

# KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ REKREAČNÍCH OBJEKTŮ

Jan Šálek<sup>1</sup>

## ANOTACE

Problematika vodního hospodářství rekreačních objektů nutně vyžaduje komplexní zpracování této tematiky, počínaje návrhem a posouzením vodních zdrojů, stanovení zásad hospodaření s vodou (vodního režimu) včetně recirkulací a vícenásobného využití vody, určení způsobu hospodaření se srážkovými vodami, až po návrh ekonomického a ekologického způsobu čištění znečištěných a odpadních vod, způsobu nakládání s vyčištěnými odpadními vodami (vypouštění do vodních toků, způsoby hospodaření s těmito vodami, návrh bezodtokých uspořádání), včetně vyřešení odpadového hospodářství, které bezprostředně souvisí s vodním hospodářstvím rekreačního zařízení.

## ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Řešení vodního hospodářství rekreačního objektu je jiné pro letní stanové tábory a zcela odlišné od řešení vodního hospodářství velkých rekreačních zařízení hotelového typu. Provoz těchto zařízení může být buď přerušovaný (chaty a drobné rekreační objekty využívané nepravidelně), nebo nepřerušovaný celoroční provoz (střední a velká rekreační zařízení). Poněkud odlišným způsobem se řeší vodní hospodářství rekreačních objektů v chráněných krajinných oblastech, vnějších pásmech hygienické ochrany vod apod. Řešení vodního hospodářství rekreačních staveb ovlivňují poměry meteorologické, klimatické, půdní, hydrogeologické, geologické, hydrogeologické, fytoecologické a zoocenologické, hospodářské aj. Řešení významně ovlivňuje nadmořská výška, expozice, začlenění do terénu aj. Návrh vodního hospodářství jednotlivých objektů vyžaduje jiný přístup a jiné individuální řešení a uspořádání.

Zpracování této problematiky v plné šíři, do všech podrobností, značně přesahuje možnosti zpracovatelů. Zpracovatelé se zaměří na drobnější stabilní objekty pro rodinnou rekreaci a rodinné domky (skupina a) až po menší, celoročně provozovaná rekreační zařízení. (skupina b). Předložený referát si klade za úkol naznačit možné řešení, uvést nové směry řešení a poukázat na klady a slabá místa řešení.

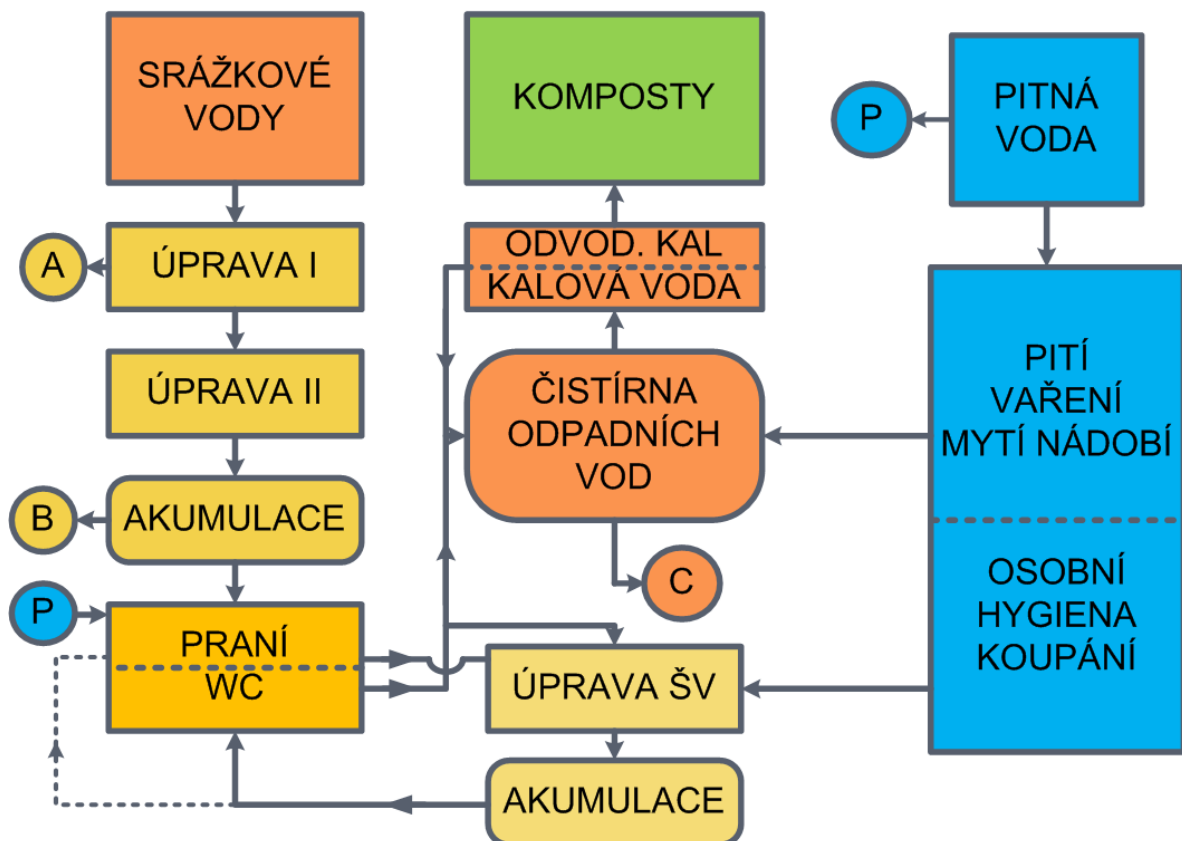
### **Vodní hospodářství malých rekreačních objektů (skupina a)**

Vodní hospodářství malých rekreačních objektů tvoří uzavřený sanitační systém s přesně definovatelnými vstupy a výstupy. Hlavní funkcí těchto systémů je ochrana zdraví, vytváření podmínek požadované kvality životního prostředí, ekonomické a ekologické hospodaření s vodními zdroji a s tím související vícenásobné využití vody v systémech hospodaření. Zjednodušené blokové schéma vodního hospodářství těchto drobných zařízení je znázorněné na obr. 1. Jedná se klasické uspořádání s využitím všech dostupných zdrojů vody a přiměřené nakládání s čištěnými odpadními vodami. Písmenem A - je označena upravená srážková voda na spádových sítích, využívá se k závlaze zahrádek a zelených ploch, mytí domovních

---

<sup>1</sup> Prof. Ing. Jan Šálek, CSc. Vránova 96, Brno 621 00

komunikací apod. B - mechanicky upravená srážková voda na spádovém sítu, v usazovací nádrži, pískovém filtru s případnou hygienizací UV zářením. Takto se upravená voda využívá se k praní, splachování na WC, k napouštění zahradních bazénů aj., Označení P je pitná voda z vlastních i veřejných zdrojů (studna, pramenný vývěr, veřejný vodovod). Označení C je mechanicko- biologicky čištěná odpadní voda využívaná k závlaze, dočištěná a hygienizovaná ke splachování. Označení ŠV je čištěná šedá voda z mytí a praní, použitelná ke splachování na WC.



Obr. 1 Blokové schéma vodního hospodářství malého rekreačního objektu

K akumulaci vody jsou potřebné nádrže na srážkovou vodu, nádrž na čištěnou šedou vodu a nádrž na čištěnou odpadní vodu.

### Srážkové vody

Návrh hospodaření se srážkovými vodami chat, rodinných domků a malých rekreačních zařízení je poměrně snadné. Jímají se srážky ze střech, výjimečně z čistých zpevněných ploch. Část srážkových vod se využije přímo na „zelených“ střechách (až 40% srážkového úhrnu). Srážková voda se využívá po úpravě na praní, čištění, závlahu vegetace na zahrádce, napájení zahradních okrasných a koupacích nádrží apod. Objem akumulační nádrže se stanoví největšího rozdílu mezi součtovou čarou přítoku (stanoveného s 80 % pravděpodobností) a odběru. Přimo nevyužitelná srážková voda infiltrací obohacuje zásoby podzemní vody. Podrobnosti uvádějí (Šálek-Křiška-Pírek-Plotěný-Rozkošný-Žáková, 2012), (Šálek a Tlapák, 2006) aj.

## Alternativní způsoby řešení vodního hospodářství a potřeba vody

Prvé alternativní řešení spočívá v oddělení silně znečištěného počátečního odtoku z praní a jeho přímém odtoku do čistírny odpadních vod. Zvýšený čistící účinek se docílí vložením malé vyrovnávací nádrže před čistírenskou jednotku, která zrovnoměrní přítok na čistírnu odpadních vod.

Dalším alternativním řešením je oddělené jímání moče, jeho akumulace, stabilizace a využití po zředění k závlaze. Tento způsob řešení je u nás v počátcích, vede k snížení provozních nákladů a kvalitnějšímu poutání nutrientů.

**Potřeba vody** na jednoho obyvatele v bytech a malých rekreačních zařízeních závisí na jejich vybavení; v zařízeních s výtoky činí pouze  $16 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ , v domech s výtoky a společnými WC -  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ , v bytě s výtokem a WC -  $31 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ , v bytech s výtokem, WC a koupelnou (sprchový nebo vanový kout) a kamny na pevná paliva -  $41 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ , byty s výtokem, WC, koupelnou a průtokovým ohřivačem -  $46 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ , byty s výtokem, WC, koupelnou a centrální přípravou teplé vody -  $56 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ . K těmto hodnotám je třeba připočítat potřebu vody na mytí chodníků, vnitřních komunikací a na úklid, na závlahu trávníku a vegetace zahrádky, provoz bazénu, okrasné nádrže, pokud se pro tento účel nepoužijí srážkové vody a čištěné odpadní vody apod. U rekreačních objektů platí obdobné údaje, ale je třeba vzít v úvahu dobu, kdy je rekreační objekt využíván, případně zda má restaurační provoz.

Rozdělení přímé potřeby vody na jednotlivé účely (činnosti) jsou uvedeny v tab. 1, kde jsou uvedeny průměrné údaje vyhodnocené z údajů zjištěných v ČR a v okolních státech. Podle DIN 1989-1 potřeba vody na splachování WC činí 24 až 45 l na osobu za den, což potvrzuje výše uvedené tabelární údaje. Množství produkovaných a upravených šedých vod činí 52 až  $92 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  (oddělení počátečního odtoku z praček nepřesahuje 20% z celkového množství šedých vod), převážná část plně pokrývá potřebu vody na splachování WC. Velikost akumulační nádrže postačí na jednodenní produkci šedých vod i snížených o počáteční odtok a ztráty při čištění (úpravě vody. Takto se ušetří 28% čisté vody.

Tab. 1 Orientační průměrné údaje přímé potřeby vody v l na osobu za den

Použití	l/os/den	Použití	l/os/den	Použití	l/os/den
Pití a vaření	4 - 8	Mytí nádobí	8 - 20	WC splachování	30 - 45
Mytí osob	8 - 12	Praní	14 - 20	Úklid	4 - 8
Koupání	30 - 60			Různé	6 - 12
Celkem	42 - 80		22 - 40		40 - 65

Vlastní čistírnu odpadních vod tvoří dvě samostatné skupiny, v ČR jsou k dispozici:

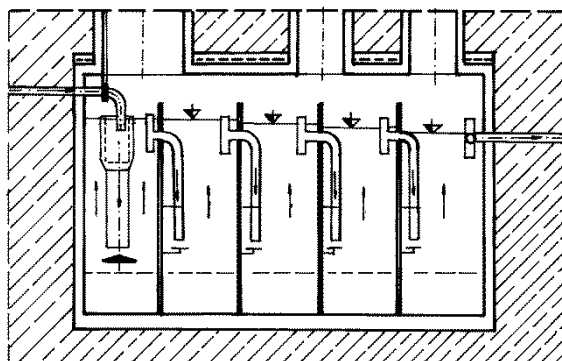
**Certifikované umělé (strojn) čistírny** odpadních vod. Výběr čistíren tohoto typu je značný. Některá uspořádání malých certifikovaných čistíren jsou předmětem samostatných referátů; v dalším pojednání se proto zaměříme na přírodní způsoby čištění.

**Přírodní způsoby čištění** odpadních vod tvoří zemní (půdní) filtry s vegetací, nebo bez vegetace, horizontálním a vertikálním prouděním, biologické nádrže, zařízení s plovoucími, nebo obtékanými makrofyty, bioreaktory aj.) Nezbytnou součástí většiny řešení je kvalitní předčištění, u nejmenších zařízení je to biologický septik, větší zařízení vyžaduje úplný stupeň mechanického čištění s dlouhodobou primární sedimentací.

Rozhodovací analýza nám umožní vybrat optimální řešení pro dané konkrétní podmínky. V podhorských a horských oblastech provoz obou skupin čistíren ovlivňují nízké teploty v zimním období, negativní dopad mají zejména na nitrifikační proces.

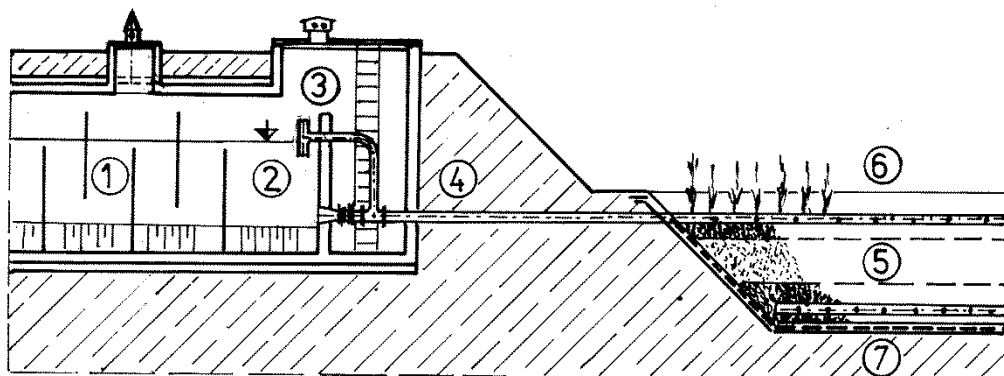
### Předčištění odpadních vod malých producentů -septiky

Předčištění surových splaškových odpadních vod u nejmenších zařízení tvoří biologické septiky různého uspořádání, vybavené řadou clon, které zajišťují rovnoměrný průtok a zamezují úniku vzplývavého kalu, jedna z řady možností je znázorněná na obr. 2.



Obr. 2 Schéma uspořádání biologického septiku s přerázeným lapáčkem olejů, tuku a sít'ovým košem na zachycení hrubých nečistot

Doba zdržení vody v septiku se navrhuje minimálně 3 až 5 dnů (nutno zajistit kvalitní průběh sedimentace), velikost kalového prostoru činí alespoň dvojnásobek vodního obsahu. Zjednodušené uspořádání biologického septiku s napojením na půdní filtr s vegetací a vertikálním prouděním je znázorněné na obr. 3.



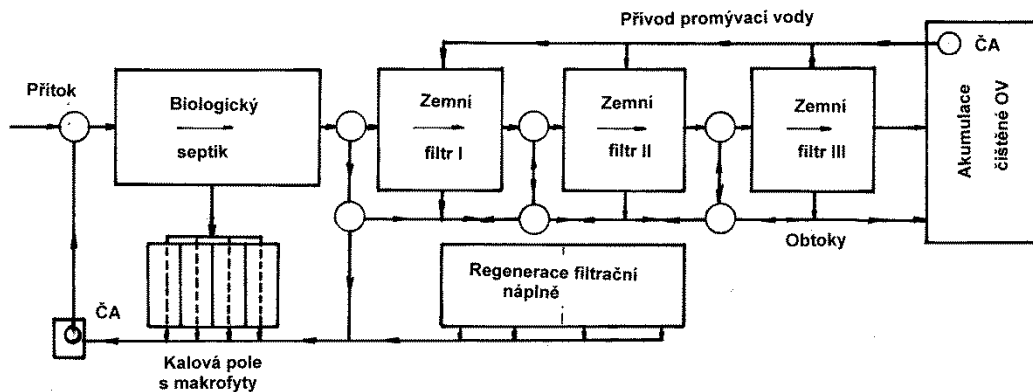
Obr. 3 Napojení vícekomorového biologického septiku (1,2) na zemní filtr s vegetací (7), hladinový odběr (3), přívodní a rozdělovací potrubí (4), filtrační prostředí (5), vegetace (6)

Novější uspořádání spočívá v doplnění elektricky, nebo mechanicky (plovákem aj.) ovládaným uzávěrem a speciálně upraveným odběrným objektem, který umožňuje pulzní plnění filtru.

Jestli požaduje ještě kvalitnější čištění a odstranění jemných částic, použije se k zachycení filtry tvořenémi deskami s pěnovým polyuretanem, beztlakové filtry s granulovaným napěněným polystyrénem aj. Řadu těchto zařízení vyvinul a odzkoušel Šálek (1983).

## Koncepce celkového uspořádání pro malá rekreační zařízení

Blokové schéma uspořádání čistírny pro malé rekreační objekty s využitím třístupňového filtru je znázorněné na obr. 4. Místo tří zemních filtrů s vertikálním prouděním je možné použít jeden nebo dva filtry podle požadované kvality čištění, nebo filtry s horizontálním prouděním, obojí buď s mokřadní vegetací, nebo bez vegetace. Podrobnosti jejich uspořádání uvádějí autoři (Šálek-Křiška-Pírek-Plotěný-Rozkošný-Žáková, 2012).



Obr. 4 Blokové schéma uspořádání malé čistírny se zemními filtry s vertikálním prouděním

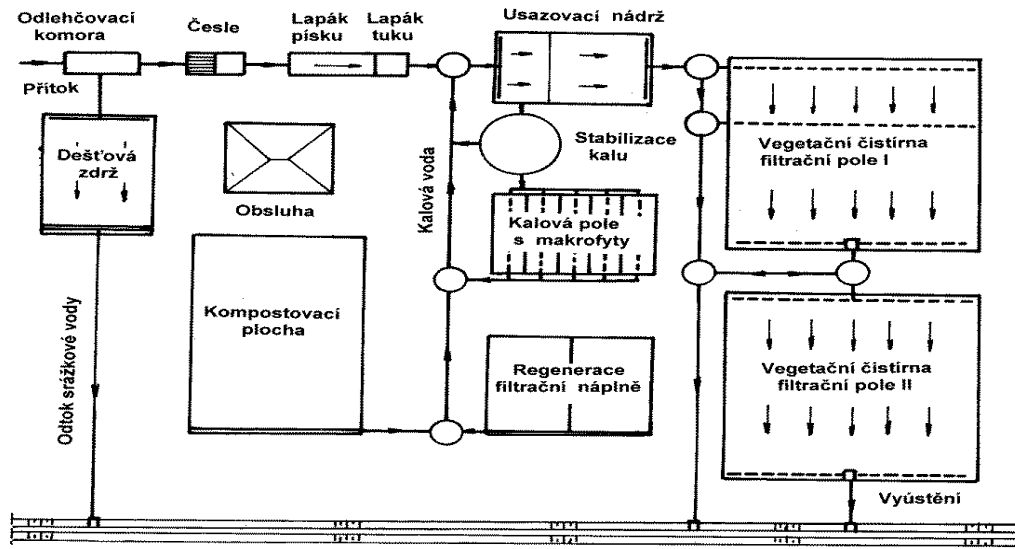
Navržené zařízení je doplněné akumulací nádrží určené k akumulaci čištěných odpadních vod na závlahu a zpětné proplachování, dále kalovými poli na odvodnění kalů pomocí makrofyt a plochy na regeneraci filtrační náplně. Závlahové čerpadlo je možné použít ke zpětnému promývání filtrů. Filtrační kolony je možné tepelně izolovat. Zrnitost filtrační náplně se postupně u jednotlivých stupňů snižuje, na posledním stupni se použije křemičitý „betonářský“ písek o zrnitosti 1 až 2 mm.

Schéma uspořádání čistírny pro větší rekreační zařízení je znázorněné na obr. 5. Zařízení se skládá z mechanického stupně čištění, které tvoří česle, lapák písku, lapák tuku a usazovací nádrž. Místo nákladných a nedostatečně funkčních šterbinových nádrží je navržená usazovací nádrž, krytá, s horizontálním prouděním. Doba zdržení se stanoví z požadovaného stupně čištění, vychází podstatně delší, než je doposud zvykem. Prodloužení sedimentační doby až na 48 hod. se zachytí i siltové a jílové částice.

Kal se stabilizuje ve vyhnívací nádrži, kal se odvodňuje na kalových polích s makrofyty. Ve vyšších polohách se tato zařízení umísťují do fóliovníku, aby se eliminoval negativní dopad vyšších srážkových úhrnů a nižších teplot. Tato zařízení jsou použitelná ještě v klimatických podmínkách vhodných pro růst makrofyt (např. rákosu).

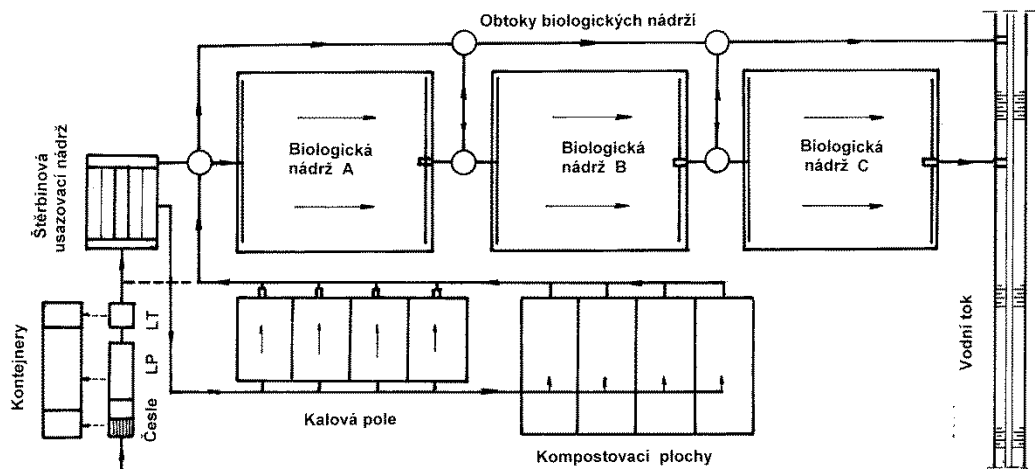
Uspořádání zařízení na regeneraci filtrační náplně jsou stejná, jako v předchozím případě, dno je perforované, na něm se ukládá vrstva 0,1m zakolmatovaného filtračního materiálu, který se přes zimu nechá vymrznout, koloidní látky se vyvločují a vyplaví se srážkovou vodou. Silně znečištěná voda se zaústí před vtok do usazovací nádrže.

Takto vyčištěná odpadní voda je použitelná na závlahu, v našich podhorských podmínkách se jedná o závlahu travních porostů, spásaných luk apod.



Obr. 5 Uspořádání přírodní čistírny s mechanickým stupněm čištění a dvoustupňovými zemními filtry s vegetací a horizontálním prouděním

K biologickému čištění odpadních vod středního a většího rekreačního zařízení je možné v příznivých podmínkách využít i kaskádu aerobních biologických nádrží. Schéma blokového uspořádání malé přírodní čistírny s aerobními biologickými nádržemi je znázorněné v obr. 6.



Obr. 6 Uspořádání přírodního způsobu čištění odpadních vod v biologických nádržích

Navržené uspořádání tvoří úplný mechanický stupeň čištění, trojice kaskádovitě uspořádaných aerobních biologických nádrží. Prvá nádrž je doplněná umělou aerací k zabezpečení potřebného množství kyslíku v zimním období a ke zvládnutí kyslíkového deficitu vyvolaného přemnožením řas a sinic a jejich následným uhynutím a rozkladem v letním období. Alternativním řešením spočívá ve zvětšení objemu nádrže (C) o akumulační prostor, který by buď vyrovnával nerovnoměrnost přítoku a odběru odpadních vod, nebo by také sloužil k dlouhodobé akumulaci čištěných odpadních vod.

Čištěná odpadní voda se vypouští do vodního toku, požadovaná kvalita je dána vyhláškou. Jedná-li se o vodní tok s pstruhovou osádkou, je třeba věnovat pozornost limitním hodnotám obsahu amoniaku v čištěné odpadní vodě.

## Dočištění čištěných odpadních vod

Dočištění odpadních vod je zaměřené především na odstranění nutrientů a jiných nežádoucích látek v jak z umělých (strojních) čistíren, tak i u přírodně blízkých způsobů čištění. V podstatě dočištění spočívá v těchto opatřeních:

- odstranění zbytkových nutrientů z čištěných odpadních vod;
- zneškodnění, resp. odstranění nežádoucích látek z čištěných odpadních vod, jejich množství a složení se určí individuálně.

**Z umělých způsobů dočištění čištěných odpadních vod** malých producentů se jedná o využití látek s vysokou sorpční schopností k poutání vybraných zbytkových polutantů (zeolity, vybrané sloučeniny železa, aj.) Snahou je, aby tyto látky, určené k poutání polutantů, byly nezávadné, schopné odstranit zejména fosfor a převést jej do kalu. Další možnosti jsou membránové technologie a na podobném principu pracující zařízení, využívání tvrdého záření, ultrazvuku a nanotechnologií. Využívání těchto způsobů je v počátcích a je předmětem samostatných referátů.

**Přírodní způsoby** mají řadu předností, ale i nevýhod. Tyto způsoby využívají především vysokou sorpční schopnost půdního prostředí, rostliny využívají živiny a vodní hodnotu čištěných odpadních vod k tvorbě biomasy. Důležitá je i rozkladná činnost mikroorganismů v půdách, které jsou schopné rozkládat nejen zbytek organické hmoty, ale i složité komplexní sloučeniny.

Z přírodních způsobů, používaných na dočištění odpadních vod jsou vhodné především závlahy odpadními vodami, v podhorských oblastech se jedná o závlahu travních porostů, vybraných zemědělských plodin a rychlerostoucích dřevin. Další možnosti jsou řízené mokřady aj. Zatím menší pozornost se věnuje využití vhodných řas a vodních rostlin k dočištění odpadní vody pomocí akvakultur.

Většina těchto možností, na rozdíl od umělých způsobů dočištění, je v podhorských a horských oblastech limitována nadmořskou výškou a s tím spojenými klimatickými podmínkami, možnostmi akumulace čištěné odpadní vody a limitními možnostmi využití.

## Závlaha odpadními vodami

Závlaha odpadními vodami je limitována možnostmi úzkého výběru vhodných plodin, teplotními a srážkovými poměry, příznivými půdami a mocností půdních horizontů, limitním požadavkem na obsah živin ve vodě, aby nedocházelo k narušení živinné bilance tím i narušení rovnováhy stávajících rostlinných ekosystémů.

Celkové závlahové množství  $M_z$  pro vegetační závlahu se vypočítá v souladu s ČSN 75 0424 „Potřeba vody pro doplňkovou závlahu“ ze vztahu

$$M_z = k_z (r_1 V_c - r_2 \alpha S_r - r_3 W_z - W_k) [\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}]$$

kde  $k_z$  je ztrátový součinitel,  $V_c$ - celková vláhová potřeba plodiny za vegetační období,  $\alpha$  - součinitel využitelnosti srážek,  $S_r$ -dlouhodobý průměr srážek za vegetační období plodiny,  $W_z$ -zásoba vody v půdě na začátku vegetačního období,  $W_k$ -využitelné množství vzlínající podzemní vody,  $r$ - jsou redukční součinitelé pro jednotlivé oblasti jsou uvedené v ČSN 75 0424 a řadě dalších publikací – Šálek (1993) aj.

V podhorských a horských oblastech je kratší vegetační období, vyšší srážkový úhrn, méně příznivé klimatické poměry, vychází i výrazně nižší hodnota  $M_z$ . Z vhodných plodin, s poměrně vysokou vláhovou potřebou, jsou to travní porosty a vybrané dřeviny (topol, vrba). Potřebná velikost zavlažované plochy odpadními vodami  $S_z$  se určí ze vztahu:

$$S_z = (Q_R - Q_O) / M_c \text{ [ha]}$$

kde  $Q_R$  je celkové množství odpadních vod včetně povrchového odtoku ze zavlažované plochy [ $m^3 \cdot r^{-1}$ ],  $Q_O$ -závlahově nevyužitelné množství odpadních vod [ $m^3 \cdot r^{-1}$ ],  $M_c$  - celkové závlahové množství  $M_c = M_z + M_{MV}$  [ $m^3 \cdot ha^{-1}$ ],  $M_{MV}$  - mimovegetační závlaha v podhorských a horských oblastech je prakticky nereálná.

Uvážíme-li, že vegetační období v našich podhorských horských oblastech trvá 4 až 6 měsíců, ostatní část roku musíme odpadní vodu akumulovat.

Velikost akumulačního prostoru nádrže stanoví se z maximálního rozdílu mezi součtovou čarou přítoku čištěných odpadních vod a odběru vody na závlahu. Akumulační nádrže se navrhují nejčastěji otevřené, zemní, těsněné. Jejich nevýhodou bývá značný rozvoj řas a sinic. Kryté zemní nádrže jsou výrazně nákladnější, potíže s eutrofizací jsou malé. Akumulační nádrže se vybavují výpustným a odběrným zařízením, otevřené se vybavují síťovým filtrem na odběru vody.

Výpočet závlahového množství ovlivní požadavek na maximální obsah nutrientů; zatížení jednotky plochy se navrhne tak, aby obsah nutrientů významněji neovlivňoval původní složení rostlinných společenstev např. lučního ekosystému.

## Odpadové hospodářství spojené související s vodním hospodářstvím

Tato problematika byla předmětem referátu Šálek, J. Hospodaření s bioodpady z malých ČOV a domácností. In: ČOV pro objekty v horách. Přírodní řešení nebo high tech. Sborník. Dolní Morava: CzWA, 2013, s.77-88, přednesená v minulém roce.

**Infiltrace čištěných odpadních vod do půdy** má rovněž svoje limity. Na případná rizika poukazují Šálek a Kriška (2012).

## Použitá a doporučená literatura

Mlejnská, E. et al. *Extezívní způsoby čištění odpadních vod*. Praha: VÚV TGM, 2009, 119 s.

Kriška Dunajský, M.: *Výzkum vlastností filtračních materiálů pro zemní filtry a vegetační čistírny*. Disertační práce. Brno: ÚVHK FAST VUT, 2011. 140 s., příl. 104 s.

Kriška, M., Rozkošný, M., Šálek, J. Koncepce uspořádání malých ČOV využívající přírodní způsoby čištění. In: ČOV pro objekty v horách. Pec pod Sněžkou: CzWA, 2011, s.19-28



- Kriška, M.; Mrvová, M.; Němcová, M.: Extenzivní kalové hospodářství malých čistíren s minimálními nároky na energii. In Voda 2013, Sborník přednášek a posterových sdělení. 1. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2013. p. 245 - 252.
- Kujal, B. (edit.) et al. *Vodní hospodářství obcí-příručka pro obce*. České Budějovice: ČSVH ČSSI, 2011, s.207
- Rozkošný, M. *Hodnocení účinnosti vegetačních kořenových čistíren a návrhy na zlepšení jejich funkce. Disertační práce*. Brno: ÚVHK FAST VUT, 2008, 137 s., 12 příloh
- Rozkošný, M., Kriška, M., Šálek, J. Možnosti využití přírodních způsobů čištění odpadních vod a posouzení vlivu předčištění. *Vodní hospodářství*, 2010, č.5, s.116 až 121
- Šálek, J. *Závlahové stavby – návody*, Brno: ES VUT, 1983, 248 s.
- Šálek J. *Návrh a využití biologických nádrží na čištění odpadních vod*. Metodiky ÚVTIZ Praha: 1994, č. 15, 44 s.
- Šálek, J. *Závlahové stavby*. Brno: ES VUT, 1993, 204 s.
- Šálek, J. *Navrhování a provozování vegetačních kořenových čistíren*, Praha: ÚZPI MZČR, 1999, č.2, 54 s.
- Šálek, J. Hospodaření s bioodpady z malých ČOV a domácností. In: ČOV pro objekty v horách. Přírodní řešení nebo high tech. Sborník. Dolní Morava: CzWA, 2013, s.77-88,
- Šálek, J., Kriška, M. Využití čištěných odpadních vod z decentralizovaných staveb závlahou. In: *Městské vody-Urban Water 2010, Sborník z konference s mezinárodní účastí*. Velké Bílovice: 2010, s.249-256,
- Šálek, J., Kriška, M. Rizika vypouštění (infiltrace) čištěných odpadních vod podzemních vod.. 62. *Vodní hospodářství*. 2012, č.5. s.159-164
- Šálek, J., Kriška, M. Limitní možnosti celoročního využití čištěných odpadních vod. In: *ČOV pro objekty v horách*. Benecko: Asociace pro vodu ČR, 2012, s.21-28
- Šálek, J., Rozkošný, M., Kriška, M. *Poznatky z průzkumu kořenových čistíren odpadních vod v moravských krajích a části kraje Vysočina*, Brno: 2008, 37s., přílohy č.1-4, 86 s.
- Šálek, J., Kriška, M., Pírek, O., Plotěný, K., Rozkošný, M., Žáková, Z. *Voda v domě a na chatě – využití srážkových a odpadních vod*. Praha: Nakladatelství Grada Publishing a.s., 2012, 144 s. ISBN 978-80-247-3994-6
- Šálek, J., Tlapák, V.: *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. Praha: ČKAIT, 2006, 283 s.