

# SVĚTOVÁ PREMIÉRA NOVÉHO SLOŽENÍ FILTRAČNÍHO MATERIÁLU FILTRALITE MONO-MULTI-FINE V POLOPROVOZNÍCH EXPERIMENTECH

**doc. Ing. Petr Dolejš, CSc., Ing. Pavel Dobiáš,  
Ing. Mária Jarošová, Ing. Nataša Kalousková, CSc.**

W&ET Team, Písecká 2, 370 11 České Budějovice  
petr.dolejs@wet-team.cz, pavel.dobias@wet-team.cz

## ÚVOD

O filtračním materiálu Filtralite jsme poprvé referovali v roce 2010 [1]. Prezentovali jsme tehdy naše experimenty na ÚV Plzeň, kde jsme díky Vodárně Plzeň a.s. měli možnost tento materiál poprvé vyzkoušet na poloprovozních modelech a porovnat s dalšími materiály, které by přicházely v úvahu pro filtraci na této úpravně.

O dva roky později již referovali o využití materiálu Filtralite v praxi (na ÚV Bedřichov) kolegové ze SČVK, a.s. [2]. Porovnáním filtrů s náplní Filtralite Mono-Multi s pískovými filtry (které byly na úpravně současně provozovány a byly konstrukčně identické), zjistili více jak trojnásobnou délku filtračního cyklu, což představovalo vedle lepší kvality filtrátu i výraznou úsporu provozních nákladů. V tom samém roce jsme měli i my možnost vyhodnotit úspěšné použití Filtralite Mono-Multi na dalších dvou úpravách vody - Chřibská a Borovany [3].

Obecně je možné říci, že abychom prodloužili délku filtračního cyklu (dosáhli vysoké hodnoty filtrační délky  $L$ ) a dosáhli současně co nejlepší kvality upravené vody, je nezbytné navrhnout dobře jak přípravu suspenze tak složení filtrační náplně. Proto je potřeba pro dosažení vysoké kalové kapacity filtru navrhnout takové složení velikostí zrn filtrační náplně, které bude vyhovovat vlastnostem suspenze, která přichází z agregačních reaktorů (flokulace). S velkou pravděpodobností půjde u moderních filtrů o návrh dvouvrstvé náplně [4, 5].

Jak jsme postupně získávali zkušenosti s materiálem Filtralite Mono-Multi v našich poloprovozních experimentech i v provozu několika úpraven vody, které vyměnily písek za Filtralite, zjišťovali jsme, že je zde ještě další potenciál pro zlepšení výsledků. Ve filtrech s náplní Filtralite Mono-Multi je svrchní vrstva náplně tvořena frakcí typu NC 1,5–2,5 mm a spodní vrstva je tvořena frakcí HC 0,8–1,6 mm. Tato dvouvrstvá náplň je zřejmě zcela bezkonkurenční pro aplikace ve filtrech, které jsou středně až velmi vysoko zatěžované vločkovitou suspenzí. Pokud je však koncentrace suspenze nízká a velikost agregátů je i proto malá (dávka koagulantu se v takových případech pohybuje zhruba do 50-60  $\mu\text{mol/l}$ ) či pokud jsme filtrovali v aplikacích zcela bez použití koagulantu, výhody náplně Filtralite Mono-Multi se postupně mírně snižovaly.

Proto jsme se obrátili na výrobce materiálu Filtralite s prosbou, aby pro naše poloprovozní experimenty vyrobil dle námi zaslaného návrhu malou zkušební šarži, která by měla jemnější zrnitost. Výrobce se rozhodl naší prosbě vyhovět a zkušební náplň modelového filtru nám vyrobil a dodal. Byla tak poprvé na světě použita zcela

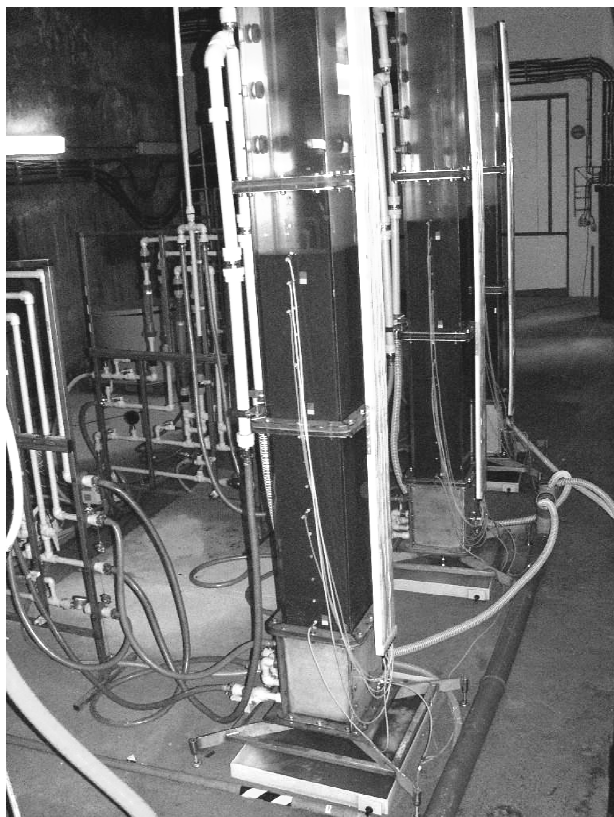
nová sestava filtračních materiálů Filtralite pro dvouvrstvý filtr, kterou jsme zatím pracovně nazvali **Filtralite Mono-Multi-Fine (FMMF)**.

## METODIKA

Experimenty byly prováděny na ÚV Stakčín. Pracovali jsme již tradičně v průhledných filtračních kolonách. To umožňuje dobře vidět filtrační náplň a pozorovat například její zanášení, vznik bublin či chování při praní filtru. Plocha filtru je 0,077 m<sup>2</sup>, filtry jsou vybaveny drenážním systémem Leopold s IMS Cap. Výška náplně filtrů byla 160 cm. Po celé výšce filtrační náplně jsou umístěny ve vzdálenosti 10 cm odběrová místa pro sondy tlaku, která umožňují i vzorkování.

Suspenze byla připravována v šesti za sebou zařazených flokulačních jednotkách, ze kterých byla voda vedena na filtry. Doba agregace byla relativně dlouhá a dosahovala 50 minut. Velikostní distribuce suspenze, která přichází na filtry, obsahovala na lokalitě Stakčín však i tak jen velmi malé agregáty, které nebyly ani vidět pouhým okem. Bylo to vlivem relativně čisté surové vody a tím i nízkých dávek koagulantu, které se pohybovaly v jednotlivých experimentech (s různými hlinitými koagulanty a síranem železitým) v rozmezí 20-60 µmol/l. Počty a velikostní distribuce částic v suspenzi po agregaci je však počítačem částic neměřitelná, protože je mimo rozsah analyzátoru částic ARTI WPC-22 (Hach-Lange). Tím jsme mohli měřit (stejně tak jako na jiných lokalitách) jen částice v surové vodě a pak až po filtraci.

Náplň jednoho filtru byla tvořena vrstvou 160 cm písku 1,0–1,6 mm (dříve FP2) a druhého Filtralite Mono-Multi-Fine. Horní vrstva FMMF byla 80 cm materiálu Filtralite



**Obr. 1. Detail modelových filtrů**

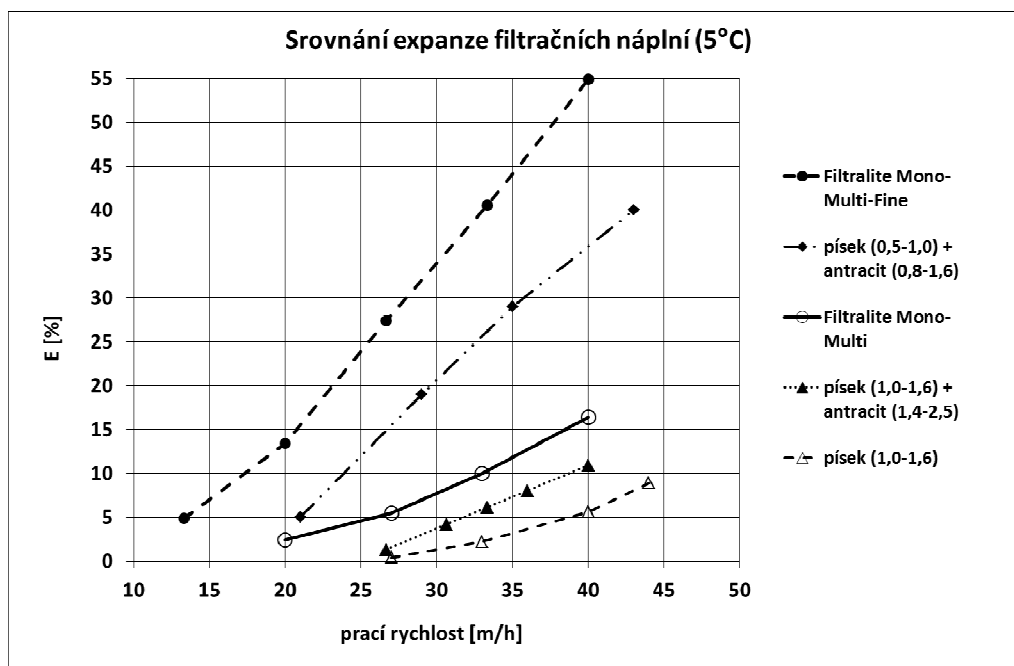
NC 0,8–1,6 mm, který má střední hustotu 1100 kg/m<sup>3</sup> a spodní vrstva 80 cm materiálu Filtralite HC 0,5–1,0 mm, který má střední hustotu 1600 kg/m<sup>3</sup>. Třetí filtr měl klasickou náplň Filtralite Mono-Multi. Všechny typy materiálu Filtralite mají koeficient stejnozrnnosti <1,5.

Aby bylo možné zpětně vytřídit filtrační náplň po praní, a aby bylo také dosaženo dobrého vyprání zachycené suspenze filtračního lože, je důležité uvést při praní filtrační lože do vznosu (fluidního stavu). U dvouvrstvých filtrů je to podmínka jejich dobré funkce. U jednovrstvých filtrů (např. tvořených jen náplní křemičitého písku) je možné prát vodou i bez uvedení filtrační náplně do vznosu, nicméně účinnost takového typu praní je omezená.

V domácí odborné literatuře byl publikován příspěvek [4], který asi poprvé u nás přináší informace o režimu praní, který Amirtharajah nazval „collapse pulsing“ [6, 7]. Základem je zjištění, že nejefektivnější praní je právě v tomto režimu, který se objevuje v loži filtru při překročení prahové rychlosti (prahová rychlost nad kterou nastává expanze vrstvy zrnitého materiálu) o 10–20%. Při zvýšení rychlosti prací vody nad hodnoty mezi 25–50 % prahové rychlosti se režim „collapse pulsing“ projevuje v celé hloubce filtračního lože a účinnost praní je nejlepší. Zcela je tedy třeba vyloučit dříve zavedenou praxi, která při souběhu vzduch+voda používala nižší intenzity prací vody (tzv. malou vodu), která nezaručovala dosažení prahové rychlosti. Pro detaily odkazujeme na citované publikace. Z hlediska účinnosti praní je tedy zřejmé, že do expanze (fluidního stavu) je třeba dostat filtrační náplň již ve fázi vzduch+voda. Dalším faktorem, který ovlivňuje volbu prací rychlosti a musí být zohledněn při návrhu praní, je teplota vody. Vliv teploty vody vyplývá z expanzních křivek změřených při různých teplotách. Čím vyšší teplota, tím nižší je expanze filtračního lože.

## VÝSLEDKY

Na obr. 2 je porovnání expanzí různých filtračních náplní měřených při teplotě vody 5°C. Z této závislosti lze odvodit potřebnou prací rychlost a odhadnout i náklady na provoz filtrů s různou filtrační náplní. Vidíme, že filtrační náplň Filtralite Mono-Multi-Fine expanduje, ve srovnání s dalšími materiály, při nejnižších pracích rychlostech.



**Obr. 2. Srovnání expanze filtračních náplní při teplotě 5°C**

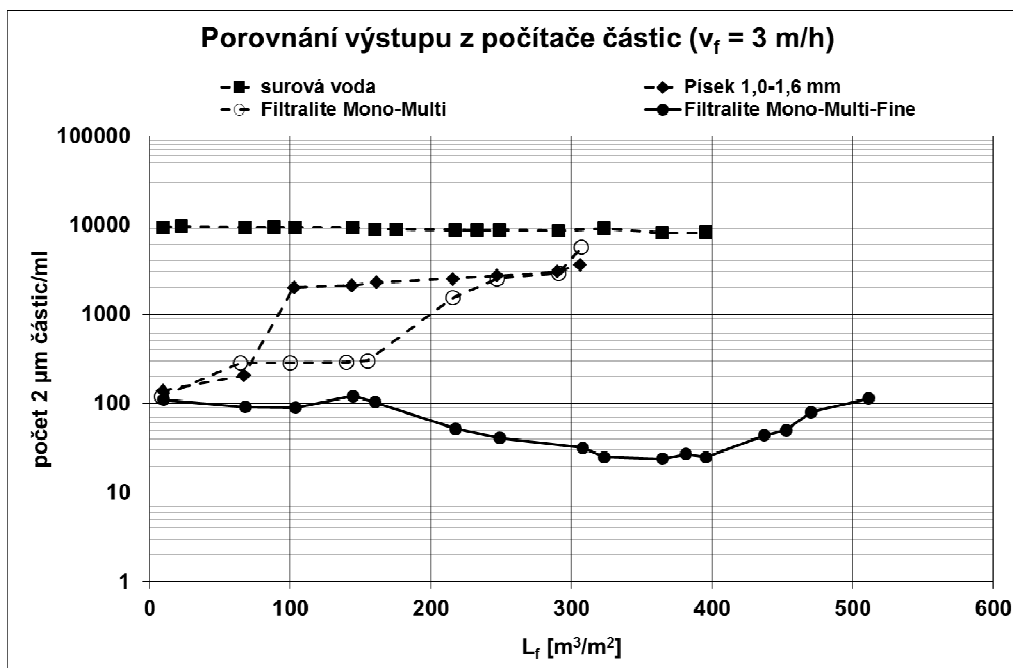
Z výsledků na obr. 2 můžeme např. odečíst, že při teplotě vody 5°C nastává u materiálu Filtralite Mono-Multi expanze (je dosaženo prahové rychlosti) při prací rychlosti kolem 20 m/h. Pro účinné praní je tedy vhodné pracovat (při této teplotě) s prací rychlostí alespoň 25 m/h. Při této rychlosti je také dosahováno alespoň minimální expanze, která zaručí vytrídění filtrační náplně. Jako ideální prací rychlost bychom jak z hlediska praní, tak z hlediska vytrídění filtrační náplně Filtralite Mono-Multi, při teplotě 5°C mohli navrhnout prací rychlost 25–30 m/h. Při vyšších teplotách vody je žádoucí prací rychlost upravit podle expanzních křivek tak, aby bylo dosaženo dostačující

expanze filtrační náplně. Klasický dvouvrstvý filtr s pískem a antracitem by bylo potřeba prát rychlostmi kolem 35 m/h a více.

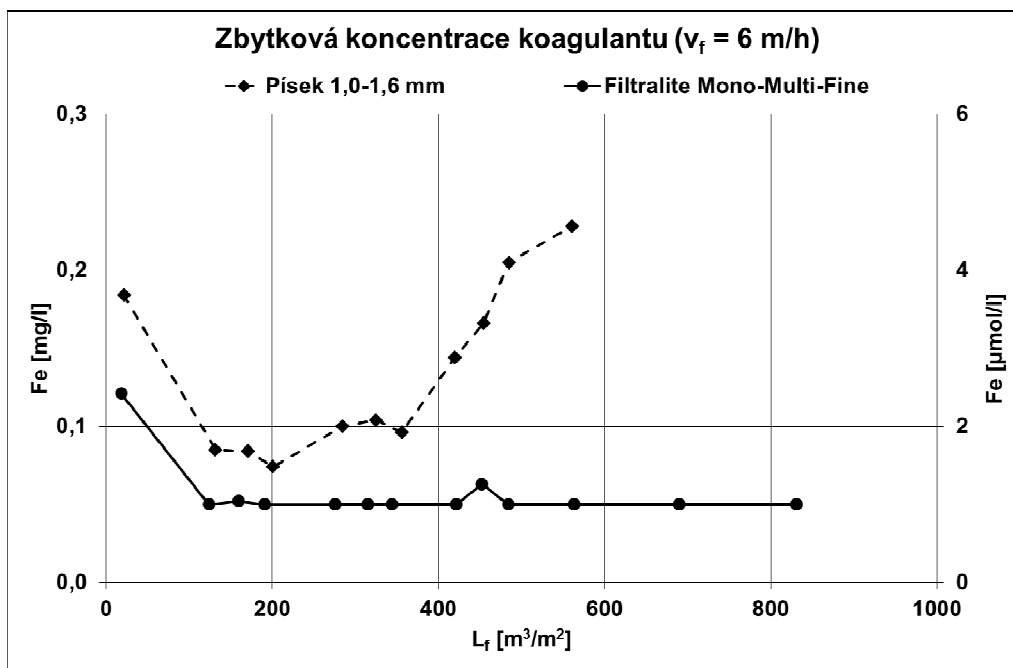
U náplně Filtralite Mono-Multi-Fine budeme moci prát při teplotě vody 5°C jen rychlostmi kolem 15–17 m/h, zatímco klasický dvouvrstvý filtr o stejné zrnitosti náplně vyžaduje při stejné teplotě práci rychlosti 23–25 m/h. S náplní FMMF tedy můžeme pracovat jen při 65% průtoku prací vody ve srovnání s klasickým dvouvrstvým filtrem s identickou zrnitostí náplně.

Obr. 3 ukazuje porovnání pískové náplně s oběma náplněmi typu Mono-Multi. Vidíme, že velmi jemná a málo koncentrovaná suspenze způsobuje, že náplň Filtralite Mono-Multi produkuje po většinu filtračního cyklu sice zřetelně lepší filtrát než písek, avšak filtrační délka je v tomto konkrétním uspořádání filtračního cyklu shodná s filtrem pískovou náplní. Naproti tomu náplň FMMF v těchto podmínkách dokázala nejenom dosáhnout téměř o dva řády méně zbytkových částic, ale také převýšit pískovou náplň a náplň Mono-Multi dosaženou filtrační délkou (520 oproti 310 m). V dalších obrázcích proto pro přehlednost uvádíme jen srovnání pískové náplně s Filtralite Mono-Multi-Fine.

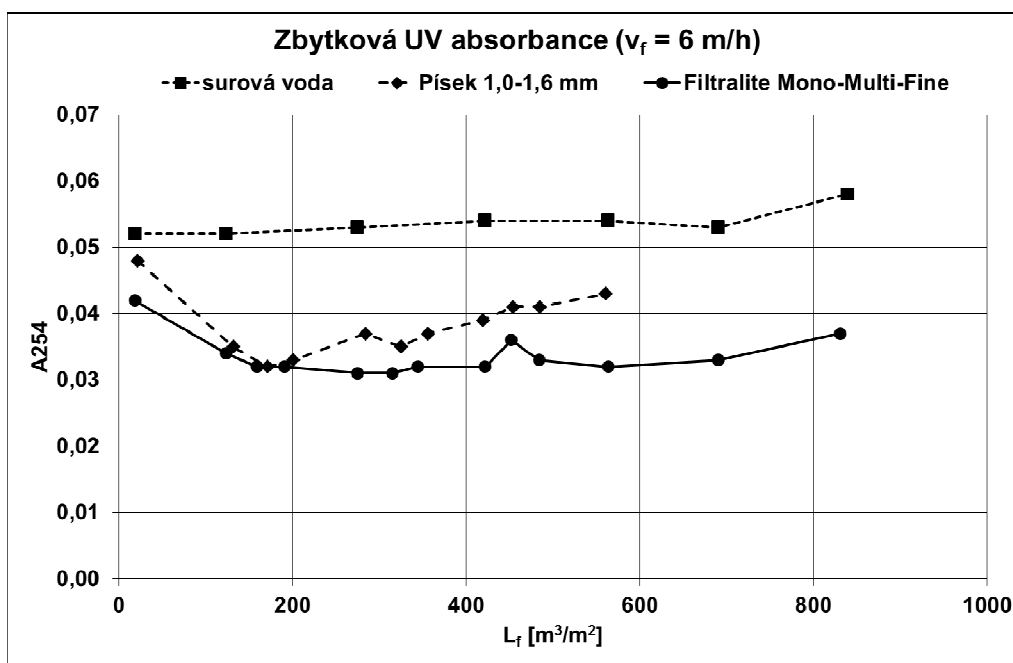
Na obr. 4 a 5 je porovnání zbytkového železa a A254 pro písek a Filtralite Mono-Multi-Fine. U zbytkového železa jsme analyticky stanovovali prakticky stále nulové koncentrace, v grafu uvádíme však pro korektnost mez stanovitelnosti metody. Podobný průběh, jako zbytkové železo má i UV absorbance. Lze říci, že po velkou část filtračního cyklu má náplň FMMF zhruba o třetinu až polovinu vyšší separační účinnost než písková náplň. Obr. 6 ukazuje porovnání Michauových křivek pro písek a FMMF pro stejnou hodnotu filtrační délky  $L_f$ . Vidíme podstatně rychlejší nárůst tlakové ztráty u písku, u kterého je již horní část filtračního lože v podtlaku, zatímco FMMF má ještě dostatečné rezervy pro další filtraci, což se také projevilo ve výsledcích uvedených na předchozích obrázcích.



**Obr. 3. Počty částic v surové vodě a po filtraci při filtrační rychlosti 6 m/h**



Obr. 4. Zbytkové koncentrace železa po filtraci při filtrační rychlosti 6 m/h



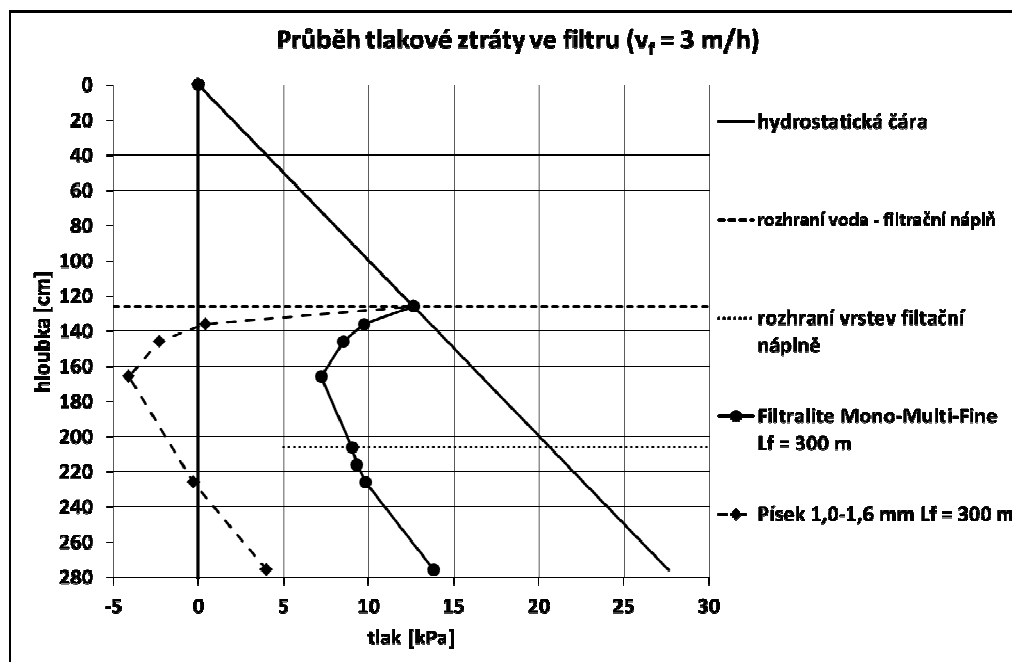
Obr. 5. Zbytkové absorbance 254 nm po filtraci při filtrační rychlosti 6 m/h

## ZÁVĚRY

Poprvé na světě byl ověřován nový filtrační materiál pro dvouvrstvé filtry. Tento materiál jsme zatím pracovním názvem nazvali Filtralite Mono-Multi-Fine.

Bylo zjištěno, že v podmínkách, kdy na filtr přichází suspenze s velmi malými agregáty, které ani nebyly vidět pouhým okem, která vzniká např. při úpravě surové vody relativně dobré kvality a jsou dávkovány nižší dávkou koagulantů (zhruba do 50-60  $\mu\text{mol/l}$ ), poskytuje náplň Filtralite Mono-Multi-Fine lepší výsledky než „klasická“ náplň Filtralite Mono-Multi a výrazně lepší výsledky než písková náplň.

Prací rychlosti, které se při teplotě vody 5°C mohou pohybovat jen na úrovni 15-17 m/h, přinesou při použití náplně FMMF výrazné úspory nákladů na praní oproti jak dvouvrstvým filtrům s pískem a antracitem (podobné zrnitosti) tak klasickým pískovým filtrům. Tato náplň tedy tvoří velmi vhodný komplementární doplněk k náplni Filtralite Mono-Multi (která je vhodná pro vyšší koncentrace suspenze obsahující obvykle větší agregáty) a s ní pokrývá prakticky většinu možných vodárenských aplikací pro filtraci vrstvou zrnitého materiálu. Je velmi reálné, že bude brzy vyráběna a dodávána pro provozní použití.



Obr. 6. Michauovy křivky pro obě filtrační náplně při filtrační rychlosti 3 m/h

## PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme vedení Východoslovenské vodárenské společnosti a.s. Košice a všem pracovníkům ÚV Stakčín za to, že jsme mohli naše experimenty provádět na jejich úpravně. Prezentované výsledky jsme naměřili jen díky jejich vynikající spolupráci ve všech oblastech a také díky tomu, že nám pro práci vytvořili vhodné podmínky.

## LITERATURA

- [1] Dolejš P., Štrausová K., Dobiáš P.: Modelové ověření nového filtračního materiálu Filtralite ve dvouvrstvých filtrech. Sborník konference *Pitná voda 2010*, s. 83–88, W&ET Team, České Budějovice 2010.
- [2] Beyblova S., Rainiš L., Michalová J., Švec L.: První zkušenosti s aplikací filtrační náplně Filtralite na ÚV Bedřichov. Sborník konference *Pitná voda 2012*, s. 71–76, W&ET Team, České Budějovice 2012.
- [3] Dolejš P., Dobiáš P., Štrausová K.: Porovnání filtrů s pískovou náplní a s náplní Filtralite Mono-Multi na dvou úpravnách pitné vody v ČR. Sborník konference *Pitná voda 2012*, s. 77–82, W&ET Team, České Budějovice 2012.
- [4] Dolejš P.: Provozní optimalizace a vývojové trendy vodárenské filtrace. Sborník konference s mezinárodní účastí *Pitná voda*, s. 75–82. Hydrotechnológia Bratislava s.r.o., Bratislava 2008.
- [5] Dolejš P., Štrausová K.: Hodnocení provozu vodárenských filtrů a výběr vhodných filtračních materiálů. SOVAK, 20, s. 184–186, (2011).
- [6] Amirtharajah A.: Fundamentals and Theory of Air Scour. *Jour. Envir. Eng. –ASCE*, 110, No. 3, 573–590 (1984).
- [7] Amirtharajah A., Fitzpatrick C.S.B., Ives K.J.: Endoscope Studies on Optimum Backwashing of Filters with Air Scour. AWWA Annual Conference, June 1990, Cincinnati, OH.