že mohou přispět k úspěšnému přechodu na nový systém třídění a jeho uvedení do praxe.

Kontakt na autora: Jiri.Hemerka@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] ISO 16890-1. Air filters for general ventilation – Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM). ISO 2016.
- [2] ČSN EN 779:2012. Filtry atmosférického vzduchu pro odlučování částic pro všeobecné větrání – Stanovení filtračních parametrů. ÚTNMZ, 2012.
- [3] 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.
- [4] ČSN EN ISO 16890-2. Vzduchové filtry pro všeobecné větrání – Část 2: Měření účinnosti odlučování částic a odporu proti proudění vzduchu. ÚTNMZ, 2018.
- [5] ČSN EN ISO 16890-3. Vzduchové filtry pro všeobecné větrání – Část 3: Stanovení účinnosti gravimetrické metody a odporu proti proudění vzduchu pomocí hmotnosti zachyceného zkušebního prachu. ÚTNMZ, 2018.
- [6] ČSN EN ISO 16890-4. Vzduchové filtry pro všeobecné větrání – Část 4: Metoda určující stanovení minimální zkušební účinnosti odlučování částic. ÚTNMZ, 2018.
- [7] ČSN EN 13779. Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy. ÚTNMZ, 2010.
- [8] EN 16789-3:2017. Energy performance of buildings – Ventilation of buildings – Part 3: For non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.

RADIK VKM8

ŘEŠENÍ PRO KAŽDÉ PŘIPOJENÍ

- [9] MOJŽIŠ, M. Komentář a doplnění článku „Normalizace a odlučovací schopnosti filtrů pro všeobecné větrání“ (VI č. 1/2018) a současné problémy s měřeními a tříděním filtrů, *VI 4/2018*, s. 246–250.
- [10] HEMERKA, J., VYBÍRAL, P. Normalizace a odlučovací schopnosti filtrů pro všeobecné větrání, *VI 1/2018*, s. 29–35.
- [11] EUROVENT Guidebook „Air filters for general ventilation, March 2017.
- [12] PM1 – Fine Dust Hazard to Health, Clean Air Solutions, Camfil, 2017.
- [13] ISO 16890 – The new standard for coarse dust and fine dust filters, TROX Technik, 2017.
- [14] Status Report Nr. 44, Fachverband Gebaude-Klima e.V., 2017.
- [15] ISO 16890 – Air filters for general ventilation, Systemair, MBM 2018 – 15. and 16. May 2018.
- [16] 49 tříd filtrace místo 9 – Norma ISO 16890 pro vzduchové filtry přehledně, Robathern, 2018.
- [17] EUROVENT Směrnice 4/23 – 2018 Selection of EN ISO 16890 rated filter classes for general ventilation applications, Second edition, October 2018.

ČEZ se zajímá o malé reaktory

České energetické závody a americká společnost firma NuScale budou společně rozvíjet malé modulární jaderné reaktory. Společnosti podepsaly dohodu o porozumění a budou sdílet technické poznatky z vývoje těchto zdrojů, posoudí také možnost jejich uplatnění v podmínkách Česka i celé Evropy.

Malými reaktory jsou podle mezinárodního uznávaného označení všechny reaktory s elektrickým výkonem méně než 300 MW, středními reaktory jsou reaktory s výkonem 300 až 700 MW a pro obě kategorie se používá zkratka SMR (Small and Medium Reactors). Modulární reaktory jsou pak takové, které se dodávají v modulech – nestavějí se na místě, ale dováží se na místo určené hotové od výrobce. Takový postup se považuje za ekonomicky výhodnější.

ČEZ se otázkou těchto reaktorů věnuje prostřednictvím své dceřiné organizace ÚJV Řež. Zatímco instalovaný výkon jaderné elektrárny Temelín je asi 2 000 MW, vyvíjené malé reaktory jsou řádově menší. Výhodou může být jejich sériová výroba a montáž přímo ve výrobních závodech. Zároveň je možné soustředit větší počet modulů v jedné lokalitě.

Podobné modely reaktorů se všude ve světě teprve vyvíjejí a praktická zkušenost s jejich provozem téměř chybí. A zcela chybí zkušenosti s jejich výrobou ve větším množství. Před několika lety totiž studie OECD odhadovala, že bez sériové výroby je cena jednoho malého reaktoru na jednotku výkonu cca o 50 až 100 % vyšší než u velkých reaktorů.

Zdroj: *Technický týdeník 19/2019*

(VZ)

Jsou fototermální elektrárny příslibem do budoucna?

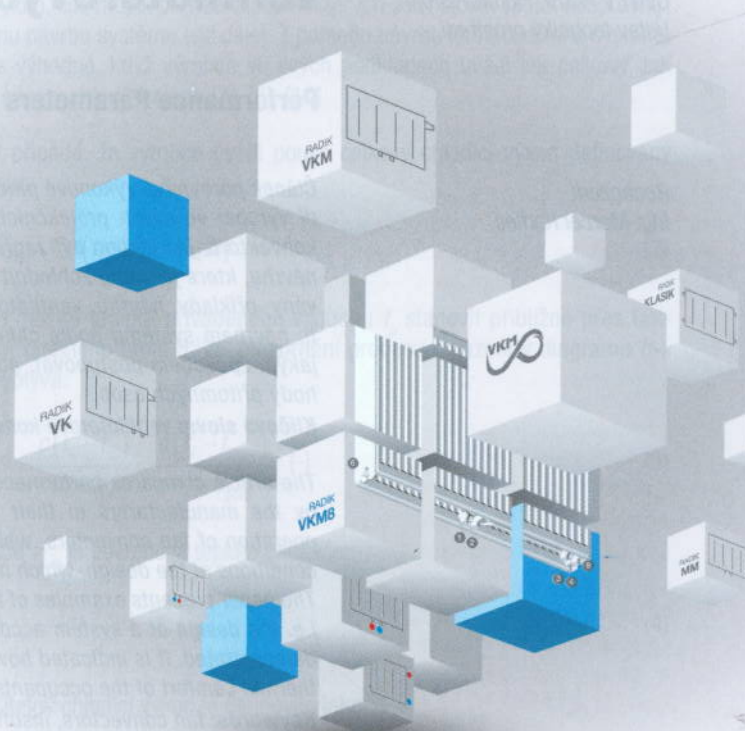
Ceny solárních panelů a větrných elektráren nadále klesají a na některých místech světa se z nich stávají ekonomicky zajímavé alternativy. Obnovitelné zdroje energie vody, větru a slunce však většinou slouží k výrobě elektrické energie. Elektřina přitom představuje jen zhruba čtvrtinu z celkové energetické spotřeby lidstva, významnou položkou ve spotřebě tvoří energie tepelná, potřebná na vytápění, ohřev vody nebo pohon vozidel.

Malá kalifornská společnost Heliogen přišla s tiskovým prohlášením oznamujícím řešení v podobě „obnovitelného“ tepla. Společnost se věnuje oboru, který není nijak nový: vývoj solárně-termálních elektráren. Jedná se o zařízení tvořené soustavou zrcadel, kterými je odrážené sluneční záření koncentrováno do jediného místa, z praktických důvodů vyvýšeného. Vznikající teplo slouží k výrobě páry, která pohání turbínu. Systém společnosti Heliogen se od jiných systémů liší zejména v dosažené teplotě. Tiskové prohlášení uvádí, že teplota v místě věže, kde se koncentrují odražené paprsky, dosahuje až 1000 °C. U podobných elektráren se teploty pohybují výrazně níže, zhruba na polovinu této hodnoty. Z praktického hlediska však nasazení takové technologie nebude vůbec jednoduché. Elektrárna pracuje pouze na přímém slunci a jen na suchých a slunných místech, navíc je zapotřebí poměrně velká plocha. Systém navíc není triviální, vyhodnocování odrazu je poměrně výpočetně náročné.

Obor byl na přelomu století plný nadějí, dnes se jedná spíše o okrajovou záležitost. Výkon všech elektráren tohoto typu je kolem 6 GW, což je z globálního hlediska zanedbatelná hodnota.

Zdroj: *Technický týdeník 23/2019*

(VZ)



Zjednodušte si výběr deskových radiátorů pro váš dům. Je to snadné, máme pro vás univerzální radiátor!

- pravé, levé, středové připojení – až 48 možností
- záruka 10 let
- možnost volby designu čelní desky (LINE, PLAN)
- lakování v jakékoliv barvě RAL
- český produkt od českého výrobce

