

HODNOCENÍ VLIVU DEŠTĚ NA PŘIROZENOU REGENERACI FILTRAČNÍ NÁPLNĚ V KOŘENOVÝCH ČISTÍRNÁCH ODPADNÍCH VOD

Michal Kriška²³

Abstrakt

Filtrační technologie, ať už se jedná o zemní filtry nebo kořenové čistírny odpadních vod, jsou založeny na pomalé filtraci odpadní vody póry filtračního prostředí, v němž vlivem výrazného zpomalení průtoku a filtračních rychlostí dochází k postupnému usazování nerozpuštěných látek. Pozvolný proces pomalu vede k nepropustnosti filtru, proudící odpadní voda není schopna prosakovat filtračním prostředím. Tento proces, nazývaný jako kolmatace, způsobuje sníženou čisticí účinnost filtrů, je tedy potřeba po určité době zajistit jeho náhradu za nový propustný filtrační materiál, popřípadě zajistit regeneraci filtru původního. Výzkumné práce, které byly provedeny v roce 2012, jsme zaměřili právě na regeneraci filtračního prostředí, založenou na rozprostření filtračního materiálu do tenké vrstvy a ponechání přirozeným klimatickým, biologickým a biochemickým procesům.

Úvod

V současné době u nás rychlým tempem rozvíjí inovativní přístupy u přírodních způsobů čištění odpadních vod v podobě kořenových čistíren nových generací. Ačkoliv propagátoři a zastánci uvádějí spoustu kladů těchto systémů, mají tyto přírodní technologie svá úskalí, na která je potřeba se zaměřit a vyřešit je již během návrhu – při projekci i samotné realizaci nové čistírny. Jedním z nejdůležitějších objektů na čistírně, jejíž hlavní čisticí stupeň je založen na přirozených technologiích, je dokonale navržený mechanický stupeň čištění (hrubé česle, lapák písku, lapák tuku a usazovací nádrž nebo septik) (Šálek et al., 2012), při jehož nevhodném návrhu dochází po několika letech k úplnému ucpání filtrační náplně (Šálek-Tlapák, 2006). Regenerace filtrační náplně, způsobená nevhodně navrženým mechanickým čištěním, je potom pouze důsledek přirozeného procesu, zmiňována je a na řadu přichází po uplynutí několika let provozu čistírny (Hyánková, 2005).

Téma regenerace filtrační náplně je prozatím málo diskutované, ačkoliv je nezbytné pro objektivní zhodnocení provozních nákladů, do kterých je potřeba započítat odpisy právě na obnovu filtrů čistírny (Šálek et al., 2012). Často zmiňované argumenty odpůrců přirozených technologií jsou: „veškerý štěrk je potřeba vytěžit a uložit na skládku nebezpečného odpadu“. Částečně mají tyto argumenty pravdu, nicméně lze s nimi úspěšně polemizovat. Ve většině případů není vůbec potřeba těžit veškerý štěrk, protože nejvíce zasažené jsou filtrační náplně na přítoku do kořenového resp. zemního filtru. Pokud je rozdělovací potrubí realizováno např. pouze jedním potrubím, uloženým na povrchu filtrační náplně kolmo na směr horizontálně uspořádaného filtru, je nejvíce zasaženou částí svrchní vrstva pod rozdělovacím potrubím. Nepropustná vrstva dále postupuje v horizontálním směru, jelikož dochází vlivem ucpání pórů k povrchovému proudění, kdy v případě výskytu množství

²³ Ing. Michal Kriška, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Veveří 95, 602 00 Brno, tel. 541147778, e-mail: kriška.m@fce.vutbr.cz

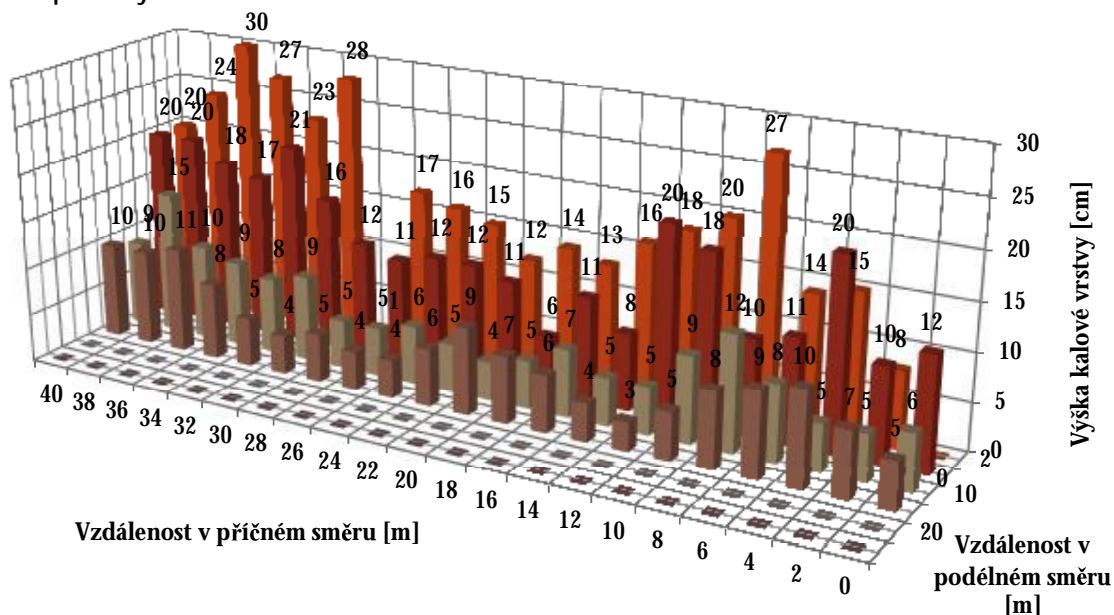
nerozpuštěných látek unášených v proudu vody dochází k jejich zachycení opět až při vsaku do filtračního prostředí v místě, kde toto prostředí není zakolmatované.

V případě, že je mechanické předčištění nevhodně navrženo a vlivem postupného usazování nerozpuštěných látek došlo ke kolmataci, tedy ucpání filtračního prostředí, je nutno přistoupit k regeneraci filtru. Přistoupit k regeneraci filtrační náplně má ovšem smysl až poté, co je vyřešena hlavní příčina zakolmatování filtračního prostředí (oprava nebo úprava mechanického stupně čištění). Obecně lze k regeneraci přistoupit několika způsoby:

1. Přírozená regenerace – obnova propustnosti filtrační náplně za přispění přírodních procesů
2. Strojní regenerace – proplachování filtrační náplně za pomoci mechanizace
3. Vytěžení filtrační náplně a aplikace nové
4. Biologická regenerace – za přispění speciálních kultur bakterií, přidávaných do zakolmatovaného prostředí

Metodika výzkumu přírozené regenerace

Při rozhodovacím procesu, kterou z metod regenerace nepropustného filtru zvolit, je potřeba zvážit zejména ekonomický aspekt. Potřeba je zvážit, jestli se provozovateli oplatí materiál regenerovat nebo bude vhodnější materiál (zakolmatovanou část) vyměnit na nový. Výzkumné práce, věnující se přírozené regeneraci filtračních materiálů, jsme realizovali na kořenové čistírně pro 750 EO, která je vlivem nevhodného návrhu mechanického stupně ve velice zanedbaném stavu, zakolmatovaná část dosahuje téměř poloviny plochy filtračního pole – jak ukazuje obr. 1, na kterém je znázorněna výška vrstvy sedimentovaných nerozpuštěných látek nad filtračním materiálem.



Obr. 1 Zobrazení následků nevhodně navrženo mechanického stupně – vrstva zachycených nerozpuštěných látek na kořenovém poli o rozměrech 40 x 30 m

V rámci výzkumných prací bylo provedeno několik pozorování. Zaměření bylo cíleno na vyhodnocení výsledků z přirozené regenerace filtračního materiálu, rozprostřeného na dvou speciálně upravených výzkumných plochách – bez spodního odtoku a s odtokem prostřednictvím děrovaného roštu, který by měl umožňovat vymytí jemné kalové směsi (sediment nerozpuštěných látek) ze samotného filtračního materiálu.

Uspořádání testovacích ploch

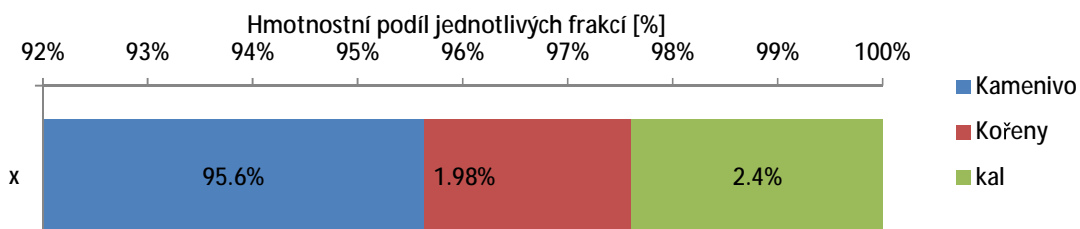
Pro účely pozorování pomalu probíhající regenerace zakolmatované filtrační náplně bylo připraveno několik regeneračních ploch. Prvním typem, který byl realizován na podzim roku 2011, bylo pět plastových otevřených jímek o půdorysném rozměru 1 x 1 m (obr. 1 vlevo). Výška jednotlivých jímek je v rozpětí 0,2 – 0,6 m s cílem zjistit, jaká výška pro regeneraci je optimální. Tyto jímký byly podsypány pískem tak, aby dno bylo vyspádováno směrem k otevřené stěně ve sklonu 2 %. Pro účely mojí práce byly vzorky odebírány pouze z první testované jímký s hloubkou vrstvy zakolmatovaného filtračního materiálu 20 cm.



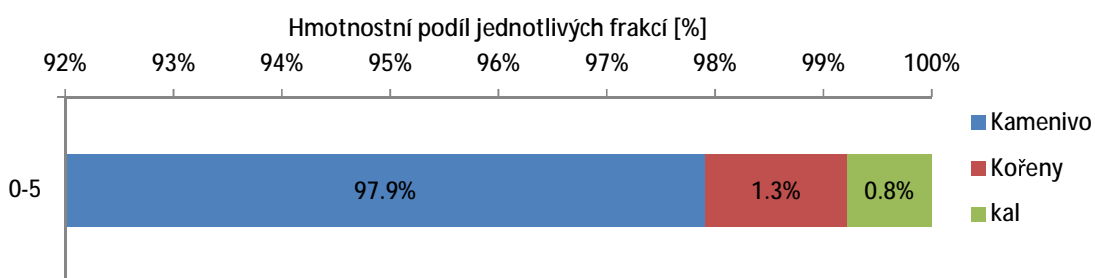
Obr. 2 Pohled na regenerační plochy prvního i druhého typu

Druhý typ testované plochy vznikl na jaře 2012, kdy jsme již po prvních laboratorních rozbořech zjistili, že nerozpuštěné látky nejsou schopny samovolně odtéci po vyspádovaném dně, ale zachytávají se v nižších vrstvách. Vytvořili jsme tedy plochu o rozměru 5 x 3 m, přičemž skladba podloží byla realizována následovně: recyklátový podsyp – geotextilie 300 g/m² – fólie tl. 1,0 mm - geotextilie 300 g/m² – plastový děrovaný rošt výšky 6 cm. Na takto připravený podklad jsme pomocí strojní mechanizace umístili volně sypaný zakolmatovaný materiál (obr. 1 vpravo). Odtok vody, která odtéká prostřednictvím otvorů v roštech do nejnižšího místa, je sveden zpět do filtračního pole.

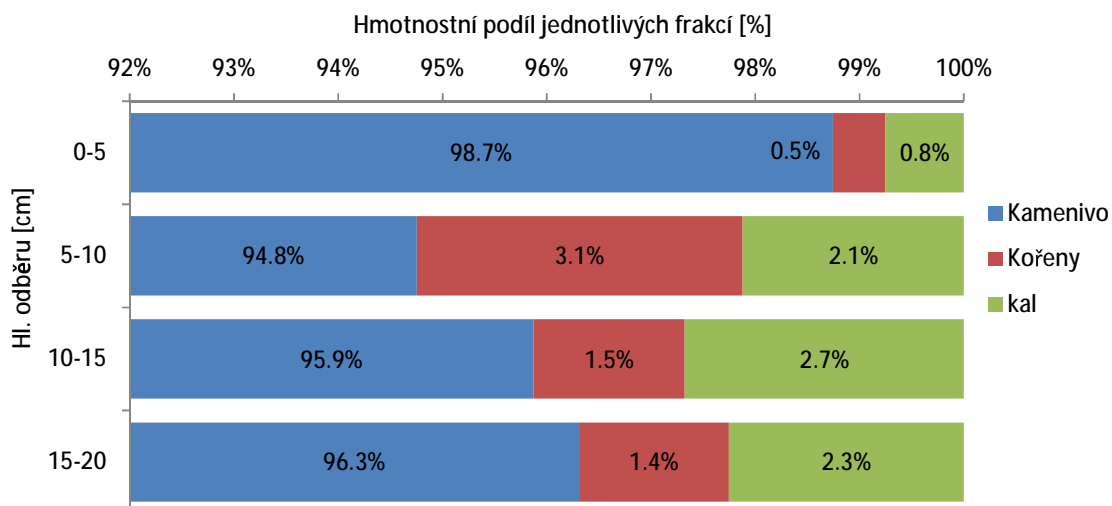
Vyhodnocení výsledků



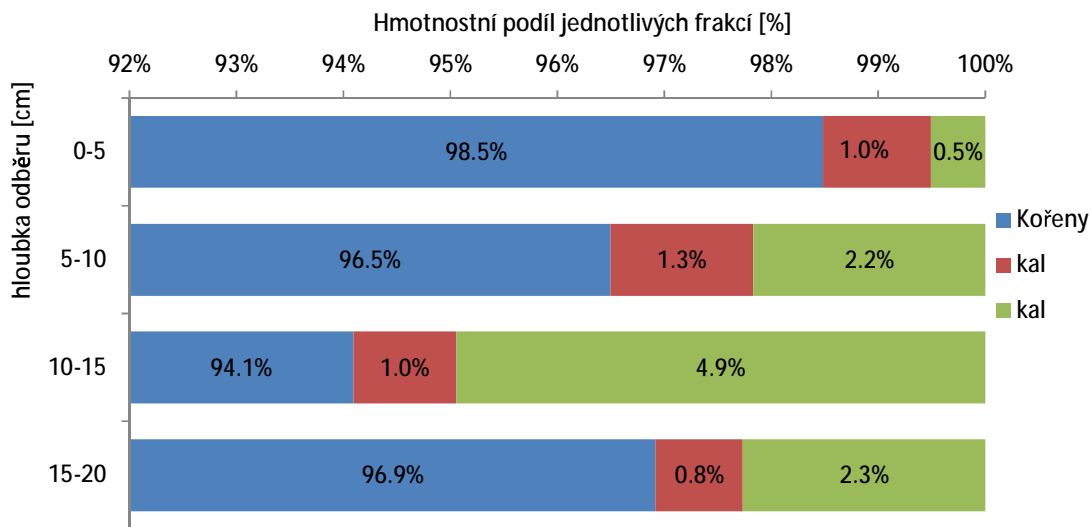
Obr. 3 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v čerstvě vytěženém zakolmatovaném materiálu



Obr. 4 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v po 32 dnech

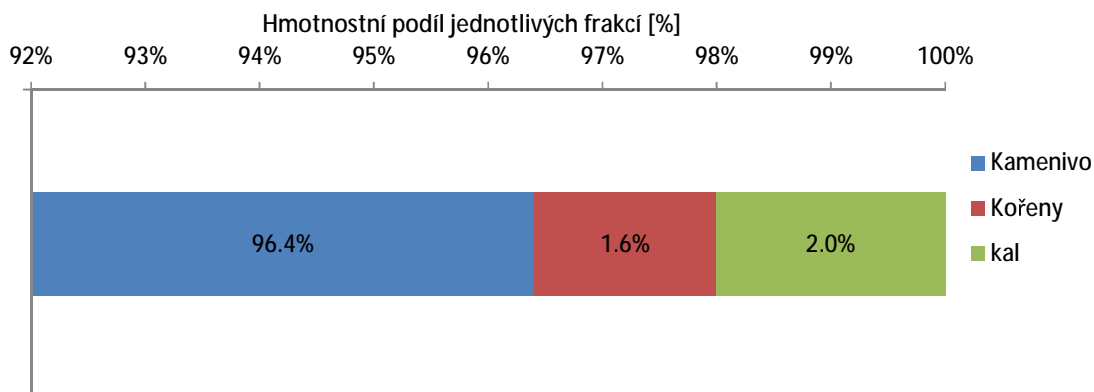


Obr. 5 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v po 105 dnech



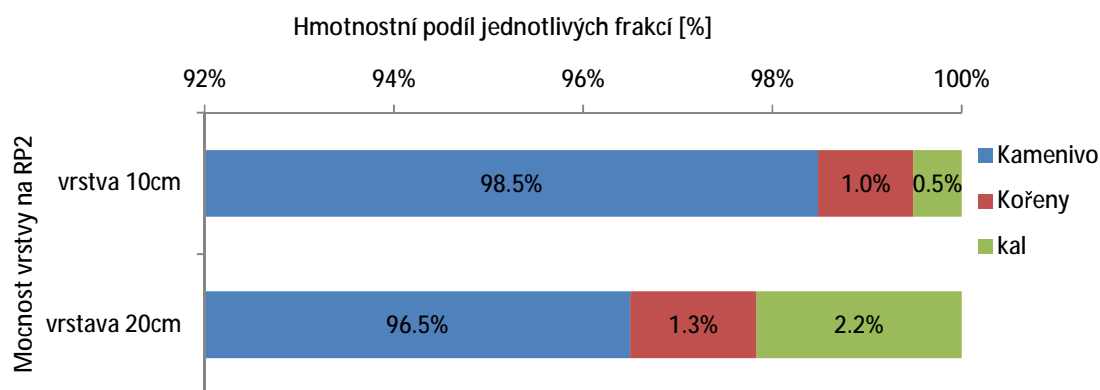
Obr. 6 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v po 166 dnech

Na regenerační ploše, jejíž dno je děrované a umožňuje tedy jak odtok vody, tak vyplavování nerozpuštěných látek, je také provedeno několik rozborů. Na obr. 7 je zobrazen hmotnostní podíl čerstvě vytěžené zakolmatované směsi (drcený štěrk, kámen, kal), odpovídající fotografii na obr. 1 vpravo. Hmotnost sušiny nerozpuštěných látek odpovídá hodnotě 2,0 % v dokonale rozmíchaném objemu materiálu.



Obr. 7 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v čerstvě vytěženém zakolmatovaném materiálu

Po rozprostření byl materiál ponechán, stejně jako v případě regeneračních ploch s nepropustným dnem, působení klimatickým vlivům. Po dvouměsíčním vystavení byly provedeny rozборы, určující podíl jednotlivých částí. Výsledky zobrazené na obr. 8 ukazují, že nerozpuštěné látky ve formě kalu byly sice vyplaveny ze svrchní vrstvy 10 cm, nicméně se nedokázaly dopravit prostřednictvím otvorů ve dně a dále mimo regenerační plochu, ale zachytávaly se v nižší vrstvě (hloubka 20 cm) stejně jako v předchozím případě.



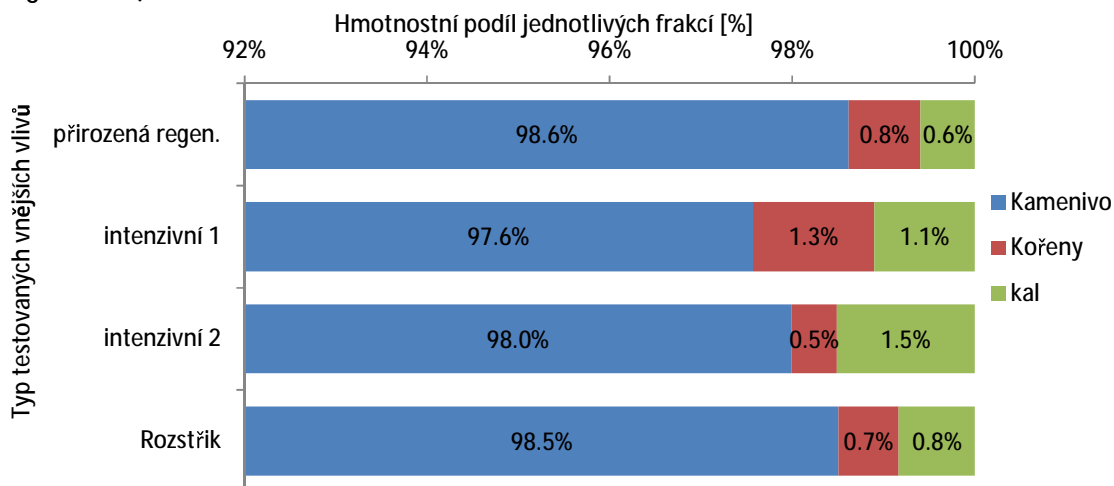
Obr. 8 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v po 61 dnech

Aplikace metody umělého skrápění

Po rozprostření zakolmatovaného filtračního materiálu jsme ponechali směs štěrku-kolmatant-kořeny vystaveny působení přirozeného prostředí, zahrnujícím zejména teplotu a dešťové srážky. Očekávaný jarní déšť však nebyl měřením na meteorologické stanici pozorován, takže jsme se pokusili jej nahradit umělou srážkou, resp. umělým zkrápěním. Pro srovnání jednotlivých intenzit jsme rozdělili pokus na tři metody:

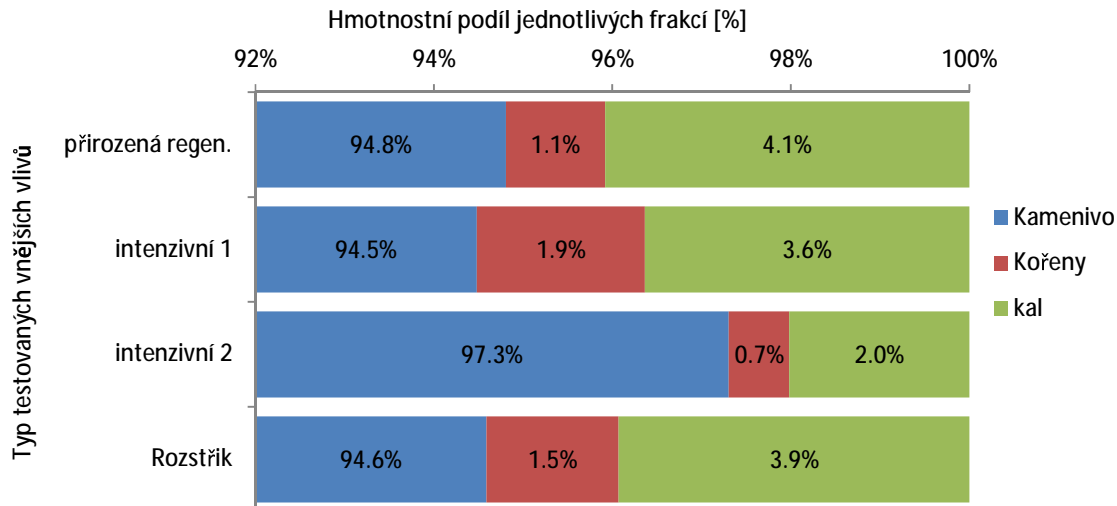
1. Intenzivní 1 - Realizováno pomocí konve s vodou s průtokem cca 0,5 l/s rovnoměrně na plochu 0,25 m² (5 m x 0,5 m) po dobu cca 20 s. Výsledná intenzita cca 100 mm/h. Celkový objem vody 10 litrů.
2. Intenzivní 2 - Realizováno pomocí hadice s průtokem cca 0,3 l/s na ploše 0,25 m² (5 m x 0,5 m) po dobu 1 minuty. Výsledná intenzita je cca 64 mm/h. Celkový objem použité vody je cca 18,0 litrů
3. Rozstřík - Realizováno pomocí hadice s rozstřikovačem při konstantním průtoku 0,3 l/s na ploše 1 m² (1 m x 1 m) a s výslednou intenzitou 64 mm/h. Celkový objem použité vody je cca 18,0 litrů. (t = 4 min).

Výsledky jsou zobrazeny ve dvou následujících grafech. Na obr. 9 je zobrazen stav po aplikaci umělého skrápění všemi třemi metodami, srovnaný s počátečním stavem (přirozená regenerace).



Obr. 9 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v po 166 dnech v hloubce 10 cm

Na obr. 10 je zobrazeno opět srovnání jednotlivých metod s počátečním stavem, tedy přirozenou regenerací, v hloubce 20 cm pod skráceným povrchem.



Obr. 10 Hmotnostní podíl jednotlivých frakcí v po 166 dnech v hloubce 20 cm

Diskuze výsledků

Jak ukazují první výsledky z rozborů, prováděných 166 dní po rozprostření a vystavení klimatickým podmínkám, nejví se taková sestava jako optimální. Dešťová srážka uvolňuje a transportuje kalové částice (většinou již mineralizované) do nižší vrstvy (viz obr. 5). Většina kalu se akumuluje dle intenzity dešťové srážky v nižších vrstvách, v případě pokusné plochy č.1 se jedná o hloubku 10 – 15 cm. Evidentně, pokud by se měl filtrační materiál regenerovat pouze během zimního období, je bezpředmětné jej ukládat (na podzim po ukončení vegetační sezóny) do výšky větší, než je 15 cm. Výrazný vliv na vrstvu s nejvyšším obsahem kalové složky má intenzita dešťové srážky, resp. výška sněhu.

Tento výsledek je podmětem k vybudování druhé výzkumné plochy, která má na rozdíl od zpevněných nepropustných dílčích ploch č.1 propustné dno, realizované děrovaným roštem, který je hydraulicky odizolován od podloží (viz obr. 1 vpravo).

Po bližším průzkumu lze konstatovat, že po cca 30 dnech je dostatečně vytištěná vrstva hluboká cca 10 cm. V hlubších vrstvách se kal usazuje a přitom průběžně mineralizuje. Na regenerační ploše č. 2 (děrovaný rošt pod filtrační náplní) probíhalo čištění rychleji, což bylo způsobeno lepším odvodem vody s kallem. Nejlepší výsledky vykazovala regenerační plocha č. 2, kde byl materiál umístěn v 10 cm vrstvě. Pro budoucí praktické využití se však systém jeví jako nevhodný z důvodu nutnosti velké zastavěné plochy a časově rozložené údržby. Taktéž manipulace s filtračním materiálem, jeho rozprostření a sklizení je velice náročné na obsluhu.

Výhodou použití roštu je, že dochází k oddělení kalové složky od směsi štěrku-kořeny, kal se po uvolnění vyplavuje do nižších vrstev. Protože na spodní úrovni se nachází děrovaný rošt

(nutno volit velikost otvoru tak, aby nepropadal filtrační materiál oky roštu), vyplavují se kalové částice z filtračního materiálu, což je největší výhoda oproti předchozímu řešení nepropustného dna. Pod roštem se nachází hydroizolační těsnění, které je vhodné navrhovat ve sklonu takovém, aby uvolněný kal stékal do nejnižšího bodu samospádem. Po zkušenosti z prvních pokusů jsme došli také k závěru, že bude vhodnější rošty umístit např. v každém rohu na vyšší pevný bod, např. cihlový podklad, který má výšku minimálně 5 cm. Kal se takto může samovolně přesouvat (pokud má dostatečný sklon hydroizolace) do nejnižšího bodu, odkud je dále čerpán nejlépe před usazovací nádrž, popřípadě na kompostovací jednotku.

Účinnost umělého zkrápění

Čištění za pomoci umělého zkrápění, při použití obdobné technologie použité v našem případě, se nejeví jako efektivní. Výsledky ukazují, že při závlaze se sice vyplavuje kal, většina z něj se však zachytí těsně pod zkrápěným povrchem. Pokud by se vyžadovalo efektivní odstranění kalu pomocí umělého zkrápění, byla by spotřeba vody nepřiměřená výsledkům (spotřeba el. energie čerpadlem). Při promývání čerstvého kalu se dosahuje o něco lepších výsledků – kal netvoří shluky podobné jemnozemi, je tvořen velice jemnými částicemi a snáze se z filtračního materiálu vyplavuje. Problém může nastat v případě přítomnosti vysokých koncentrací tukových složek, kdy kal přestává být z filtračního materiálu snadno vyplavitelný.

Diskuze a závěr

Problematika regenerace filtračních materiálů je na četných kořenových čistírnách aktuálním tématem. Důvodem není samotná kořenová čistírna, ale zejména nevhodně navržené mechanické předčištění. Praxe ukazuje, že namísto dvacetileté (a více) životnosti kořenové čistírny je již po 5 – 10 letech filtrační prostředí zakolmatované, nepropustné, spotřebovávající kyslík a nevhodné ani pro růst mokřadních rostlin. Aktuálnost regenerace filtračního materiálu je tedy dána požadavkem z praxe.

V případě nutnosti řešení regenerace je možno přistoupit k přirozeným postupům, strojnímu čištění, anebo kompletnímu vytěžení filtrační náplně. Výzkum výše uvedený se zabývá popisem metody přirozené regenerace, spočívající pouze v rozprostření filtračního materiálu do tenké vrstvy a ponechání působení přirozeným vlivům, zejména dešti, teplotě, slunečnímu svitu aj.

Přirozené čištění filtračního materiálu pomocí deště se podle prozatímních výsledků nejeví pro praktické využití příliš vhodné z důvodu velké náročnosti na plochu a časově rozložené manipulace s odpadem. Při zkouškách umělého promývání na regenerační ploše se jeví pozitivně pouze materiál rozprostřený do výšky vrstvy 10 cm, ovšem i zde je zapotřebí pro vymytí kolmatantu velké množství vody. Zajímavé je využití popsané aplikace (rozprostření do tenké vrstvy a ponechání klimatickým podmínkám) z pohledu změny zatřídění z nebezpečného odpadu na odpad ostatní (vlivem úbytku přítomnosti enterokoků) a s tím spojené šetření nákladů za uložení na skládce. To platí pro KČOV, ve kterých není problém s těžkými kovy (odpadní vody ze strojního průmyslu), což je při zátěži do 2000 EO velmi pravděpodobné.

Jednou z výhod přirozené regenerace je mineralizace organické složky kolmatantu (čistírenského kalu). Poté, co kal zmineralizuje, tj. po přechodu z organické na anorganickou složku, již nespotebovává kyslík. V případě aplikace směsi (šterk-kal-kořeny) po mineralizaci zpět do filtračního pole kořenové čistírny je vyloučena další spotřeba kyslíku, který je velice

důležitou složkou v procesu čištění odpadních vod (proces nitrifikace amoniakálního znečištění, odbourání znečištění BSK, apod.). Pokud by se měla zmineralizovaná směs aplikovat zpět do filtračního pole, je potřeba provést měření hydraulické vodivosti – filtrační prostředí nesmí být hydraulicky nepropustné, jinak k dalším projevům kolmatace dojde opět velice rychle.

Výsledky práce přinesly náhled do možností regenerování filtračních náplní. Jelikož byly veškeré práce prováděny v rámci čtyřletého projektu, budou i nadále pokračovat pozorování, jakým směrem se vyvíjí rozproštěný filtrační materiál. Pokud ale nebude přirozené vyplavování za působení dešťových srážek účinné, nelze předpokládat zapojení metody přirozené regenerace do praxe z důvodu nízké účinnosti a ekonomické náročnosti.

Poděkování

Příspěvek vznikl a výzkumné práce jsou realizovány za přispění výzkumného projektu Biostream - Projekt Ministerstva průmyslu a obchodu VaV ev. č. FR-TI3/778 (program TIP).

Literatura

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P.: Příručka stokování a čištění odpadních vod. Brno: Noel 2000, 2001, 251 s.

ŠÁLEK, J., KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M., MALÝ, J. Modelový výzkum vertikálních půdních filtrů na čištění splaškových odpadních vod. In 4. Vodohospodářská konference 2004. 1. Brno, CERM. 2004. p. 435 - 441. ISBN 80-7204-360-9.

ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V.: *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*, Praha 2006, 283 s., ISBN 80-86769-74-7

Šálek, J., Křiška, M., Pírek, O., Plotěný, K., Rozkošný, M., Žáková, Z.: *Voda v domě a na chatě, Využití srážkových a odpadních vod*. 2012. Grada Publishing, a.s.. ISBN 978-80-247-3994-6. s.143

BENEŠ, J. a kolektiv: (2009). Kořenové čistírny odpadních vod. Evidence a hodnocení existujících KČOV v ČR.

HYÁNKOVÁ, Eva. *Vlastnosti filtračního prostředí pro přírodní způsoby čištění odpadních vod*. Brno, 2005. Disertační práce. VUT Brno. Školitel Prof. Ing. Jan Šálek, CSc.

ŠÁLEK, J – MALÁ, E. 1999.: Poznatky z výzkumu filtračního prostředí vegetační čistírny, In: IX. Mezinárodní vědecká konference při příležitosti 100. Výročí založení České vysoké školy technické v Brně – sborník příspěvků sekce Vodní hospodářství a vodní stavby, Brno, 1999, p. 167-170

VYMAZAL, J. a KRÖPFLOVÁ, L.: *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. 2008, Springer, Dordrecht, Nizozemí, 576 s.

VYMAZAL, J.: Kořenové čistírny odpadních vod: Dvacet let zkušeností v České republice, *Vodní hospodářství* 4/2009, ISSN 1211-0760, s. 113 – 118

WINTER, K., & GOETZ, D. (2001). Kolmation in Bewachsenen Bodenfiltern. V *Wasser & Boden* (stránky 19-22). Berlin: Blackwell wissenschafts verlag.