

Ing. Jan ČERNOHLÁVEK
Garija Trade s.r.o.

Energetická úspora, optimalizace a snižování provozních nákladů vzduchové filtrace

Energy Saving, Optimization and Reduction of Air Filtration Operation Costs

Recenzent
Doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc.

Cena filtru je dnes v ČR mnoha uživateli a odběrateli vzduchových filtrů skloňována ve všech pádech a stala se rozhodujícím pro výběr dodavatele, potažmo výrobce. Tendence vnímat cenu vzduchového filtru jen jako okamžitý náklad na nákup bez dalších souvislostí je však dnes velmi krátkozraká a neekonomická. Autor si klade za cíl seznámit veřejnost s provozně ekonomickými souvislostmi vzduchové filtrace a nabídnout návod jak zajistit energetickou úsporu a celkově snížení provozních nákladů. Jinými slovy, jak efektivně provozovat vzduchovou filtraci. Pojďme tedy zahrnout pojem cena filtru do širších souvislostí a hovoříme o pojmu cena filtrace vzduchu.

Klíčová slova: filtrace vzduchu, tlaková ztráta, provozní náklady, filtrační plocha, výměna filtrů

Price of a filter is inflected by many users and customers of air filters nowadays in the CR in all cases and became the decisive point for the selection of the supplier or the manufacturer. However, the tendency to perceive the price of the air filter solely as an immediate cost for the purchase without any other contingencies is currently very short-sighted and uneconomical. The aim of this article is to inform the public of the operation and economic relationships of the air filtration and to offer the instruction of how to ensure the energy saving and the overall reduction of operation costs. Videlicet how to operate the air filtration effectively. Let us include the notion "price of filter" in broader conjunctions and let us speak of "price of the air filtration".

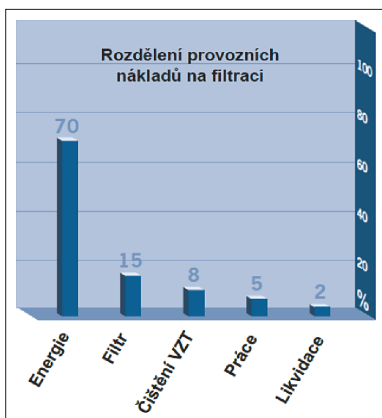
Key words: air filtration, pressure loss, operation costs, filtration area, replacement of filters

CENA FILTRACE VZDUCHU

Celková cena filtrace vzduchu je určena následujícími parametry:

- kupní cenou filtru v okamžiku prodeje,
- spotřebou elektrické energie za dobu jeho provozu,
- četností výměn za sledované období,
- cenou práce nutné k výměně filtru,
- cenou za jeho likvidaci,
- nucenými náklady na čištění VZT zařízení,
- nucenými náklady na pořízení filtrů zařazených v dalších stupních filtrace

Chceme-li efektivně snížit provozní náklady na filtraci vzduchu, je zapotřebí kvantifikovat jednotlivé výše uvedené parametry ovlivňující cenu filtrace a optimalizovat každý z nich v souvislosti s ostatními při zajištění požadované kvality filtrace.



Obr. 1 Rozdělení provozních nákladů na filtraci vzduchu po dobu celé životnosti vzduchového filtru [1]

Kupní cena filtru

Je dána výrobcem a kalkulována tak, aby mu pokryla náklady na jeho vývoj, výrobu, distribuci a samozřejmě vytvořila zisk. Tento parametr je určovaný nabídkou a poptávkou, ovlivněný kvalitou použité technologie a použitými materiály. Kupní cena je parametr, který musí být v celkové kalkulaci nákladů na filtraci opodstatněný, protože vzduchový filtr není a nikdy nebude brán jako módní prvek, u kterého by mohly být upřednostněny jiné než provozní vlastnosti.

Snížením kupní ceny filtru na úkor jeho kvality dojde k negativnímu ovlivnění všech ostatních parametrů ovlivňujících celkové náklady na filtraci a i přes nižší pořizovací náklady dojde k razantnímu zvýšení celkového účtu za vzduchovou filtraci.

Spotřeba elektrické energie

Potřeba filtrů ve vzduchotechnických zařízeních a jednotkách vyplývá primárně z technických požadavků kladených na tyto zařízení. Klíčový požadavek je však ve své podstatě jen jeden – distribuce žádaného množství vzduchu v požadovaném stavu (tedy kvalitě) na určené místo. Vzduch je tedy čištěný, ohříván/chlazený, zvlhčován/odvlhčován, případně dočištěňován a následně přepravený soustrojím ventilátoru/elektromotoru na místo požadovaného odběru. Spotřeba energie tohoto řetězce je dána potřebným příkonem motoru ventilátoru a účinnostmi jednotlivých prvků v systému.

Tyto vlastnosti systému jsou ovlivňovány především:

- tlakovou ztrátou,
- kvalitou dopravovaného vzduchu.

Tlaková ztráta

V typickém větracím systému s jedním filtračním stupněm na vstupu a jedním na odtahu je velikost tlakové ztráty podle tab. 1.

Tab. 1 Velikost tlakové ztráty v typickém větracím systému s jedním filtračním stupněm na vstupu a jedním na odtahu [2].

	Pa	%
Potrubi (vstup a odtah)	500	40
Filtry (vstup a odtah) – dva filtry, průměrně 175 Pa + 175 Pa	350	28
Výměník tepla (vstup a odtah)	240	19
Chlazení	60	5
Ohřivač	50	4
Tlumič hluku (vstup a odtah)	40	3
Další prvky	10	1
Celkem	1250	100

Filtry jsou jedinými položkami v klimatizačním a větracím systému, které se dají vyměnit za obhajtelné náklady.

A jaké vlastně úspory nákladů lze získat?

V průběhu jednoho roku (8760 h) spotřebuje jeden filtr s průtokem vzduchu 1 m³/s (3600 m³/h) a průměrnou tlakovou ztrátou 100 Pa množství energie rovnající se 1250 kWh, při 70% účinnosti zařízení. Náklady na energii jsou podstatně vyšší než náklady na samotný filtr, a snížení tlakové ztráty bude mít pro úsporu energie stále větší a větší význam. Velká filtrační plocha zpomaluje nárůst tlakové ztráty, což se kladně projevuje na celém zařízení, protože průtok vzduchu je stabilizovaný a spotřeba energie v systému klesá.

Vzduchový filtr je v systému z pohledu tlakové ztráty jedinou částí, která mění svůj stav v poměrně krátkém čase – zanášá se prachem a v důsledku toho stoupá jeho odpor kladený průtokem vzduchu, který tak přímo ovlivňuje spotřebu elektřiny a množství dodávaného vzduchu. Na tlakovou ztrátu filtru má vliv i jeho konstrukce, tedy použité materiály a tvar. Špatnou konstrukci filtru nezachrání ani použití kvalitního filtračního materiálu. Naše zkušenosti ukazují, že v procentuálním vyjádření:

- ze 45 % ovlivňuje tlakovou ztrátu filtru jeho konstrukce a provedení,
- z 55 % samotný filtrační materiál.

Kvalita vzduchu, účinnost filtru

Účinnost filtru ovlivňuje kvalitu vzduchu za filtrem. Množství nečistot ve vzduchu procházejícího systémem má vliv na:

- účinnost prvků zařazených v systému za filtrem jejich zanesením (teplosměnné plochy výměníků, rekuperátorů či regenerátorů, plochy lopatek ventilátorů a stěn VZT potrubí nevýmáje)
- životnost dalších filtračních stupňů (2°, 3° HEPA, ULPA).

POSUZOVÁNÍ FILTRŮ [5], [6]

Pro správné posouzení filtru z hlediska kvality filtrace a adekvátnosti jeho ceny je tedy zapotřebí rozlišit celou řadu faktorů, z nichž 5 základních a hlavních je:

- účinnost filtru
- druh a kvalita filtračního materiálu
- filtrační plocha a konstrukce filtru
- životnost filtru
- cena filtru

Účinnost filtrů

Filtry jsou zaříděny do příslušných tříd filtrace podle standardu EN 779:2002 respektive EN 1822. Pokud filtr deklaruje třídu filtrace např. F6, měla by být jeho skutečná účinnost nějakým způsobem doložená. Může se tak samozřejmě stát i obyčejným ujištěním výrobce, že filtr je klasifikován podle této normy. Uživatel má však podle normy EN 779:2002 právo žádat o takové klasifikaci důkaz.

Eurovent certifikát

Tato certifikace je rozdělena do 17 programů. Každý z nich odráží určité výrobky či jejich okruh z oborů vzduchotechniky a klimatizace. Eurovent certifikát znamená, že společnost Eurovent stvrzuje, že takto certifikované výrobky jsou vyrobeny a dosahují deklarovaných parametrů podle evropských mezinárodních norem. Všichni výrobci, kteří žádají o Eurovent certifikát, musí přesně splnit požadavky společnosti, a tím umožňují uživateli snadnější porovnání svých produktů s konkurenčními. Cílem certifikace výrobku tímto certifikátem je pak vybudovat jistotu u zákazníků, že všechny výrobky takto certifikované jsou posuzovány podle rovných a pro všechny stejných podmínek.

Certifikát podle normy EN 779:2002

Tato norma předepisuje jak se filtry, respektive jejich účinnost musí testovat a co musí být obsaženo v protokolu s výsledky měření filtrů. Měření probíhá v nezávislé laboratoři nebo institutu,



Obr. 2 Loga nejdůležitějších certifikačních institucí ve vzduchové filtraci přinášející nezávislé posouzení podle předemných norem, umístované na certifikované filtry [3]

který je odbornou veřejností považován za důvěryhodný. Takovým široce akceptovaným institutem je společnost VTT ve Finsku (<http://www.vtt.fi/vtt/index.jsp>).

P-MARK Certifikace

Výrobce, který usiluje o tuto certifikaci, musí splňovat následující požadavky:

- musí být certifikován podle ISO 9000
- roční, nezávislé testování filtrů podle EN 779:2002
- test životnosti, 6 měsíců podle SP metody č. 1937
- testování filtrů v reálných podmínkách.

Druh a kvalita filtračního materiálu

Při posuzování účinnosti filtrů má velký vliv použitý filtrační materiál. Právě certifikáty z měření podle uvedené normy EN 779:2002 nám poskytnou dostatečný obraz o metodice testování filtrů, zařazování do příslušných tříd filtrace, ale hlavně o chování filtrů ve skutečném provozu podle druhu filtračního materiálu.

Pro zjednodušení na vysvětlení rozdílu mezi filtračním materiálem ze syntetických vláken a filtračním materiálem ze skleněných vláken budeme porovnávat údaje z protokolů institutu VTT v kolonce „untreated / discharged efficiency of filter material (0,4 μm)“, což znamená porovnání účinnosti nových filtrů s neupraveným filtračním materiálem a účinnosti upraveného – elektrostaticky vybitého filtračního materiálu (obr. 3 a obr. 4).

Pro filtry ze skleněného materiálu je tento rozdíl malý (např. pro filtr Camfil Farr HI-FLO P7 je to 68/63 %). Pro filtry ze syntetického materiálu je tento rozdíl velký (např. pro filtr třídy F7 je to 70/19 %). Toto srovnání ukazuje to,

ÚDAJE O ZKOUŠENÉM FILTRU DEVICE TESTED					
Model	HI-FLO M9	Manufacturer	Camfil KG	Construction	12 pockets
Type of media	Glass Fiber	Net effective filtering area	9.0 m ²	Filter dimensions (width x height x depth)	592 mm x 592 mm x 635 mm
PODMÍNKY ZKOUŠKY TEST DATA					
Test air flow rate	0.944 m ³ /s	Test air temperature	21 - 23 °C	Test air relative humidity	12 - 18 %
		Test aerosol	DEHS	Loading dust	ASHRAE
VÝSLEDKY ZKOUŠKY RESULTS					
Initial pressure drop	132 Pa	Initial arrestance	>99 %	Initial efficiency (0.4 μm)	85 %
Final pressure drop	250 / 350 / 450 Pa	Average arrestance	>99 / >99 / >99 %	Average efficiency (0.4 μm)	95±1 / 95±1 / 96±1 %
		Dust holding capacity	364 / 474 / 550 g	Filter class (450 Pa)	F9
		Untreated / discharged efficiency of filter material (0.4 μm)			86 / 79 %

Obr. 3 Hlavní data ze zkušebního protokolu [3]

Initial pressure drop	81 Pa	Initial arrestance	>99 %	Initial efficiency (0.4 μm)	64 %	Dust holding capacity	511 / 605 / 673 g	Untreated / discharged efficiency of filter material (0.4 μm)	63 / 61 %
Final pressure drop	250 / 350 / 450 Pa	Average arrestance	>99 / >99 / >99 %	Average efficiency (0.4 μm)	87±1 / 89±1 / 90±1 %	Filter class (450 Pa)	F7 / F8		
Initial pressure drop	104 Pa	Initial arrestance	>99 %	Initial efficiency (0.4 μm)	72 %	Dust holding capacity	199 / 251 / 289 g	Untreated / discharged efficiency of filter material (0.4 μm)	70 / 19 %
Final pressure drop	250 / 350 / 450 Pa	Average arrestance	>99 / >99 / >99 %	Average efficiency (0.4 μm)	81±1 / 83±1 / 84±1 %	Filter class (450 Pa)	F7		

Obr. 4 Příklady výsledků zkoušení filtrů filtrační třídy F7: Zakroužkované hodnoty ukazují změny účinnosti filtrů po vybití elektrostatického náboje u filtru ze skleněných vláken (nahoře) a u filtru ze syntetickými vlákny (dole) [3]

že u filtračního materiálu ze syntetických vláken zajišťuje filtrační efekt hlavně elektrostatický náboj, po jeho vybití však účinnost výrazně klesá. Tyto údaje jsou naměřené v laboratorních podmínkách podle metody uvedené normy. V praxi se stav vybití filtračního materiálu dosahuje po cca 6 až 8 týdnech provozu. Filtrační materiál ze skleněných vláken tuto vlastnost nemá a účinnost po vybití klesá jen minimálně. Snížení účinnosti filtrů ze syntetického materiálu může být po vybití až takové, že se chovají nejenom jako filtry nižších tříd, ale dochází i k opětovnému uvolňování již zachycených částic.

Další obraz o skutečné účinnosti filtrů a zařazení zkoušeného filtru do příslušné třídy filtrace nám u jemných filtrů třídy F poskytnou následující údaje z protokolů o měření:

- Initial pressure drop (počáteční tlaková ztráta),
- Initial efficiency (počáteční účinnost filtru pro částice 0,4 μm),
- Final pressure drop 250/350/450 Pa (konečné tlakové ztráty, ke kterým se z průběhu zkoušky vypočítávají střední účinnosti filtru pro částice 0,4 μm),
- Average efficiency (0,4 μm) – 3 hodnoty střední účinnosti filtru až do dosažení tlakových ztrát 250/350/450 Pa.

Uvedené tlakové ztráty se ve zkušebních podmínkách dosahují postupným zanášením přesně definovaným umělým (syntetickým) prachem. Po jednotlivých dávkách syntetického prachu se měří tlakové ztráty a účinnosti filtru a při dosažení konečné tlakové ztráty 450 Pa se vypočte střední účinnost podle které je filtr zařazen do příslušné třídy filtrace.

Zařazení filtru do příslušné třídy však vždy neposkytne obraz o tom, jak se filtr z hlediska účinnosti chová v reálných podmínkách filtrace vzduchu, kdy musíme brát v úvahu vzájemnou souvislost mezi účinností filtru a postupným vybíjením elektrostatického náboje filtračního materiálu.

Vzduchový filtr vlivem poklesu elektrostatického náboje a tedy snížení své účinnosti zachytává méně prachu a zanáší se tak pomaleji. Konečné tlakové ztráty je tak často dosaženo později avšak na úkor kvality filtrovaného vzduchu za filtrem.

Filtrační plocha a konstrukce filtru

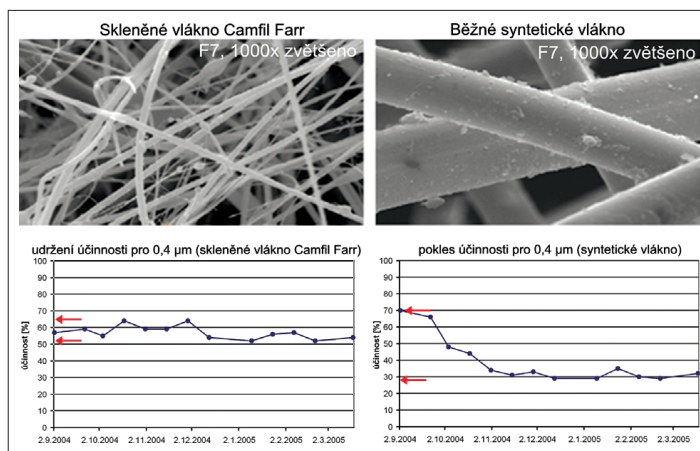
Tento technický údaj je obvykle při posuzování filtrů neprávem opomíjen. Přitom má zcela zásadní vliv na tlakovou ztrátu filtru jak v čistém, tak v použitém stavu. Je v přímé souvislosti s životností filtru. Vztah mezi filtrační plochou a životností je překvapivě jednoduchý. V praxi můžeme říci, že použití 12kapsového filtru namísto 6kapsového (zvýšení filtrační plochy na dvojnásobek) bude znamenat prodloužení jeho životnosti 4x.

Na obr. 6 a 7 je vidět, co se stane, pokud jsou kapsy filtru šité paralelně a ne kónicky. Při filtraci vzduchu není efektivně využita celá plocha filtru. Světla místa jsou části filtru, které jsou k sobě přitisknuty a filtry tak nefiltrují celou svou plochou. Filtrační plocha filtru se tímto výrazně sníží a tlaková ztráta filtru významně narostla. Obr. 8 naopak ukazuje, jak mají kapsy vypadat při průchodu vzduchu přes filtr, pokud je jeho konstrukce správná.

Životnost filtru

Životnost filtru je základní ekonomickoprovozní údaj a je to doba, za kterou je třeba filtr vyměnit. Při posuzování tohoto údaje je nutné dát do souvislosti hledisko hygienické, technické a ekonomické.

Pro výměny filtrů musí mít jedno z těchto hledisek prioritu, nicméně v praxi je uplatňování takových hledisek často sporné.



Obr. 5 1000 x zvětšené laboratorní snímky materiálů ze skleněných vláken (vlevo) a syntetických vláken vpravo a příslušné grafy změny účinnosti v čase při reálném provozu s jasně patrným poklesem u syntetického materiálu [2]

Hledisko hygienické

- První stupeň filtrace filtry třídy G maximálně jednou za rok
- Druhý stupeň filtrace filtry třídy F maximálně 2 roky

Hledisko technické

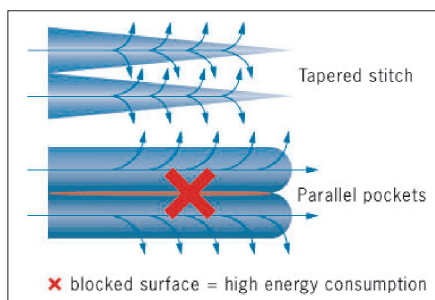
- První stupeň při dosažení tlakové ztráty 250 Pa
- Druhý stupeň při dosažení tlakové ztráty 450 Pa

Takto praví norma EN 779:2002, jedná se o tlakové ztráty, až po které musí testovaný filtr splňovat podmínky pro danou třídu filtrace. Ve skutečnosti však filtry do této tlakové ztráty nejsou provozovány a to z velmi prostého důvodu – při dvoustupňové filtraci (hrubý filtr třídy G a jemný filtr třídy F) by došlo k součtu tlakových ztrát (700 Pa) a ventilátor by nebyl schopen (v obvyklých instalacích) dopravovat požadované množství vzduchu. Navíc, provozovat filtry až do takto vysoké konečné ztráty by znamenalo velký nárůst spotřeby elektrické energie v případě požadavku na zachování konstantního průtoku vzduchu.

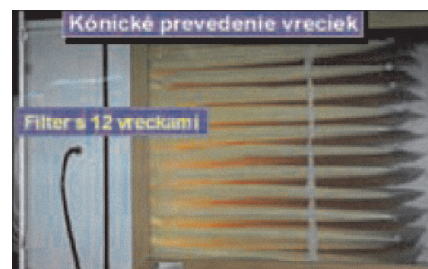
Hledisko ekonomické

- Doporučená konečná tlaková ztráta filtrů třídy G a F pro ekonomickou výměnu filtru je 250 Pa.

Ideální je tedy kombinace hlediska ekonomického s hygienickým.



Obr. 6 Provedení kónických a paralelních kapes [4]



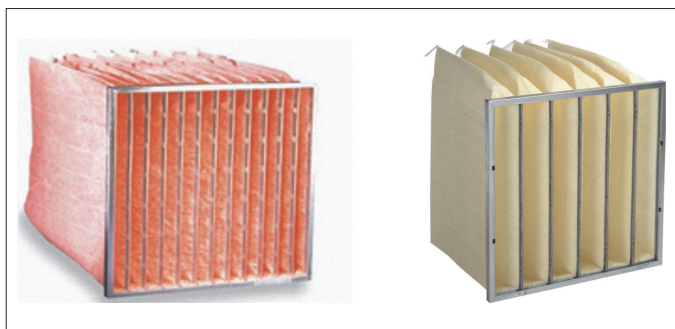
Obr. 8 Správná konstrukce filtru s kónicky šitými kapsami [3]



Obr. 7 Filtry s paralelně šitými kapsami v praxi. Vpravo – dotýkající se kapsy v provozu [1]

VLASTNÍ SNIŽOVÁNÍ NÁKLADŮ

Provoz filtru s vyšší filtrační plochou je mnohem ekonomičtější než u filtrů s malou filtrační plochou. Všeobecně platí, čím vyšší třída filtrace, tím je vyšší počáteční tlaková ztráta na filtru. Pro filtr s určitou třídou filtrace platí, čím je větší filtrační plocha (více kapes na daný rozměr), tím je nižší počáteční tlaková ztráta a tím je delší životnost filtru, protože doporučenou konečnou tlakovou ztrátou dosáhne filtr později. Navíc je důležité, že během životnosti filtru systém pracuje při nižší tlakové ztrátě, což má přímý vliv na energetiku provozu. Nyní můžeme zohlednit také životnost filtru. Víme, že 50% zvýšení filtrační plochy má přibližně efekt 100 % zvýšení životnosti filtru.



Obr. 9 Porovnávané filtry třídy F7 s rozdílnou filtrační plochou (účinnosti i rozměry jsou stejné)

Filtr Hi-Flo M7 (filtrační plocha 9,0 m² – 12 kapes, třída filtrace F7) běžně dosahuje životnost 9000 hodin při provozu 7/24 a jmenovitém průtoku (3400 m³/h pro filtr 592 x 592 mm), tedy více než jeden rok. Pokud porovnáme jeho filtrační plochu s filtrem téže společnosti s označením A7 (4,5 m² filtrační plochy, 6 kapes), vidíme, že filtr M7 má 2x větší filtrační plochu, tedy větší o 100 %. Jeho provozní doba (životnost) je tedy 4x delší než u filtru A7. Zatímco filtr M7 „udržíme“ v provozu 9000 h bez výměny, filtr A7 (filtrační plocha 4,5 m²) budeme muset během této doby vyměnit 3x!

Jinak řečeno, pokud používáte v zařízení filtr s filtrační plochou 4,5 m² (obvykle filtr 592 x 592 mm, 6 kapes) a vyměňujete ho například po půl roce v provozu (cca. 182 dní respektive 2190 provozních hodin při 12 h denně), použitím většího filtru Hi-Flo M7 dosáhnete prodloužení životnosti na cca 9000 provozních hodin, což při stejném režimu (12 h denně) představuje 750 dní nebo dva roky!

Optimalizací filtrace výběrem kvalitních filtrů již na prvních stupních filtrace, s co největší filtrační plochou, udržitelnou účinností po celou dobu ži-

votnosti filtru a hospodárnou výměnou dojde k celkovému snížení nákladů na vzduchovou filtraci.

Projeví se:

- úspora za nespotřebovanou elektrickou energii,
- úspora za nepotřebné výměny filtrů s malou filtrační plochou,
- úspora za menší objemové množství vyprodukovaného odpadu (zanesené filtry),
- úspora lidské práce při menším počtu servisních zásahů a výměn,
- úspora snížením četnosti odstávek zařízení z důvodu výměny filtrů.

Díky udržení účinnosti jednotlivých filtrů v systému (použitím moderních ve světě velmi rozšířených filtračních materiálů ze skleněných vláken) se projeví další:

- úspora značným prodloužením životnosti dalších stupňů filtrace (2°, 3°HEPA, ULPA),
- úspora zvýšením účinnosti dalších prvků systému (ohřívače, rekupeřátory...)

ZÁVĚR

Vývoj ceny ropy a nákladů na elektrickou energii je dlouhodobě vzrůstající. Větrací zařízení spotřebují velký podíl energie, a proto tlaková ztráta vzduchového filtru hraje důležitou roli v souvislosti s náklady na energii. Při posuzování vzduchového filtru je zapotřebí klást důraz na optimalizaci všech důležitých faktorů jako je stav vzduchových kanálů, spotřeba energie, výměny filtru a intervalů čištění, jakož i otázky likvidace vyřazených vzduchových filtrů.

Kontakt na autora: cernohlavek.j@garjia.cz

Článek byl převzat z konference *Klimatizace a větrání 2010*.

Použité zdroje:

- [1] Katalog Camfil Farr, slovenská verze 2008
- [2] Bertilsson, T. Prezentace Energy and LCC, Camfil Farr 2007
- [3] VTT Technical research centre of Finland, Test report No. RTE979/03, 7. 3. 2003
- [4] Anderson, J. Prezentace Product Knowledge – Comfort Products, Camfil Farr 2008
- [5] Revidovaná EN 779:2002, Camfil Farr 2006
- [6] Lukes, R. MBA Optimalizace filtrace, *Klimatizace*, 2007, roč. 39, č. 4, s. 62–65
- [7] VTT Technical research centre of Finland, Test report No. RTE969/03, 7. 3. 2003

ELTE, s. r. o., Velká Hradební 37, 400 01 Ústí nad Labem
tel.: +420 475 210 099, +420 475 210 287, fax: +420 475 211 066, e-mail: elte@elte-cz.com



montáže TZB, ZTI, elektro a MaR
občanské a průmyslové stavby
dotace Zelená úsporám

výroba a prodej zařízení pro systémy vytápění a chlazení
nerezové výměníky MAX a nerezové zásobníky

www.elte-cz.com