

POLOPROVOZNÍ A PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI S POUŽITÍM FILTRALITE-FMMF

Ing. Pavel Dobiáš, doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.

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

ÚVOD

Jak z literatury, tak z praxe vyplývá, že dvouvrstvá filtrace může přinášet významné výhody jak z hlediska kvality upravené vody, tak z hlediska ekonomiky provozu filtrů [1]. Samozřejmě je ve většině případů velmi žádoucí před rozhodnutím, jak bude filtrace na konkrétní lokalitě koncipována, provést poloprovozní experimenty, které poskytnou jasné návrhové parametry, podle kterých může projektant zpracovat projekt a investor se může nad jasnými podklady rozhodnout, kterou variantu filtrace zvolí [2].

V letošním roce je to teprve pět let od doby, kdy jsme poprvé publikovali naše poloprovozní výsledky s porovnáním nového materiálu Filtralite a klasického dvouvrstvého filtru s antracitem a pískem [3]. Vynikající výsledky, které byly s materiálem Filtralite dosaženy, byly natolik průkazné, že od té doby byl materiál Filtralite použit jak v rekonstruovaných filtrech několika úpraven, tak ve filtrech, které teprve v budoucnosti čeká náhrada mezidna za kvalitní drenážní systém. První poloprovozní experimenty s použitím filtrační náplně *Filtralite Mono-Multi (FMM)*, které přinesly vynikající výsledky, byly provedeny na ÚV Plzeň [3]. Instalaci této náplně podpořily i výsledky z poloprovozního ověření separace manganu ve druhém separačním stupni [4].

Dalším krokem bylo poloprovozní porovnání různých filtračních materiálů v jednostupňovém a dvoustupňovém uspořádání a výsledky byly podkladem i pro koncepci budoucí rekonstrukce např. ÚV Bedřichov [5]. Velmi záhy byly publikovány zajímavé zkušenosti s provozními filtry vybavenými tímto materiálem [6], [7].

Mezi významné aplikace materiálu Filtralite patří i úprava podzemní vody, kdy byl testováno simultánní odstranění amonných iontů, manganu a železa opět ve srovnání s dalšími filtračními materiály jako je filtrační písek apod. [8]. I v tomto případě se ukázalo, jak významný může být přínos materiálu Filtralite pro úpravu pitné vody. Aktuálně jsou již v ČR provozovány filtry s filtrační náplní *Filtralite Mono-Multi* ve filtrech o celkové ploše asi 1180 m².

POLOPROVOZNÍ ZKUŠENOSTI

První zkušenosti s námi nově navrženou filtrační náplní *Filtralite Mono-Multi-Fine (FMMF)* byly získány při poloprovozním testování na ÚV Stakčín (SR) v roce 2013, kdy byly v rámci předprojektové přípravy rekonstrukce úpravny porovnávány filtrační materiály a to konkrétně FMM, FMMF a stávající filtrační písek [9].

Bylo zjištěno, že v podmínkách, kdy na filtr přichází suspenze s velmi malými agregáty, které ani nebyly vidět pouhým okem, ke které dochází např. při úpravě surové vody

relativně dobré kvality a použití nižší dávky 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 náplň písková.

Prací rychlosti, které se při teplotě vody 5 °C mohou pohybovat jen na úrovni 15-17 $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$, přinesou při použití náplně FMMF výrazné úspory nákladů na praní oproti jak dvouvrstevným 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 [9[9].

Další lokalitou, kde byly poloprovozně porovnávány filtry s pískovou náplní, FMM a FMMF, byla úpravna vody III. Mlýn (ČR) v roce 2014. Na ÚV III. Mlýn bylo uvažováno s použitím FMMF ve filtraci jako jediným stupněm separace a cílem bylo nahradit stávající jednovrstvé pískové filtry. Vychází se z předpokladu, že FMMF přinese výhodu dvouvrstvé filtrace a zároveň bude možno dobře využít stávající systém praní filtrů bez významných změn technologie pro praní filtrů.

Z vyhodnocení dosažených výsledků poloprovozního porovnání vyplývá, že na modelovém filtru s FMMF bylo dosaženo nejdelších filtračních cyklů z hlediska specifické filtrační délky $L(f)$ (tabulka 1). Uvedené hodnoty se znaménkem „+“ vyjadřují skutečnost, že experimentální filtrační cykly musely být ukončeny z důvodu časové náročnosti pokusu a nikoliv na základě nárůstu tlakové ztráty či z hlediska zhoršující se kvality filtrátu.

Tabulka 1. Porovnání dosažených délek $L(f)$ na poloprovozních filtračních modelech (ÚV III. Mlýn)

písek	FMM	FMMF
365	705+	1145+

Z toho lze usuzovat, že náplň Filtralite Mono-Multi (FMM) poskytne ve filtru téměř dvojnásobnou filtrační délku $L(f)$ než písek a náplň Filtralite Mono-Multi-Fine poskytne více než trojnásobnou filtrační délku $L(f)$ než písek.

Experimenty byly prováděny při nejvyšších dávkách koagulantu, jaké jsou v provozu úpravny dlouhodobě používány. Je tedy předpoklad, že v reálném provozu by výborné výsledky, dosažené s jemnější náplní FMMF, ještě výrazněji převyšovaly obě zbývající testované náplně.

Pro filtry na ÚV III. Mlýn jsme tedy navrhli na základě experimentů aplikaci náplně Filtralite Mono-Multi-Fine, která by měla výrazně snížit frekvenci praní filtrů oproti současnému stavu. Dle našich výsledků je možné počítat se snížením až o dvě třetiny. Pro náplň FMMF je také možné dokonce očekávat snížení spotřeby prací vody na jedno praní, protože prací rychlost může být pro tuto náplň jen na úrovni 20 m/h.

V roce 2015 pak byl FMMF spolu s náplní FMM poloprovozně testován na ÚV Písek v rámci předprojektové přípravy rekonstrukce dvoustupňové technologické linky s flotací a filtrací. Z dosažených výsledků vyplynulo, že dvouvrstvá filtrace bude významným přínosem pro novou technologickou linku úpravy vody i přesto, že podstatná část celkového znečištění bude zachycena v prvním separačním stupni, tj.

flotaci. Ze získaných výsledků vyplývá, že písková filtrace by nebyla v žádném případě dobrou volbou pro budoucí technologickou linku.

Na základě dosažených výsledků nebylo možné na této lokalitě zcela objektivně rozhodnout, zda jako budoucí filtrační náplň zvolit FMM či FMMF, protože bylo dosahováno stejné separační účinnosti u obou verzí modelového filtru s náplní Filtralite.

U filtru s FMMF můžeme pozorovat rychlejší nárůst tlakové ztráty v průběhu filtračního cyklu a tím způsobenému mírně nižšímu jednotkovému výkonu filtru než FMM. Na druhou stranu lze u FMMF očekávat ekonomičtější provoz filtrů vzhledem k potřebě nižší prací rychlosti.

Na kvalitu filtrátu nemá vliv ani vysoká počáteční filtrační rychlost při provozu filtrace v režimu s klesající filtrační rychlostí (*declinig rate*), ani typ průtokové regulace filtrace.

Výsledně bylo doporučeno projektantovi použití filtrační náplně FMMF pro návrh filtrační náplně v projektované technologické lince ÚV Písek.

PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI

Filtrační materiál *Filtralite Mono-Multi-Fine* byl poprvé provozně navržen a instalován na úpravách vody Strašice a Studeněves. Na ÚV Strašice je FMMF instalován ve čtyřech provozních filtrech o celkové ploše 81,2 m². Druhá realizace byla provedena na ÚV Studeněves, kde byly FMMF naplněny tři provozní filtry o filtrační ploše asi 30 m².

V případě ÚV Strašice, se jedná o dvoustupňovou technologickou linku pro úpravu vody z povrchových zdrojů. Na ÚV Studeněves je upravována podzemní voda a po rekonstrukci se předpokládá, že bude koncipována také jako dvoustupňová. Dostatečně četné provozní výsledky se podařilo zatím získat jen z ÚV Strašice, a proto budou komentovány v tomto článku. Stav technologické linky na ÚV Studeněves a postup prací na její modernizaci neumožnily zatím získat dostatek dat, která by bylo možno dobře interpretovat.

Metodika

Technologická linka ÚV Strašice je projektována na nominální výkon 66 l·s⁻¹. Celková plocha filtrace činí 80,8 m² při provozu všech čtyř provozních filtrů. Běžný výkon úpravny vody se pohybuje kolem 20 l·s⁻¹.

Sledování filtračních cyklů na rekonstruovaných otevřených filtrech na ÚV Strašice byla založena na datech získaných analyzátozem částic ARTI WPC 22 (Hach), který byl kontinuálně zapojen na vzorkovací kohout na odtoku filtrátu. Výsledky jsou doplněny i hodnotami sledovaných ukazatelů kvality surové vody i vody upravené, které byly získány spoluprací s provozní laboratoří úpravny vody Strašice.

V průběhu sledovaného období byla změřena také expanze filtrační náplně při praní filtru. Hodnoty expanze filtrační náplně v provozních filtrech byly graficky porovnány s daty získanými na modelových kolonách při poloprovozním testování a byla zjištěna velmi dobrá shoda. Pro snadnější představu o situaci v průběhu měření uvádíme hodnoty vybraných ukazatelů surové vody. Jedná se o průměrné hodnoty z každého kalendářního měsíce, ve kterých bylo měření prováděno. Přehled je v tabulce 2.

Tabulka 2. ÚV Strašice – přehled kvality surové vody ve sledovaném období (průměrné hodnoty)

Ukazatel	červen	červenec	srpen
Teplota [°C]	11,4	13,2	13,6
Ph	6,9	6,8	6,72
CHSK(Mn) [mg·l ⁻¹]	6,0	4,1	4,17
Zákal [FNU]	6,5	3,9	2,9
A254	0,191	0,145	0,145
Mn [mg·l ⁻¹]	0,1	0,1	0,084
KNK _{4,5} [mmol.l ⁻¹]	0,3	0,3	0,28
Barva [mg·l ⁻¹ Pt]	37,5	23,0	20

Výsledky a diskuse

V této kapitole shrneme dosud získané poznatky z provozní aplikace FMMF, které dokumentují to, do jaké míry byla rekonstrukce filtrace na ÚV Strašice přínosem a také to, v čem spočívá optimalizace rekonstruovaného technologického stupně úpravy vody.

Ve sledovaném období byly v provozu pouze dvě filtrační jednotky. Z toho plyne, že filtrační rychlost se pohybovala kolem 1,8 m·h⁻¹. Proto jsme pokusně jeden filtr odstavili, abychom dosáhli vyšší filtrační rychlosti. Průběh sledovaného filtračního cyklu vidíme na obr. 1, kde je záznam počtu 2 μm částic ve filtrátu. Pro zajímavost je zde uveden i záznam hodnoty pH vody přitékající do sledovaného filtru. Hodnota pH zde hrála roli, protože následně bylo zjištěno, že ne úplně dobrým uspořádáním a provozem technologické linky docházelo k nestabilnímu provozu filtrace.

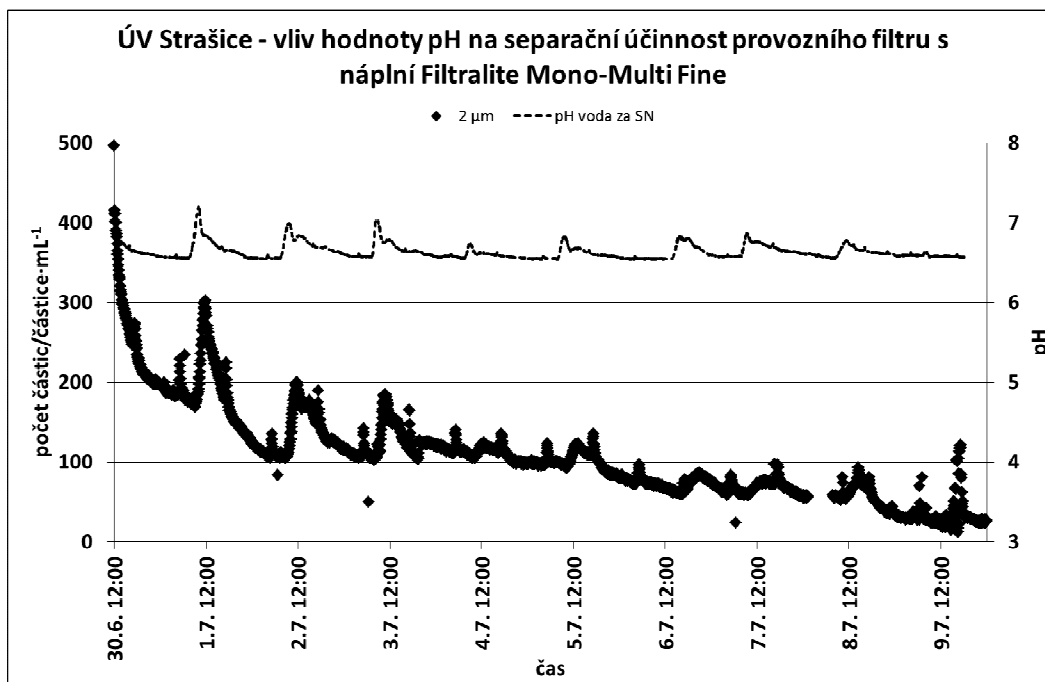
Ukázalo se, že dochází k podivnému chování filtru, kdy periodicky kolísala kvalita filtrátu. Zajímavé bylo, že se to neukázalo na významně zvýšené koncentraci zbytkového hliníku. Bylo zjištěno, že podle projektu má docházet k periodickému proplachu tras vápenného hospodářství se zaústěním této proplachové vody do reakční nádrže, což mělo za následek nekontrolovatelné výkyvy reakčního pH. Proplach tras vápenného hospodářství byl následně nastaven tak, aby probíhal periodicky jen jednou týdně. Výsledkem bylo významné zlepšení účinnosti obou separačních stupňů. Na obr. 2 vidíme, že separační účinnost sledovaného filtru byla velmi stabilní a dobrá. V tabulce 3 jsou pro doplnění uvedeny další zajímavé ukazatele kvality upravené vody ve sledovaném období s provozem filtrů s náplní FMMF.

Tabulka 3. Další ukazatele kvality vody po filtraci přes náplň FMMF v provozním filtru č. 4 (průměrné hodnoty)

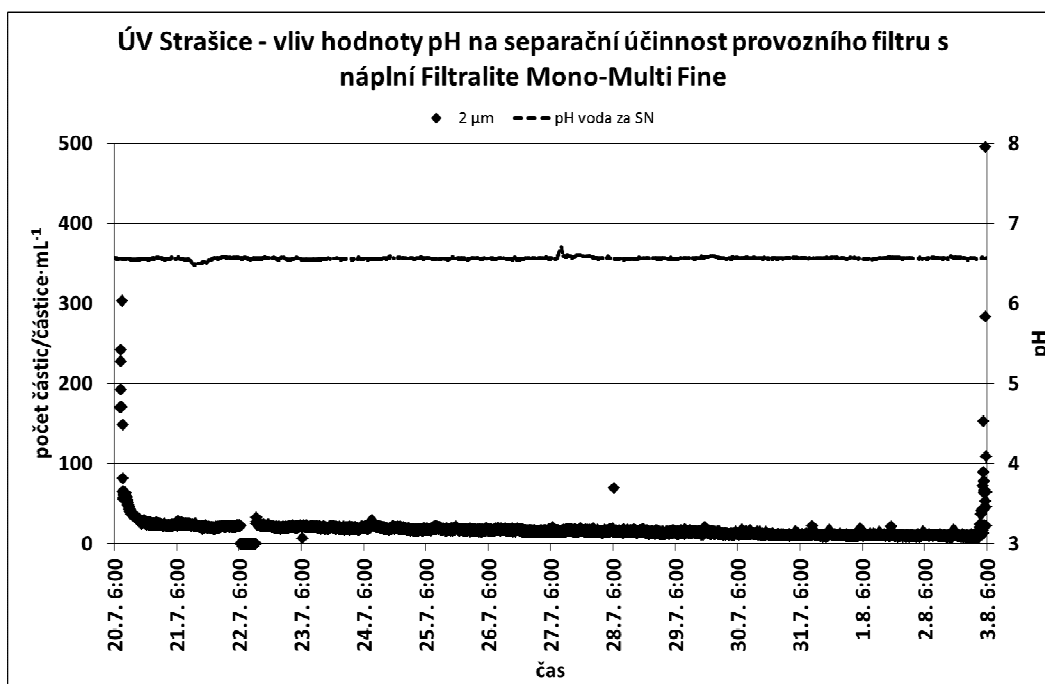
Ukazatel	červen	červenec	srpen
pH	7,1	6,7	6,62
Mn [mg·l ⁻¹]	0,013	0,0	0,008
Al [mg·l ⁻¹]	0,045	0,0	0,03
CHSK(Mn) [mg·l ⁻¹]	1,21	0,57	0,65
Barva [mg·l ⁻¹ Pt]	3,4	1,6	2,4

Přínosem rekonstruovaných filtrů jsou samozřejmě i úspory v provozních nákladech a to především z hlediska úspory prací vody a elektrické energie. Při vyrobeném množství vody na jeden filtr 13 000 m³ bylo spotřebováno jen 90 m³ prací vody (při prací

rychlosti $18 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ po dobu 15 minut, kdy bylo dosaženo expanze kolem 7 %). To znamená, že při praní filtrů bylo spotřebováno jen pouhých 0,69 % vyrobené vody.



Obr. 1. Vliv hodnoty pH ve vodě za sedimentací na separační účinnost filtrace



Obr. 2. Vliv pH na separační účinnost filtrace

ZÁVĚRY

1. Na základě výsledků lze říci, že filtrační náplň Filtralite Mono-Multi-Fine je vhodná všude tam, kde se předpokládá nízké látkové zatížení vodárenské filtrace.

2. FMMF se uplatní především ve filtraci, která bude v technologické lince navržena jako druhý separační stupeň či v případě požadavku nízké prací rychlosti.
3. Bylo prokázáno, že poloprovozní experimenty jsou přínosem pro předprojektovou přípravu a musí být její nedílnou součástí.
4. Z výsledků z ÚV Strašice je vidět, že investice do nové filtrační náplně FMMF se ekonomicky vyplácí. Bylo ověřeno, že změna filtrační náplně v provozních filtrech na *Filtralite Mono-Multi-Fine* byla velkým přínosem. Došlo k významnému prodloužení filtračních cyklů oproti předchozímu stavu.
5. Pro praní sledovaného provozního filtru, z jehož sledování jsou prezentované výsledky, bylo spotřebováno 90 m³ prací vody při délce praní 15 minut. To představuje spotřebu upravené vody na praní jen 0,69 %.
6. Dosavadní výsledky jak z poloprovozních testů, tak z provozních aplikací FMM a FMMF potvrzují, že filtrační náplň Filtralite je přínosem pro kvalitu i ekonomiku procesů při úpravě pitné vody.

LITERATURA

- [1] Dolejš P., Štrausová K.: Separační účinnost rekonstruovaných filtrů na ÚV Souš. Sborník konference PITNÁ VODA 2010, Tábor 2010, s. 223 – 228, W&ET Team, České Budějovice 2010.
- [2] Dolejš P.: Výzkum a inovační aplikace technologických stupňů šitých na míru konkrétní úpravě vody – příklad realizace v ČR unikátních filtrů se snižující se filtrační rychlostí. Sborník konference Rekonstrukce úpraven vody, Teplice 1998, s. 31 – 39, W&ET Team, České Budějovice 1998.
- [3] Dolejš P., Štrausová K., Dobiáš P.: Modelové ověření nového filtračního materiálu Filtralite ve dvouvrstvých filtrech. Sborník konference PITNÁ VODA 2010, Tábor 2010, s. 83 – 89, W&ET Team, České Budějovice 2010.
- [4] Dobiáš P., Dolejš P., Kolovrat J.: Poloprovozní ověřování separace manganu na náplni Filtralite na ÚV Plzeň. Sborník konference PITNÁ VODA 2014, Tábor 2014, s. 111 – 117, W&ET Team, České Budějovice 2014.
- [5] Dolejš P., Dobiáš P., Štrausová K.: Porovnání vybraných filtračních materiálů při použití v jedноступňové a dvoustupňové separaci (flotace-filtrace). Zborník prednášok z XVI. Konferencie s medzinárodnou účasťou PITNÁ VODA, Trenčianské Teplice 2011, s. 67 – 75, Hydrotechnológia Bratislava s.r.o., 2011.
- [6] Beyblová S., Rainiš L., Michalová J., Švec L.: První zkušenosti s aplikací filtrační náplně Filtralite na ÚV Bedřichov. Sborník konference PITNÁ VODA 2012, Tábor 2012, s. 71 – 77, W&ET Team, České Budějovice 2012.
- [7] Beyblová S., Rainiš L., Michalová J.: Provozní zkušenosti s filtrační náplní Filtralite. Sborník konference PITNÁ VODA 2014, Tábor 2014, s. 129 – 132, W&ET Team, České Budějovice 2014.
- [8] Dobiáš P., Dolejš P.: Odstranění amoniaku, manganu a železa při úpravě pitné vody ve filtru s náplní Filtralite Mono-Multi – výsledky z poloprovozních experimentů. Sborník konference PITNÁ VODA 2012, Tábor 2012, s. 157 – 163, W&ET Team, České Budějovice 2012.
- [9] Dolejš P., Dobiáš P., Jarošová M., Kalousková N.: Světová premiéra nového složení filtračního materiálu Filtralite Mono-Multi-Fine v poloprovozních experimentech, Sborník konference PITNÁ VODA 2014, s. 117 – 123, W&ET Team, České Budějovice 2014.