

# MODELOVÉ OVĚŘENÍ NOVÉHO FILTRAČNÍHO MATERIÁLU FILTRALITE VE DVOUVRSTVÝCH FILTRECH

doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.<sup>1,2</sup>, Ing. Klára Štrausová, Ph.D.<sup>1</sup>, Ing. Pavel Dobiáš<sup>1</sup>

<sup>1</sup> W&ET Team, Box 27, 370 11 České Budějovice  
a <sup>2</sup> FCh VUT, Brno

petr.dolejs@wet-team.cz, klara.strausova@wet-team.cz, pavel.dobias@wet-team.cz

## ÚVOD

Filtrační náplň, jakou je křemičitý písek, představuje pro rychlofiltraci i pomalou filtraci vodárenskou klasiku. Alternativní filtrační náplně se objevují již dlouhou řadu let. Jednak pro to, aby bylo možné realizovat vícevrstvé filtry, jednak se snaží nabízet lepší filtrační vlastnosti. V předprojektové přípravě pro ÚV Plzeň jsme v letošním roce měli možnost vyzkoušet vlastnosti u nás doposud neznámého materiálu Filtralite, o kterém je možné nalézt velmi zajímavé reference v zahraniční literatuře. V našem příspěvku prezentujeme charakteristiku tohoto materiálu a první výsledky z modelových zkoušek.

## FILTRAČNÍ NÁPLNĚ

Ideální filtr by měl mít postupně se měnící velikost zrn filtrační náplně od velké po malou (při toku kapaliny filtrem ve směru shora dolů). Je tzv. „coarse to fine theory“, která také vysvětluje, jaké mají výhody vícevrstvé filtry. Pro jednomateriálové filtry je tento požadavek splnitelný jen při uspořádání, které nabízejí obráceně protékané filtry. Ty ale mají jiné nevýhody, pro které se v praxi příliš neuplatnily. Proto se realizují filtry protékané shora a složené z více materiálů. Nejčastěji jsou to filtry dvoumateriálové (dvouvrstvé). Tím, že se použijí materiály o různé hustotě, je možné dosáhnout toho, že horní (hrubší) vrstva bude i po praní filtru nahoře, zatímco dole zůstane vrstva jemnějšího filtračního materiálu. Bude to tak v případě, že horní vrstva bude mít dostatečně nižší hustotu ve srovnání s vrstvou spodní.

Protože se však každá vrstva filtru po praní zase nalézá sama o sobě v opačném velikostním složení zrn náplně než je požadavek „velké nahoře, malé dole“, je určité vmíšení nejjemnějších frakcí spodní náplně (písku) do horní hrubší náplně (např. antracitu nebo aktivního uhlí) výhodné. Pokud by k němu nedošlo, existoval by totiž ve filtru velmi ostrý přechod mezi horní náplní, která má v její spodní části právě ty největší částice a vrstvou naopak té nejjemnější frakce dolní náplně, která je vyplavena na její horní okraj. To by způsobovalo vysoký lokální nárůst tlakové ztráty. Proto je výhodné, když se nejjemnější frakce spodní náplně vmísí do kanálků v náplni horní. Tím se jednak přiblíží požadavku „velké nahoře, malé dole“ a navíc se tak „odstraní“ nejjemnější částice ze spodní náplně a opět se tak vyhoví požadavku „velké nahoře, malé dole“. Délku vzájemného vhodného promíšení náplní je třeba stanovit individuálně pro každou vodu a pro obě filtrační náplně a pohybuje se zhruba od 5 do 15 cm.

## Filtralite

Tento alternativní filtrační materiál se vyrábí z jílu vypálením při 1200 °C. Materiál má částečně pórovitou strukturu a hlavně volitelnou hustotou ve velmi širokém rozmezí 500–1600 kg/m<sup>3</sup>. V závislosti na hustotě je možné aplikovat materiál nejen do různých koncipovaných jednovrstvých filtrů, ale hlavně do vícevrstvých filtrů. Jako zcela unikátní je možné také sestavit dvouvrstvý filtr složený ze dvou vzorků Filtralite, který se nazývá „MonoMulti“ filtr. Základní charakteristiky s možnostmi uplatnění jsou uvedeny v tabulce 1. Protože je tento materiál částečně pórovitý, jeho použití může být jak v „klasických“, tak i biologických filtrech. Stejně dobře se také uplatňuje jako materiál vhodný pro odstraňování železa a manganu. Historie tohoto materiálu není dlouhá, je to materiál nový a jeho použití v provozní praxi se datuje zhruba na deset let. Publikace o jeho vlastnostech v různých druzích filtrace se vyskytují přibližně stejně dlouho. Jako příklad uvádíme [1,2].

**Tabulka 1. Tabulka charakteristických vlastností Filtralite**

Typ	Hustota suchého materiálu [kg/m <sup>3</sup> ]	Převažující vhodnost aplikace
Filtralite NC 0,8- 1,6 mm	1000-1200	Dvouvrstvá filtrace, biologická filtrace
Filtralite NC 1,5-2,5 mm	1000-1200	Dvouvrstvá filtrace, biologická filtrace
Filtralite MC 0,8-1,6 mm	1300-1500	Jednovrstvá nebo dvouvrstvá filtrace, biologická filtrace
Filtralite MC 1,5-2,5 mm	1200-1400	Jednovrstvá nebo dvouvrstvá filtrace, biologická filtrace
Filtralite MC 2,5-4 mm	1100-1300	Biologická filtrace
Filtralite HC 0,8-1,6 mm	1500-1700	Jednovrstvá nebo dvouvrstvá filtrace
Filtralite HC 1,5-2,5 mm	1400-1600	Jednovrstvá filtrace, biologická filtrace
Filtralite HC 2,5-5 mm	1400-1600	Biologická filtrace

Skvělé vlastnosti Filtralite dokazují i výsledky studie uveřejněné na konferenci v Anglii v roce 2007. Kolektiv autorů z Thames Water Utilities Ltd. a University College London zde prezentoval dlouholetý výzkum v oblasti filtrace [3]. V průběhu několika let bylo testováno celkem 15 vzorků filtračních náplní (jednovrstvé, dvouvrstvé filtry, sklo, písek, antracit+písek a další). Při dlouhodobém testování daných filtračních medií autoři zjistili například 100 až 800% prodloužení filtračních cyklů s náplní Filtralite MonoMulti než u dvouvrstvého filtru antracit+písek.

## POLOPROVOZNÍ FILTRAČNÍ EXPERIMENTY NA ÚV PLZEŇ

Tento v České republice zcela nový filtrační materiál jsme testovali ve filtračních kolonách čtvercového průřezu s plochou 0,075 m<sup>2</sup>, vybavených drenážním systémem

Leopold. Abychom měli vztažnou hodnotu pro jednotlivé kombinace dvouvrstvých filtračních materiálů, byl pro srovnání napřed změřen filtrační cyklus 1 pouze s náplní písku 1,0-1,6 mm (FP2) výšky 160 cm a s filtrační rychlostí 2,0 m/h. Filtrační cyklus 2 byl následně měřen již v sestavě tří dvouvrstvých filtrů:

- modelový filtr F1 byl naplněn 60 cm Filtralite NC 1,5-2,5 mm a 1,0 m písku FP2,
- modelový filtr F2 byl naplněn 60 cm antracitem Everzit typ III 2,0-4,0 mm a 100 cm písku FP2,
- modelový filtr F3 byl naplněn 60 cm Filtralite NC 1,5-2,5 a 100 cm Filtralite HC 0,8-1,6 (MonoMulti).

Pro tento filtrační cyklus jsme zvolili filtraci se snižující se filtrační rychlostí („declining rate“). V průběhu obou filtračních cyklů jsme v odebraných vzorcích stanovovali UV absorbanci, barvu, zákal a zbytkovou koncentraci hliníku a CHSK(Mn). Na ose X je v grafech standardně vynesena hodnota v jednotkách filtrační délky  $L(f)$ , které reprezentují objem vody přefiltrovaný jednotkovou plochou filtru ( $m^3/m^2$ ).

Pokus probíhal v zimním období roku 2010, čemuž odpovídaly i charakteristiky surové vody. Na modelové filtry však byla odebírána voda po sedimentaci na lince III.

Barva	12–13,8	[mg/l Pt]	UV absorbance	0,068–0,072	[1 cm]
Teplota	-0,1–1,4	[°C]	Zákal	2,2–2,7	[NTU]
pH	7,6–7,7		CHSK(Mn)	1,9–2,4	[mg/l]
KNK(4,5)	1–1,1	[mmol/l]			

Výsledky z měření UV absorbance odebraných vzorků jsou uvedeny na obr. 1 a 2.

Ani v jednom případě se u všech měřených vzorků nedostala koncentrace hliníku ve filtrátu nad mez stanovitelnosti, tzn. vždy byla nižší než 0,05 mg/l, proto tento parametr neuvádíme v grafické podobě.

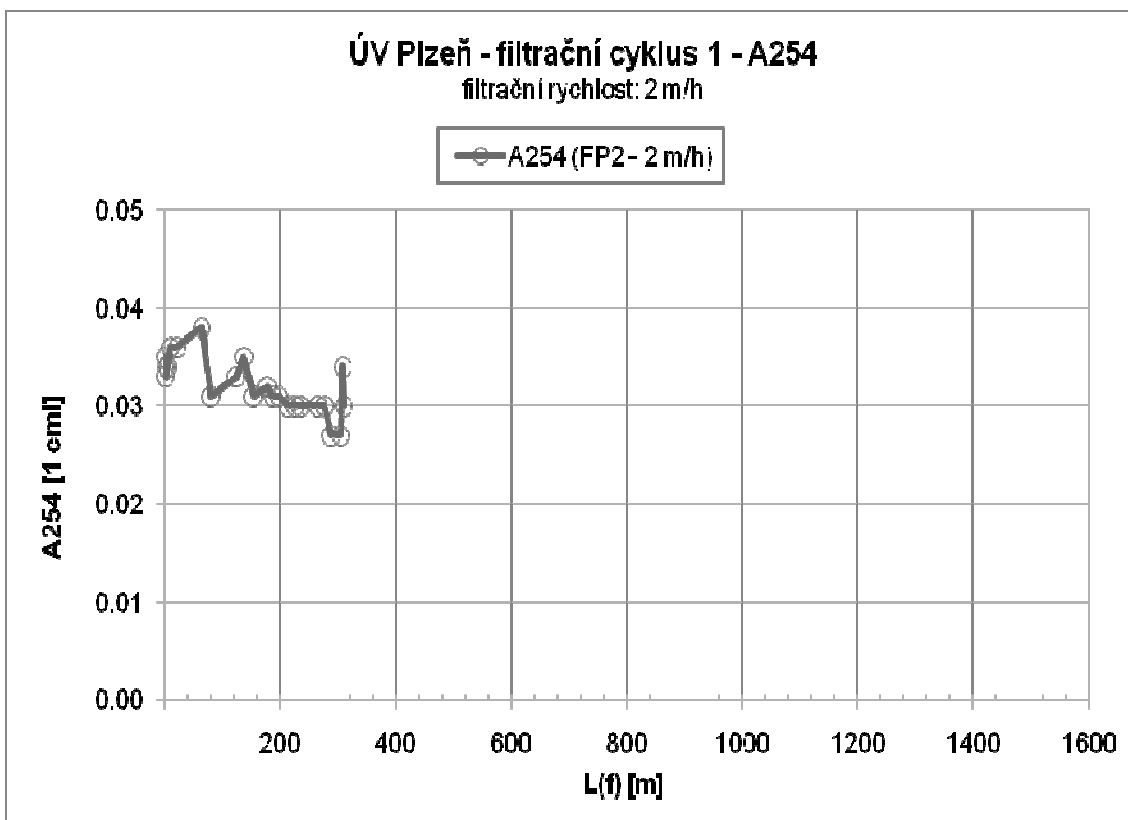
Abychom demonstrovali možnosti, které skýtá filtrace v režimu „declining rate“ jsou na obrázku č. 3 vyneseny průběhy filtračních rychlostí. Filtrační cykly 1 i 2 byly ukončeny z důvodu vyčerpání disponibilní tlakové ztráty filtrů. Tabulka 2 ukazuje hodnoty stanovovaných parametrů na konci filtračních cyklů pro jednotlivá uspořádání spolu s přefiltrovanou délkou. Z tabulky je patrné, jak dobře si vedl Filtralite v uspořádání MonoMulti s „rekordní“ filtrační délkou 1 435 m. Tuto hodnotu jsme dosud při žádném jiném uspořádání filtračních náplní nedosáhli.

**Tabulka 2. Filtrační délky cyklů 1 a 2 a dosažená kvalita filtrátu**

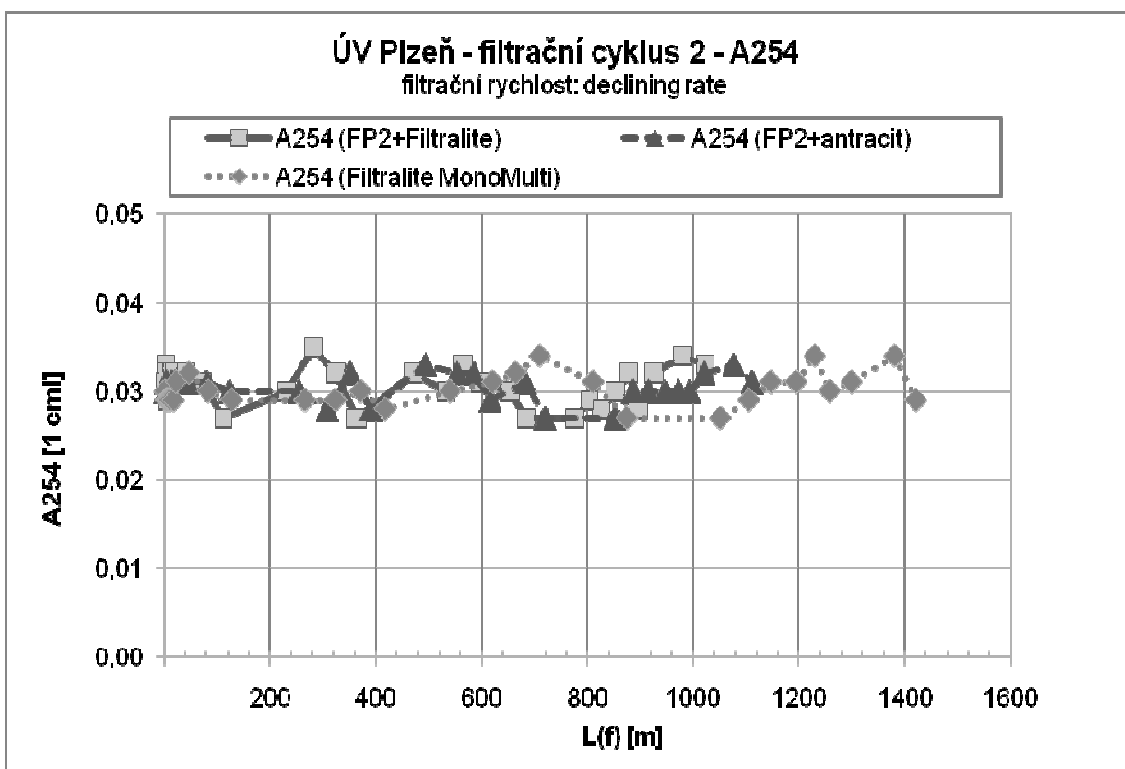
Parametr		FP2 (160 cm)	Filtralite+ FP2	Antracit + FP2	Filtralite MonoMulti
$L(f)$	[m]	311	1035	1122	1435
A254	[1 cm]	0,030	0,033	0,031	0,029
$\Delta p$ na konci filtr cyklu	[cm]	116	71	86	75
$\Delta p/0,01 L(f)$		37,3	6,86	7,66	5,23
Barva	[mg/l Pt]	2,6	3,0	3,1	2,6
Al	[mg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

V tabulce 2 jsme uvedli také hodnotu nového parametru, který považujeme při porovnávání různých variant filtrační náplně za prospěšný. Představuje vzrůst tlakové ztráty odpovídající filtrační délce 100 metrů ( $\Delta p/0,01 L(f)$ ). Čím je hodnota tohoto parametru nižší, tím méně roste tlaková ztráta při záchytu stejného množství suspenze. Jak vidíme z výsledků v tabulce 2, zatímco u jednovrstvého filtru s pískem FP2 vzroste tlaková ztráta po  $L(f)=100$  m o 37,3 cm, u standardního dvouvrstvého filtru s antracitem je to jen o 7,66 cm, zatímco u filtru s materiálem Filtralite ve složení MonoMulti je to dokonce jen o 5,23 cm. To představuje možnost významného zlepšení návrhových parametrů dvouvrstvých filtrů použitím tohoto nového materiálu. Samozřejmostí je, že i kvalita vody je minimálně stejná, jako u všech ostatních srovnávaných náplní. Zjistili jsme, že tato podmínka platí po celou délku filtračního cyklu a náplň MonoMulti poskytovala stejnou nebo lepší kvalitu filtrátu ve srovnání s ostatními testovanými náplněmi. Tyto výsledky ilustruje obr. 2. Ze srovnání filtračních rychlostí vidíme, že je tomu tak i při relativně vysokých filtračních rychlostech, které se u nás běžně neprojektují. Téměř 60 % délky filtračního cyklu pracoval filtr s náplní MonoMulti s filtrační rychlostí mezi 11-12 m/h.

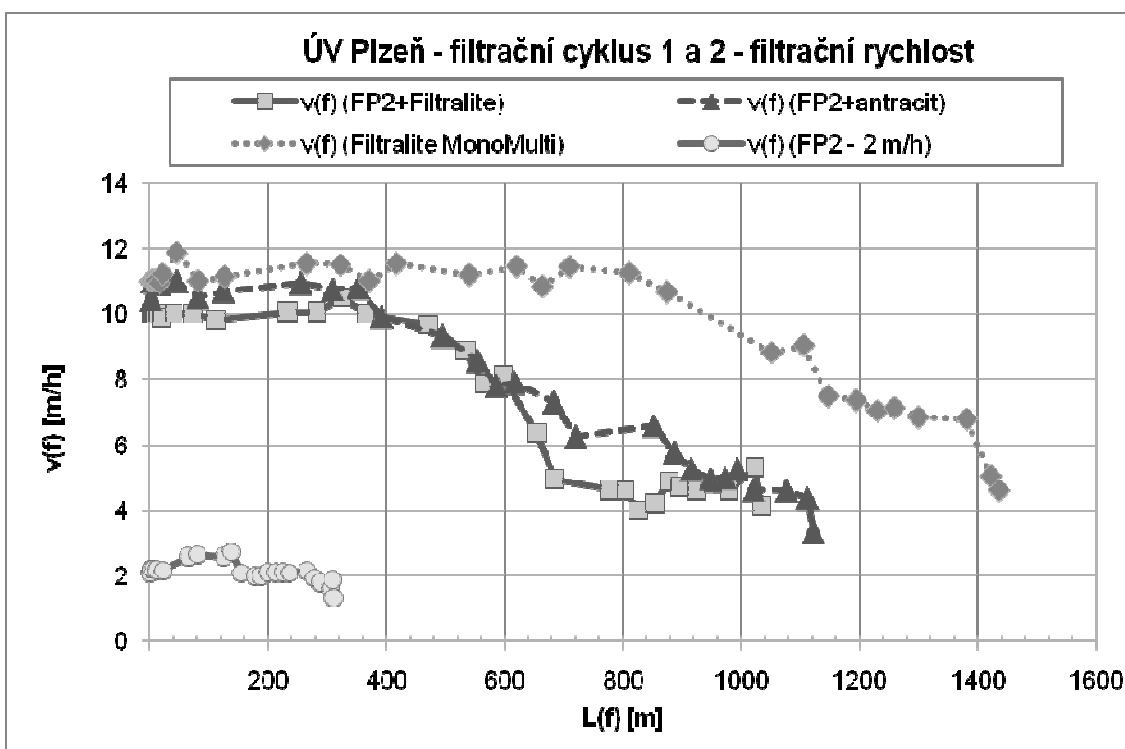
Další neméně podstatnou výhodou náplně Filtralite je i její expanze (obr. 4). Z obrázku vyplývá, že tuto náplň je možné prát pro stejně velkou expanzi s podstatně nižší intenzitou prací vody, která odpovídá běžně navrhované intenzitě pro jednovrstvé filtry s náplní písku 1,0-1,6 mm (FP2). Např. pro celkovou expanzi 5 % potřebuje klasický písek FP2 prací rychlost více než 40 m/h oproti 22 m/h, které postačí pro expanzi náplně filtralite (MonoMulti).



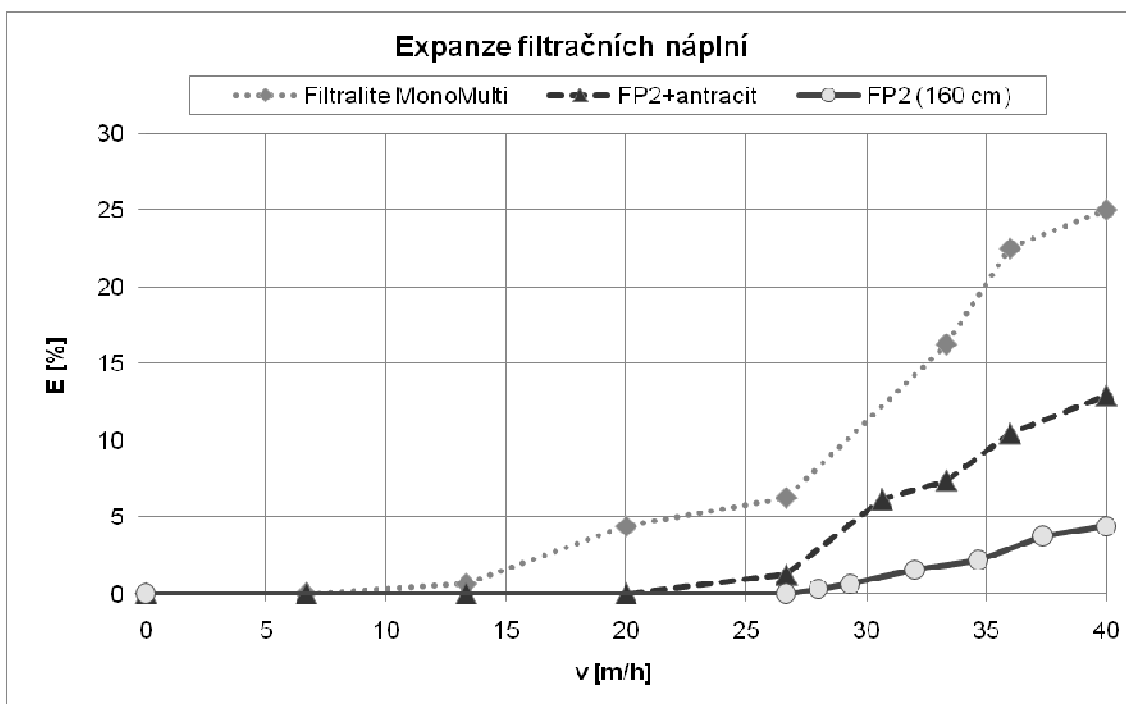
Obr. 1. Průběh UV absorpance (srovnávací filtrační cyklus 1) – náplň FP2



Obr. 2. Průběh UV absorbance (filtrační cyklus 2)



Obr. 3. Průběh filtračních rychlostí (filtrační cykly 1 a 2)



Obr. 4. Expanze filtrační náplně (teplota vody 1°C)

## ZÁVĚR

Filtrační materiál Filtralite skýtá velmi zajímavé možnosti pro použití ve vodárenských filtrech. Vedle toho, že umožňuje dosahovat delších filtračních cyklů než dosahují běžné dvouvrstvé filtry, je jeho hlavní výhodou možnost volby jeho hustoty pro dobrou kompozici dvouvrstvé náplně, která nebude vyžadovat vyšší prací rychlosti než klasické jednovrstvé filtry s náplní písku 1,0-1,6 mm (FP2). To otevírá cestu pro velmi zajímavé rekonstrukce současných jednovrstvých filtrů na filtry dvouvrstvé a to bez potřeby rekonstrukce jejich prání.

## Poděkování

Děkujeme vedení a kolegům z Vodárny Plzeň, a.s., na které jsme měření prováděli, za laskavý a vstřícný přístup při našem měření a také za kolegiální pomoc při instalaci a provozu našich filtračních modelů a vytvoření dobrého zázemí na úpravně pro naši práci.

## Literatura

1. Melin, E S and Ødegaard, H.: Biofiltration of Ozonated Humic Water in Expanded Clay Aggregates Filters. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 40, No 9, s. 165-172, 1999.
2. Saltnes, T., Eikebrokk, B. and Ødegaard, H.: Contact filtration of humic waters: performance of an expanded clay aggregate filter (Filtralite) compared to a dual anthracite/sand filter, *Wat. Sci. Tech.: Wat. Sup.*, Vol. 2, No 5-6, s. 17-23, 2002.
3. Steele, M.E., Chipps, M., Mikol. A., Fitzpatrick, C.S.B. Alternative filter media for potable water treatment. *Water treatment and supply conference, Bath, July 2007.*