

# UŽITNÉ VZORY APLIKOVATELNÉ V PRAXI PRO PŘÍRODNÍ ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ VOD

Michal Kriška<sup>10</sup>

## Abstrakt

Referát přináší souhrn užitných vzorů, které byly vyvíjeny a zároveň testovány v laboratorních a poloprodučních podmínkách na Ústavu vodního hospodářství v roce 2012. Všechny podané návrhy na užitné vzory jsou přímo aplikovatelné pro praxi, přičemž tematické zaměření je cíleno na přírodní způsoby čištění vod, konkrétněji kořenové čistírny a zemní filtry. Protože je předem jasné, že vědecká sféra směřuje nejen za cílem vynalézání dalších a dalších užitných vzorů, ale také za jejich aplikacemi, je potřeba dané vynálezy předkládat odborné veřejnosti s cílem jejich publicity. Budoucí využití v praxi je hlavním přínosem nejen pro vynálezce, ale také pro samotné technologie, v našem případě technologii přírodních způsobů čištění vod.

## Úvod

Současný stav kořenových čistíren, které byly realizovány na konci devadesátých let 20. století, je při letmém pohledu buď zoufalý, nebo vyhovující. Většina čistíren, které se nachází v nevyhovujícím stavu, je v takové situaci z velice jasných důvodů. Základem dobře fungující kořenové čistírny odpadních vod je precizně provedené mechanické předčištění. První užitný vzor, který je realizován v roce 2012 za podpory projektu BIOSTREAM, je přímo zařazen před prvním prvkem mechanického čištění. Pokud je čistírna napojena na jednotnou kanalizaci, musí být bezpodmínečně její součástí odlehčovací komora. Nevhodné návrhy odlehčovacích komor, kdy projektanti sahají po nejjednodušších řešeních (betonáž na místě), přičemž zároveň nepodloží návrh hydraulickým výpočtem, ale pouze odhadem navrhovaných průtoků, jsou extrémně nebezpečným řešením pro odlehčení dešťových vod. Postupná kolmatace je zřejmá. Druhým užitným vzorem, který doprovází také průmyslový vzor, je zařízení, které stanoví hydraulickou vodivost filtračních materiálů, používaných pro zemní filtry a kořenové čistírny. Jedná se o vylepšení stávajícího řešení, které je používáno běžně v několika různých variantách, často nazývané jako Darcyho válec. Třetím a čtvrtým užitným vzorem jsou dva typy zařízení, určených pro nárazové vypouštění odpadní vody z filtračního prostředí (popřípadě jiného objektu) bez použití elektrické energie.

## Užitné a průmyslové vzory pro kořenové čistírny a zemní filtry

V dalším textu jsou stručně popsány funkce a potenciální uplatnění čtyř užitných vzorů – odlehčovací komora, zařízení pro stanovení hydraulické vodivosti, magnetická zpětná klapka a magnetický vypouštěč s oddáleným sledováním hladiny.

---

<sup>10</sup> Ing. Michal Kriška, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Veveří 95, 602 00 Brno, tel. 541 147778, e-mail: [kriška.m@fce.vutbr.cz](mailto:kriška.m@fce.vutbr.cz)

### Zařízení pro stanovení hydraulické vodivosti materiálu

Rychlost průtoku kapaliny porézním materiálem, např. zeminou, kamenivem nebo zdivem, je důležitým parametrem zejména při samotném hydraulickém návrhu filtračního pole kořenové čistírny nebo zemního filtru. Pokud je navržen materiál, který nevyhovuje po hydraulické stránce (má nedostatečnou pórovitost a hydraulickou vodivost), lze očekávat rychlé zhoršení průtočných charakteristik v dané filtrační náplni. Při stanovení hydraulické vodivosti se uplatní Darcyho zákon (Šálek-Tlapák, 2006), což je matematický vztah, který definuje rychlost průtoku kapaliny nebo plynu pevným porézním tělesem. Jedná se o lineární závislost mezi filtrační rychlostí tekutiny  $v_f$  (resp. průtočným množstvím  $Q$ ) a piezometrickým (hydraulickým) gradientem  $I$ .

$$v_f = \frac{Q}{A} = k \cdot I$$

kde:  $v_f$  - filtrační rychlost,  $Q$  - objemový průtok filtrem délky  $L$  s průřezem  $A$ ,  $k$  - koeficient filtrace,  $I$  - piezometrický gradient  $(h_1 - h_2)/L$ , tj. výškový rozdíl mezi úrovní hladiny  $h_1$  nad vstupem do filtru a úrovní hladiny  $h_2$  přiléhající k spodní výtokové ploše dělený délkou (výškou) filtru  $L$ . Koeficient filtrace nebo hydraulickou vodivost (m/s) lze vyjádřit vztahem:

$$k = \frac{Q \cdot L}{A(h_1 - h_2)}$$

Ke stanovení Darcyho koeficientu slouží zařízení zvané Darcyho válec, které umožňuje koeficient vypočítat z naměřeného rozdílu tlaku kapaliny na vstupu a výstupu a z průtočného množství. Zařízení běžně používaná ke stanovení hydraulické vodivosti v environmentalistice jsou tvořena většinou kovovým válcem. Do vnitřního prostoru válce je nasypán a popřípadě zhutněn pozorovaný filtrační materiál. Existují dvě varianty provedení podle směru proudění vody - proudění směrem vzhůru a směrem dolů. Obě varianty musí mít zajištěn konstantní přítok čisté vody. Jejich nevýhodou je obtížná manipulace, nemají vyřešení odtok přebytečné vody a snadný odečet hladiny a neumožňují zpracování naměřených dat např. přímo v terénu. Technické řešení si klade za úkol navrhnout jednoduchý Darcyho válec umožňující komfortní měření hydraulické vodivosti materiálů jak v terénu, tak v laboratoři. Podstata technického řešení spočívá v řešení zařízení ke stanovení hydraulické vodivosti volně sypaného materiálu, které je tvořeno svislým dutým válcem naplněným testovaným materiálem a svislou trubicí k odečtu výšky hladiny, napojenou u dna válce. Jeho podstata spočívá v tom, že ve vnějším válci nahoře otevřeném a vespod opatřeném dnem je na jeho dně centrálně upevněn vnitřní dutý válec o výšce 30 až 60 mm, rovnoběžně s dnem, ve vzdálenosti ode dna menší o 5 až 15 mm než je výška vnitřního válce je umístěno síto zaujímající celý průřez vnějšího válce, přičemž prostor vymezený vnitřním válcem, dnem a sítem je propojen s odečítacím piezometrem - svislou průhlednou odměrnou trubicí táhnoucí se podél vnějšího válce a z tétož prostoru je vyvedena odtoková trubice nebo pružná hadice, výšková poloha jejíhož druhého konce je nastavitelná.

Aby se zabránilo stékání přebytečné vody po válci, je válec opatřen přepadovým límcem s přepadovým potrubím (hadicí), která je dále vyvedena do odpadu. Horní okraje obou válců jsou na vnější straně zkosené, čímž vzniká ostrohranný přeliv, zajišťující přesný a rychlý přepad vody. Na vnějším povrchu vnějšího válce může být nalepen graf k přímému odečtu výsledné hydraulické vodivosti a pórovitosti, na základě odměřených hodnot průtoku a rozdílu hladin.



Obr. 1 Schéma užitého vzoru a pohled na měření hydraulické vodivosti v terénu

Veškeré další detaily provedení jsou uvedeny na webu Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem zápisu: 24188 užiténý vzor a 35429 průmyslový vzor.

#### Odlehčovací komora ČOV

Odpadní voda tekoucí jednotnou kanalizací může během intenzivních dešťů vážně ohrozit stabilitu režimu v čistírně odpadních vod (na všech typech), případně způsobit její provozní výpadek (Hlavínek-Mičín-Prax, 2001). Na zahlcení extrémními přítoky ředěnou dešťovou vodou jsou citlivé zejména kořenové čistírny, u nichž dochází k vyplavení sedimentu z mechanického předčištění a následné ucpání porézního prostoru filtračního prostředí (Šálek et al., 2012). Zabránit takové situaci, v případě napojení čistírny na jednotnou kanalizaci, musí vhodně navržený objekt- odlehčovací komora nebo regulátor průtoku, které jsou řazeny na přítoku před samotnou čistírnou odpadních vod. Úkolem odlehčovacích objektů je oddělení části naředených odpadních vod tak, aby do čistírny přitékalo jen maximální množství, které připouští návrhové parametry čistírny. Odlehčovací komory na kořenových čistírnách odpadních vod v České republice jsou nejčastěji objekty, které mají zpravidla betonové svíslé stěny a v podstatě rovinné dno ve velice mírném sklonu směrem k odlehčovacímu potrubí. Přítok do komory i odtok do čistírny, jakož i odlehčovací potrubí jsou zaústěny při dně komory. Mezi standardní dráhou vody tekoucí po dně komory od přítoku k odtoku do čistírny a mezi vstupem do odlehčovacího potrubí je často na dně instalována přepadová stěna, která může být různě tvarovaná. V případě velkého průtoku přepadává nadbytečná voda na stranu odlehčovacího potrubí a odtéká jím do dešťové zdrže nebo recipientu.

Nevýhodou těchto známých řešení odlehčovacích komor je v první řadě to, že je prakticky nemožné přesně vypočítat a navrhnout komoru, která by odpovídala návrhovým parametrům navazujících objektů mechanického předčištění čistírny odpadních vod a spolehlivě ji tak chránila další stupně čištění. Zkušenosti provozovatelů popsaných zařízení potvrzují nevhodnost použití z důvodu neumožnění přesnějšího nastavení průtokových poměrů v průběhu několika let. Dále stávající odlehčovací komory neumožňují přizpůsobit

komoru průtočné poměry měnícímu se charakteru a množství se parametrům čistírny během její životnosti a rostoucímu objemu zpracovávaných komunálních vod, popřípadě změnit průtoky v případě nevhodně realizovaného stavebního řešení.

Technické řešení si klade za úkol navrhnout řešení odlehčovací komory, které by podstatně omezilo uvedené nevýhody známých zařízení tohoto druhu.

Uvedený úkol (přesnější nastavení, bezpečnější provoz, možnost regulace) řeší odlehčovací komora pro čistírnu odpadních vod tvořená jímkou s odlehčovacím potrubím, jejíž přítok a odtok jsou zaústěny proti sobě a propojeny žlabem. Podstata odlehčovací komory spočívá v tom, že ústí přítokového potrubí a odtokového potrubí, která se nacházejí nad horním okrajem odlehčovacího potrubí nejméně 20 cm nad dnem jímky a do ní přecházejí do prostoru odlehčovací komory, jsou propojena přepadovým žlabem zužujícím se směrem k odtoku, přičemž první konec přepadového žlabu je uložen na spodní straně přecházejícího ústí přítoku a druhý konec je vložen do ústí odtoku.



Obr. 2 Pohled na nefungující zatopenou odlehčovací komoru v původním stavu

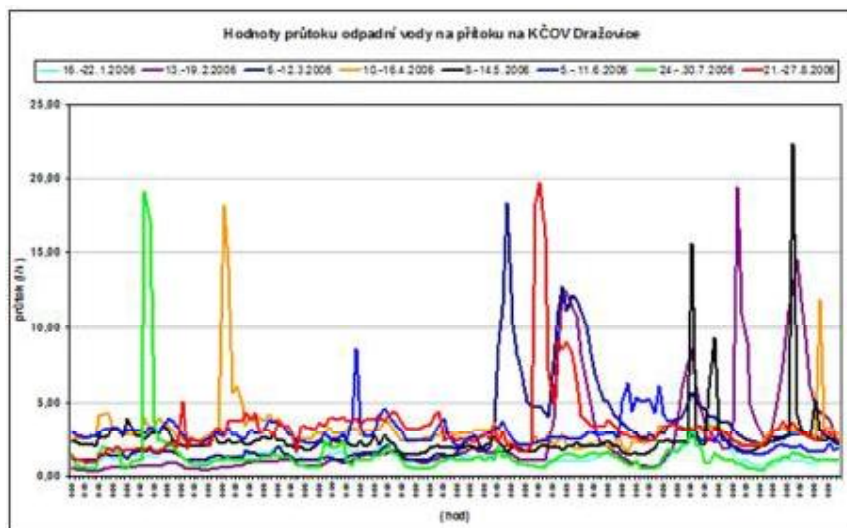
Veškeré další detaily provedení jsou uvedeny na webu Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem zápisu: 24924 užitečný vzor.

Od počáteční instalace bylo v lapáku písku (první objekt mechanického čištění za odlehčovací komorou) osazeno hladinové čidlo pro stanovení průtoku odpadní vody čistírny. Pro srovnání jsou uvedeny dva grafy – měření před rekonstrukcí odlehčovací komory a měření po částečné rekonstrukci, kdy ještě není přepadový žlab osazen rozrážecí radlicí.

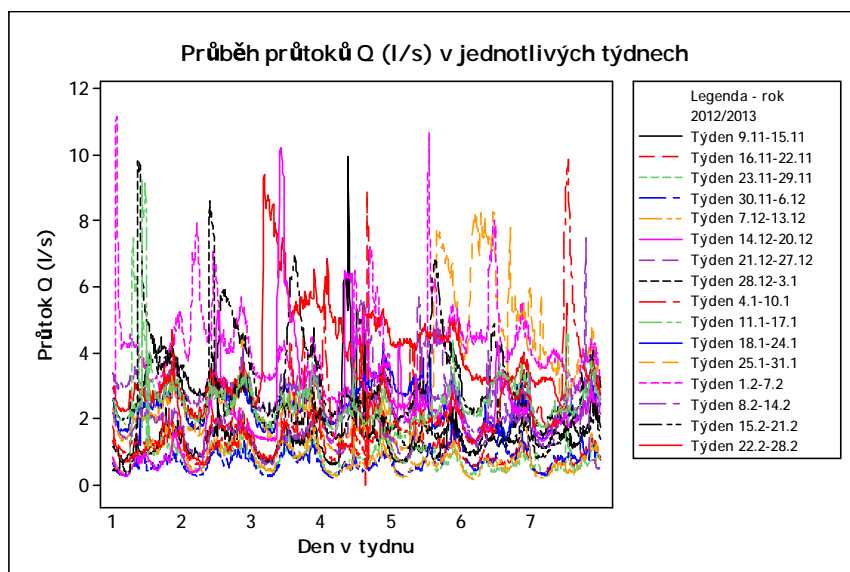
Z obrázků je velice názorně vidět, že v původním stavu dosahovaly maximální hodnoty průtoků odpadní vody čistírny hodnoty až 23 l/s (průtoky při deštích). Nutno podotknout, že maximální průtok, na který je čistírna dimenzovaná, je  $Q_{\max} = 6,3$  l/s a typizovaný lapák písku na  $Q_{\max} = 2,75$  l/s. Tzn. průtok je překročen 4x. Po částečně rekonstruované odlehčovací komoře na podzim 2012 je v lapáku písku opět osazené hladinové čidlo, měřící průtok na čistírnu. Maximální hodnota za čtyřměsíční období je 11,1 l/s. Jedná se sice více jak o dvojnásobek maximálního projektovaného průtoku, ale hodnota maximálního průtoku bude ještě snížena po osazení rozrážecí a nastavovacího zařízení, pomocí níž bude možné

docílit požadovaného maximálního průtoku, na nějž je kořenová čistírna dimenzována a který zvládne zpracovat.

V dalším vývoji čistírny lze předpokládat nadále nezhoršující se stav kolmatace filtračních polí, z usazovací nádrže nebude vyplavován usazený stabilizovaný kal na povrch filtračních polí.



Obr. 3 Měření průtoků před rekonstrukcí odlehčovací komory v roce 2006



Obr. 4 Měření průtoků po provedení rekonstrukce v roce 2012





Obr. 5 Částečně zrekonstruovaná odlehčovací komora s využitím zužujícího se žlabu (bez rozrážecí radlice a regulujícího ovladače)

#### Magnetická zpětná klapka

Další nové technické řešení se týká zařízení určeného k rychlému vypouštění vody nebo jiné kapaliny z definovaného prostoru, které je vyvíjeno cíleně pro kořenové čistírny odpadních vod, resp. pulznímu vypouštění filtračních polí. Zařízení se skládá ze zpětné klapky, dvou magnetů, dvou plováků a spojovacího materiálu, fungujícím automaticky bez nutnosti obsluhy a použití elektrické energie.

Hlavní využití zařízení bude uplatněno při pulzování hladiny ve filtračních polích kořenových čistíren a zemních filtrech. Proces pulzování hladiny vykazuje vyšší čistící účinnost ve vybraných parametrech  $BSK_5$ ,  $NH_4$ . Metoda pulzního vyprázdnění je založena na prudkém vypouštění vody ze zatopeného filtračního prostředí. Během procesu vyprázdnění dochází k nasávání vzduchu přes prostor filtračního materiálu a zároveň k prokysličení vody, ulpělé na povrchu filtrační náplně (Křiška, 2007; Šálek-Křiška-Malý, 2004; Šálek-Tlapák, 2006). Přítomný vzduch přispěje k přechodu z anaerobního prostředí na aerobní, zajistí dostatečnou mineralizaci biomasy, mineralizaci případně vyplaveného čistírenského kalu z předřazeného mechanického čištění, aj. Lze očekávat, že pulzním vypouštěním filtračních náplní bude docházet také k uvolnění kolmatujících látek, tedy zvýšení koncentrací nerozpuštěných látek (NL), takže je vhodné s pulzním prázdňením uvažovat v případě navazujícího terciálního stupně čištění – biologické dočišťovací, popřípadě sedimentační nádrže.

Nevýhodou dosud známých způsobů zajišťujících pulzování hladiny je buď nespolehlivé automatické řešení pomocí násosky, anebo nutné využití elektrické energie – vypouštění elektromagnetem, elektromotorové nastavení výšky přelivu aj. metody, pro něž je nutná přítomnost elektrické energie. Při využití těchto způsobů trpí všechny kovové předměty při vystavení agresivnímu prostředí v odtokových šachtách výraznou korozi.

Předkládané zařízení využívá kombinace magnetické síly a Archimédova zákona k rychlému (pulznímu) vypouštění nádrže s vodou, která může představovat např. regulační šachta ve filtračním poli.

Cílem vývoje je tedy technické řešení, kladoucí si za úkol navrhnout jednoduché zařízení, které bude bez použití elektrické energie reagovat na úroveň hladiny a při dosažení maximální povolené hladiny vypustí hladinu až na požadovanou úroveň.

Zařízení je realizováno jako magneticky uzavřená zpětná klapka na krátkém potrubí, vedoucím ve spodní části z vnitřního objemu nádrže skrz boční stěnu do vnějšího prostoru.

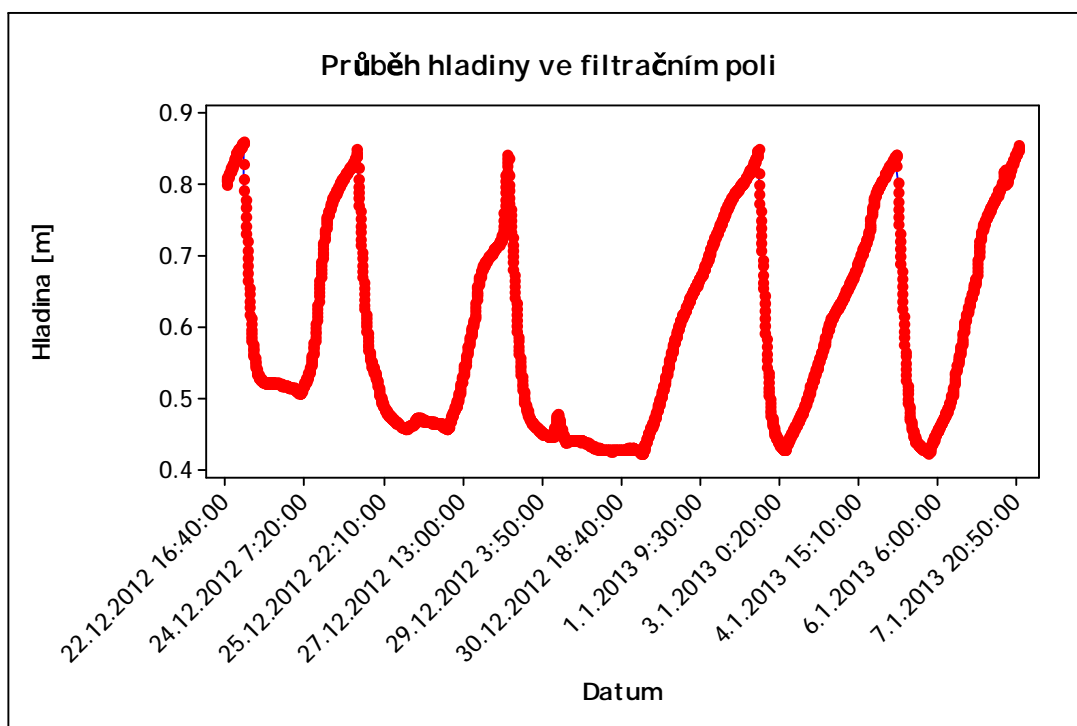
Při postupném zvyšování hladiny vody v nádrži je zpětná klapka uzavřena pomocí magnetické síly přítomných magnetů. Postupným navyšováním hladiny je klapka stále uzavřena také za spolupůsobení hydrostatického tlaku do té doby, než hladina dosáhne úrovně plováku. Poté při dosažení kritické (požadované) úrovně hladiny, která je při správném návrhu v polovině výšky horního plováku, dochází k překonání magnetické a tlakové síly silou vztakovou, plovák je během velice krátkého okamžiku vymrštěn směrem vzhůru k hladině. Jelikož je od spodního okraje plováku vedeno uchycení ke spodnímu konci pevné konzoly spojené s uzávěrem zpětné klapky, je tato část taktéž vytažena směrem vzhůru, resp. uzávěr zpětné klapky je otevřen. Ve stejném okamžiku dochází k postupnému vypouštění vody a tedy snižování hladiny v nádrži. Aby se zabránilo uzavření zpětné klapky, je ke zpětné klapce připevněno malé těleso o nízké objemové hmotnosti takové, aby zajišťovalo plování klapky i při uvolněném uchycení na horní plovák.



**Obr. 6** Pohled na schéma magnetické zpětné klapky



Obr. 7 Pohled do regulační šachty s osazenou magnetickou zpětnou klapkou a kruhovým plovákem



Obr. 8 Zobrazení průběhu hladiny ve filtračním poli po osazení automatického regulátoru

## Závěr

Veškerá nová technická řešení, popsaná v referátu, mohou výraznou mírou přispět ke zlepšení jak čistícího účinku kořenových čistíren a zemních filtrů, tak prodloužit jejich maximální životnost. V současné době jsou zařízení testována na dvou vybraných kořenových čistírnách, kde se oproti laboratornímu měření setkávají s drobnými technickými problémy. Jakmile budou všechny nedostatky eliminovány, budou registrovány jako funkční vzorky a následně odborné veřejnosti prezentovány tak, aby došlo k jejich co možná



nejvyššímu rozšíření jak na stávající kořenové čistírny a zemní filtry, tak na nově realizované objekty.

Nutno zmínit, že veškeré informace v uvedeném referátu jsou důvěrné, použití všech popsaných zařízení nelze bez licenční smlouvy s původcem, kterým je Vysoké učení technické v Brně.

### Poděkování

Užitné a průmyslové vzory jsou vyvíjeny v rámci výzkumného projektu Biostream - Projekt Ministerstva průmyslu a obchodu VaV ev. č. FR-TI3/778 (program TIP) a v rámci projektu Technologické agentury České republiky ev. č. TA02021032 "Anaerobní separátor nerozpuštěných látek a nutrientů", bez jejichž finanční podpory by nebylo možné vývoj realizovat.

### Literatura

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

KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M. Měření přestupu kyslíku do filtračního prostředí prostřednictvím mokřadních rostlin. In *Přírodní způsoby čištění vod V*. Sborník přednášek ze semináře. Brno, CERM. 2007. p. 32 - 39. ISBN 978-80-214-3479-0.

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., Kriška, 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