



ENERGETICKÁ ÚSPORA, OPTIMALIZACE A SNIŽOVÁNÍ PROVOZNÍCH NÁKLADŮ VZDUCHOVÉ FILTRACE

Ing. Jan Černošlávka

GARIJA TRADE s.r.o.

cernohlavek.j@garija.cz

ANOTACE

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. Tento článek si klade za cíl seznámit vás s provozně ekonomickými souvislostmi vzduchové filtrace a nabídnout návod, jak se v ní orientovat, jak ji optimalizovat a jak zajistit energetickou úsporu a celkové snížení provozních nákladů. Jinými slovy, jak efektivně vzduchovou filtraci provozovat. Pojďme tedy zahrnout pojem cena filtru do širších souvislostí a hovoříme o pojmu cena filtrování.

CENA FILTROVÁNÍ

Celková cena za filtrování 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



Obr. 1 Rozdělení provozních nákladů na filtrování vzduchu po dobu celé životnosti vzduchového filtru (1)

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

Kupní cena filtru

Je dána výrobcem a kalkulována tak, aby mu pokryla náklady na jeho vývoj, výrobu, distribuci a samozřejmě vytvořila zisk. Jedná se o parametr určovaný nabídkou a poptávkou, ovlivněný kvalitou použité technologie, provedením 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 filtrování 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 požadovaného množství vzduchu v požadovaném stavu (tedy kvalitě) na požadované místo. Vzduch je tedy čištěný, ohříváný/chlazený, zvlhčováný/odvlhčováný, případně dočišťovaný a následně přepravený pomocí soustrojí ventilátor/elektromotor 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 dle tabulky 1.

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

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

Filtry jsou jedinými složkami v klimatizačním a větracím systému, které se dají vyměnit za obhajitelné náklady. A jaké vlastně úspory nákladů lze získat?

V průběhu jednoho roku (8760 h) spotřebuje jeden filtr s průtokem vzduchu $1\text{ m}^3/\text{s}$ ($3600\text{ m}^3/\text{h}$) 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 - zanáší 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. V procentuálním vyjádření:

- ze 45% ovlivňuje tlakovou ztrátu filtru jeho konstrukce a provedení
- z 55% samotné filtrační médium.

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 nevyjímaje)
- životnost dalších filtračních stupňů (2°, 3° HEPA, ULPA)

POSUZOVÁNÍ FILTRŮ (5), (6)

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

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



Obr. 2 Loga tří nejdůležitějších certifikačních institucí ve vzduchové filtraci přinášející nezávislé posouzení dle předemných norem, umístěvané na certifikované filtry. (3)

Účinnost filtrů

Filtry jsou zatříděny do příslušných tříd filtrace dle standardu EN779:2002 respektive EN1822. 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 okruh výrobků 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 Eurovent a tím umožňují uživateli snadnější porovnání svých produktů s konkurenčními. Cílem certifikace výrobku certifikátem

Eurovent 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 by mělo být provedeno v nezávislé laboratoři nebo institutu, 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 média

Při posuzování účinnosti filtrů má velký vliv použité filtrační médium. 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 média.

Pro zjednodušení na vysvětlení rozdílu mezi filtračním médiem ze syntetického materiálu a filtračním médiem ze skleněného vlákna 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 médiem a účinnosti upraveného - elektrostaticky vybitého filtračního média.

Initial resistance		Air flow rate		Resistance	
3. Test Data					
Test Air Temperature Range (°C)	Test Air Relative Humidity Range (%RH)	Test Air Flow Rate (m³/h)			
21-28	45-59	3400			
4. Test Results					
Initial Resistance (Pa)	Initial Efficiency (%)	Average Efficiency (%)	Final Resistance (Pa)	Untreated / discharged efficiency of media (0.4 μm, annex A)	
93	57	84	450	55.8 % / 61.9 %	
Initial Synthetic Dust Weight Arrestance (%)	Average Synthetic Dust Weight Arrestance (%)	Dust Holding Capacity (g)	Dust Holding Capacity per Square Unit (g/m²)	Filter Classification	
100	100	536	89	F7	

NB!

Average efficiency (particle efficiency 0,4 μm) Dust holding capacity Filter class

Obr. 3 Nejdůležitější data z testovacího protokolu (Initial resistance – poč. tlaková ztráta, Air flow rate . nominální průtok, Resistance – tlak. ztráta, Average efficiency – průměrná účinnost, dust holding capacity – jímací kapacita, filter class – filtrační třída, NB – účinnost neupraveného filtru / účinnost upraveného, elektrostaticky vybitého filtru) (3)

Pro filtry ze skelného média je tento rozdíl malý (např. pro filtr společnosti Camfil Farr, HI-FLO P7 je to 68/63%). Pro filtry ze syntetického materiálu je tento rozdíl velký (např. pro syntetický fitlr třídy F7 je to 70/19%). Toto srovnání ukazuje to, že při filtračním materiálu ze syntetického materiálu zajišťuje filtrační efekt hlavně elektrostatický náboj, po jeho vybití však účinnost výrazně klesá. Tyto údaje jsou naměřené v laboratorních podmínkách podle metodiky uvedené normy. V praxi se stav vybití filtračního média dosahuje po cca 6-8 týdnech provozu. Filtrační médium ze skleněných vláken tuto vlastnost nemá a účinnost

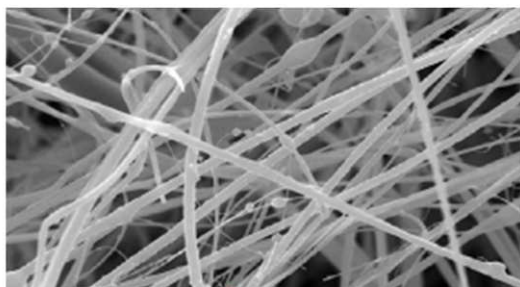
po vybití klesá jen minimálně. Snížení účinnosti filtrů ze syntetického materiálu může být po vybití až takové, že dochází k opětovnému uvolňování již zachycených částic.

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	

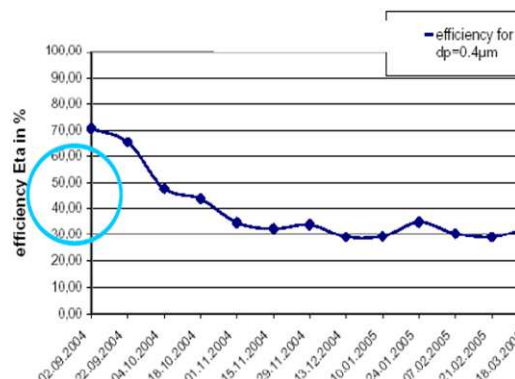
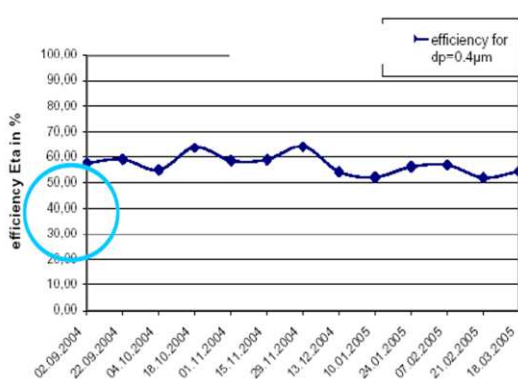
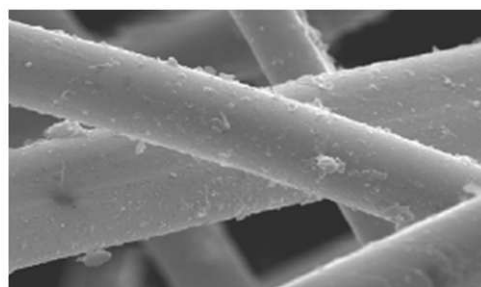
Initial pressure drop : 98 Pa	Initial arrestance : >98%	Initial efficiency (0,4μm) : 71%	Dust holding capacity : 259 g	Untreated/discharged efficiency of media (0,4 μm, annex A) : 66%/21%
Final pressure drop : 450 Pa	Average arrestance : >98%	Average efficiency (0,4μm) : 86%	Filter class (450 Pa) F7	

Obr. 4 Příklady výsledků testování filtrů filtrační třídy F7: Zakroužkované hodnoty ukazují změny účinnosti filtrů po vybití elektrostatického náboje u filtru ze skelného vlákna (nahore) a u filtru se syntetickým vláknem. (3)

Camfil Farr médium na bázi skelného vlákna



Běžné syntetické vlákno



Obr.5 Laboratorní snímky médií ze skelného vlákna (vlevo) a syntetického vlákna (1000x zvětšeno) a příslušné grafy změny účinnosti s jasně patrným poklesem u syntetického média v čase při reálném provozu filtrů (2)

Další obraz o skutečné účinnosti filtrů a zařazení testovaného filtru do filtrační třídy nám poskytnou následující údaje z protokolů o měření:

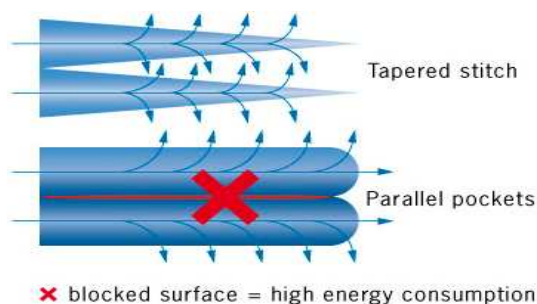
- Initial pressure drop (počáteční tlaková ztráta)
- Initial efficiency (počáteční účinnost pro částice 0,4 μm)
- Final pressure drop 250/350/450 Pa (tlakové ztráty, při kterých se měří účinnost filtru)
- Average efficiency (0,4 μm) - 3 hodnoty pr.účinnosti. při tlak. ztrátách 250/350/450 Pa.

Uvedené tlakové ztráty se v testovacích podmínkách dosahují postupným zanášením přesně definovaným umělým prachem. Při jednotlivých tlakových ztrátách se měří účinnost filtru a podle její hodnoty při tlakové ztrátě 450 Pa se filtr zařazuje 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 média, dále souvislost mezi účinností filtru a postupným zanášením filtru, kdy z důvodu výrazného poklesu účinnosti vlivem vybíjení elektrostatického náboje je filtrační médium již málo účinné, prachem z atmosférického vzduchu je jen pomalu zanášené a tlakové ztráty 250 Pa a více se dosahují velmi pomalu, resp. vůbec.

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 12 kapsového filtru namísto 6 kapsového (zvýšení filtrační plochy na dvojnásobek) bude znamenat prodloužení jeho životnosti 4x.



Obr. 6 Provedení kónických a paralelních kapes. (4)



Obr. 7 Filtry s paralelně šitými kapsami v praxi. V pravo - dotýkající se kapsy v provozu. (1)

Na obrázcích č.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. Světlé místa jsou části filtru, které jsou k sobě přitisknuty a filtry tak nefiltrují celou svou plochou. Filtrační plocha filtru se tímto výrazně snížila a tlaková ztráta filtru významně narostla. Obrázek č. 8 naopak ukazuje jak mají kapsy vypadat při průchodu vzduchu přes filtr, pokud je jeho konstrukce správná.



Obr. 8 Správná konstrukce filtru s dobře provedenými kónicky šitými kapsami (3)

Životnost filtru

Životnost filtru je základní ekonomicko-provozní 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, nic méně v praxi je uplatňování takových hledisek často sporné.

Hledisko hygienické

- První stupeň filtrace maximálně 1 rok
- Druhý stupeň filtrace maximálně 2 roky

Hledisko technické

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

Takto praví norma EN779: 2002, jedná se o tlakové ztráty, při nichž 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 pro ekonomickou výměnu filtru je 250 Pa.

Ideální je tedy kombinace hlediska ekonomického s hygienickým.

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 filtru (více sáčků na daný rozměr), tím je nižší počáteční tlaková ztráta a tím je delší životnost filtru, protože doporučenou konečnou tlakovou ztrátu 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 efekt 100% zvýšení životnosti filtru.



Obr. 9 Porovnávané filtry třídy F7 (Camfil Farr Hi-Flo M7 a A7) s rozdílnou filtrační plochou (účinnost i velikost rámu je stejná).

Filtr Hi-Flo M7 společnosti Camfil Farr (filtrační plocha 9,0 m², třída filtrace F7) běžně dosahuje životnost 9000 hodin při provozu 7 / 24 a jmenovitém průtoku (3400 m³ / h pro filtr 592x592 mm), tedy více než jeden rok. Pokud porovnáme jeho filtrační plochu s filtrem těže společnosti s označením A7 (4,5 m² filtrační plochy), 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 hodin 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 6 kapesní filtr 592x592 mm) a vyměňujete ho například po půl roce v provozu, (cca. 182 dní respektive 2190 provozních hodin při 12 hodinách denně) použitím většího filtru Hi-Flo M7 společnosti Camfil Farr dosáhnete prodloužení životnosti na cca 9000 provozních hodin, což při stejném režimu (12 hodin 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 životnosti filtru a hospodárnou výměnou dojde k celkovému snížení nákladů na vzduchovou filtraci.

Projeví se:

- úspora za nepotřebovanou 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 médií ze skelných vláken) se projeví další:

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

ZÁVĚR

Cena ropy se v posledních letech více než zdvojnásobila, a náklady na el. energii ve všech zemích neustále rostou. 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.

Naše společnost GARIJA TRADE s.r.o. nabízí komplexní službu zákazníkům, jejímž cílem je optimalizace filtrace a úspora provozních nákladů na filtraci atmosférického a procesního vzduchu pro všechny podniky, které provozují vzduchotechnická zařízení.

SEZNAM LITERATURY

- [1] katalog Camfil Farr, slovenská verze 2008
- [2] Bertilsson, T.: prezentace Energy and LCC, Camfil Farr 2007
- [3] Bertilsson, T., Persson A.Ch.: prezentace Learn about Air Filters, Camfil Farr 2008
- [4] Anderson, J.: prezentace Product Knowledge – Comfort Products, Camfil Farr 2008
- [5] Revidovaná EN 779:2002, Camfil Farr 2006
- [6] Richard Lukes MBA, článek Optimalizace filtrace, str. 62-65, časopis Klimatizace č. 4, roč. 39, Garija Trade s.r.o. 2007