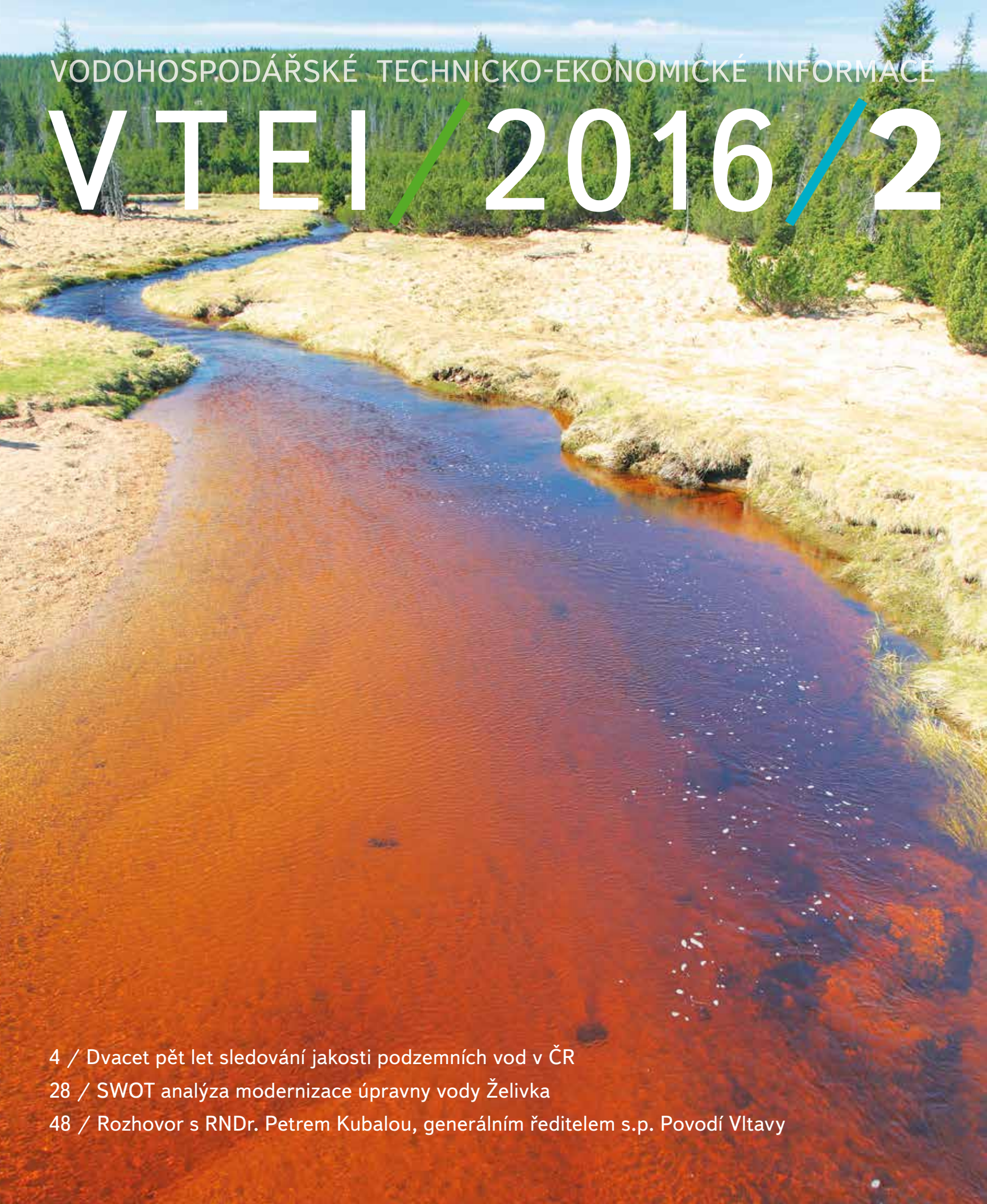




VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2016 / 2

4 / Dvacet pět let sledování jakosti podzemních vod v ČR

28 / SWOT analýza modernizace úpravny vody Želivka

48 / Rozhovor s RNDr. Petrem Kubalou, generálním ředitelem s.p. Povodí Vltavy

Mokřady, místa mezi souší a vodou

Není to ani souš, ale ani volná vodní plocha. Je to něco mezi – mokřad. Je důležitý tím, že zadržuje vodu v krajině, je domovem celé řady živočichů a rostlin a patří mezi tři biotopy s největší biologickou aktivitou (po deštných pralesech a korálových útesech). Je to přesně 45 let, kdy byla podepsána mezinárodní úmluva na ochranu mokřadů.

Stalo se tak v íránském Rámsaru, odtud nese mezinárodní smlouva jméno Ramsarská úmluva. Jejím cílem je chránit tato důležitá a zranitelná místa. České slovo mokřad původně označovalo místo, které je mokré či jen dočasně vysychá. V 70. letech jej pak Jan Květ z Jihočeské univerzity zavedl jako český překlad anglického wetland.

Mokřadů je v České republice celá řada, jen několik jich je chráněných podle Ramsarské úmluvy. Patří mezi ně Šumavská rašeliniště, Třeboňské rybníky, Novozámecký a Břežňanský rybník, Lednické rybníky, Litovelské Pomoraví, Poodří, Krkonošská rašeliniště, Třeboňská rašeliniště, Mokřady dolního Podyjí, Mokřady Liběchovky a Pšovky, Podzemní Punkva, Krušnohorská rašeliniště, Pramenné vývěry a rašeliniště Slavkovského lesa, Horní Jizera. Celková rozloha těchto mokřadů je 635 kilometrů čtverečních a tvoří zhruba 0,8 procenta

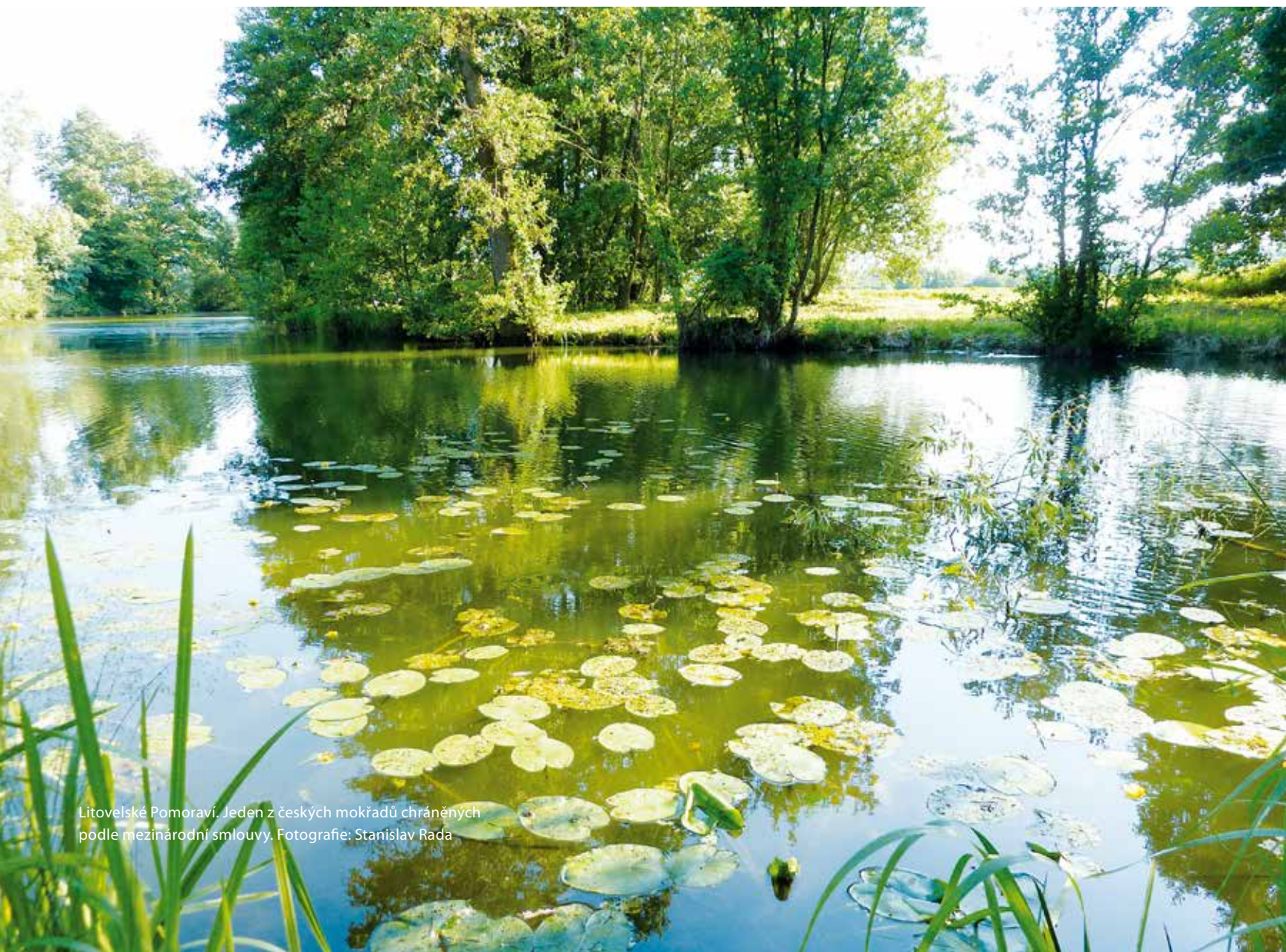
plochy ČR. „Mokřadů celosvětově výrazně ubývá. Během dvacátého století jich zmizela polovina. Mají přitom mimořádný význam,“ říká Karolína Šulová, tisková mluvčí Agentury ochrany přírody a krajiny.

Kromě mokřadů chráněných podle mezinárodní smlouvy je i u nás nespočet mokřadů, podmačených luk či rašelinišť, která jsou také v ohrožení. Typicky jim hrozí, že je lidé zavezou, vysuší nebo že prostě zarostou.

Několik mokřadů má i Praha. Jeden snadno přístupný se nachází v Toulcově dvoře. „Žije zde několik ohrožených živočichů a podobně jako ostatní mokřady představuje také Toulcův mokřad ochranu před povodněmi,“ říká předsedkyně Toulcova dvora Lenka Skoupá. Mokřady ale najdete i ve Vinořském parku, v Počernicích (Počernický rybník a V pískovně), za Běchovicemi jsou Blatovské louky, u Dubče Litoznice, významné jsou rybníky u Milíčovského lesa, šeberovské Hrnčířské louky a další.

Česká společnost ornitologická uspořádala ke dni mokřadů 18 výletů s pozorováním přírody.

Martin Mach Ondřej (www.ekolist.cz)



Litovelské Pomoraví. Jeden z českých mokřadů chráněných podle mezinárodní smlouvy. Fotografie: Stanislav Rada

Obsah



3 Úvod

4 Dvacet pět let systematického sledování jakosti podzemních vod v České republice

Vít Kodeš, Miroslava Svátková, Jindřich Freisleben

11 Návrhové parametry, provozní zkušenosti a možnosti intenzifikace umělých mokřadů

Eva Mlejnská, Miloš Rozkošný



20 Umělé radionuklidy v hydrosféře – reziduální kontaminace a vliv Jaderné elektrárny Temelín

Eduard Hanslík, Diana Marešová, Eva Juranová, Barbora Sedlářová

28 SWOT analýza modernizace úpravny vody Želivka

Petr Tužil

38 Prameny v intravilánech měst – seznámení s projektem

Josef K. Fuksa, Lenka Matoušová, Pavel Eckhardt, Eva Mlejnská



43 Odpadní voda – odpad nebo poklad?

Martina Beránková

47 Autoři VTEI

48 Rozhovor s RNDr. Petrem Kubalou, generálním ředitelem Povodí Vltavy

Redakce

52 V Praze proběhlo plenární zasedání Mezinárodní asociace hydrologických věd a bylo schváleno tzv. Pražské prohlášení

Ondřej Ledvinka



53 Pražské prohlášení o potřebě vývoje systémů managementu vodních zdrojů

Ondřej Ledvinka

55 VÚV TGM, v. v. i. – spolupořadatel a účastník konference Analytika odpadů

Dagmar Vološinová, Jana Zuberová

56 ČVTVHS v roce 2016

Václav Bečvář



Vážení čtenáři,

v prvním čtvrtletí roku 2016 proběhly akce spojené s oslavami Světového dne vody. Ať to bylo tradiční setkání vodohospodářů v Kongresovém centru 22. 3. 2016, tak také akce, která se uskutečnila dne 18. 3. 2016 v konferenčním sále Orlík v s. p. Povodí Vltavy na téma „Voda dává práci“. Mottem Světového dne vody 2016 je totiž „Water and Jobs“ (Voda a pracovní místa). Letošní téma OSN i téma akce pod záštitou MŽP je symbolické ze dvou úhlů pohledu. Tím prvním je problematika sucha a jeho vlivu na průmysl, ekonomiku a lidskou společnost, tedy otázka socio-ekonomického sucha. Je o to aktuálnější vzhledem k suchu, které nastalo v loňském roce. A letošní zima a průběh počasí zatím příliš nenaznačují, že by se loňská situace nemohla opakovat i v tomto roce. Tím druhým pohledem je problematika firem a jejich zapojení do udržitelného a šetrného využívání vodních zdrojů. Diskuse totiž zatím probíhaly odděleně: odborníci diskutovali s odborníky a přesvědčovali přesvědčené a firmy se snažily snižovat svoje náklady a dopady své činnosti na prostředí, ve kterém působí, tzv. společensky odpovědným podnikáním. Nicméně spojovacím článkem mezi těmito izolovanými ostrovy je právě ono společné médium – voda. A skrze toto médium sdílíme společné cíle. Zbývá tedy jen krok ke spolupráci a koordinovaným aktivitám, tak aby jednotlivé firmy spojily své síly a cíle dohromady s odborníky a všichni pak začali společně diskutovat na téma udržitelného využívání vodních zdrojů a cíleně podporovat vzájemně prospěšné aktivity.

Tím prvním cílem je osvěta a informovanost. Existuje řada informačních systémů, portálů a veřejně přístupných databází, nicméně většina z nich je určena odborníkům a profesionálům ve vodním hospodářství. A tito odborníci jsou zaměřeni na svůj segment znalostí, v naprosté většině však jejich doménou není schopnost komunikovat a podávat srozumitelné informace laické veřejnosti. Tím ale zase disponují firmy – schopností srozumitelně vysvětlovat problémy spojené s jejich činností. Proto jsme se rozhodli – odborníci společně se specialisty na komunikaci – začít srozumitelně lidem vysvětlovat, jaké máme problémy s vodou a jaká jsou v tomto ohledu specifika České republiky, aby vzrostlo všeobecné povědomí o vodě i schopnost porozumět problémům vodohospodářů. A díky většímu porozumění ze strany veřejnosti vytvořit společenskou poptávku a společenský tlak na řešení problémů hospodaření s vodou. Při diskusích nad tímto tématem se specialisty na public relations padl mimoděk výstižný komentář: „Na to, jak je voda nezbytnou surovinou pro lidské bytí, má neobyčejně špatné PR.“

Proto se pokoušíme toto změnit, propojit izolované světy a začít lidem okolo nás znovu vysvětlovat, že platí: „Voda základ života“ – www.vodazakladzivota.cz.



Mgr. Mark Rieder
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Dvacet pět let systematického sledování jakosti podzemních vod v České republice

VÍT KODEŠ, MIROSLAVA SVÁTKOVÁ, JINDŘICH FREISLEBEN

Klíčová slova: podzemní voda — jakost vod — monitoring

SOUHRN

Sledování jakosti podzemních vod se v České republice věnuje mnoho subjektů s různými cíli sledování a s různou kvalitou získávaných výsledků. Český hydrometeorologický ústav dlouhodobě buduje a rozvíjí jednotný systém monitoringu poskytující srovnatelná data napříč územím republiky. Historie tohoto monitoringu jakosti podzemních vod v ČHMÚ sahá až do konce 50. let minulého století, systematický monitoring se datuje od začátku 90. let minulého století. Za posledních 25 let tohoto sledování se díky investicím do monitorovací sítě, rozvoji analytických metod a rostoucím požadavkům ČHMÚ na kvalitu vzorkovacích a analytických prací výrazně zlepšila vypovídací schopnost a kvalita pořizovaných dat. Příspěvek shrnuje historický vývoj monitoringu jakosti podzemních vod zabezpečeného ČHMÚ a jeho přínos pro stav poznání jakosti podzemních vod v ČR.

ÚVOD

Podzemní voda je významným zdrojem pitné vody v České republice. Monitoring tohoto zdroje je na území ČR realizován mnoha subjekty vždy s ohledem na charakter zjišťovaných informací a relevantní legislativu. Vzhledem k vysokému počtu subjektů pořizujících údaje o jakosti podzemních vod se i kvalita získaných údajů může lišit v závislosti na kvalitě vzorkařských prací a kvalitě analytických laboratoří. Vysoký počet subjektů také zcela jistě nepřispívá k plné porovnatelnosti výsledků laboratorních analýz. Z tohoto pohledu se Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), jako organizace zajišťující monitoring jakosti podzemních vod v celostátním měřítku, snaží dlouhodobě zabezpečit kvalitní data jakosti podzemních vod České republiky.

METODIKA

Objekty státní sítě sledování jakosti podzemních vod tvoří podmnožinu z cca 1 850 objektů pozorovací sítě podzemních vod ČHMÚ. Sít byla koncipována tak, aby sledovala pokud možno neovlivněný režim podzemních vod a záměrně se vyhýbala lokalitám antropogenně ovlivněným bodovými zdroji znečištění. Ve strukturách české křídové pánve jsou objekty lokalizovány tak, aby pokrývaly oblasti infiltrace, transportu a odvodnění dané struktury. Každý útvar podzemních vod je, pokud je to možné, monitorován nejméně jedním monitorovacím objektem. Optimální počet monitorovacích objektů je tři a více na útvar podzemních vod v závislosti na hydrogeologických podmínkách a velikosti plochy útvaru. Hloubková stratifikace monitorovacích míst je v dostatečné míře zohledněna v samostatných místech, tj. pozorování různých kolektorů je ve stejném místě zajištěno více samostatnými monitorovacími objekty.

Sít pro sledování jakosti podzemních vod byla zpočátku (60.–70. léta) tvořena pouze prameny, v 80. letech byly do sítě začleněny mělké vrty v kvartérních sedimentech a na počátku 90. let byly do sítě zařazeny i vrty sledující hluboké hydrogeologické struktury. Dalším výrazným rozšířením prošla síť na konci prvního desetiletí tohoto století a naposledy byla rozšířena v tomto roce. Jelikož ČHMÚ nedisponuje vlastními vzorkařskými a analytickými kapacitami, jsou veškeré vzorkařské a analytické práce zabezpečovány externími dodavateli, vybíranými ve veřejných soutěžích v souladu se zákonem č. 137/2006 [1]. Zde je nutno podotknout, že výběr dodavatelů byl již od 1. poloviny 90. let, tedy daleko před přijetím výše zmíněného zákona, realizován formou výběrových řízení, což je na podmínky tehdy panující v ČR jistě výjimečné. Díky tomu se kvalita prací na monitoringu ČHMÚ kontinuálně zlepšovala, až dosáhla stávající špičkové úrovně. Z logistických důvodů bylo území ČR na počátku 90. let rozděleno do sedmi vzorkovacích oblastí (západní Čechy, jižní Čechy, střední Čechy, severní Čechy, východní Čechy, jižní Morava a severní Morava), tyto vzorkovací oblasti jsou využívány dodnes při výběrových řízeních a na každou z těchto oblastí je podepisována separátní smlouva o dílo.

Vzorkování podzemních vod je každoročně (až na výjimky v letech 2011 a 2013) prováděno 2x ročně v cyklu jaro–podzim. Výběr sledovaných ukazatelů je a historicky byl dán příslušnou platnou legislativou, dostupností analytických metod, pro identifikaci potencionálních polutantů podzemních vod se využívají i literární rešerše a výsledky monitoringu jakosti podzemních vod v ostatních státech. Členské státy EU měly za povinnost implementovat příslušné programy monitoringu (situační a provozní monitoring) v souladu s požadavky Rámcové směrnice o vodách [2], tyto programy byly v ČR spuštěny v roce 2007. Od počátku 21. století proběhlo i několik cílených screeningů širokého spektra polutantů z oblastí nebezpečných látek, a to jak v rámci výzkumných projektů [3, 4], tak v rámci situačního monitoringu podle Rámcové směrnice o vodách. Na základě těchto screeningů se průběžně upravoval rozsah stanovovaných ukazatelů v následujících letech. Významným prvkem ovlivňujícím zásadním způsobem hodnověrnost výsledků jsou i požadavky na kvalitu prací ze strany ČHMÚ. V dnešní době jsou nadstandardní požadavky ČHMÚ v oblasti QA/QC zárukou vysoké kvality vzorkařských i analytických prací, a tím i vysoké kvality získávaných dat. Tato data jsou kontrolována a verifikována ve spolupráci s laboratořemi a poté uložena do národního informačního systému jakosti vod IS ARROW, provozovaného ČHMÚ. Tato data jsou následně dostupná veřejnosti na adrese <http://hydro.chmi.cz/isarrow>.



Obr. 1. Průběžné měření hodnot během čerpání před odběrem vzorku z vrtu

Fig. 1. Continuous recording of selected parameters during pumping before sampling of the well



Obr. 2. Odběr vzorku (nahore) s uložení vzorkovnic v chladicím boxu (dole)

Fig. 2. Groundwater sampling (above), storage of sampling bottles in a cooling box (below)

Systém zajištění kvality odběru vzorků a terénních měření

Veškeré údaje, které jsou zaznamenávány při odběrech vzorků, je vzorkař povinen uložit za použití softwaru pro terénní měření a vytvoření protokolu o odběru vzorku poskytnutého ČHMÚ. Odběr vzorků podzemní vody z pramenů musí být prováděn podle ČSN EN ISO 5667-1 [5]. V okamžiku odběru vzorku zaznamenaná vzorkař mj. aktuální hodnoty pH, vodivosti, oxidačně redukčního potenciálu (Eh), rozpuštěného kyslíku, zákalu a teploty vody. Odběr vzorků podzemní vody z vrtů se musí provádět v dynamickém stavu (po čerpání, resp. u tlakových vrtů odpouštění, optimálně do ustálení následujících průběžně měřených parametrů: teplota vody, vodivost, pH a zákal). Vzorek vody je považován za ustálený, pakliže změna dvou po sobě jdoucích měření teploty, pH, vodivosti a zákalu je menší než 10 %. Pouze v ojedinělých případech je vzorek z vrtu odbíráán zonálním vzorkovačem z předepsané hloubky. Při vzorkování vrtů je třeba zapustit čerpadlo do příslušné hloubky (od odměrného bodu, jímž je zpravidla okraj pažnice či okraj zhlaví vrtu) a po požadovanou dobu z ní zadáním množstvím čerpat/odpouštět podle požadavku ČHMÚ specifikovaného individuálně pro každý vrt. Odpouštění přetokových vrtů musí probíhat nejméně 2 hodiny, není-li stanoveno jinak, a to předepsanou vydatností. Před čerpáním/odpouštěním a při něm je povinností vzorkaře ve stanovených časech důsledně měřit a zapisovat požadované údaje (pH, vodivost, zákal, rozpuštěný kyslík, skutečně čerpanou vydatnost, teplotu vzduchu a vody, hladinu podzemní vody) včetně zápisu případných doprovodných jevů (pískování, barva vody, zákal atd.) či problémů s vrtem či čerpáním (obr. 1). Vzorkař zaznamenává též délku odpadu

a jeho zaústění. Odčerpávaná voda zejména u objektů v kvartérních zvodních (mělké vrtů do 20 m) musí být vypouštěna v dostatečné vzdálenosti (alespoň 10 m) tak, aby nedocházelo k ovlivnění vrtu vypouštěnou vodou. Po stanovené době řádným a pečlivým způsobem podle pokynů zpracovávající laboratoře a v souladu s ČSN EN ISO 5667-11 [6] odebere vzorkař laboratoří požadované množství neprovzdušněného vzorku a zaznamená aktuální hodnoty hladiny podzemní vody, pH, vodivosti, Eh, rozpuštěného kyslíku, teploty a zákalu vody v okamžiku odběru vzorku (obr. 2).

ČHMÚ požaduje použití ponorných odstředivých, popř. membránových čerpadel. Použití sacích čerpadel pro odběr vzorku je nepřipustné. Preferuje se použití čerpadel s modulací průtoku. Pokud je požadován odběr vzorku vzorkovačem, musí vzorkař používat zonální vzorkovač. Pro průtoky pod $0,1 \text{ l.s}^{-1}$ je požadováno umístění ventilu pro vzorkovací okruh maximálně 2 m od vyústění hadice z objektu vrtu, aby nedocházelo ke změnám teplot při odběru. Dalším požadavkem je, aby zařízení pro odběr vzorku a potenciální zdroje znečištění (např. elektrocentrály, kanystry s pohonnými hmotami) byly uloženy odděleně, centrála uložena v samostatném boxu a zabráněno kontaminaci čerpacích hadic a čerpadla během přepravy. Dále musí být zabráněno kontaktu hadic a ostatního vzorkovacího zařízení s okolním terénem např. použitím podložky (obr. 3). Nepřipouští se terénní měření v kádince. Požaduje se použití průtokových cel pro terénní měření požadovaných parametrů (obr. 4). Přípustné intervaly odchylek měření v terénu vůči standardům jsou uvedeny v tabulce 1.

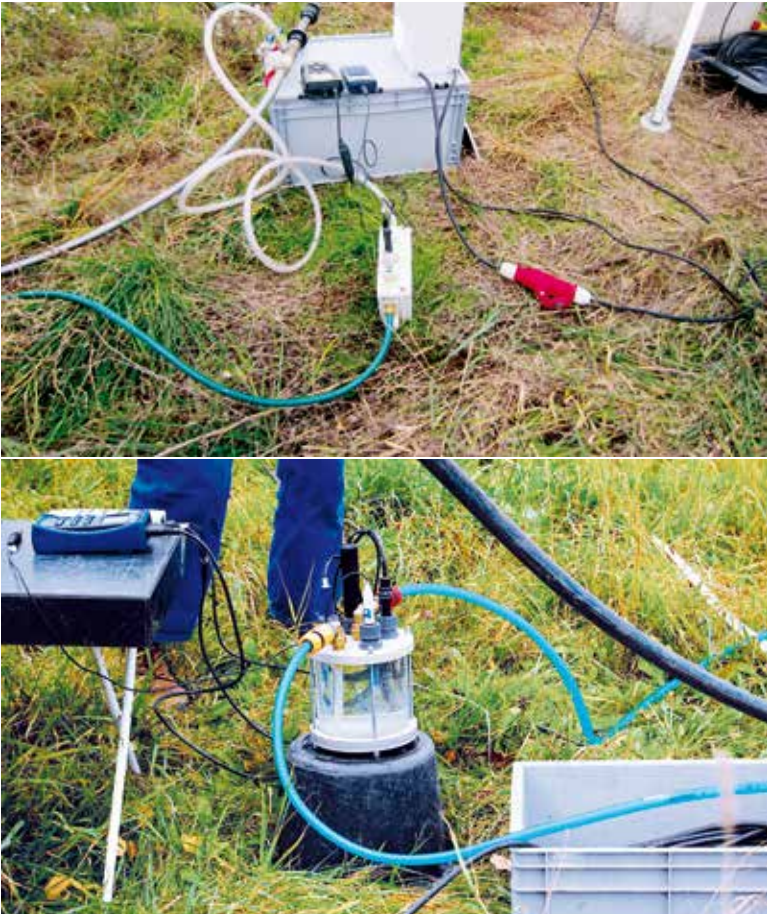


Obr. 3. Zamezení kontaminace vzorkovnic (nahore) a vzorkovacího zařízení (dole)
Fig. 3. A contamination prevention of sampling bottles (above) and equipment (below)

Tabulka 1. Přípustné odchylky měření v terénu vůči kalibračním standardům
Table 1. Tolerable deviations from calibration standards for in situ measurements

Ukazatel	Odchylka
pH v terénu	+/- 0,1
oxidačně redukční potenciál v terénu	+/- 20 mV
měrná vodivost v terénu	+/- 5 %

Laboratoře musí mít plnou odpovědnost za terénní přístroje a terénní měření, tj. provádění kalibrací a jejich navázání na metrologický systém laboratoře. Vzorkař musí vést doložitelné záznamy o kontrolách správnosti měření a o kalibracích například v přístrojových denících, které bude schopen dokladovat ČHMÚ. Denní kontrola správnosti měření používaných čidel je vyžadována. Konzervace vzorků musí být prováděna v souladu s ČSN EN ISO 5667-3 [7]. Laboratoř musí dodržovat požadavky normy, popř. musí mít laboratoř odchýlné způsoby konzervace validované v rámci akreditace podle ČSN EN ISO/IEC 17025 [8]. ČHMÚ požaduje nefixované vzorky uchovávat v prostředí o teplotě do 10 °C až do zpracování v laboratoři. Požaduje se sledování teploty v chladicích boxech u každého vzorku v době od odběru do předání vzorku v analytické laboratoři, záznamy o průbězích teplot jsou po skončení vzorkování předávány ČHMÚ. Odběrové osádky musí používat chladicí boxy s aktivním chlazením nebo s namraženými chladicími vložkami (obr. 2).

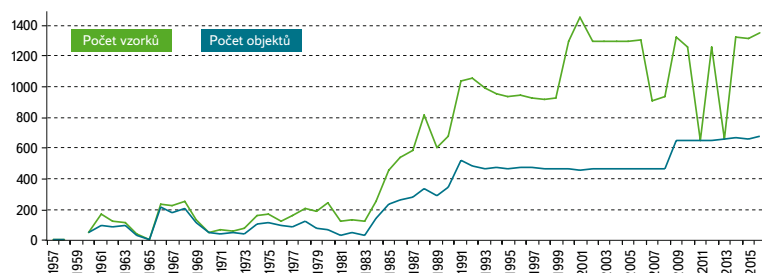


Obr. 4. Průtokové cely pro průběžné měření vybraných ukazatelů v terénu
Fig. 4. Flow-through cells for measurements of selected parameters in situ

Systém zajištění kvality analytických prací

Všechny ukazatele musí být analyzovány podle standardních operačních postupů akreditovaných podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025 [8], laboratoř musí mít platnou akreditaci na všechna stanovení mimo hodnot stanovených výpočtem. Laboratoře se při provádění laboratorních měření řídí požadavky směrnice 2009/90/ES [9], které musí splňovat, a také se musí zúčastňovat všech mezilaboratorních srovnávacích zkoušek týkajících se analytů stanovených v monitoringu ČHMÚ organizovaných subjekty oprávněnými pro tuto činnost v ČR. V případě nevyhovujících výsledků musí laboratoře neprodleně přijmout opatření k nápravě. Laboratoře jsou povinny výsledky autorizovat formou protokolu o zkoušce. Nedílnou součástí analytických výsledků je údaj o chybě stanovení.

ČHMÚ požaduje, aby byla všechna stanovení specifických organických látek (s výjimkou PAU) prováděna analytickými metodami, které poskytují informace o chemické struktuře analytu, tj. za použití hmotnostní spektrometrie. Laboratoř musí pro stanovení organických látek popsat způsob, jak zajišťuje monitorování podmínek skladování vzorků a stability extraktů a kalibračních standardů v roztocích, včetně hodnot o stabilitě, kterou pořídila v rámci validace analytické metody. Laboratoř prokazuje způsob zajištění metrologické návaznosti specifikací kalibračních standardů s vhodnou expirací. Standardy musí být v prokazatelném vlastnictví laboratoře, která provádí analýzy. Pro každý kalibrační standard pro danou metodu laboratoř samostatně uvádí výrobce kalibračního standardu, číslo výrobní šarže a datum expirace. Pokud dojde v průběhu monitoringu pro ČHMÚ k ukončení expirace, laboratoř zakoupí včas nový



Obr. 5. Počet monitorovaných objektů a odebraných vzorků

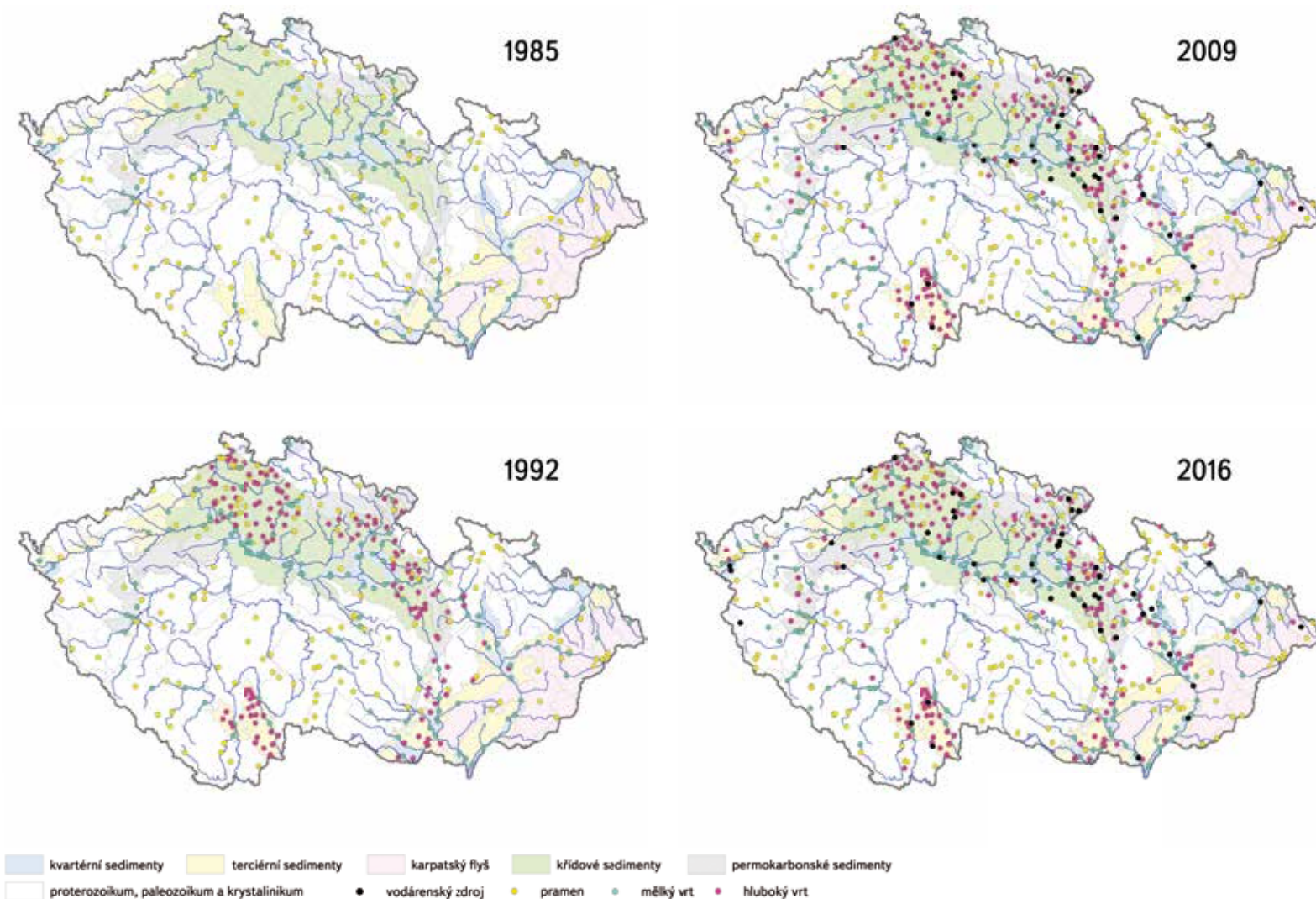
Fig. 5. Number of monitoring sites and samples taken

standard tak, aby po celou dobu byly používány standardy před ukončením expirační lhůty. Laboratoř dokladuje systém řízení jakosti QC (typy a počet kontrolních vzorků) pro všechny analyzované parametry s tím, že ČHMÚ má následující minimální požadavky na analýzu kontrolních vzorků: laboratorní duplikát (5 % vzorků, minimálně každý den měření), slepý pokus (5 % vzorků, minimálně každý den měření) a fortifikovaný slepý pokus nebo fortifikovaná matrice (5 % vzorků). Laboratoř předává po skončení jednotlivých vzorkovacích období

ČHMÚ stručnou písemnou zprávu o průběhu a výsledcích těchto interních kontrol kvality práce. Tato zpráva musí obsahovat alespoň termíny těchto kontrol, specifikaci konkrétních vzorků a výsledky této kontroly.

Vývoj monitorovací sítě

Počátek sledování jakosti podzemních vod v ČHMÚ se datuje k roku 1957, kdy byly ověřovány první čtyři objekty. Od 60. let až do roku 1983 se vzorkovaly převážně prameny, a to v nepravidelném intervalu 1x za několik let. V roce 1984 začalo pravidelné vzorkování mělkých vrtů současně s prameny 2x ročně. Na přelomu 90. let byly do sítě ČHMÚ zařazeny vrty sledující hluboké vodohospodářsky významné struktury (hlavně křídové a terciérní pánve). V tomto období se počet vzorkovaných objektů ustálil na přibližně 460. V roce 2009 došlo, v rámci rekonstrukce sítě ČHMÚ financované z Fondu soudržnosti EU, k zařazení nově vybudovaných vrtů a k navýšení počtu monitorovacích míst na 613. Současně bylo do programu sledování jakosti podzemních vod navíc zařazeno, po dohodě s jejich provozovateli, 39 významných zdrojů zásobování obyvatelstva pitnou vodou s vydatností větší než 50 l.s⁻¹. V roce 2016 budou



Obr. 6. Rozložení monitorovací sítě v letech 1985, 1992, 2009 a 2016

Fig. 6. Monitoring network layout in 1985, 1992, 2009 and 2016

zahrnuty další objekty včetně menších zdrojů zásobování obyvatelstva pitnou vodou tak, aby monitoring ČHMÚ pokrýval 173 ze 174 útvarů podzemních vod vymezených vyhláškou 5/2011 [10] pro účely sledování podle Rámcové směrnice o vodách [2]. Pouze v jednom malém útvaru podzemních vod o rozloze 43 km² (Krystalinikum v povodí Svratky-Svitava po soutok s tokem Punkva, ID 65602) nebyl dosud nalezen žádný objekt vhodný pro vzorkování podzemních vod. Počet sledovaných objektů se z původních 481 v roce 1992 zvedl na 675 v roce 2016 (obr. 5). Většina objektů v síti je v dobrém technickém stavu, existují ovšem objekty, které byly prozatím v síti ponechány i přes špatný technický stav s ohledem na zachování kontinuity časových řad, jelikož chybí finanční prostředky na opravu nebo náhradu objektů, a v daném vodním útvaru neexistuje monitorovací objekt, který by mohl stávající nahradit. Hustota a rozložení monitorovací sítě se významně změnila zejména v letech 1985, 1992 a 2009 (obr. 6).

Sledované ukazatele

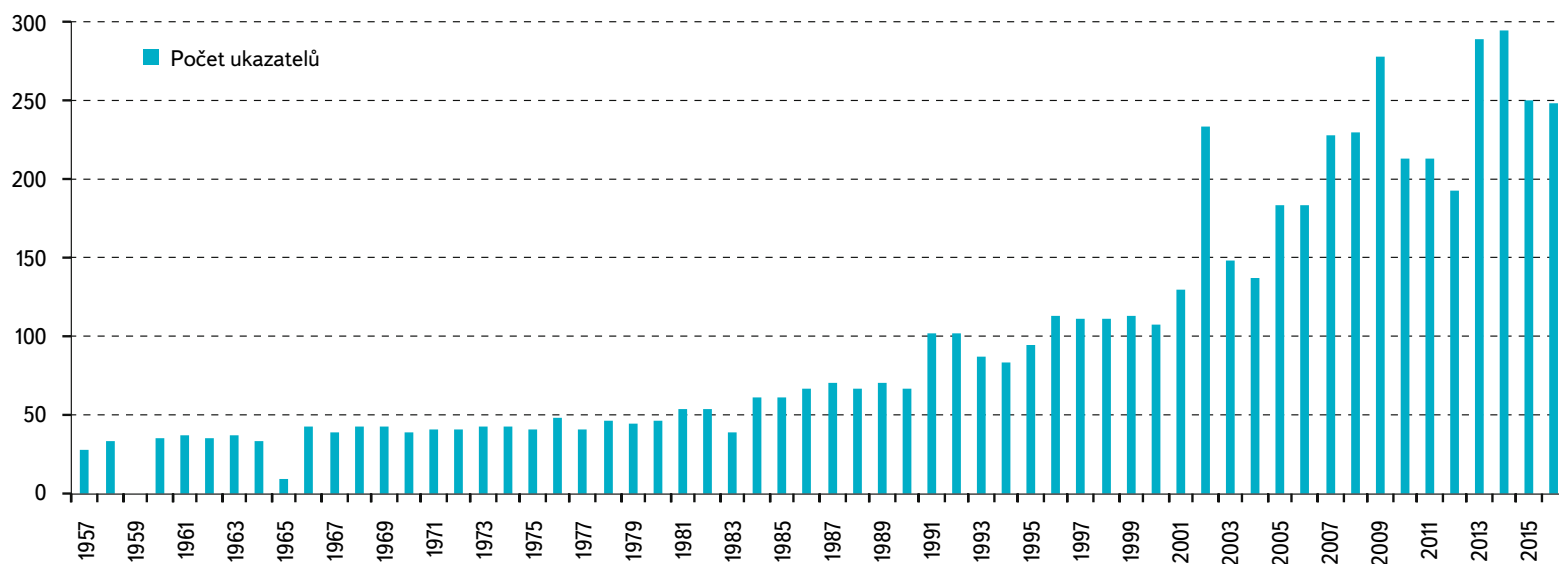
Rozsah sledovaných ukazatelů (obr. 7) se v průběhu času zvyšoval tak, jak se vyvíjela analytická technika a jak se měnila legislativa platná pro oblast jakosti podzemních vod. Až do roku 2011 neexistovala v ČR závazná legislativa pro hodnocení jakosti podzemních vod, jediným použitelným legislativním předpisem byla vyhláška č. 252/2004 [11] a předcházející předpisy platné pro pitnou vodu. Implementací směrnice 2006/118/ES [12] do legislativy ČR vyhláškou č. 5/2011 [10] byl tento nedostatek v roce 2011 napraven. V roce 2002 proběhl první screening nebezpečných látek [13], na jehož základě byl v roce 2005 rozšířen rozsah stanovovaných ukazatelů, zejména pesticidů. V roce 2007 byl monitoring poprvé realizován v souladu s požadavky Rámcové směrnice o vodách, a to programem situačního monitoringu, kdy byl logicky stanovován širší rozsah ukazatelů než v předchozích letech. K dalšímu významnému rozšíření sledovaných látek (opět zejména pesticidů a jejich metabolitů v rámci screeningu) došlo v roce

2009 a poté v roce 2013 (pesticidy a jejich metabolity, prioritní látky v rámci situačního monitoringu). Sledování pesticidů, jejich metabolitů i prioritních látek v podzemních vodách v tak širokém rozsahu zajišťuje v ČR pouze ČHMÚ. Na druhou stranu monitoring ČHMÚ nezahrnuje a ani nikdy nezahrnoval sledování mikrobiálního znečištění podzemních vod.

VÝSLEDKY A DISKUSE

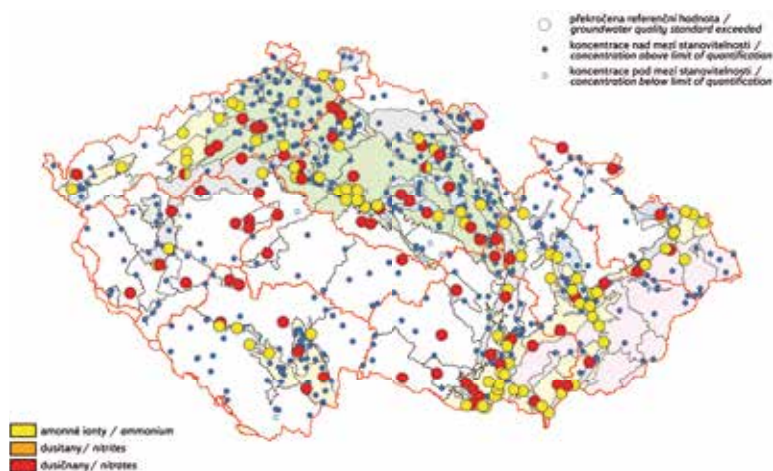
Za celou dobu pozorování bylo do informačního systému ČHMÚ uloženo 3 589 619 hodnot z celkem 34 758 vzorků, za posledních 25 let od roku 1991 bylo uloženo 3 315 859 hodnot (92 % veškerých hodnot) z 27 617 vzorků (79 % všech vzorků). V posledních letech každoročně do databáze přibývá zhruba 250 000 až 350 000 hodnot v závislosti na rozsahu sledovaných ukazatelů. Nejproblematictější z celého spektra v současnosti sledovaných látek z hlediska překročení limitů pro podzemní vody jsou dusíkaté látky [14] (obr. 8) a metabolity pesticidů [14, 15] (obr. 9).

Za posledních 25 let se monitoring jakosti podzemních vod vzhledem k vývoji dostupných analytických metod a nekompromisním požadavkům ČHMÚ na kvalitu vzorkovacích a analytických prací posunul na úroveň zcela srovnatelnou s nejvyspělejšími státy. Náklady obecně odpovídají nárůstu počtu monitorovacích objektů a sledovaných ukazatelů a reflektují i počet odebraných vzorků a typ programu monitoringu v daném roce (obr. 10). Náklady na monitoring samozřejmě vzrostly, ale při zohlednění změny cenových hladin v ČR a kupní síly během posledních 25 let k žádnému dramatickému nárůstu nákladů překvapivě nedošlo. Dá se říci, že dnešní nastavení monitoringu je velmi efektivní, jako indikátor lze použít náklady na získání jedné hodnoty, kdy se náklady na jeden výsledek (číslo, koncentraci) postupně snižovaly z cca 90 Kč v roce 1993 na 50 Kč v roce 2015 (obr. 11).



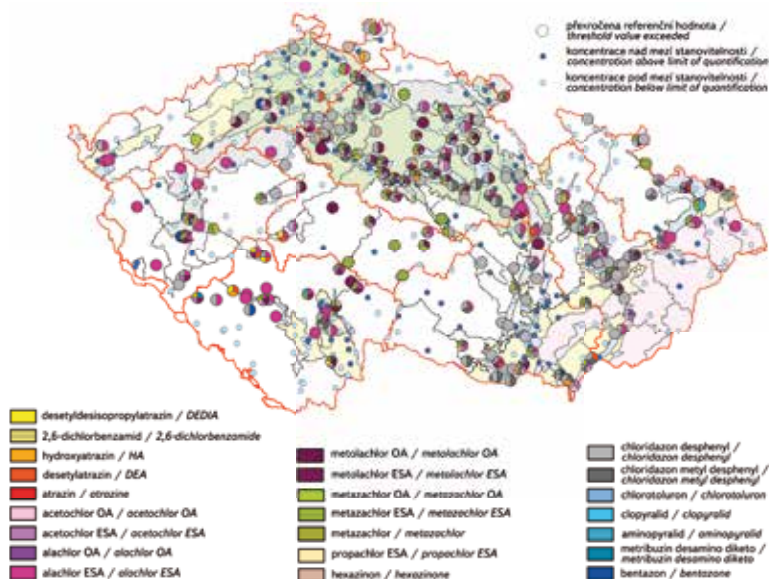
Obr. 7. Počet sledovaných ukazatelů

Fig. 7. Number of monitored determinants



Obr. 8. Překročení limitů pro dusíkaté látky v roce 2014 [14]

Fig. 8. Groundwater standard exceedance for nitrogen compounds in 2014 [14]

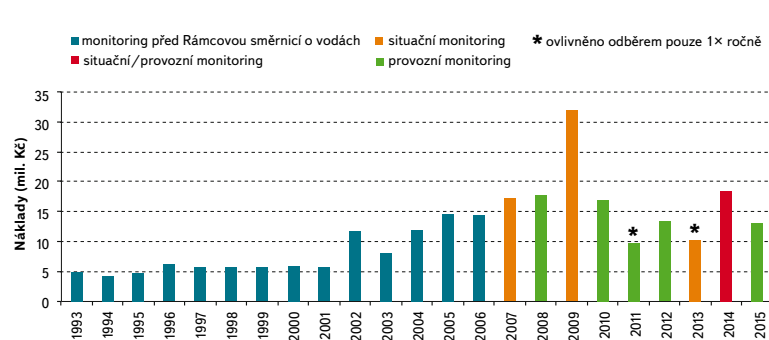


Obr. 9. Překročení limitu pro pesticidy v roce 2014 [14]

Fig. 9. Groundwater standard exceedance for pesticides in 2014 [14]

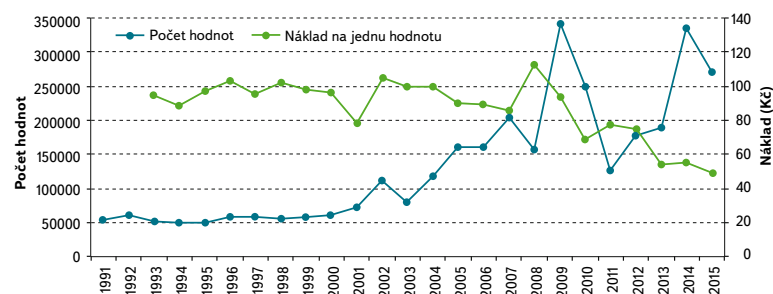
ZÁVĚR

Výsledky monitoringu jsou dnes využívány nejen pro účely sestavování vodní bilance, hodnocení stavu vod, hodnocení stavu vodních útvarů a plánování v oblasti vod podle zákona č. 254/2011 [16], ale i v rámci jiných aktivit vyplývajících z ostatních závazků ČR, jako je například reporting pro Evropskou agenturu pro životní prostředí (EEA) v rámci sítě EIONET [17], implementace směrnice 91/676/EHS [18] a vymezení zranitelných oblastí podle této směrnice, implementace směrnice 2009/128/ES [19] prostřednictvím Národního akčního plánu ke snížení používání pesticidů v České republice [20] a ve spolupráci s Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským i jako nástroj pro regulaci a povolování prostředků na ochranu rostlin na území ČR. Z dosavadních zkušeností se ukazuje, že největší komplikací pro zdárnou realizaci tohoto monitoringu je chybějící systém dlouhodobého financování. Tento celostátní monitoring by měl zcela logicky patřit mezi strategické a dlouhodobé aktivity České republiky. Způsob zajištění jeho financování tomu ale zdaleka neodpovídá. Přesto se daří tento monitoring realizovat, ba co více, zvyšovat jeho kvalitu, na kterou může být Česká republika oprávněně hrdá.



Obr. 10. Náklady na monitoring

Fig. 10. Cost of the monitoring



Obr. 11. Počet naměřených hodnot a indikátor efektivity monitoringu (náklad na pořízení 1 koncentrační hodnoty)

Fig. 11. Number of acquired values and a monitoring effectivity indicator (cost of one concentration value)

Poděkování

Autoři děkují RNDr. Petru Kohoutovi za pořízení fotodokumentace.

Literatura

- [1] Zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách.
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- [3] RIEDER, M., KODEŠ, V., HALÍŘOVÁ, J., HYPŘ, D. aj. *Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR. Závěrečná zpráva projektu VaV/650/3/00*, Praha: ČHMÚ, 2003, 141 s.
- [4] KODEŠ, V., KOZÁK, J., KODEŠOVÁ, R., KOČÁREK, M. aj. *Výskyt a pohyb pesticidů v hydrosféře a nové metody optimalizace monitoringu pesticidů v hydrosféře ČR. Závěrečná zpráva projektu MŠMT č. 2B06095*, Praha: ČHMÚ, 2011, 82 s.
- [5] ČSN EN ISO 5667-1 *Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsob odběru vzorků*, Praha: Český normalizační institut, 32 s.
- [6] ČSN EN ISO 5667-11 *Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 11: Návod pro odběr vzorků podzemních vod*, Praha: Český normalizační institut, 32 s.

[7] ČSN EN ISO 5667-3 *Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi*. Praha: Český normalizační institut, 56 s.

[8] ČSN EN ISO/IEC 17025 *Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří*. Praha: Český normalizační institut, 48 s.

[9] Směrnice Komise 2009/90/ES ze dne 31. července 2009, kterou se podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES stanoví technické specifikace chemické analýzy a monitorování stavu vod.

[10] Vyhláška Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství č. 5/2011 Sb. ze dne 20. prosince 2010 o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod.

[11] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

[12] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES ze dne 12. prosince 2006 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu.

[13] KODEŠ, V. Výskyt a pohyb nebezpečných látek v podzemních vodách ČR. *Acta Hydrologica Slovaca*, 4(2), 2003, s. 375–381. ISSN 1335-6291.

[14] *Hydrologická ročenka České republiky 2014*, Praha: ČHMÚ, 2015, 172 s. ISBN 978-80-87577-57-8.

[15] KODEŠ, V. a SVÁTKOVÁ, M. Výsledky monitoringu pesticidů v podzemních vodách. *Sborník příspěvků ze XIV. hydrogeologického kongresu a II. inženýrskogeologického kongresu* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014, [cit. 28. ledna 2016]. Dostupné z: <http://kongres2014.tul.cz/index.php/hig/2014>.

[16] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů.

[17] European Environment Information and Observation Network (EIONET) [online]. [cit. 28. ledna 2016]. Dostupné z: <https://www.eionet.europa.eu/>.

[18] Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů.

[19] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES ze dne 21. října 2009, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů.

[20] Národní akční plán ke snížení používání pesticidů v České republice [online]. Ministerstvo zemědělství, 2012, [cit. 28. ledna 2016]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/175318/NAP_CZ_schvaleny_vladou.pdf.

25 YEARS OF SYSTEMATIC GROUNDWATER QUALITY MONITORING IN THE CZECH REPUBLIC

KODES, V.; SVÁTKOVÁ, M.; FREISLEBEN, J.

Czech Hydrometeorological Institute, Section of water quality

Keywords: groundwater — water quality — monitoring

Many professionals deal with water quality monitoring in the Czech Republic with various goals and various quality of gathered information. The Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) has built and developed a unified long-term monitoring system providing comparable high quality data at a national scale. The CHMI monitoring started in late 50s of the last century, systematic monitoring has been carried out since the 90s of the last century. The data quality has improved significantly due to investments into monitoring network, development of analytical techniques and stricter QA/QC requirements during the last 25 years. This article summarizes a historical development of groundwater quality monitoring and its contribution to enhanced knowledge of groundwater quality in the Czech Republic.

Autoři

Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.

✉ kodes@chmi.cz

Mgr. Miroslava Svátková

✉ svatkova@chmi.cz

Ing. Jindřich Freisleben

✉ freisleben@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav, odbor jakosti vody

Příspěvek prošel lektorským řízením.

Návrhové parametry, provozní zkušenosti a možnosti intenzifikace umělých mokřadů

EVA MLEJNSKÁ, MILOŠ ROZKOŠNÝ

Klíčová slova: čistící procesy — filtrační materiály — horizontálně protékané umělé mokřady — kolmatace — konstrukční uspořádání — účinnost čištění — vertikálně protékané umělé mokřady

SOUHRN

Horizontálně a vertikálně protékané umělé mokřady se v České republice řadí mezi často využívané přírodě blízké způsoby čištění odpadních vod z malých obcí. Jsou tvořeny jedním nebo více filtračními poli zapojenými sériově nebo paralelně. Horizontálně protékané umělé mokřady bývají osázeny vhodnou mokřadní vegetací, nejčastěji rákosem obecným nebo chřastící rákosovitou. Nezbytnou součástí těchto technologií je dobře fungující mechanické předčištění, které chrání filtrační náplň vlastního biologického stupně před ucpáváním nerozpuštěnými látkami.

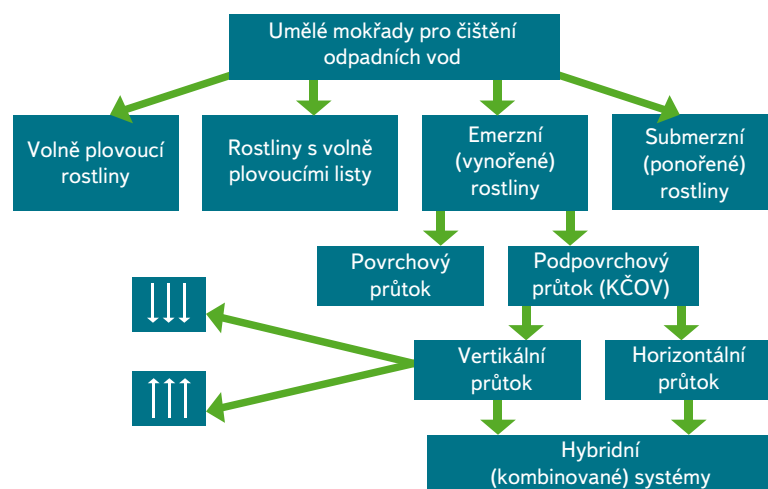
Konstrukční uspořádání vertikálně a horizontálně protékaných umělých mokřadů včetně návrhových parametrů je velice důležité a může významně ovlivnit nejen účinnost čištění, ale také životnost. V současné době probíhá ve světě i u nás celá řada výzkumných prací, které se mimo jiné věnují problematice nových (alternativních) filtračních materiálů, problematice kolmatace umělých mokřadů, která je nejzávažnějším provozním problémem, a mnoha dalším problematikám.

ÚVOD

Mokřady jsou v různých částech světa využívány k čištění odpadních vod již od poloviny 20. století. Oblast umělých mokřadů je značně rozsáhlá, a proto je i názvosloví i množství vlastních konstrukčních uspořádání značně bohaté. Základní rozdělení umělých mokřadů pro čištění odpadních vod uvádí schéma na obr. 1.

Umělé mokřady dosahují zpravidla velmi vysokých účinností při odstraňování organického a mikrobiálního znečištění. Účinnosti čištění pro nutrienty (dusík a fosfor) jsou většinou nižší a značně rozkolísané. Účinnosti odstraňování nutrientů mohou být zvýšeny nastavením optimálního zatížení, využitím kolísání výšky hladiny odpadní vody v umělém mokřadu (pulzní plnění a prázdnění) nebo přidáním vhodných adsorpčních materiálů do náplně umělého mokřadu nebo do přidavného filtru umístěného na odtoku.

Čistící procesy jsou ovlivňovány celou řadou faktorů, mezi které patří klimatické podmínky (teplota vody, teplota vzduchu a jeho vlhkost nebo sluneční radiace), hydrologické a hydraulické podmínky (průtok, hydraulické zatížení, doba zdržení, vlastnosti filtrační náplně nebo způsob proudění odpadní vody), vegetace (mohou se projevovat rozdíly mezi vegetačním a nevegetačním obdobím) apod.



Obr. 1. Základní rozdělení jednotlivých typů umělých mokřadů [1]

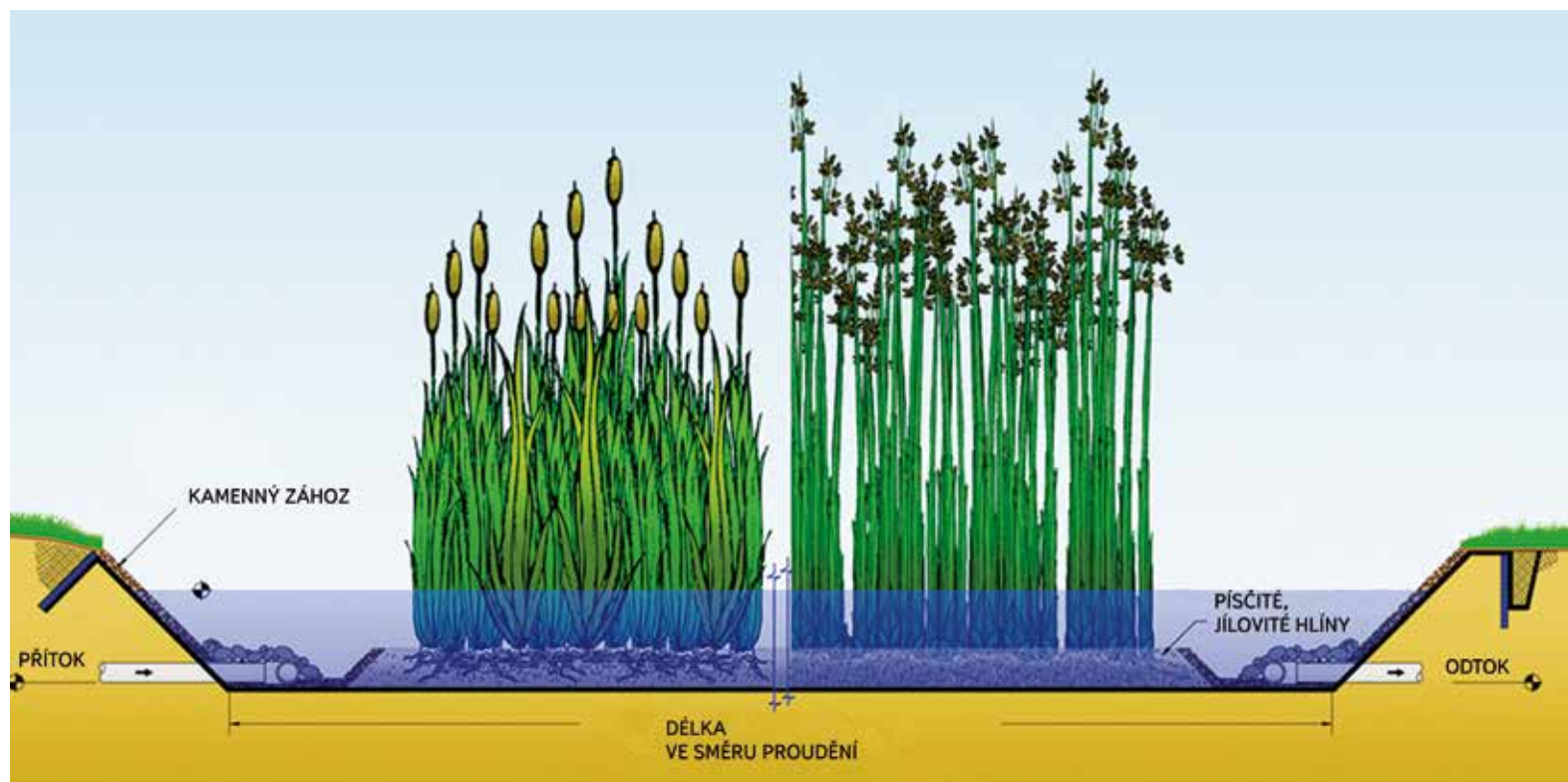
Fig. 1. The basic division of the different types of artificial wetlands [1]

POVRCHOVĚ PROTÉKANÉ UMĚLÉ MOKŘADY

Tato technologie není v České republice téměř využívána, ale pro úplnost ji zde uvádíme. Většinou představuje jednoduché usazovací nádrže s oddíly a nízkou vrstvou vody (20 až 40 cm) osázené mokřadní vegetací, jako jsou rákosa, orobince nebo skřípiny. Může docházet k mísení čištěné odpadní vody s vodou povrchovou nebo s vyčištěnými odpadními vodami. Doba zdržení bývá navrhována na minimálně 10 dní. Schéma je uvedeno na obr. 2.

Čistící procesy v povrchově protékaných mokřadech zahrnují usazování nerozpuštěných látek, difuzi rozpuštěných nutrientů do sedimentu, mineralizaci organických látek, odčerpávání nutrientů mikroorganismy a vegetací, mikrobiální transformaci, fyzikálně-chemickou adsorpci a srážení.

Povrchově protékané umělé mokřady mohou dosahovat vysokých účinností čištění pro CHSK_5 a BSK_5 (90 %) a pro mikrobiální znečištění (až 99 %), ale výrazně nižších pro dusík a fosfor (10 % až 15 %). Nízká účinnost odstraňování nutrientů je způsobena skutečností, že mnoho důležitých procesů, které se podílejí na jejich odstraňování, probíhá v sedimentu, zatímco nutrienty jsou přítomny v rozpuštěné formě v protékající odpadní vodě a jejich pronikání do sedimentu difuzí je velice pomalý proces. Pokud je ale s výškou hladiny v mokřadu uměle manipulováno a střídají se suché a mokré periody, může být účinnost odstraňování nutrientů až zdvojnásobena [2].



Obr. 2. Schéma umělého povrchově protékaného mokřadu [3]

Fig. 2. Scheme of surface flow constructed wetland [3]

ZEMNÍ FILTRY

Zemní filtry, které jsou v podstatě ekvivalentem neosázených vertikálně protékajících umělých mokřadů, jsou v České republice využívány zejména jako malá domovní zařízení. Principem čištění je schopnost zrnitého materiálu podporovat fyzikální, chemické a biologické procesy probíhající při odstraňování znečištění obsaženého v protékající odpadní vodě. Hlavní roli hraje společenstvo mikroorganismů, žijící na povrchu náplně umělého mokřadu, které se podílí zejména na rozkladu organického znečištění. Zemní filtry jsou tedy v podstatě zařízení pro pomalou biologickou filtraci předčištěné odpadní vody.

Oproti horizontálně protékajícím umělým mokřadům (kořenovým čistírnám) je hlavní rozdíl v množství kyslíku přítomného ve filtrační náplni. Zemní filtry pracují díky nezatopenému objemu nejčastěji v oxických až anoxických podmínkách, mohou tedy oproti horizontálně protékajícím kořenovým čistírnám lépe odstraňovat amoniakální dusík. Dlouhodobě sledovaný zemní filtr vykazoval průměrnou účinnost odstraňování amoniakálního dusíku 78,5 % oproti prakticky nulové účinnosti u kořenové čistírny [4]. Podobné výsledky byly získány vyhodnocením dat z více sledovaných lokalit. Průměrná koncentrace amoniakálního dusíku se na přítoku do sledovaných kořenových čistíren pohybovala kolem 44 mg/l, průměrná účinnost odstraňování amoniakálního dusíku kolem 8,5 %, zatímco se průměrná koncentrace amoniakálního dusíku na přítoku do sledovaných zemních filtrů pohybovala kolem 38 mg/l a průměrná účinnost odstraňování amoniakálního dusíku kolem 57 % [5].

Zemní filtry jsou vhodné pro čištění běžných a zředěných komunálních odpadních vod. Nehodí se k čištění odpadních vod s velkým množstvím obtížně usaditelných minerálních částic a organického znečištění. Takové vody způsobují rychlé zanášení filtrační náplně (kolmataci). Z tohoto důvodu je velmi důležité dostatečně kvalitní a dobře fungující mechanické předčištění, které by mělo být nedílnou součástí každého umělého mokřadu.

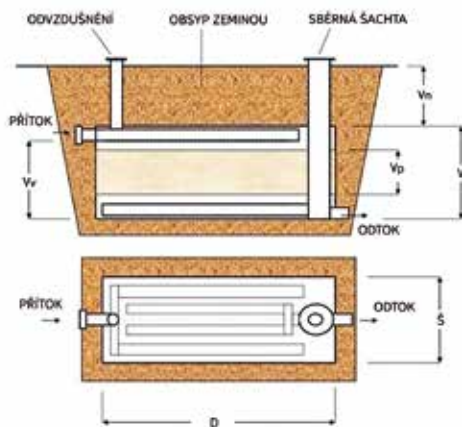
Pro správnou funkci a vyhovující účinnost odbourávání organického znečištění mikrobiálním biofilmem je žádoucí převaha mikroorganismů žijících v prostředí s volným kyslíkem, tedy v oxických podmínkách. Proto musí být filtrační náplň co nejlépe provzdušněná. To je zajištěno vlastním konstrukčním uspořádáním, tedy nezatopenou filtrační náplní a také větráním tělesa zemního filtru. Oxické prostředí je žádoucí též pro činnost nitrifikačních bakterií. Účinnost odstraňování fosforu závisí především na volbě vhodné náplně zemního filtru a její sorpční kapacitě. Zatímco klasické materiály, jako je písek nebo drcené kamínky, tuto schopnost nemají, materiály s vysokým obsahem oxidů hliníku a/nebo železa přispívají ke zvýšení účinnosti odstraňování fosforu v zemních filtrech.

Konstrukční uspořádání

Zemní filtry lze navrhnout na jednotné nebo oddílné kanalizaci, ale pouze za mechanickým (primárním) stupněm čištění, popř. jako dočišťovací stupeň za biologickým (sekundárním) stupněm čištění, tedy za klasickou čistírnou odpadních vod. Jednoduché schéma je znázorněno na obr. 3.

Horní úroveň filtračního tělesa musí být vodorovná, celý objem filtrační náplně by měl mít konstantní mocnost a homogenitu. Těleso zemního filtru musí být od okolního prostředí vodotěsně odděleno. Rozvodné potrubí se ukládá do štěrkového obsypu. Sběrný dren je nutné opatřit odvětrávacím potrubím, které by mělo být vyvedeno nejméně 0,5 m nad úroveň terénu a opatřeno vhodnou clonou bránící znečištění odvětrávacího a sběrného potrubí vnosem předmětů zvenčí (prach, stébla trávy, listí apod.). Výška filtračního lože by se měla pohybovat od 0,6 m do 1,0 m. Délka jedné větve přítokového a odtokového potrubí by neměla překročit 30 m. Potrubí by mělo být opatřeno otvory s celkovou plochou nejméně 50 cm² na 1 m délky. Výškový rozdíl nátoky a výtoku bývá obvykle volen 1,2 m.

Nezbytnou podmínkou dobré funkce zemního filtru je rovnoměrné rozdělení přitékající odpadní vody po celé jeho ploše a také dostatečný přístup vzduchu do porézních vrstev. Vlastní tvar filtru nehraje tak důležitou roli.



Obr. 3. Schéma zemního filtru [6]

Fig. 3. Scheme of unplanted vertical flow constructed wetland [6]

Legenda: V – výška nádrže, Vn – výška nastavení sběrné šachty, Vv – výška ode dna nádrže do vstupního potrubí, Vp – výška vrstvy pískové náplně, D – délka nádrže, Š – šířka nádrže

Legend: V – height of the tank, Vn – height of setting collection shaft, Vv – height from the tank bottom into the inlet conduit, Vp – height of the layer of sand filling, D – length of the tank, Š – width of the tank

Návrhové parametry

Plocha zemního filtru by se měla pohybovat v rozmezí od 3 m²/EO do 6 m²/EO, v Belgii je v průměru navrhována plocha 3,8 m²/EO [7], v Dánsku 3,2 m²/EO [8], v Rakousku normy pro navrhování jednostupňových vertikálně protékaných umělých mokřadů uvádějí plochu 4 m²/EO, pro dvoustupňové systémy potom plochu 2 m²/EO [9], v Německu je požadována minimální plocha > 2,5 m²/EO.

V závislosti na velikosti zrn filtrační náplně se pro mechanicky předčištěné odpadní vody volí hydraulické zatížení v rozmezí od 0,10 m³/(m².den) do 0,18 m³/(m².den) a pro biologicky vyčištěné odpadní vody potom v rozmezí od 0,15 m³/(m².den) do 0,20 m³/(m².den) [10].

Dalším důležitým návrhovým parametrem je látkové zatížení, které závisí na složení přitékající odpadní vody, stupni jejího předchozího čištění, výšce a druhu filtrační náplně a požadované účinnosti čištění. Látkové zatížení (BSK₅) se u vertikálně protékaných umělých mokřadů volí v rozmezí od 10 g/(m².d) do 40 g/(m².d).

HORIZONTÁLNĚ PODPOVRCHOVÉ PROTÉKANÉ UMĚLÉ MOKŘADY

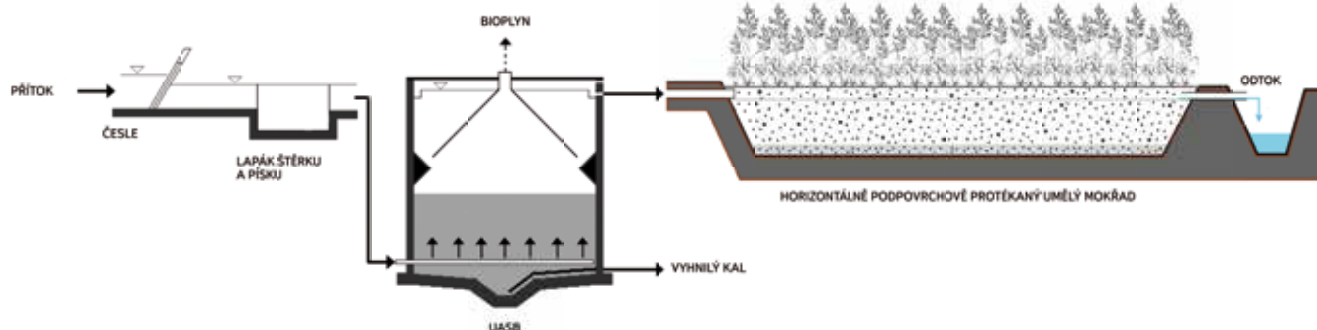
Kořenové čistírny odpadních vod, také nazývané vegetační kořenové čistírny, půdní filtry s vegetací nebo horizontálně protékané umělé mokřady patří v České republice hned po biologických nádržích k nejvíce rozšířeným typům přírodně blízkých (extenzivních) způsobů čištění odpadních vod z malých obcí. Od roku 1989 do současnosti jich bylo postaveno zhruba 250 ve velikosti od několika EO do 1 000 EO. Princip čištění je velice podobný jako u zemních filtrů, ale rozdíl je v množství kyslíku přítomného ve filtrační náplni. Protože je u kořenových čistíren celý objem filtračního tělesa zatopen odpadní vodou, pracují většinou v anaerobních až hluboce anaerobních podmínkách. Anaerobní mikroorganismy využívají při respiraci namísto kyslíku řadu terminálních akceptorů kyslíků, jako jsou dusičnany, mangančité a železité ionty nebo sírany, v závislosti na hodnotě oxidačně-redukčního potenciálu [11]. S ohledem na anaerobní podmínky většinou dosahují nižších účinností odstraňování amoniakálního dusíku než zemní filtry.

Konstrukční uspořádání

Kořenové čistírny s horizontálním pod povrchové prouděním musí obsahovat rozvodnou a sběrnou zónu. Mohou být konstruovány jako jediné kořenové pole nebo více polí zapojených buď paralelně, nebo sériově. Výška filtrační náplně se nejčastěji volí v rozmezí od 0,6 m do 1,0 m podle místních podmínek. Její zrnitost závisí především na hydraulickém zatížení a na složení přitékající odpadní vody. Při jednostupňovém uspořádání se doporučuje použít oblé říční kamenivo nebo tříděný štěrk frakce 4 mm až 8 mm, při sériovém zapojení je vhodné u prvního stupně volit zrnitost 8 mm až 16 mm a ve druhém stupni potom zrnitost 4 mm až 8 mm [10]. I při jednostupňovém uspořádání je vhodné v nátokové zóně použít kamenivo frakce 8 mm až 16 mm, aby byla co nejvíce omezena možnost rozvoje kolmatace. Naše zkušenosti ukazují, že volba vhodné frakce kameniva je velice důležitá.

Těleso kořenové čistírny musí být, stejně jako u zemního filtru, od okolního terénu vodotěsně odděleno. Nesmí docházet k průsakům odpadních vod do vod podzemních. Schéma kořenové čistírny je uvedeno na obr. 4.

Předčištěná odpadní voda by měla být rozdělena rovnoměrně po celé šířce nátokové zóny, aby byl na maximální možnou míru omezen vznik kolmatace filtrační náplně. Velmi důležitá je pravidelná údržba a čištění rozvodného potrubí. Často je využíváno rozvedení pomocí drenážní trubky, do které je přiváděna odpadní voda z šachty na jedné straně kořenového pole. Tento způsob ale nemusí zaručit rovnoměrný průtok odpadní vody po celém profilu nátokové hrany a může docházet k lokálnímu přetížení a kolmataci části kořenového pole. Navíc je obtížné delší rozvodné potrubí čistit, a proto by mělo být na



Obr. 4. Schéma kořenové čistírny [12]

Fig. 4. Scheme of horizontal flow constructed wetland [12]

konci kořenového pole vyvedené nad povrch filtračního materiálu. Rozvodné potrubí musí mít dostatečně velké otvory pro výtok vody, otvory do velikosti 2 cm se mohou poměrně rychle ucpat.

Kořenové čistírny mohou přecházet až do hluboce anaerobních podmínek, možným řešením pro zvýšení přísunu kyslíku do filtru je pulsní plnění a prázdňení [13]. Tím může být zvýšena účinnost odstraňování amoniakálního dusíku z přitékající odpadní vody.

Návrhové parametry

Plocha kořenových polí by se měla pohybovat kolem $5 \text{ m}^2/\text{EO}$, ve světě se většinou navrhuje plocha v rozmezí od cca $3 \text{ m}^2/\text{EO}$ do cca $10 \text{ m}^2/\text{EO}$. Terénním průzkumem bylo zjištěno, že skutečná hodnota je podstatně vyšší než $5 \text{ m}^2/\text{EO}$, neboť se poměr skutečného a návrhového zatížení velice často pohybuje v rozmezí 0,3 až 0,6 [5].

Látkové zatížení (BSK_5) se u horizontálně protékaných umělých mokřadů volí v rozmezí od $6 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ do $10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ [5].

HYBRIDNÍ SYSTÉMY

V některých případech jsou využívány kombinace vertikálních a horizontálních systémů, případně dalších typů umělých mokřadů, které jsou označovány jako „hybridní“ (viz obr. 5). Účelem kombinace těchto systémů je dosáhnout co nejlepšího čistícího účinku, a to zejména pro dusík. V prvním, vertikálně protékaném umělém mokřadu (oxické až anoxické podmínky), dochází k nitrifikaci amoniakálního dusíku obsaženého v přitékající odpadní vodě ve vysokých koncentracích až na dusičnany. Ve druhém, horizontálně protékaném umělém mokřadu (anoxické až anaerobní podmínky), dochází k denitrifikaci dusičnanů až na plynný dusík.

Autoři Ye a Li [14] uvádějí účinnost čištění 83 % pro amoniakální i celkový dusík, velice podobnou účinnost pro celkový dusík (79 %) uvádějí i autoři Ayaz a kol. [15] pro hybridní umělý mokřad s recirkulací. Účinnost čištění 84 % pro amoniakální dusík a 60 % pro celkový dusík uvádějí autoři Masi a Martinuzzi [16] pro hybridní systém tvořený horizontálním a vertikálním podpovrchově protékaným umělým mokřadem. Autoři Herrera Melián a kol. [17] dokonce uvádějí účinnost odstraňování amoniakálního dusíku 88 %. Všechny tyto výsledky velice dobře ilustrují, že vhodně zvolená kombinace vertikálně a horizontálně protékaného umělého mokřadu může významnou měrou přispět ke zvýšení účinnosti odstraňování amoniakálního a celkového dusíku z čistěných odpadních vod.

S odstraňováním organického znečištění a nerozpuštěných látek v těchto systémech nebývá většinou problém (stejně jako u kořenových čistíren a zemních filtrů), účinnost odstraňování BSK_5 a nerozpuštěných látek se zpravidla pohybuje kolem 90 %, CHSK_5 potom zpravidla kolem 80 %. Ke zvýšení účinnosti odstraňování fosforu použitím hybridních systémů (pokud není použito speciálních náplní) nedochází.

ČISTICÍ PROCESY V UMĚLÝCH MOKŘADECH

Jak již bylo zmíněno u jednotlivých typů umělých mokřadů, probíhají v nich procesy fyzikální, fyzikálně-chemické, chemické a biologické [19, 20]. Mezi nejvýznamnější fyzikální procesy patří filtrace a sedimentace. Rychlost filtrace souvisí se zrnitostním složením filtračního materiálu, strukturou, texturou, efektivní pórovitostí, složením odpadních vod a zejména závisí na obsahu nerozpuštěných látek přítomných v přitékající odpadní vodě. U umělých mokřadů ale filtrace a sedimentace není žádoucím procesem čištění, protože přispívá ke kolmataci.

Mezi nejvýznamnější fyzikálně-chemické procesy patří vazba řady látek na sorpční komplex filtračního materiálu (amoniak, vápník, hořčík, sodík, draslík aj.). Obzvláště důležitá je vazba fosforu na sloučeniny železa, manganu nebo hliníku. U umělých mokřadů jsou tyto fyzikálně-chemické procesy žádoucí, vhodnou volbou filtračního materiálu lze významně ovlivnit účinnost odstraňování fosforu.

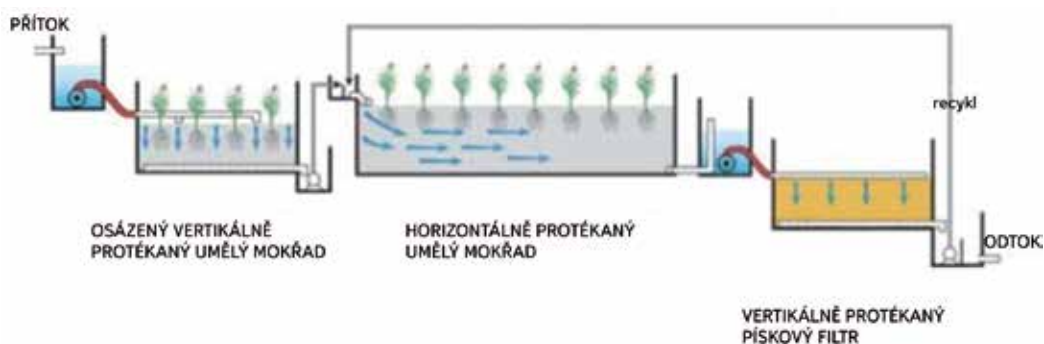
Z chemických procesů jsou nejvýznamnější oxidačně-redukční pochody, které souvisejí s množstvím kyslíku přítomného ve filtračním prostředí. Vedle toho dochází i k rozkladu nebo syntéze nových sloučenin.

Mezi nejvýznamnější biologické procesy patří bakteriální a rostlinný metabolismus. Různorodá směs aerobních a anaerobních bakterií je zapojena do rozkladu organických látek a cyklu nutrientů v umělých mokřadech. Průběh jednotlivých procesů závisí především na množství biologicky rozložitelného materiálu a na množství přítomného kyslíku. Fungovat mohou následující skupiny bakterií: desulfurikační (redukuji oxidované formy síry na sirovodík), denitrifikační (redukuji dusičnany na dusitany a až plynný dusík), proteolytické (utilizují bílkoviny), amonizační (rozkládají organické dusíkaté látky na amoniak), amylolytické (štěpí škrob a nižší cukry na organické kyseliny), nitrifikační (oxidují amonné ionty na dusitany až dusičnany).

FILTRAČNÍ MATERIÁLY UMĚLÝCH MOKŘADŮ

Základní poznatky

V umělých mokřadech je možné využít celou řadu více či méně vyzkoušených filtračních náplní, některé se používají buď přímo jako náplň filtračních



Obr. 5. Schéma hybridního systému [18]

Fig. 5. Scheme of hybrid system [18]



Obr. 6. Důsledek kolmatace přítokové zóny umělého mokřadu
Fig. 6. Clogging consequence

kořenových polí, nebo jako náplň dočišťovacích filtrů umístěných na odtok z umělých mokřadů. Při volbě náplně umělého mokřadu velice záleží na složení čistěné odpadní vody, protože v některých případech může docházet a dochází k velice rychlému ucpávání.

Filtrační náplň je jednou ze tří základních součástí umělého mokřadu a její výběr je pro jeho správnou funkci zásadní. Kromě poskytování fyzické podpory pro růst rostlin a povrchu pro růst mikroorganismů podporuje filtrační náplň sedimentaci a filtraci znečišťujících látek. Některé druhy náplní navíc přispívají ke zvýšené sorpci amoniakálního dusíku nebo fosforu. Patří k nim zejména sekundární produkty z uhlénohého průmyslu, vysokopecní struska apod. [21].

Mezi mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti samotného filtračního materiálu patří zejména [22, 23]: zrnitost, struktura a textura zrn, odolnost a mrazuvzdornost materiálu, chemické složení (podíl železa, hliníku a manganu), obsah vyluhovatelných částic (minerálních i organických), měrná a objemová hmotnost, hydraulická vodivost, pórovitost, dostupnost materiálu (cena, transportní vzdálenost).

Vlastnosti filtračních materiálů, zejména hydraulická vodivost, se během provozu umělých mokřadů mění. Propustnost filtračního lože je ovlivňována zhutněním materiálu (údržba i přirozené sesedání), prorůstáním kořeny a ukládáním stařiny mokřadní vegetace, vyčerpáním sorpční kapacity filtrační náplně a kolmatací volných pórů nerozpuštěnými minerálními a organickými látkami [24]. Ukládání stařiny mokřadní vegetace je podle našich praktických zkušeností závažným problémem. Po několika letech provozu může mocnost takto vytvořené vrstvy dosáhnout až 20 cm, uložený materiál se navíc postupně rozkládá a může významně přispět ke kolmataci filtrační náplně.

Alternativní materiály

V současné době probíhá ve světě i u nás celá řada experimentů, při kterých jsou využívány zejména náplně, které jsou schopny ve větší či menší míře adsorbovat dusík nebo fosfor. Patří mezi ně struska, zeolity nebo bauxit. Struska z metalurgické výroby železných kovů se jeví jako vhodná náplň a to i proto, že je levnější než šterkové náplně a je schopná adsorbovat značný podíl fosforu z přitékající odpadní vody. Po vyčerpání sorpční kapacity může plnit roli pevného nosiče, stejně jako šterková náplň. Nevýhodou je cyklus výměny struskové filtrační náplně, který se pohybuje v rozmezí 1 až 3 roky v závislosti na sorpční kapacitě a koncentraci fosforu v přitékající odpadní vodě. Pro přírodní zeolity je charakteristická schopnost odstraňovat rozpuštěný amoniakální dusík přítomný v odpadní vodě. Nejběžnější a nejčastěji používaný přírodní zeolit je klinoptilolit, který se vyznačuje velmi dobrou adsorpční schopností. Nevýhodou ale je jeho malá sorpční kapacita, proto se musí poměrně často regenerovat. Díky vysokému obsahu oxidů hliníku a železa je možné použít i bauxit, který vykazuje vysokou účinnost při odstraňování fosforu. Jako filtrační náplň do umělých mokřadů je ale bauxit zatím využíván jen velmi zřídka, častěji se používá v přídatných filtrech instalovaných na odtok z kořenových polí [25]. Zkušenosti s použitím dočišťovacího filtru naplněného zeolitem a zjištěné průměrné účinnosti odstraňování amoniakálního dusíku a fosforu popisují autoři Gikas a Tsihrantzis [26]. Autoři Suliman a kol. [27] porovnávali využitelnost dvou materiálů uzpůsobených k sorpci dusíku a fosforu, kterými byly materiál LWA (light weight aggregates) typu Filtralite-^{PTM} (keramzit) a lasturový písek, který je přírodní (je tvořen uhličitánem vápenatým a v menším množství uhličitánem hořečnatým). Autoři Li a kol. [21] testovali celkem osm různých filtračních materiálů, kterými byly zeolit, antracit, jílová břídlíce, vermikulit, keramická filtrační náplň, struska z výroby oceli, šterk a bio-keramika. Tyto studie ukazují, že by volba filtračního materiálu neměla být podceňována, protože může významnou měrou přispět k odstraňování nutrientů z čistěných odpadních vod.

KOLMATACE UMĚLÝCH MOKŘADŮ

U horizontálně a vertikálně protékajících umělých mokřadů je kolmatace poměrně častým jevem. Jde o souhrn fyzikálních, chemických a biologických procesů [28–32], které vedou nejen ke snížení propustnosti filtračního lože, tzn. hydraulické vodivosti a porozity zrnitého materiálu [33], ale také významně ovlivňují přenos kyslíku ze vzduchu do vody [34–36]. Tyto skutečnosti mají za následek významný pokles schopnosti systému čistit odpadní vodu [37]. Jde o ucpávání porézního filtračního prostředí nerozpuštěnými látkami, především jemnými zemitými a organickými částicemi z povrchových smyvů a kalem vyplavovaným ze stokové sítě a mechanického stupně čištění [23], dalšími příčinami mohou být nevhodně řešené dešťové oddělovače, nevhodně zvolený (většinou příliš jemný) materiál filtrační vrstvy nebo pronikání sekundárního znečištění z předřazené biologické nádrže zejména v letním období [38]. Rozsah kolmatace závisí na množství látek (vyjádřeno ukazateli $CHSK_{Cr}$, nerozpuštěné látky) v přitékající odpadní vodě [28], hydraulickém zatížení [30], zrnitostním složení porézního filtračního prostředí, jeho struktuře a textuře, době provozu zařízení apod. Pokud je kolmatace v pokročilejším stádiu, může docházet až k zaplavlávání povrchu umělého mokřadu čistěnou odpadní vodou (viz obr. 6).

Ke kolmataci filtračního prostředí dochází nárazovým uvolněním těchto částic, např. při přívalových deštích nebo významnějších srážkových událostech, nebo hydraulickým přetěžováním [7] nebo pozvolným zakolmatováním, které způsobuje především nevhodná konstrukce usazovacích nádrží (mechanického předčištění), nebo jejich nesprávné provozování a údržba, např. nedostatečné časté vyvážení usazeného kalu [39].

Pokročilá kolmatace vyžaduje sanaci zakolmatované náplně, a tak limituje životnost celého systému, proto je cílem zabránit intenzivní kolmataci a předčasnému ucpání filtračního lože umělých mokřadů. K hlavním opatřením, která významně omezují rozsah a průběh kolmatace, patří rekonstrukce dešťových oddělovačů, minimalizace erozních smyvů, instalace funkčních lapáků písku a usazovacích nádrží, rovnoměrné rozdělení mechanicky předčištěné odpadní vody po celé šíři filtračního lože, navrhování postupného přechodu zrnitostního složení filtrační náplně, pravidelné časně jarní odstraňování zbytků vegetačního pokryvu apod. [40].

NAKLÁDÁNÍ S ODPADY Z UMĚLÝCH MOKŘADŮ

Jedním z možných způsobů nakládání s odpady z extenzivních čistíren (kaly, kolmatovaný filtrační materiál, makrofytní vegetace kořenových filtrů) je kompostování. Jak vyplývá z dlouhodobého sledování kalů z objektů mechanického předčištění extenzivních čistíren, nepřekračuje jejich kontaminace rizikovými prvky a látkami a mikrobiálním znečištěním limitní hodnoty dané vyhláškou č. 382/2001 Sb. [41]. Mikrobiální znečištění kalů je však poměrně proměnlivé v závislosti na míře jejich stabilizace. Pro dosažení větší stability je vhodné více hlídat probíhající procesy, případně zvolit mezistupeň stabilizace kalů před jejich použitím v zemědělství [42, 43]. Jednou z možností je právě kompostování [43, 44]. Tento proces přináší pozitivní změny vstupních materiálů a snižuje míru jejich kontaminace.

Možnost uplatnění kalů v zemědělství však také závisí na dohodě mezi provozovateli čistíren a zemědělsky hospodařícími subjekty. V obdobích, kdy není zájem ze strany těchto subjektů o kaly, je nutné jejich vyvážení na jiné komunální ČOV s kalovým hospodářstvím. To je pro provozovatele finančně náročnější.

Výsledky pokusného kompostování odpadů z extenzivních čistíren prokázaly vedle výrazného snížení mikrobiálního zatížení i obsah poměrně velkého množství makroelementů využitelných vegetací při aplikaci výsledného



produktu na zemědělskou půdu. Pozornost je však nutné věnovat obsahu těžkých kovů, protože ke snížení jejich obsahu kompostováním prakticky nedochází, výsledný obsah je výsledkem poměru míchání jednotlivých složek a při aplikaci je nutné mít informace o obsahu těchto kovů v půdě.

INTENZIFIKACE UMĚLÝCH MOKŘADŮ

Jak již bylo uvedeno v předcházejícím textu, mezi možné způsoby intenzifikace čisticích procesů probíhajících v umělých mokřadech patří využití pulzního plnění a prázdňení kořenových filtrů, které přispívá ke zvýšení koncentrace kyslíku přítomného ve filtrační náplni, a tím ke zvýšení účinnosti odstraňování amoniakálního dusíku. Dále je to použití alternativních filtračních materiálů (ať již přímo v tělese umělého mokřadu nebo v přídavném filtru umístěném na odtoku z něj), které mohou ve zvýšené míře sorbovat dusík nebo fosfor.

Kolmatovanou filtrační náplň umělých mokřadů není třeba vždy vyměňovat, jako alternativní cesta se jeví in-situ aplikace roztoků chemikálií, jako je roztok roztoku hydroxidu sodného, chlornanu sodného, kyseliny chlorovodíkové nebo speciálně připraveného detergentu [45]. Autoři uvádějí, že se efektivní porozita i infiltrační rychlost nejrychleji a nejvíce zlepšovala při použití roztoku chlornanu sodného (ustálení po 5 dnech aplikace). Při použití vodovodní vody jako srovnávacího roztoku se efektivní porozita téměř neměnila a rychlost infiltrace jen velmi nepatrně stoupala. Proteiny a polysacharidy byly rozpouštěny hlavně roztokem hydroxidu a chlornanu sodného. Anaerobně vytvořený plyn uložený v pórech byl nejlépe uvolňován roztokem kyseliny chlorovodíkové. Autoři rovněž uvádějí, že kolmatace byla podstatně redukována a aplikované roztoky neměly dlouhodobý negativní vliv na rostliny a biofilm umělého mokřadu, ale po aplikaci těchto přípravků nutně následovalo období cca 1 měsíce regenerace biofilmu filtračního lože. Další možností je využití bakteriálně-enzymatických přípravků, které významnou měrou snižují rozsah kolmatace filtračních náplní, a tím přispívají ke zprůchodnění a zvýšení účinnosti čištění umělých mokřadů [37, 46, 47]. Po opakované aplikaci bakteriálně-enzymatického přípravku (vegetační sezona 2013 a 2014) se účinnost čištění v dotčeném kořenovém poli zvýšila pro CHSK_C z 74 % na 84 %, pro BSK_5 z 83 % na 92 %, pro nerozpustné látky z 91 % na 94 %, pro amoniakální dusík z 6 % na 17 % a pro celkový dusík z 19 % na 24 %. Tyto výsledky ukazují, že aplikace vhodně zvoleného preparátu může významně přispět ke zvýšení propustnosti kolmatované náplně umělého mokřadu a ke zvýšení účinnosti čištění.

ZÁVĚR

Kvalita odtékající vyčištěné odpadní vody z dobře fungujícího umělého mokřadu může dosahovat kvality vyčištěné odpadní vody z mechanicko-biologické čistírny odpadních vod a může tak vyhovovat požadavkům nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění. Vyčištěnou odpadní vodu tak lze vypouštět do recipientu nebo do veřejné kanalizace. Pokud není v blízkosti žádný vodní tok ani veřejná kanalizace, je pro jednotlivé rodinné domy nebo rekreační objekty vhodným řešením vsakování vyčištěných odpadních vod do půdních vrstev, tedy vypouštění do podzemních vod.

Umělé mokřady ke svému provozu nevyžadují elektrickou energii, mají minimální nároky na speciální technologické prvky, jejich provozování je jednoduché, na rozdíl od klasických aktivačních čistíren jim nevadí výraznější výkyvy v hydraulickém a látkovém zatížení a jsou vhodné i pro čištění odpadních vod s nízkými koncentracemi organického znečištění (BSK_5 pod 30 mg/l). Mezi hlavní nevýhody patří vysoké nároky na plochu, nízká účinnost odstraňování amoniakálního dusíku a fosforu, technologická neovladatelnost procesu čištění a také kolmatace filtračního prostředí, která je hlavním provozním problémem.

V současné době probíhá ve světě i u nás celá řada výzkumných projektů zabývajících se umělými mokřady a možnostmi jejich intenzifikace. Jak ukazují tyto výzkumy, je možné ovlivnit jejich funkčnost a účinnost čištění zařazením mnohdy jednoduchého prvku do stávající technologie. V případě nového návrhu by měla být věnována pozornost dostatečnému dimenzování nejen biologického stupně, ale zejména mechanického předčištění. Pokud to podmínky dovolují, je vhodné zvolit hybridní uspořádání nebo alespoň pulzní plnění a prázdňení, aby bylo podpořeno odstraňování amoniakálního dusíku.

Mnoho dalších informací naleznete v nové monografii „Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií“ autorského kolektivu Mlejnská, Rozkošný, Baudišová.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu TA02020128 – Výzkum možností optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií, který je řešen s finanční podporou TA ČR v rámci programu Alfa.

Literatura

- [1] KRÖPFLOVÁ, L. a VYMAZAL, J. Kombinace vertikálně a horizontálně protékajících umělých mokřadů: využití pro čištění splaškových odpadních vod. In: KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J. (ed.) *Přírodní způsoby čištění vod V, sborník z konference*. Brno: Nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3479-0.
- [2] VERHOEVEN, J.T.A. and MEULEMAN, A.F.M. Wetlands for wastewater treatment: Opportunities and limitations. *Ecological Engineering*, 12(1–2), 1999, p. 5–12.
- [3] Dostupné z: <http://logixicf.com/ecobuildtrends/2011/04>.
- [4] MLEJNSKÁ, E. a WANNER, F. Porovnání čistícího účinku zemního filtru a kořenové čistírny. *Vodní hospodářství*, 58(1), 2008, s. 3–4.
- [5] MLEJNSKÁ, E., ROZKOŠNÝ, M., BAUDIŠOVÁ, D., VÁŇA, M., WANNER, F. a KUČERA, J. *Extenzivní způsoby čištění odpadních vod*. Praha: VÚV TGM, 2009, 119 s.
- [6] Dostupné z: <http://cistirny-cov.ekocis.cz/zemni-piskovy-filtr>.
- [7] ROUSSEAU, D.P.L., VANROLLEGHEM, P.A., and DE PAUW, N. Constructed wetlands in Flanders: a performance analysis. *Ecological Engineering*, 23(3), 2004, p. 151–163.
- [8] BRIX, H. and ARIAS, C.A. The use of vertical flow constructed wetland for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecological Engineering* 25(5), 2005, p. 491–500.
- [9] LANGERGRABER, G., PRESSLE, A., LEROCH, K., ROHRHOFFER, R., and HABERL, R. Comparison of single-stage and two-stage vertical flow constructed wetland systems for different load scenarios. *Water Science and Technology*, 61(5), 2010, p. 1341–1348.
- [10] ČSN 75 6402 *Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel*. Český normalizační institut, 1998.
- [11] ŠÍMA J., HOLCOVÁ V., DUŠEK J. a DIÁKOVÁ K. Analytické přístupy ke studiu redoxních vlastností umělého mokřadu, *Chemické listy*, 100, 2006, s. 911–918.
- [12] Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2071-1050/6/10/6998/htm>.
- [13] KRIŠKA, M., ROZKOŠNÝ, M. a ŠÁLEK, J. Koncepte uspořádání malých ČOV využívajících přírodní způsoby čištění. In: *ČOV pro objekty v horách, sborník z konference*, 2011.
- [14] YE, F. and LI, Y. Enhancement of nitrogen removal in towery hybrid constructed wetland to treat domestic wastewater for small rural communities. *Ecological Engineering* 35(7), 2009, p. 1043–1050.
- [15] AYAZ, S.Ç., AKTAŞ, Ö., FINDIK, N., and AKÇA, L. Phosphorus removal and effect of adsorbent type in a constructed wetland system. *Desalination and Water Treatment*, 37(1–3), 2012, p. 152–159.
- [16] MASÍ, F. and MARTINUZZI, N. Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation. *Desalination*, 215(1–3), 2007, p. 44–55.
- [17] HERRERA MELIÁN, J.A., MARTÍN RODRÍGUEZ, A.J., ARAÑA, J., GONZÁLEZ DÍAZ, O., and GONZÁLEZ HENRÍQUEZ, J.J. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in the Canary Islands. *Ecological Engineering*, 36(7), 2010, p. 891–899.
- [18] Dostupné z: <http://www.slideshare.net/MagnusMurray/constructed-wetlands-summary-code-innovation-feb-2013>.
- [19] ŠÁLEK, J., KRIŠKA, M. a ROZKOŠNÝ, M. Čistící procesy v půdním a mokřadním prostředí. In: *ČOV pro objekty v horách, sborník z konference*, 2011.
- [20] TANNER, C., SUKIAS, J.P., and UPSDELL, M.P. Organic matter accumulation during maturation of gravel-bed constructed wetlands treating farm dairy wastewaters. *Water Research*, 32(10), 1998, p. 3046–3054.

[21] LI, M., ZHOU, Q., TAO, M., WANG, Y., JIANG, L., and WU, Z. Comparative study of microbial community structure in different filter media of constructed wetland. *Journal of Environmental Science*, 22(1), 2010, p. 127–133.

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

[23] ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z. a HRNČÍŘ, P. *Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech*. Brno: ERA, 2008, 124 s. ISBN 978-80-7366-125-0.

[24] HYÁNKOVÁ, E. a ŠÁLEK, J. Poznatky z výzkumu kolmace filtračního prostředí vegetačních kořenových čistíren s vertikálním prouděním. In: 3. vodohospodářská konference 2003, sborník z konference. Brno: FAST VUT, 2003.

[25] MATOUŠOVÁ, L. a MLEJNSKÁ, E. Filtrační náplně horizontálně a vertikálně protékanych umělých mokřadů, mechanismy vzniku kolmatace. In: Růžičková, I., Fuka, T., Wanner, J. (ed.) VODA 2013, sborník z konference. Brno: Tribun EU, 2013.

[26] GIKAS, G.D. and TSIHRINTZIS, V.A. A small-size vertical flow constructed wetland for on-site treatment household wastewater. *Ecological Engineering*, 44, 2012, p. 337–343.

[27] SULIMAN, F., FRENCH, H.K., HAUGEN, L.E., and SØVIK, A.K. Change in flow and transport patterns in horizontal subsurface flow constructed wetlands as a result of biological growth. *Ecological Engineering*, 27(2), 2006, p. 124–133.

[28] WINTER, K.J. and GOETZ, D. The impact of sewage composition on the soil clogging phenomena of vertical flow constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 48(5), 2003, p. 9–14.

[29] SIRIWARDENE, N.R., DELETIC, A., and FLETCHER, T.D. Clogging of stormwater gravel infiltration systems and filters: Insights from a laboratory study. *Water Research*, 41(7), 2007, p. 1433–1440.

[30] SCHWARZ, M., FUCHS, S., and HAHN, H.H. Nucleic acids: indicators for dynamic processes of clogging in soil filter systems. *Water Science and Technology*, 54(11–12), 2006, p. 183–189.

[31] REDDI, L.N., MING, X., HAJRA, M.G., and LEE, I.M. Permeability reduction of soil filters due to physical clogging. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 126(3), 2000, p. 236–246.

[32] PEDESCOLL, A., CORZO, A., ÁLVAREZ, E., GARCÍA, J., and PUIGAGUT, J. The effect of primary treatment and flow regime on clogging development in horizontal subsurface flow constructed wetlands: An experimental evaluation. *Water Research*, 45(12), 2011, p. 3579–3589.

[33] PEDESCOLL, A., UGGETTI, E., LLORENS, E., GRANÉS, F., GARCÍA, D., and GARCÍA, J. Practical method based on saturated hydraulic conductivity used to assess clogging in subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 35(8), 2009, p. 1216–1224.

[34] KAYSER, K. and KUNST, S. Processes in vertical-flow reed beds: nitrification, oxygen transfer and soil clogging. *Water Science and Technology*, 51(9), 2005, p. 177–184.

[35] HUA, G.F., ZHU, W., ZHAO, L.F., and HUANG, J.Y. Clogging pattern in vertical-flow constructed wetlands: Insight from a laboratory study. *Journal of Hazardous Materials*, 180(1–3), 2010a, p. 668–674.

[36] LI, H.Z., WANG, S., YE, J.F., XU, Z.X., and JIN, W. A practical method for the restoration of clogged rural vertical subsurface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment using earthworm. *Water Science and Technology*, 63(2), 2011, p. 283–290.

[37] WANNER, F. a MLEJNSKÁ, E. Uvolnění zakolmatovaného lože zemního filtru in-situ aplikací enzymů. *Vodní hospodářství*, 52(12), 2010, p. 15–18.

[38] HYÁNKOVÁ, E. Příčiny a možnosti minimalizace kolmatačních jevů ve filtračních náplních kořenových čistíren. In: KRIŠKA, M., ŠÁLEK, J. (ed.) *Přírodní způsoby čištění vod V, sborník z konference*. Brno: Nakladatelství CERM, 2007.

[39] TURON, C., COMAS, J., and POCH, M. Constructed wetland clogging: A proposal for the integration and reuse of existing knowledge. *Ecological Engineering*, 35(12), 2009, p. 1710–1718.

[40] MALÁ, E., ŠÁLEK, J. a KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M. Poznatky z výzkumu kolmace filtračního prostředí zemních filtrů. In: *Odpadové vody 2004, sborník z konference*, Nitra: AČE SR, 2004.

[41] Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Ministerstvo životního prostředí, 2001.

[42] OLESZKIEWICZ, J.A. and MAVINIC, D.S. Wastewater biosolids: An overview of processing, treatment and management. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 1(2), 2002, p. 75–88.

[43] UGGETTI, E., FERRER, I., LLORENS, E., GÜELL, D., and GARCÍA, J. Properties of Biosolids from Sludge Treatment Wetlands for Land Application. In: Vymazal, J. (ed) *Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands*. Springer, 2010, p. 9–20.

[44] NIELSEN, S. and WILLOUGHBY, N. Sludge treatment and drying reed bed systems in Denmark. *Water and Environmental Journal*, 19(4), 2005, p. 296–305.

[45] HUA, G., ZHU, W., ZHAO, L., and ZHANG, Y. Applying solubilisation treatment to reverse clogging in laboratory-scale vertical flow constructed wetlands. *Water Science and Technology* 61(6), 2010b, p. 1479–1487.

[46] MLEJNSKÁ, E. Vyhodnocení in-situ aplikace bakteriálně-enzymatického preparátu do kolmatovaných kořenových čistíren. *VTEI*, 55(5), 2013a, s. 1–4.

[47] MLEJNSKÁ, E. Kolmatace – významné omezení funkčnosti umělých mokřadů – Jak ji předcházet, Jak ji odstranit? In: Kriška, M. (ed.) *ČOV pro objekty v horách – Přírodní řešení nebo high tech?, sborník z konference*. Brno: Asociace pro vodu, Vysoké učení technické v Brně, 2013b.

Autoři

Ing. Eva Mlejnská¹

✉ eva_mlejnska@vuv.cz

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.²

✉ milos_rozkosny@vuv.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Brno

Příspěvek prošel lektorským řízením.

CONSTRUCTED WETLANDS – DESIGN PARAMETERS, OPERATING EXPERIENCES AND INTENSIFICATION POSSIBILITIES

MLEJNSKA, E.¹; ROZKOSNY, M.²

¹TGM Water Research Institute, p. r. i., Prague

²TGM Water Research Institute, p. r. i., Brno branch

Keywords: treatment processes – filtering materials – horizontal flow constructed wetland – clogging – design layout – treatment efficiency – vertical flow constructed wetland

Horizontal and vertical flow constructed wetlands belong among frequently used near-natural methods of treatment of wastewater from small municipalities in the Czech Republic. They consist of one or more filter fields connected in series or in parallel. Horizontal flow constructed wetlands are planted with suitable wetland vegetation, mostly common reed or reed canary grass. Well-functioning mechanical pretreatment is an essential part of these technologies, which protect the filter content of biological stage from clogging by solid particles.

Constructional arrangements of vertical and horizontal flow constructed wetlands including design parameters are very important and can significantly affect not only the treatment efficiency, but also life-time of the wetlands. At present in the world and in the Czech Republic numerous research papers are dedicated to the issue of new (alternative) filter materials, clogging of constructed wetlands, which is the most serious operational problem, and many other current issues.

Umělé radionuklidy v hydrosféře – reziduální kontaminace a vliv Jaderné elektrárny Temelín

EDUARD HANSLÍK, DIANA MAREŠOVÁ, EVA JURANOVÁ, BARBORA SEDLÁŘOVÁ

Klíčová slova: tritium — stroncium 90 — cesium 137 — efektivní poločas — ekologický poločas — povrchová voda — sedimenty

SOUHRN

Příspěvek prezentuje výsledky dlouhodobého studia výskytu a chování radioizotopů ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs ve vodním prostředí v širším okolí Jaderné elektrárny Temelín, které je prováděno ve VÚV TGM, v.v.i. Jsou zahrnuty výsledky projektů z let 1990–2014. Sledování bylo prováděno v povrchové vodě, říčních dnových sedimentech, vodních rostlinách a rybách. Hlavním cílem příspěvku je komplexně představit poznatky o výskytu a chování ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs pocházejících především z reziduální kontaminace po testech jaderných zbraní a havárii v Černobylu v minulém století, aby bylo možné reálně posoudit vlivy Jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru v těchto ukazatelích za standardního provozu i v případě havarijních situací. Byly hodnoceny jejich časoprostorové změny ve sledovaných složkách hydrosféry a bilanční toky zejména s ohledem na vodní nádrž Orlik. V případě ^3H byl pozorován velmi pomalý pokles koncentrace na neovlivněných profilech. Na profilech pod Jadernou elektrárnou Temelín byly zaznamenány významně vyšší koncentrace ^3H , a tedy zřejmý vliv elektrárny. V případě ^{90}Sr a ^{137}Cs byl pozorován pokles koncentrací ve všech sledovaných složkách, pro který byly vypočteny charakteristické efektivní a ekologické poločasy.

ÚVOD

V příspěvku jsou prezentovány výsledky dlouhodobého studia výskytu a chování vybraných radionuklidů ve vodním prostředí v širším okolí Jaderné elektrárny Temelín (dále jen JE Temelín), které je prováděno ve VÚV TGM, v.v.i. (dále jen VÚV TGM).

V souvislosti s výstavbou a provozem JE Temelín byla uskutečněna řada projektů zabývajících se možnými vlivy provozu elektrárny na životní prostředí. Byla získána více jak dvacetiletá řada výsledků.

Výstavba JE Temelín byla schválena již v roce 1980, vlastní realizace byla zahájena v roce 1987. Z původně plánovaných čtyř bloků byly postaveny dva. Jedná se o heterogenní, tlakovodní reaktory VVER 1000, typ V 320. Palivo do prvního reaktoru bylo zavezeno ke konci roku 2000 a následně byla spuštěna štěpná reakce. Vlastní zkušební provoz byl zahájen v červnu 2002. Původně byl instalovaný výkon $2 \times 1\,000\text{ MW}_e$. Postupným navyšováním bylo v roce 2014 dosaženo výkonu $1\,078 + 1\,055\text{ MW}_e$ [1]. V současnosti je plánována dostavba 3. a 4. bloku [2].

Provoz jaderné elektrárny je doprovázen vypouštěním odpadních vod, které kromě jiného obsahují i radioaktivní látky. Jedná se o směs radionuklidů, z nichž vzhledem k množství vypuštěné aktivity je nejvýznamnější tritium. Dále se jedná o celou řadu radioizotopů, které elektrárna získává již z odebírané surové vody, a pouze minoritní podíl (za standardního provozu) radioaktivních látek

pochází z vlastního provozu elektrárny. Mezi nejvýznamnější potenciálně přítomné izotopy v odpadních vodách patří, kromě tritia, stroncium 90 a cesium 137. Přestože se s výjimkou tritia jedná o izotopy umělé, vyskytovaly se v měřitelných koncentracích v životním prostředí, tedy i v okolí JE Temelín ještě před jejím spuštěním. Důvodem je přetrvávající znečištění po testech jaderných zbraní v padesátých a šedesátých letech dvacátého století a po jaderné havárii v Černobylu v roce 1986. Tritium je radionuklid, který vzniká nepřetržitě i přirozenými procesy, a to jadernými reakcemi vyvolanými kosmickým zářením v horních vrstvách atmosféry.

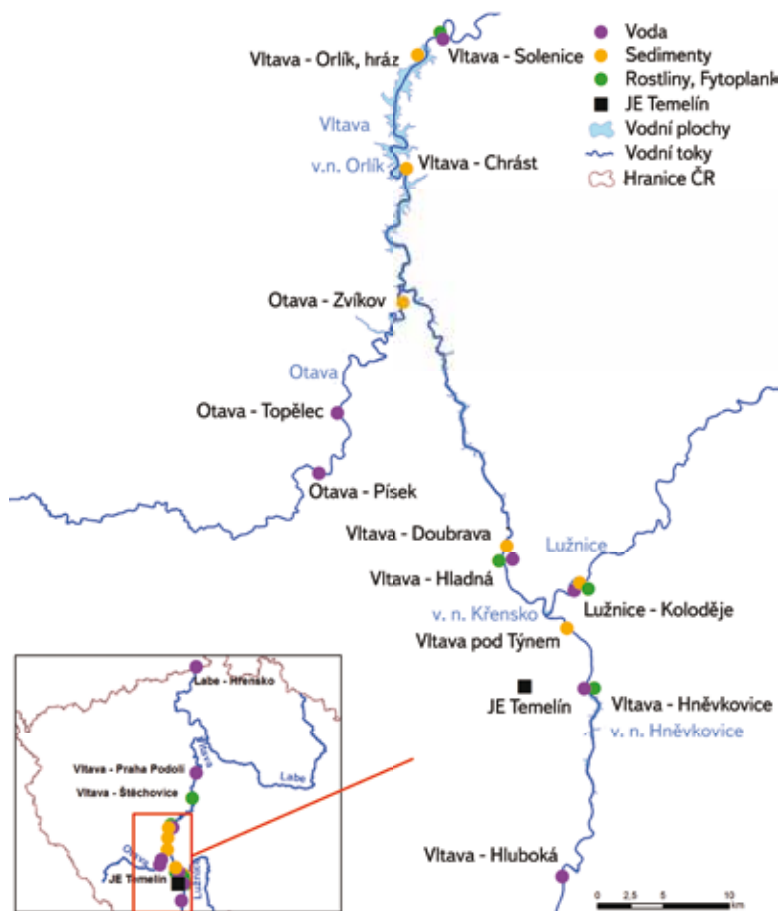
Tritiu (^3H), s poločasem rozpadu 12,32 r [3], je v souvislosti s provozem jaderných elektráren věnována velká pozornost zejména proto, že jeho aktivity vypuštěné do prostředí mnohonásobně překračují vypouštěné aktivity ostatních radionuklidů. Stroncium 90 (^{90}Sr) a cesium 137 (^{137}Cs) jsou radioekologicky významné radionuklidy, které vzhledem k dlouhému poločasu rozpadu (28,8, resp. 30,2 let [4]) přetrvávají v prostředí řadu let. Doposud byla hlavní pozornost věnována výskytu cezia, především z „technických“ důvodů. Izotop ^{137}Cs je gamaspektrometricky stanovitelný radionuklid, podmínkou jeho stanovení je instrumentální vybavení. V případě ^{90}Sr je situace jiná. Jedná se o beta zářič, pro jehož stanovení není třeba náročné instrumentální vybavení, ale jeho stanovení je radiochemicky, časově a tedy i finančně náročné. I to je důvod, proč jsou dosavadní poznatky o jeho výskytu v prostředí oproti jiným radionuklidům značně omezené, a to nejen v České republice, ale i v Evropě, resp. ve světě [5].

Hlavním cílem příspěvku je prezentovat komplexní zpracování poznatků o výskytu a chování těchto radionuklidů pocházejících především z reziduální kontaminace, aby bylo možné reálně posoudit vlivy JE Temelín na hydrosféru v těchto ukazatelích za standardního provozu i v případě havarijních situací (nejen na území České republiky), zejména s ohledem na uvažované navýšení výkonu. Zpracování výsledků sledování navazuje na předchozí publikace řešitelského týmu [6–11].

METODIKA

Radioizotopy ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs byly stanovovány v povrchové vodě ve veškerých látkách, dále ^{90}Sr a ^{137}Cs v sedimentech a doplňkově v rybách a vodních rostlinách. V sedimentech bylo v úvodu sledování stanoveno i ^{134}Cs . Rozmístění odběrových profilů je zobrazeno na obr. 1.

Sledování povrchových vod bylo zahájeno v roce 1990 na profilech Vltava-Hněvkovice, Lužnice-Koloděje, Otava-Písek (profiley v budoucnu neovlivněné výpustmi odpadních vod z JE Temelín, dále označované pouze jako neovlivněné profiley) a Vltava-Solenice (profil v budoucnu ovlivněný výpustmi JE Temelín). Od roku 1996 bylo sledování rozšířeno o profil Vltava-Hladná,



Obr. 1. Mapa odběrových profilů
Fig. 1. Map of the sampling sites

profil cca 4 km pod zaústěním odpadních vod. Vzorky byly odebírány čtvrtletně. V příspěvku jsou dále zpracovány i výsledky sledování ^3H na profilech ČHMÚ, resp. státními podniky Povodí Vltavy a Labe, Vltava-Hluboká (neovlivněný profil), Vltava-Solenice, Vltava-Praha Podolí a Labe-Hřensko (ovlivněné profily), které byly odebírány s četností 12x za rok [12].

Vzorky byly odebírány podle norem [13–16]. Vzorky povrchových vod byly odebírány v množství 0,25 l (^3H), 50 l (^{137}Cs a ^{90}Sr) a 1 l (nerozpuštěné látky). Vzorky na stanovení ^3H byly konzervovány chlazením. Velkoobjemové vzorky byly konzervovány kyselinou dusičnou na $\text{pH} < 2$. Ke vzorku byl přidán směsný nosič. Vzorky byly odpařovány pod bodem varu do sucha, následně byly sušeny při 105°C a žíhány při 350°C . Vyžíhaný odpárek byl uzavřen do příslušné měřicí nádoby. Stanovení ^{137}Cs , ^{90}Sr tedy postihuje veškeré látky.

Dnové sedimenty byly vzorkovány od roku 1990, a to jedenkrát ročně v profilech Vltava pod Týnem, Lužnice-Koloděje, Otava-Zvíkov (neovlivněné profily) a Vltava-Doubrava, Chrast a u hráze VN Orlík (ovlivněné profily). Byla odebírána vrstva 0–10 cm sedimentu.

Odběry ryb zajišťovali pracovníci Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického, s. p., Vodňany a Povodí Vltavy, případně i VÚV TGM. Do zpracování byly zahrnuty i vzorky z archivu PŘF UK odebrané v letech 1986–1990. Vlastní sledování bylo uskutečněno v letech 1994 a 1995 a od roku 1998 každoročně.

Vodní rostliny byly odebírány z profilů Vltava-Hněvkovice, Lužnice-Koloděje (neovlivněné profily) a Vltava-Hladná, Solenice a Štěchovice (ovlivněné profily) jedenkrát ročně v letech 1996–2005. Byly zvoleny následující skupiny rostlin: příbřežní, vodní mechy, řasy, ostatní ponořené. Od roku 2006 jsou sledovány pouze příbřežní rostliny, resp. rákosy *Glyceria maxima* a *Phalaris arundinacea*.

Bylo stanovováno ^{137}Cs a v některých letech ve vzorcích rákosů i ^{90}Sr .

Pevné vzorky byly odebírány do PE nádob, popř. sáčků. V laboratoři byly sušeny při 105°C . Sedimenty byly po vysušení přesítovány. Pro měření byla použita frakce menší než 2 mm. Ryby byly vyvrženy, zváženy, rozmělněny, vysušeny a následně rozdrceny a uzavřeny do měřicí nádoby. Měření se uskutečnilo v sušině a zpětně byla hmotnostní aktivita přepočítána na čerstvou hmotnost. Vzorky rostlin byly po vysušení nastříhány a uzavřeny do měřicí nádoby. Stanovení objemové aktivity tritia bylo uskutečněno podle ČSN ISO 9698 [17]. Pro stanovení byly použity nízkopozadové kapalinové scintilační spektrometry Quantulus 1220 od firmy WALLAC a TriCarb 3170/TRSL od firmy Canberra Packard. Od roku 2010 byly vzorky z neovlivněného profilu Vltava-Hluboká elektrolyticky nabohaceny. Podmínky měření ovlivněných vzorků byly nastaveny tak, aby nejmenší detekovatelná aktivita c_{ND} byla $2,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$, v případě neovlivněných vzorků $1,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$, pro elektrolyticky nabohacené vzorky byla c_{ND} $0,08 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Ve velkoobjemových vzorcích vod po předúpravě a v pevných matrikách (sedimentech, rybách a rostlinách) bylo nejdříve gamaspektrometricky stanoveno ^{137}Cs (podle ČSN ISO 10 703 [18]) a následně bylo analyzováno ^{90}Sr . Pro stanovení ^{137}Cs byla použita gamaspektrometrická trasa s polovodičovým germaniovým detektorem REGe fy Canberra Packard. Nejmenší detekovatelná objemová (c_{ND}), resp. hmotnostní (a_{ND}) aktivita na hladině významnosti $\alpha = \beta = 0,05$ byla v závislosti na době měření a množství zpracovaného vzorku $0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (povrchová voda ve formě odparku), $0,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (sedimenty), $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ryby) a $1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rostliny). Stanovení ^{90}Sr bylo provedeno štávelanovou srážecí metodou podle [19]. Principem metody je oddělení stroncia spolusrážením se štávelanem vápenatým. Po přečištění možných radiochemických nečistot se nechá ustanovit rovnováha s dceřiným produktem ^{90}Y . Yttrium je následně odděleno jako štávelan ytřitý a proměřeno na proporcionálním detektoru. Pro stanovení byl použit proporcionální detektor fy TESLA s vyhodnocovací jednotkou MC 2256.

Pro hodnocení vývoje koncentrací radionuklidů v čase byla použita regresní analýza. Podle rovnice:

$$\ln c_t = -\lambda_{\text{ef}} \cdot t + c_0 \quad (1)$$

kde c_t je objemová aktivita radionuklidu v čase t ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$),
 λ_{ef} efektivní (pozorována) konstanta ubývání radionuklidu, získaná jako směrnice přímky poklesu (r^2),
 t čas (r),
 c_0 objemová aktivita radionuklidu v čase $t = 0$ ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$).

V případě pevných matic (sedimenty, ryby, vodní rostliny) je objemová aktivita radionuklidu nahrazena jeho hmotnostní aktivitou a ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Statistická významnost regresní křivky byla ověřena pomocí Pearsonova koeficientu.

Následně byl vypočten efektivní (T_{ef}) a ekologický (T_{ekol}) poločas ubývání radionuklidu podle [20]:

$$T_{\text{ef}} = \frac{\ln 2}{\lambda_{\text{ef}}} \quad (2)$$

$$\frac{1}{T_{\text{ef}}} = \frac{1}{T_{\text{ekol}}} + \frac{1}{T} \quad (3)$$

kde T je fyzikální poločas.

Roční balance aktivity radionuklidu v profilu (B_j) byla vypočtena podle:

$$B_j [Bq \cdot r^{-1}] = \bar{c}_j \cdot Q_j \cdot t \quad (4)$$

kde $\bar{c}_j$ je roční průměrná objemová aktivita radionuklidu v profilu v roce j ($Bq \cdot m^{-3}$),
 Q_j roční průměrný průtok v profilu v roce j ($m^3 \cdot s^{-1}$),
 t doba trvání 1 roku ($s \cdot r^{-1}$).

Roční záchyt aktivity radionuklidu ve VN Orlík (Z_j) byl vypočten podle:

$$Z_j \left[\frac{Bq}{r} \right] = \sum_{p=1}^p B_{p,j} + B_{m,j} - B_{o,j} \quad (5)$$

kde $B_{p,j}$ je roční balance aktivity radionuklidu v přítocích VN Orlík p (Vltava-Hněvkovice, Lužnice-Koloděje, Otava-Písek) v roce j ($Bq \cdot r^{-1}$) vypočtená podle (4),
 $B_{o,j}$ roční balance aktivity radionuklidu v odtoku z VN Orlík (Vltava-Solenice) v roce j ($Bq \cdot r^{-1}$) vypočtená podle (4).
 $B_{m,j}$ roční balance aktivity radionuklidu v přítoku VN Orlík z mezipovodí v roce j ($Bq \cdot r^{-1}$) vypočtená podle:

$$B_{m,j} [Bq] = \bar{c}_{m,j} \cdot Q_{m,j} \cdot t \quad (6)$$

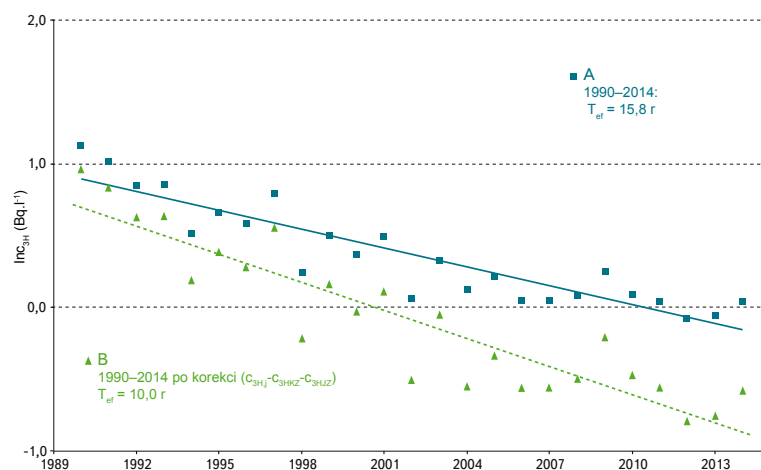
kde $\bar{c}_{m,j}$ je vážený roční průměr objemové aktivity radionuklidů $\bar{c}_j$ přítoků Vltava-Hněvkovice, Lužnice-Koloděje, Otava-Písek v roce j ($Bq \cdot m^{-3}$),
 $Q_{m,j}$ roční průměrný průtok z mezipovodí ($m^3 \cdot s^{-1}$),
 t doba trvání 1 roku ($s \cdot r^{-1}$).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Povrchové vody

Byly sledovány koncentrace 3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs v povrchových vodách ve veškerých látkách a jejich vývoj v čase na příkladu hlavních přítoků a odtoku VN Orlík. Byl zaznamenán významný rozdíl ve vývoji koncentrace 3H na neovlivněných a ovlivněných profilech.

Roční průměrná objemová aktivita tritia na neovlivněných profilech na začátku hodnoceného období (1990) byla $3,1 Bq \cdot l^{-1}$ a v závěru hodnoceného období (2014) $1,0 Bq \cdot l^{-1}$. Z vývoje naměřených ročních průměrných objemových aktivit tritia na neovlivněných profilech za sledované období 1990–2014 byl (podle rovnice 1 a 2) vypočten efektivní poločas (T_{ef}) 15,8 r (obr. 2). Zjištěný trend poklesu byl statisticky významný, ale vypočtený efektivní poločas je delší než fyzikální poločas (12,32 r). Důvodem je, že na relativně nízkých objemových aktivitách tritia se podílí významnou měrou další složky – příspěvek tvořený kosmickým zářením (tritium přírodního původu) a příspěvek z jaderných zařízení ve světě, výpočtově uvažovaná pro hodnocené období také jako konstantní. Z těchto důvodů byly roční průměrné objemové aktivity tritia c_{3Hj} korigovány o přirozenou složku vznikající kosmickým zářením c_{3HKZ} a o odhad příspěvku z jaderných zařízení ve světě c_{3HJZ} . Byl použit odhad pro obě tyto složky 0,48 $Bq \cdot l^{-1}$ [21]. Po korekci byl vypočtený efektivní poločas 10,0 r (obr. 2), tedy kratší než u vývoje nekorigovaných objemových aktivit tritia. Složka tritiové kontaminace bude



Obr. 2. Vývoj ročních průměrných objemových aktivit tritia v povrchových vodách neovlivněných výpustmi odpadních vod z JE Temelín (A) a ročních průměrných aktivit opravených o přirozenou složku a odhad příspěvku jaderných zařízení ve světě za období 1990–2014

Fig. 2. Annual average tritium concentrations in surface water unaffected by waste water discharges from the Temelín plant in the period of 1990–2014, without (A) and after correction (B) by subtracting the natural component and the activity originating from the atmospheric transfer from nuclear facilities worldwide

i nadále ubývat a lze předpokládat, že hodnota efektivního poločasu ubývání dále poroste. Po rozpadu tritia z testů jaderných zbraní zůstane konstantní složka odpovídající jeho tvorbě kosmickým zářením a mírně vzrůstající složka odpovídající atmosférickému přenosu tritia z plyných a kapalných výpustí z jaderných zařízení na našem území a v zahraničí, pokud bude docházet k očekávanému rozvoji jaderné energetiky.

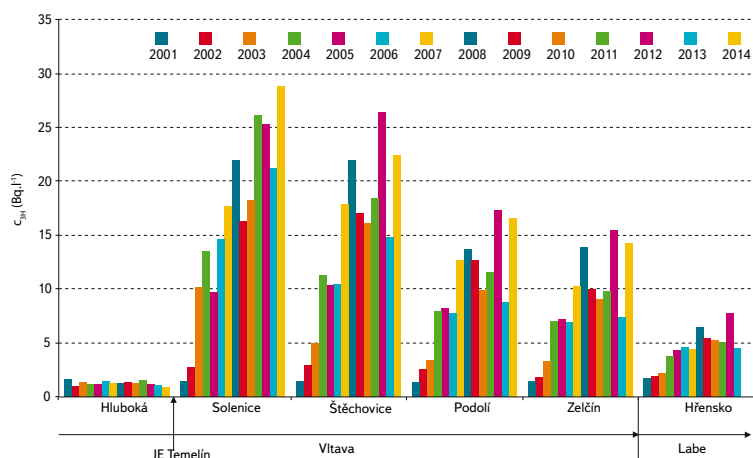
Na profilech ovlivněných provozem JE Temelín (Vltava-Hladná, Vltava-Solenice, Vltava-Podolí a Labe-Hřensko) byly zjištěny objemové aktivity 3H významně vyšší než na neovlivněných profilech. Od roku 2002 je na těchto profilech pozorováno zvyšování objemových aktivit tritia odpovídající postupnému navyšování výkonu JE Temelín. Roční průměrné objemové aktivity tritia nad zaústěním odpadních vod v profilu Vltava-Hluboká a pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín v podélném profilu Vltavy a profilu Labe-Hřensko za období 2001–2014 jsou zachyceny na obr. 3.

Průměrné koncentrace ^{90}Sr byly na všech sledovaných profilech velmi podobné. Nejvyšší průměrná koncentrace byla zaznamenána pro profil Lužnice-Koloděje a nejnižší pro profil Otava-Písek. Porovnání koncentrace ^{90}Sr na příkladu neovlivněného profilu Vltava-Solenice a odtoku VN Orlík – ovlivněného profilu Vltava-Solenice je na obr. 4.

Nejvyšší průměrné koncentrace ^{137}Cs byly zaznamenány pro profil Otava-Písek, kde byl zaznamenán i nejrychlejší pokles ^{137}Cs . Nejnižší koncentrace ^{137}Cs byly v celém období zjišťovány v odtoku VN Orlík – profil Vltava-Solenice. Porovnání koncentrace ^{137}Cs na příkladu profilů Vltava-Hněvkovice a Vltava-Solenice je na obr. 5.

Zjištěné koncentrace ^{90}Sr a ^{137}Cs ve vodě v přítocích VN Orlík jsou v průběhu celého období srovnatelné s jinými evropskými řekami v oblastech méně zasažených černobylským spadem – např. v severním Finsku, které bylo při černobylské havárii zasaženo méně než jižní část. Podobné koncentrace ^{137}Cs ve vodě byly dále pozorovány např. v italském jezeru Lago Maggiore a jeho přítocích [22].

Jak v případě ^{90}Sr , tak i pro ^{137}Cs byl pozorován pokles koncentrací ve vodě v přítocích i odtoku VN Orlík v průběhu celého sledovaného období. Efektivní a ekologické poločasy vypočtené pro ^{90}Sr za celé sledované období 1993–2014 byly v rozmezí 7,8–10,4 r, resp. 10,7–16,3 r. Pokles koncentrací ^{90}Sr byl rovnoměrný. Pro ^{137}Cs byla vyhodnocena změna rychlosti ubývání v polovině devadesátých let.



Obr. 3. Roční průměrné objemové aktivity tritia nad zaústěním odpadních vod v profilu Vltava-Hluboká a pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín v podélném profilu Vltavy a profilu Labe-Hřensko za období 2001–2014

Fig. 3. Annual average tritium concentrations in the Vltava river upstream (Hluboká) and downstream (the other sites) of the outflow of waste water from the Temelín plant in the period of 2001–2014

Zatímco v období 1990–1994 byl pozorován pokles koncentrací charakterizovaný efektivními a ekologickými poločasů 1,5–2,2 r, resp. 1,5–2,4 r, v období 1995–2014 bylo zaznamenáno výrazné zpomalení poklesu. Efektivní poločasy byly zjištěny v rozmezí 8,1–14,6 r a ekologické v rozmezí 11,0–28,1 r. Tento pokles pokračoval i po uvedení JE Temelín do provozu.

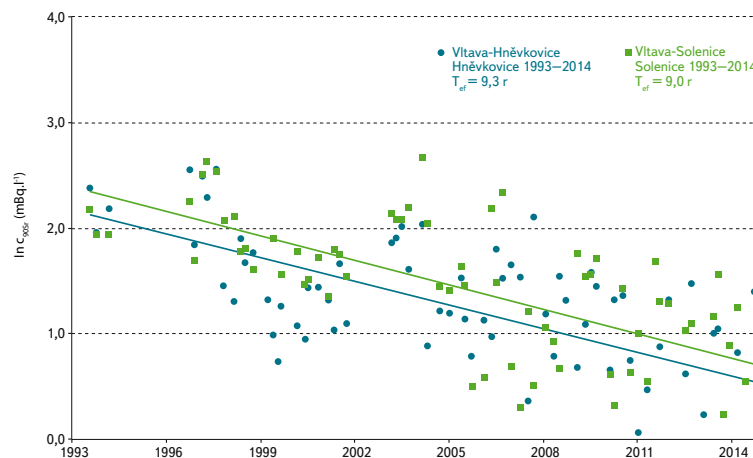
Rozdíl v poklesu koncentrací ^{90}Sr a ^{137}Cs byl popsán na různých evropských řekách. Příspěvek ^{137}Cs z černobylské havárie ke globálnímu spadu po testech jaderných zbraní byl výrazně větší než v případě ^{90}Sr . U obou radionuklidů byl pozorován rychlý počáteční úbytek. V případě ^{137}Cs byl pozorován významný pokles i v následující fázi. Výrazné zpomalení poklesu vede k prodlužování efektivního poločasu [23]. V případě ^{90}Sr nebylo po počátečním rychlém poklesu aktivit pozorováno další zpomalování. Trend poklesu byl pozorován na všech profilech i po zahájení provozu JE Temelín, tj. v období 2001–2014.

U všech hodnocených radionuklidů (s výjimkou tritia na ovlivněných profilech) byl v závěru sledovaného období pozorován významný podíl hodnot menších než minimální detekovatelná aktivita. Jejich koncentrace se dostávají na hranici měřitelnosti současné metodiky, resp. přístrojového vybavení a nákladů na stanovení.

Dnové sedimenty

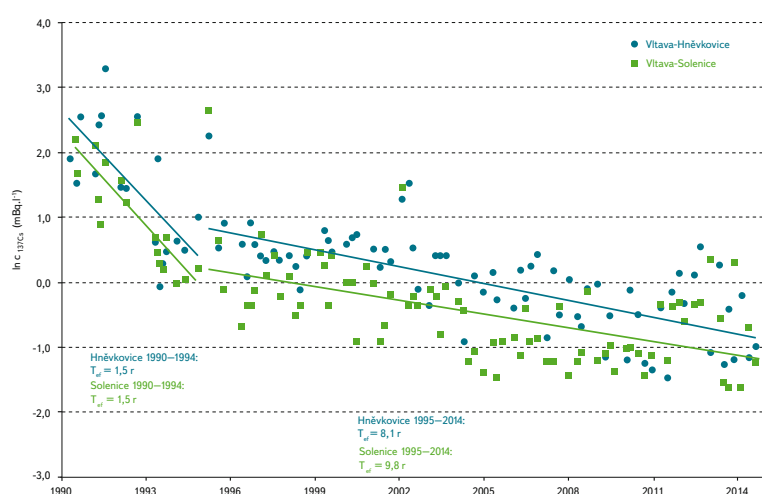
V sedimentech bylo sledováno a hodnoceno ^{90}Sr a ^{137}Cs a v začátcích sledování i ^{134}Cs . Průměrná aktivita ^{90}Sr v sedimentech za celé hodnocené období (1993–2014) byla $1,6 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná hodnota ^{134}Cs za hodnocené období 1990–1999 byla $5,6 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Od roku 1999 byly všechny hodnoty ^{134}Cs menší než nejmenší detekovatelná aktivita a hodnocení bylo tedy ukončeno. Průměrná koncentrace ^{137}Cs v sedimentech byla pro celé hodnocené období (1990–2014) vyhodnocena $67,6 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, v období provozu JE Temelín (2001–2014) to bylo $31,3 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrná hodnota ^{137}Cs v sedimentech pro celé území České republiky je pro období 2000–2010 uvedena $14,0 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ [24]. Je tedy zřejmé, že sedimenty přítoků a nádrže VN Orlický patří mezi nejvíce zatížené ^{137}Cs v České republice.

Tak jako v povrchových vodách byl zaznamenán i pokles ^{90}Sr , ^{137}Cs i ^{134}Cs v sedimentech na všech sledovaných profilech v celém sledovaném období i po zahájení provozu JE Temelín. Z poklesu koncentrací ^{90}Sr v sedimentech



Obr. 4. Porovnání koncentrace ^{90}Sr na neovlivněném profilu Vltava-Hněvkovice a odtoku VN Orlický – ovlivněném profilu Vltava-Solenice za období 1993–2014

Fig. 4. Temporal changes of ^{90}Sr concentration in the Vltava river at Hněvkovice (reference site) and the Vltava river at Solenice (downstream of the Temelín waste water outflow) in the period of 1993–2014

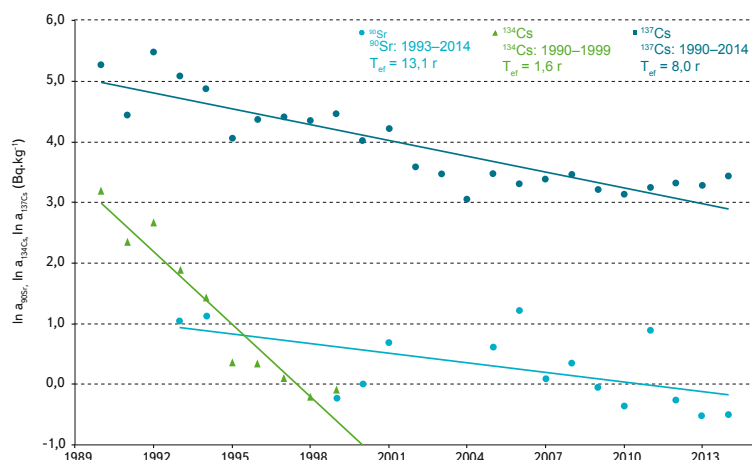


Obr. 5. Porovnání koncentrace ^{137}Cs na neovlivněném profilu Vltava-Hněvkovice a ovlivněném profilu Vltava-Solenice za období 1990–1994 a 1995–2014

Fig. 5. Temporal changes of ^{137}Cs concentration in the Vltava river at Hněvkovice (reference site) and the Vltava river at Solenice (downstream of the Temelín waste water outflow) in the periods of 1990–1994 and 1995–2014

byl vyhodnocen efektivní poločas 13,1 r a ekologický 24,0 r. V případě ^{134}Cs byly vyhodnocené poločasy 1,6 r, resp. 6,8 r. Efektivní a ekologický poločas ubývání ^{137}Cs v sedimentech byl vyhodnocen 8,0 r, resp. 10,8 r, což je kratší poločas, než je uváděn pro sedimenty celé České republiky, pro které se efektivní poločas v období 2000–2010 uvádí 23,8 r [24]. I v případě sedimentů dochází k postupnému prodlužování efektivního poločasu. Vývoj hmotnostních aktivit ^{90}Sr , ^{134}Cs a ^{137}Cs je na obr. 6.

Srovnatelné aktivity ^{137}Cs i ekologický poločas poklesu ^{137}Cs v sedimentech byly pozorovány např. v rakouské části Dunaje [25].

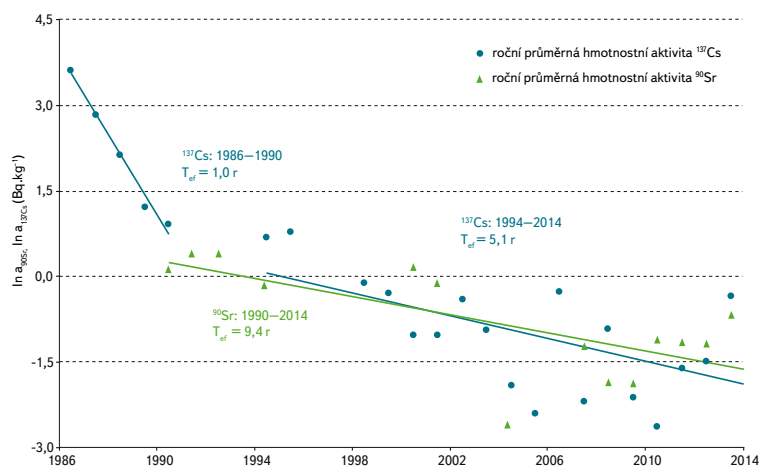


Obr. 6. Vývoj hmotnostní aktivity ^{90}Sr , ^{134}Cs a ^{137}Cs v sedimentech (sušině)

Fig. 6. Temporal changes of annual average concentrations of ^{90}Sr , ^{134}Cs and ^{137}Cs in sediments (dry matter) in the Orlík reservoir and its main tributaries in the periods of 1993–2014 (^{90}Sr), 1990–1999 (^{134}Cs) and 1990–2014 (^{137}Cs)

Živé organismy – ryby a vodní rostliny

V rybách a vodních rostlinách bylo sledováno a hodnoceno ^{90}Sr a ^{137}Cs . Koncentrace ^{90}Sr v rybách (v čerstvé hmotnosti) byla vzhledem k malému počtu vzorků hodnocena souhrnně za celé sledované období 1990–2014. Průměrná koncentrace ^{90}Sr v rybách za celé období byla $0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$. ^{137}Cs v rybách bylo hodnoceno v obdobích 1986–1990, 1995–2014. V prvním období byly zjištěny vyšší koncentrace ^{137}Cs , a to $2,45\text{--}479 \text{ Bq.kg}^{-1}$, v druhém období $0,05\text{--}2,35 \text{ Bq.kg}^{-1}$. Souhrnné zpracování vývoje ^{90}Sr a ^{137}Cs v rybách je uvedeno na obr. 7.



Obr. 7. Vývoj hmotnostní aktivity ^{90}Sr a ^{137}Cs v rybách (čerstvé hmotnosti)

Fig. 7. Temporal changes in ^{90}Sr and ^{137}Cs concentrations in fish (wet weight) in the Orlík reservoir in the periods of 1990–2014 (^{90}Sr) and 1986–1990, 1994–2014 (^{137}Cs).

Údajů o koncentraci ^{90}Sr v rybách je v literatuře málo. Jsou např. uvedeny koncentrace zjištěné v různých druzích ryb v období 1987–1997 $10\text{--}17 \text{ Bq.kg}^{-1}$ [5], tedy přibližně o řád více než ve VN Orlík. Většina ^{90}Sr je v rybě kumulována v kostech. Z hlediska příjmu radionuklidů potravinovým řetězcem má ^{90}Sr daleko menší význam než ^{137}Cs [5]. Zaznamenané koncentrace ^{137}Cs ve VN Orlík jsou výrazně nižší

než v oblastech zasažených prvním radioaktivním mrakem po černobylské havárii. V nejvíce zasažených oblastech v okolí Černobylu byly těsně po havárii zjištěné koncentrace v řádu stovek kBq.kg^{-1} . Ještě na počátku devadesátých let to bylo v řádu desítek kBq.kg^{-1} . I v dalších oblastech např. Švédsku, Anglii nebo Německu byly v tomto období zaznamenány hodnoty v řádu jednotek kBq.kg^{-1} [26].

Tak jako v povrchových vodách byl zaznamenán i trend poklesu koncentrací ^{90}Sr a ^{137}Cs v rybách. Pro ^{90}Sr v rybách byl ve VN Orlík pozorován efektivní poločas 8,7 r a ekologický poločas 12,5 r. Pro různé druhy ryb ve finských jezerech se uvádí efektivní poločasy v rozmezí 7–30 r [5].

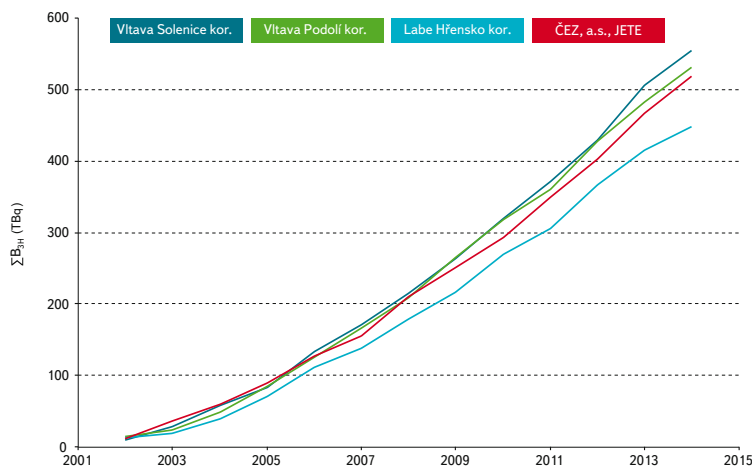
V případě ^{137}Cs byl pozorován rychlý počáteční pokles v období 1986–1990 charakterizovaný efektivním i ekologickým poločasem shodně 1 r. Stejný poločas je uveden pro sledování v Chorvatsku v období 1987–1992 [27]. Je to rychlejší pokles než uvádí Smith [26] pro toto období. Autoři shrnují zjištěné ekologické poločasy v rozmezí 2–3 r. Jak uvádí, v dalším období bylo zaznamenáno výrazné zpomalení poklesu blíží se až délce fyzikálního poločasu. Např. efektivní poločasy ve finských jezerech byly v rozmezí 3–6 r [5]. Sledování v Chorvatsku uvádí poločas vyhodnocený pro období 1993–2005 5 r [27]. Ve VN Orlík byl efektivní a ekologický poločas v období 1994–2014 7,0 r, resp. 9,0 r. Zjištěné poločasy ubývání ^{137}Cs v rybách odpovídají poločasům vyhodnoceným pro povrchové vody. Trend poklesu pokračoval i po zahájení provozu JE Temelín.

Ve vodních rostlinách bylo sledováno ^{90}Sr ve skupině rákosů, ve které byla zjištěna koncentrace ^{90}Sr v rozmezí $< 0,5\text{--}6,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ (v sušině). Byl vyhodnocen trend poklesu s efektivním a ekologickým poločasem 6,5 r, resp. 8,4 r. Radioizotop ^{137}Cs byl sledován v několika skupinách vodních rostlin, a to v sušině. Podle předpokladu byly nejvyšší koncentrace zjištěny ve skupině vodních mechů a řas – $21,8 \text{ Bq.kg}^{-1}$, resp. $17,9 \text{ Bq.kg}^{-1}$ (1996). Problematické bylo hodnocení v delším časovém úseku s ohledem na profily ovlivněné a neovlivněné JE Temelín. S výjimkou skupiny rákosů byly ostatní druhy zastoupeny jen na několika profilech. Proto bylo po roce 2005 omezeno sledování právě jen na rákosy, které se vyskytují na všech profilech, a je možné hodnotit případný vliv JE Temelín. V této skupině byl zaznamenán trend poklesu ^{137}Cs charakterizovaný efektivním poločasem 11,4 r a ekologickým poločasem 18,4 r. Trend poklesu byl vyhodnocen jak pro profily neovlivněné, tak pro ovlivněné a pokračoval i po zahájení provozu JE Temelín.

Bilance aktivity radionuklidů

S použitím výsledků sledování ročních průměrných objemových aktivit ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs a průtoků vody podle ČHMÚ byly vypočteny bilance aktivity těchto radionuklidů v konkrétních profilech. Vypočtené roční bilance na neovlivněných a ovlivněných profilech byly porovnány s údaji provozovatele ČEZ, a. s., JE Temelín o výpustech ^3H a ostatních aktivačních a štěpných produktů (AAŠP) [28, 29]. Dále byl hodnocen vliv VN Orlík na odtok aktivity ^{90}Sr a ^{137}Cs ze sledovaného území.

Vypočtené roční bilance aktivity tritia na ovlivněných profilech byly korigovány o složku pozadí na základě sledování na neovlivněných profilech. Hodnocení bylo provedeno od roku 2002, odkdy jsou výpustě ^3H významné. Vypočtená odchylka roční bilance na sledovaných profilech korigovaná o složku pozadí a údajů o roční výpusti ^3H podle JE Temelín byla pro profil Vltava-Solenice v rozmezí $(-26,9)\text{--}(+34,3) \%$, v průměru 6,3 %, pro profil Vltava-Podolí v rozmezí $(-66,2)\text{--}(+43,4) \%$, v průměru 4,8 % a pro profil Labe-Hřensko v rozmezí $(-72,6)\text{--}(+24,1) \%$, v průměru -12,1 %. V případě sumárních bilancí byla pozorována velmi dobrá shoda výsledků. Vypočtená suma ročních bilancí korigovaná o příspěvek pozadí za období 2002–2014 v profilu Vltava-Podolí byla 555 TBq, v profilu Vltava-Solenice 530 TBq a v profilu Labe-Hřensko 447 TBq. Celková výpust aktivity ^3H za hodnocené období podle ČEZ, a. s., JE Temelín byla 519 TBq [28, 29]. Rozdíl sumárních bilancí na jednotlivých profilech a údajů provozovatele byl tedy menší než 15 % (6,9 %, 2,2 % a -13,8 %). Porovnání kumulované bilance korigované o složku pozadí vypočtené pro jednotlivé profily a podle údajů ČEZ, a. s.,



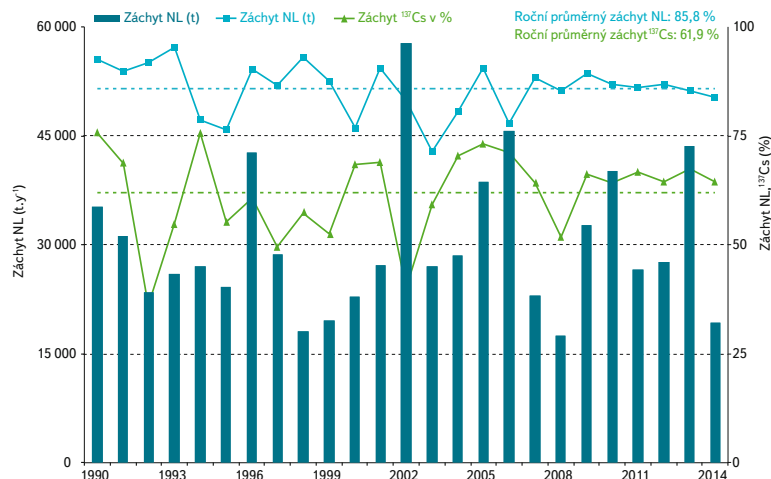
Obr. 8. Porovnání kumulované bilance aktivity tritia na profilech Vltava-Solenice, Vltava-Podolí a Labe-Hřensko korigované o složku pozadí kumulované výpusti roční aktivity tritia podle ČEZ, a. s., JE Temelín za období 2002–2014

Fig. 8. Cumulative chart of annual ^3H outflows at monitored sites and annual ^3H discharges according to the operator of the Temelín plant during the period 2002–2014

JE Temelín je zobrazeno na obr. 8. S přihlédnutím k nejistotám, zejména nejistotám měření, stanovení ročních průtoků i stanovení celkových výpustí a dále spotřeby vody a odparu jsou výsledky nezávislého sledování a údaje ČEZ, a. s., JE Temelín ve velmi dobré shodě.

Vyhodnocení bilance aktivity ^{90}Sr a ^{137}Cs na neovlivněných profilech byly porovnány s údaji o výpustech ostatních AAŠP [28, 29]. Konzervativně bylo uvažováno, že výpust AAŠP je tvořena pouze ^{90}Sr nebo ^{137}Cs . Výpustě AAŠP byly v letech 2002–2014 0,040–0,425 GBq·r⁻¹. Vypočtené bilance ^{90}Sr v období 2002–2014 byly na profilu Vltava-Hněvkovice v rozmezí 0,90–10,6 GBq·r⁻¹, průměrně 3,9 GBq·r⁻¹, na profilu Lužnice-Koloděje 0,98–11,3 GBq·r⁻¹, průměrně 3,7 GBq·r⁻¹. V případě ^{137}Cs to bylo 0,34–5,62 GBq·r⁻¹, v průměru 1,13 GBq·r⁻¹ pro Vltavu a pro Lužnici 0,54–4,61 GBq·r⁻¹, v průměru 1,71 GBq·r⁻¹. Pro další hodnocení byl z průměrných hodnot vyloučen rok 2002, který byl ovlivněn extrémními průtoky. V součtu bylo tedy průměrné „pozadí“ těchto radionuklidů v místě vyústění odpadních vod období provozu JE Temelín vypočtené jako součet bilancí Vltavy v Hněvkovicích a Lužnici v Kolodějích v hodnoceném období 2003–2014, 6,4 GBq·r⁻¹ pro ^{90}Sr a 2,2 GBq·r⁻¹ pro ^{137}Cs . Je tedy zřejmé, že bilance ^{90}Sr a ^{137}Cs , které byly způsobeny atmosférickými testy jaderných zbraní a havárií v Černobylu v minulém století, dosud významně převyšují dosavadní výpustě AAŠP (< 0,5 GBq·r⁻¹) z JE Temelín.

Nejnižší koncentrace ^{137}Cs byly v celém období zjišťovány pro odtok VN Orlík – Vltavu v Solenicích vzhledem k vazbě ^{137}Cs na nerozpuštěné látky a jejich sedimentaci ve VN Orlík. Bylo zjištěno, že v nádrži dochází v průměru k zachytu 85,8 % nerozpuštěných látek (v hmotnostních jednotkách se jedná o 30 200 tr⁻¹). Obdobně byl vyhodnocen zachyt ^{137}Cs . Bylo vypočteno, že ve VN Orlík je v průměru zachyceno 61,9 % přitékajícího ^{137}Cs . I v případě zachytu ^{137}Cs byl pozorován pokles zachycené aktivity ^{137}Cs , pro které byl vyhodnocen efektivní poločas 9,4 r (obr. 9). Obdobně byl popsán zachyt ^{137}Cs v kaskádě nádrží na Dněpru [30] nebo např. v jezerech Lago di Lugano – Lago di Maggiore (Švýcarsko, Itálie). V horním jezeru Lago di Lugano jsou trvale pozorovány o jeden až dva řády vyšší koncentrace ^{137}Cs než ve spodním jezeru Lago di Maggiore [22]. V případě ^{90}Sr nebyl pozorován zachyt v nádržích [30]. V určitých obdobích může naopak docházet k remobilizaci ^{90}Sr , a tedy uvolňování z nádrže, což bylo pozorováno i v případě VN Orlík. Průměrný poměr aktivit ^{90}Sr na přítoku a odtoku VN Orlík byl vyhodnocen 0,89.



Obr. 9. Záhyt NL vyjádřený v tunách a procentech a záhyt ^{137}Cs vyjádřený v procentech v období 1990–2014

Fig. 9. Annual deposition of suspended solids (SS) and ^{137}Cs (deposited SS expressed in tons and percentages and deposited ^{137}Cs expressed in percentages in the period of 1990–2014)

Vyhodnocení podle právních předpisů České republiky

Pro vypouštění odpadních vod z JE Temelín jsou limity stanovené výrokem KÚ [31] a rozhodnutím SÚJB [32], které vychází z legislativních požadavků – nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb. [33], atomového zákona [34] a příslušné vyhlášky [35], resp. směrnice EU [36].

Z hodnocení výsledků dosavadního sledování vyplývá, že vypouštění odpadních vod při provozu 1. a 2. výrobního bloku JE Temelín působilo měřitelné změny objemových aktivit tritia ve srovnání s úrovní objemových aktivit tritia zjišťovaných na referenčních (neovlivněných) lokalitách. Naměřené objemové aktivity tritia svými jednotlivými hodnotami i ročními průměry hodnotami zcela vyhovovaly normám environmentální kvality NEK-RP (roční průměr) 700 Bq·l⁻¹ a NEK-NPH (nejvyšší přípustná hodnota) 3 500 Bq·l⁻¹ podle přílohy 3 nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [33]. Zjištěné roční průměrné objemové aktivity tritia včetně pozadí v podélném profilu Vltavy a Labe pod zaústěním odpadních vod JE Temelín byly významně nižší i než parametr pro tritium ve směrnici Rady [36], resp. než směrná hodnota podle vyhlášky SÚJB [36] – 100 Bq·l⁻¹. Výskyt dalších jednotlivých umělých radionuklidů ve Vltavě pod zaústěním odpadních vod JE Temelín odpovídá atmosférickému spadu po testech jaderných zbraní a havárii v Černobylu, a ne příspěvku radionuklidů ve vypouštěných odpadních vodách z JE Temelín, který je mnohem menší. Zjišťované objemové aktivity ^{90}Sr a ^{137}Cs na neovlivněných i ovlivněných profilech jsou o tři řády nižší než normy environmentální kvality NEK-RP a NEK-NPH podle přílohy 3 nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [33] pro tyto ukazatele.

ZÁVĚR

Byly sledovány časově-prostorové změny koncentrace ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs v povrchových vodách ve veškerých látkách a jejich vývoj v období 2000–2014, 1993–2014, resp. 1990–2014 na příkladu hlavních přítoků a odtoku VN Orlík.

V případě ^3H byl zaznamenán významný rozdíl ve vývoji objemových aktivit ^3H na neovlivněných a ovlivněných profilech. Průměrná objemová aktivita na neovlivněných profilech byla v období 2000–2014 kolem 1,0 Bq·l⁻¹. Byl pozorován velmi pomalý pokles objemových aktivit ^3H . Byl vypočten efektivní

poločas ubývání, který byl delší než fyzikální poločas. Důvodem je příspěvek přirozeného pozadí a tritia produkovaného jadernými zdroji jinde ve světě. Po odečtení tohoto příspěvku byl pro profily neovlivněné provozem JE Temelín vyhodnocen efektivní poločas 10,0 r. Na ovlivněných profilech Vltava-Hladná, Vltava-Solenice, Vltava-Podolí a Labe-Hřensko byly zjištěny objemové aktivity ^3H významně vyšší než na neovlivněných profilech, které odpovídají postupnému navyšování výkonu JE Temelín.

Jak v případě ^{90}Sr , tak i pro ^{137}Cs byl pozorován pokles objemových aktivit ve vodě v přítocích i odtoku VN Orlík v průběhu celého sledovaného období. Koncentrace ^{90}Sr byly měřeny od roku 1993. Pokles koncentrací ^{90}Sr byl v průběhu celého sledovaného období rovnoměrný. Vyhodnocené efektivní poločasy pro období 1993–2014 byly v rozmezí 7,8–10,4 r. Pro ^{137}Cs byla vyhodnocena odlišná rychlost poklesu v období 1990–1994 (T_{ef} v rozmezí 1,5–2,2 r) a v období 1995–2014 (T_{ef} v rozmezí 8,1–14,6 r). Trend poklesu byl pozorován na všech profilech i po zahájení provozu JE Temelín, tj. v období 2001–2014.

Byl pozorován i pokles hmotnostních aktivit ^{90}Sr a ^{137}Cs v ostatních složkách hydrosféry – dnových sedimentech, rybách a vodních rostlinách.

Bylo zjištěno, že v nádrži Orlík dochází v průměru k zachytu 86 % nerozpuštěných látek. Obdobně byl vyhodnocen zachyt ^{137}Cs . Bylo vypočteno, že ve VN Orlík je v průměru zachyceno 62 % přítékajícího ^{137}Cs . V případě ^{90}Sr zachyt v nádrži nebyl pozorován. V určitých obdobích naopak dochází k remobilizaci ^{90}Sr , a tedy uvolňování. Průměrný poměr aktivit ^{90}Sr na přítoku a odtoku VN Orlík byl vyčíslen hodnotou 0,9.

Vypočtené roční bilance aktivity ^3H , ^{90}Sr a ^{137}Cs na neovlivněných a ovlivněných profilech byly porovnány s údaji provozovatele ČEZ, a. s., JE Temelín o výpustech ^3H a ostatních AAŠP. Vypočtené roční bilance aktivity tritia na ovlivněných profilech byly korigovány o složku pozadí na základě sledování na neovlivněných profilech. Hodnocení bylo provedeno od roku 2002. Rozdíl sumárních bilancí na ovlivněných profilech Vltava-Solenice, Vltava-Podolí a Labe-Hřensko a údajů o výpustech ^3H od provozovatele JE Temelín byl menší než 15 %. Z vypočtené bilance aktivity ^{90}Sr a ^{137}Cs v profilech Vltava-Hněvkovice a Lužnice-Koloděje nad zaústěním odpadních vod JE Temelín za sledované období bylo odvozeno průměrné „pozadí“ roční bilance aktivity 6,4 GBq·r⁻¹ ^{90}Sr a 2,2 GBq·r⁻¹ ^{137}Cs . Maximální roční výpust ostatních AAŠP nepřesáhla 0,5 GBq·r⁻¹. Současné „pozadí“ ^{90}Sr a ^{137}Cs zatím zcela překrývá výpust JE Temelín ostatních AAŠP. V ukazateli ^3H je zřejmý vliv výpustí JE Temelín.

Souhrnně lze konstatovat, že provoz dvou bloků elektrárny s výkonem 2 000 MW_e, resp. 2 133 MW_e, nevedl k překročení norem environmentální kvality podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v platném znění, v kategorii radioaktivních látek a jsou dodržovány legislativní požadavky na uvádění radioaktivních látek do životního prostředí.

Poděkování

Tato práce byla provedena s přispěním projektu SP/2e7/229/07 podpořeného Ministerstvem životního prostředí.

Literatura

- [1] Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/jaderne-elektřiny-cez/ete/historie-a-soucasnost.html> (24. 11. 2015).
- [2] Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/zvazovana-dostavba-elektřiny-temelin.html> (24. 11. 2015).
- [3] ROZANSKI, K. and GRÖNING, M. Tritium assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry. *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*. IAEA-TECDOC-1401, 2004, p. 195–217.
- [4] LEDERER, C.M. and SHIRLEY, V.S. (eds). *Table of isotopes*, 7th ed. New York: J. Wiley & Sons, 1978.
- [5] OUTOLA, I., SAXÉN, R., and HEINÄVAARA, L. Transfer of ^{90}Sr into fish in Finnish lakes. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 2009, p. 657–664.
- [6] HANSLÍK, E., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., IVANOVÁ, D., KALINOVÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B., and ŠIMONEK, P. Observed half-lives of ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in hydrosphere in the Vltava River basin (Bohemia). *Journal of Environmental Radioactivity*, 81, 2005, p. 307–320.
- [7] HANSLÍK, E., IVANOVÁ, D., JEDINÁKOVÁ-KŘÍŽOVÁ, V., JURANOVÁ, E., and ŠIMONEK, P. Concentration of radionuclides in hydrosphere affected by Temelín nuclear power plant in Czech Republic. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 7, 2009, p. 558–563. ISSN 0265-931X.
- [8] HANSLÍK, E. and IVANOVÁ, D. Nuclear Power. Impact of radionuclide discharges from Temelín Nuclear Power Plant on the Vltava River (Czech Republic) [Kap.] In: Tsvetkov, P. (ed.) *Nuclear Power*. Scio, Indie, 2010, p. 311–336. ISBN 978-953-307-110-7.
- [9] IVANOVÁ, D. and HANSLÍK, E. Temporal and spatial changes in tritium concentration in the Vltava River basin affected by the operation of Temelín Nuclear Power Plant. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica*, 1–2(2009), 2010, p. 17–31.
- [10] HANSLÍK, E., MAREŠOVÁ, D., and JURANOVÁ, E. Radioactive Background in Hydrosphere prior to Planned Extension of Nuclear Power Plant. *International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering* (IJNESE), vol. 3, no. 3, 2013, p. 47–55. ISSN 2226-3217.
- [11] HANSLÍK, E., MAREŠOVÁ, D., and JURANOVÁ, E., Temporal and spatial changes in radiocaesium and radiostrontium concentrations in the Vltava River basin affected by the operation of Temelín Nuclear Power Plant. *European Journal of Environmental Sciences*, vol. 3, no. 1, 2013, p. 5–16. ISSN 1805-0174.
- [12] HANSLÍK, E. a MAREŠOVÁ, D. *Obsah radioaktivních látek ve vodní nádrži Orlík a jejích přítocích po zahájení provozu JE Temelín – období 2014*. Zpráva. Praha: VÚV TGM, 2015.
- [13] ČSN EN ISO 5667-1 (75 7051) *Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [14] ČSN EN ISO 5667-3 (75 7051) *Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [15] ČSN ISO 5667-4 (75 7051) *Jakost vod – Odběr vzorků – Část 4: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [16] ČSN EN 5667-6 (75 7051) *Jakost vod – Odběr vzorků – Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [17] ČSN ISO 9698 (75 7635) *Jakost vod – Stanovení objemové aktivity tritia – Kapalinná scintilační měřicí metoda*. ÚNMZ, 2011.
- [18] ČSN ISO 10 703 (75 7630) *Jakost vod – Stanovení objemové aktivity radionuklidů spektrometrií záření gama s vysokým rozlišením*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [19] HANSLÍK, E. Stanovení Sr-90 a Yt-90. In: Čapková, A. (ed.) *Metodická příručka pro stanovení ukazatelů znečištění vod*. Praha: MŽP, 1993.
- [20] SMITH, J.T. and BERESFORD, N.A. *Chernobyl – Catastrophe and Consequences*. Chichester, UK: Praxis Publishing Ltd, 2005. ISBN 3-540-23866-2.
- [21] HANSLÍK, E., BUDSKÁ, E., SEDLÁŘOVÁ, B. a ŠIMONEK, P. Trendy změn obsahu radionuklidů v hydrosféře v okolí jaderné elektrárny Temelín. In: Sb. XVI. *Konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství*, ČVTVHS, 1999.
- [22] PUTYRSKAYA, V., KLEMT, E., and RÖLLIN, S. Migration of ^{137}Cs in tributaries, lake water and sediments of Lago Maggiore (Italy, Switzerland) – analysis and comparison with Lago di Lugano and other lakes. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2009, 100, p. 35–48.
- [23] SMITH, J.T., CLARKE, R.T., and SAXÉN, R. Time-dependent behaviour of radiocaesium: A new method to compare the mobility of weapons test and Chernobyl derived fallout. *Journal of Environmental Radioactivity*, 49, 2000, p. 65–83.
- [24] MAREŠOVÁ, D., HANSLÍK, E. a JURANOVÁ, E. Přírodní a umělé radionuklidy v říčních dnových sedimentech a plaveninách na území České republiky v období 2000–2010. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI)*, roč. 53, č. 6, (2011) s. 1–5, příloha *Vodního hospodářství* č. 12/2011.
- [25] MARINGER, F.J., GRUBER, V., HRACHOWITZ, M., BAUMGARTNER, A., WEILNER, S., and SEIDEL, C. Long-term monitoring of the Danube river—Sampling techniques, radionuclide metrology and radioecological assessment. *Applied Radiation and Isotopes*, 67, 2009, p. 894–900.
- [26] SMITH, J.T., KUDELISKY, A.V., RYABOV, I.N., and HADDERINGH, R.H. Radiocaesium concentration factors of Chernobyl-contaminated fish: study of the influence of potassium, and „blind“ testing of a previously developed model, *Journal of Environmental Radioactivity*, 48, 2000, p. 359–369.

[27] FRANIĆ, Z. and MAROVIĆ, G. Long-term investigations of radiocaesium activity concentrations in carp in North Croatia after the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 94, 2007, p.75–85.

[28] FECHTNEROVÁ, M. *Zpráva o životním prostředí 2001–2005*. ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2002–2006.

[29] LYSÁČEK, F. *Zpráva o životním prostředí za rok 2006–2014*. ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2007–2015.

[30] Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment" (EGE), 2005. Dostupné z: <http://www-ns.iaea.org/downloads/rw/meetings/enviro-consequences-report-wm-08.05.pdf> (29.4.2010).

[31] Výrok KÚ – Jihočeský kraj, Odbor životního prostředí, zemědělství a lesnictví, čj. KUJCK 18 378/20/2005 OZZL. Ža ze dne 22. 1. 2007, kterým se mění Rozhodnutí čj. Vod 6804/93/Si ze dne 15. 9. 1993, doplněné v ukazateli nerozpuštěných látek Rozhodnutím čj. KUJCK 10012/2004 OZZL. Ža ze dne 4. 5. 2004.

[32] Rozhodnutí SÚJB čj. SÚJB/OROPC/26161/2009 ze dne 1. 12. 2009, kterým se povoluje uvádění radionuklidů do životního prostředí ve formě kapalných výpustí z jaderné elektrárny Temelín do řeky Vltavy v profilu Kořensko.

[33] Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostí povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb.

[34] Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů.

[35] Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. a vyhlášky č. 389/2012 Sb.

[36] Směrnice Rady 2013/51/EURATOM, kterou se stanoví požadavky na ochranu zdraví obyvatelstva, pokud jde o radioaktivní látky ve vodě určené k lidské spotřebě.

Autoři

Ing. Eduard Hanslík, CSc.¹

✉ eduard_hanslik@vuv.cz

RNDr. Diana Marešová, Ph.D.¹

✉ diana_maresova@vuv.cz

Ing. Eva Juranová^{1,2}

✉ eva_juranova@vuv.cz

Ing. Barbora Sedlářová¹

✉ barbora_sedlarova@vuv.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, ÚŽP

Príspevek prošel lektorským řízením.

CONCENTRATION OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN HYDROSPHERE AFFECTED BY TEMELÍN NUCLEAR POWER PLANT

HANSLIK, E.¹; MARESOVA, D.¹; JURANOVA, E.^{1,2}; SEDLAROVA, B.¹

¹Department of Radiology, TGM Water Research Institute, p. r. i.

²Faculty of Science, Institute for Environmental Studies, Charles University in Prague

Keywords: tritium — strontium 90 — caesium 137 — effective half-time — ecological half-time — surface water — sediments

Temporal and spatial changes in concentrations of selected radionuclides (tritium, radiostrontium and radiocaesium) were assessed in the parts of the Vltava and Elbe river basins affected by the operation of the Temelín Nuclear Power Plant. Concentrations of radionuclides were evaluated in surface water, sediments, fish and aquatic flora both affected and unaffected by waste water discharges from the Temelín Nuclear Power Plant before and during the operation of the plant. The assessment included residual contamination from atmospheric tests of nuclear weapons in the last century and the Chernobyl accident in 1986. Results of long-term monitoring (1990–2014) were used for derivation of effective ecological half-lives in surface water, sediments, fish and aquatic flora. Possible impact of waste waters discharged from the Temelín plant on tritium, radiocaesium and radiostrontium concentrations in the Vltava River was assessed by using data observed over the period of 2001–2014.

SWOT analýza modernizace úpravny vody Želivka

PETR TUŠIL

Klíčová slova: SWOT analýza – modernizace – granulované aktivní uhlí (GAU) – úpravná vody

SOUHRN

Následující článek je zaměřen na aplikaci postupů SWOT analýzy pro konkrétní řešení modernizace úpravny vody Želivka. Cílem SWOT analýzy bylo zhodnotit navrhované a definované varianty technického řešení modernizace úpravny vody Želivka a současně vytvořit relevantní podklad pro následné rozhodování členů statutárních orgánů vlastníka – společnost Úpravná vody Želivka, a. s., a provozovatele – společnost Želivská provozní, a. s., při projednávání investiční a provozní strategie pro následující období 10–15 let.

ÚVOD

SWOT analýza je metoda, pomocí které je možno identifikovat silné (Strengths) a slabé (Weaknesses) stránky, příležitosti (Opportunities) a hrozby (Threats) spojené s určitým projektem, typem podnikání, podnikatelským záměrem, strategickou investicí a politikou (ve smyslu opatření). Jedná se o metodu analýzy užívanou především v marketingu, ale také např. při analýze a tvorbě politik (policy analysis). Díky tomu je možné komplexně vyhodnotit fungování firmy, nalézt problémy nebo nové možnosti růstu. Je rovněž součástí strategického (dlouhodobého) plánování společnosti. V našem případě bude využita pro rozhodování při volbě optimální varianty modernizace technologické linky úpravy surové vody na úpravně vody Želivka. Cílem SWOT analýzy bylo posoudit vhodnost variantních řešení realizace 2. stavby – sorpce na GAU [1].

Úpravná vody Želivka (dale jen ÚV Želivka) (obr. 1) byla vybudována ve dvou etapách ve druhé polovině 20. století. Celkový návrh technologie úpravy vody byl koncipován v 60. letech s ohledem na stav kvality surové vody ve zdroji (vodárenská nádrž Švihov), ale respektoval i očekávaný vývoj kvality vody v budoucnosti. Rozhodujícím faktorem pro návrh technologie úpravy vody byly i požadavky na jakost pitné vody v době výstavby. Jakost surové vody ve vodárenské nádrži Švihov (dale jen VN Švihov) prošla za dobu existence úpravny velkým vývojem. Významný vliv na kvalitu vody má režim hospodaření v okolí nádrže, životní styl obyvatel, klimatické změny apod. Rozsah a koncentrační úroveň sledovaných parametrů je dána aktuálně platnými právními předpisy EU, resp. ČR, dostupností a citlivostí analytických metod. Navrhovaná opatření investičního charakteru patří k největším modernizačním zásahům v historii úpravny, jejichž hlavním cílem je velmi výrazné zlepšení kvality pitné vody, eliminace negativních faktorů, především pesticidních látek, a zvýšení bezpečnosti výroby nepodléhající tolik vnějším vlivům. Zásadním informačním zdrojem pro zpracování SWOT analýzy byl materiál „Příprava a modernizace ÚV Želivka – studie souboru staveb (PL 1401401), Sweco Hydroprojekt, a. s., listopad 2014, Praha“ [2]. Dalšími informačními podklady byly materiály a prezentace pro zasedání správních orgánů společnosti Úpravná vody Želivka, a. s. (ÚVŽ).

Vzhledem ke skutečnosti, že ÚVŽ hodlá klíčovou část modernizace (technologický stupeň sorpce na GAU) z větší části realizovat z podpory Operačního programu Životní prostředí, byl důležitým podkladem i Programový dokument Operačního programu Životní prostředí (dále jen OPŽP) a Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v OPŽP v období 2014–2020 [3, 4].

ZÁKLADNÍ CHRAKTERISTIKY MODERNIZACE A REKONSTRUKCE

Hlavním cílem modernizace a rekonstrukce ÚV Želivka jsou tyto skutečnosti a předpoklady:

- odstranění specifických organických látek (xenobiotik, pesticidů, farmak atd.) a jejich rozkladných produktů, které jsou obsaženy v surové vodě anebo které vznikají při průchodu technologií úpravy, např. při ozonizaci;
- minimalizace rizika nesplnění legislativních limitů pro pesticidní látky a jejich relevantní metabolity ve vyrobené pitné vodě;
- zlepšení parametru „mikroskopický obraz“ vyráběné pitné vody v období tzv. jarního oživení ve vodárenské nádrži Švihov (VN Švihov) – období cca 3–5 měsíců v roce;
- zlepšení parametrů vyráběné vody v ukazatelích celkový organický uhlík (TOC), asimilovatelný organický uhlík (AOC), biologicky rozložitelný organický uhlík (BDOC);
- zlepšení chuťových ukazatelů vody;
- snížení bezpečnostních rizik v běžném provozu a při krizových situacích – zajištění kvality vyrobené vody v souladu s platnými právními předpisy po celý rok;
- omezení rizika případného zhoršení kvality odebírané surové vody z VN Švihov.

Plánovaná modernizace a rekonstrukce ÚV Želivka tvoří ucelený soubor staveb a zahrnuje souhrn následujících klíčových opatření:

- rekonstrukce prvního separačního stupně úpravy s cílem zlepšit separaci suspenze na pískových filtrech;
- doplnění technologické linky úpravy vody o nový technologický stupeň – sorpci na granulovaném aktivním uhlí (GAU), s cílem zajistit odstranění specifických organických látek – zejména pesticidů a jejich metabolitů, u nichž již v současnosti dochází k překračování limitních koncentrací v surové vodě a v budoucnosti hrozí riziko překračování koncentrací těchto látek i ve vyrobené pitné vodě.



Obr. 1. Úpravna vody Želivka – celkový pohled (zdroj: Želivská provozní, a. s., 2015)
 Fig. 1. Drinking water treatment plant Želivka (source: Želivská provozní, a. s., 2015)

Popis souboru staveb modernizace a rekonstrukce ÚVŽ

V rámci investiční a provozní strategie společnosti ÚVŽ se předpokládá v horizontu příštích cca 15 let realizace dílčích staveb, které tvoří ucelený soubor, přičemž lze tento soubor rozdělit do čtyř staveb:

1. stavba – je zaměřena na opatření směřující ke zlepšení přípravy suspenze tak, aby došlo ke zlepšení separace suspenze na pískových filtrech:

- úprava flokulace v budově dávkování chemikálií – BUDAFLO,
- v hale filtrace F2 – úprava nádrže rychlého míchání.

Rekonstrukce meandru v BUDAFLO je rozdělena na dvě etapy – v první etapě (1. stavba – 1. etapa) budou usazena míchadla do stávajícího meandru. V další etapě (1. stavba – 2. etapa) bude:

- realizováno rozšíření stávajícího meandru v objektu BUDAFLO včetně jeho vystrojení míchadly do prostoru nevyužitých vápenných sytičů,
- uskutečněna přestavba nádrže rychlého míchání v hale F2 na meandr včetně vystrojení míchadly, s cílem zajistit kvalitní přípravu suspenze mícháním s potřebnou dobou zdržení.

2. stavba – v této stavbě budou realizovány úpravy na stávajících objektech či výstavba nových objektů, které zajistí rozšíření technologie úpravy vody o nový technologický stupeň – sorpce na GAU. K dispozici bude hala, v níž budou

umístěny filtry s GAU, čerpací stanice, trafostanice a související spojovací rozvody a přístupová komunikace. S umístěním filtrů s GAU je uvažováno ve variantách:

- v hale filtrace F2 – toto řešení uvažuje s přestavbou části pískových filtrů na filtry s GAU (toto řešení je dále popisováno jako varianta II),
- v novém objektu – v objektu budou osazeny otevřené filtry s GAU (toto řešení je dále popisováno jako varianta III anebo varianta IIIa).

3. stavba – předmětem této stavby je rekonstrukce stavební a strojní části 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1.

4. stavba – předmětem této stavby je rekonstrukce stavební a strojní části 24 ks pískových filtrů v hale filtrace F2 nebo 12 ks pískových filtrů v hale filtrace F2, které zůstaly nedotčeny v případě realizace varianty II.

Přehled návrhových parametrů nového technologického stupně sorpce na GAU

Klíčovou částí modernizace a rekonstrukce ÚV Želivka a doplnění technologické linky je realizace výstavby filtrů s GAU, která by měla být schopna plnit tyto zásadní technologické návrhové parametry [2]:

- průtok max. 3,5 m³.s⁻¹,
- doporučená filtrační rychlost – do 7 m/hod,
- doba zdržení vody – minimálně 12 minut na GAU.

Posuzované varianty technického řešení modernizace ÚV Želivka

Pro realizaci modernizace ÚV Želivka bylo v rámci Studie souboru staveb navrženo celkem pět variantních řešení [2]. Z následných odborných diskusí v širším týmu odborníků a zhodnocení těchto pěti variant byly vybrány pouze dvě, přičemž k nim byla dodatečně doplněna i třetí tzv. redukováná varianta. Popis technických charakteristik v rámci SWOT analýzy se týkal následujících vybraných tří variantních řešení doplnění sorpce na filtrech s GAU.

- Varianta II** – realizace v této variantě:
- rekonstrukce stávajícího meandru v objektu BUDAFLO (1. stavba – 1. etapa),
 - rozšíření stávajícího meandru do prostoru v současnosti nevyužívaných vápenných sytičů (1. stavba – 2. etapa),
 - přestavba linky rychlého míchání v hale filtrace F2 na meandr (1. stavba – 2. etapa),
 - přestavba 12 filtrů v hale filtrace F2 (v současnosti filtrů s pískovou náplní) na filtry s náplní GAU (2. stavba) – zbývajících 12 ks pískových filtrů bude provozováno jako první separační stupeň,
 - výstavba čerpací stanice zajišťující přečerpávání upravené vody na filtry s GAU (2. stavba),
 - výstavba všech dalších souvisejících objektů – nového objektu trafostanice a rozvoden vysokého napětí (VN) a nízkého napětí (NN) a nových spojovacích rozvodů (2. stavba),
 - rekonstrukce 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1 (3. stavba),
 - rekonstrukce zbývajících 12 ks pískových filtrů v hale filtrace F2, které nebyly ve 2. stavbě přestavěny na filtry s náplní GAU (4. stavba) – tato stavba může být realizována současně s 1. a 2. stavbou.

Realizací této varianty by zůstaly zachovány dvě zrekonstruované samostatné technologické linky:

- linka přípravy suspenze v objektu BUDAFLO a 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1,
- linka přípravy suspenze v hale filtrace F2 a 12 ks pískových filtrů v hale filtrace F2,
- pro obě linky by se využíval sorpční stupeň – 12 ks zrekonstruovaných filtrů v hale filtrace F2, návrhové parametry uvádí *tabulka 1*.

Plnění návrhových parametrů sorpce na GAU při variantě II – filtry s náplní GAU – přestavba 12 ks filtrů v hale filtrace F2 na filtry s náplní GAU – výška náplně 1,8 m – uvádí *tabulka 1*.

Na základě hodnot uvedených v *tabulce 1* nebudou v rámci realizace varianty II zajištěny požadované návrhové parametry technického řešení, při průtoku sorpčním stupněm větším než 3,0 m³/s bude doba zdržení na GAU < 12 minut, filtrační rychlost překročí požadovaných 7 m/hod již při průtoku 2,5 m³/s.

- Varianta III** – součástí této varianty je:
- rekonstrukce stávajícího meandru v objektu BUDAFLO (1. stavba – 1. etapa),
 - přestavba jedné linky nádrže rychlého míchání v hale filtrace F2 na nový meandr (1. stavba – 2. etapa),
 - výstavba nového objektu filtrace s 16 ks filtrů s náplní GAU (2. stavba),

Tabulka 1. Filtrace s GAU – přestavba 12 ks pískových filtrů v hale filtrace F2 – varianta II [2]
Table 1. Filtration with GAC – reconstruction of 12 pcs sandfilters in F2 hall – variant II [2]

Výkon filtrů s GAU	Q = 3,5 m³/s	Q = 3,0 m³/s	Q = 2,5 m³/s
Počet filtrů	12 ks	12 ks	12 ks
Plocha filtrů	1 182,6 m²	1 182,6 m²	1 182,6 m²
Filtrační rychlost	10,65 m/hod	9,13 m/hod	7,61 m/hod
Doba zdržení	10,14 min	11,83 min	14,2 min

- výstavba čerpací stanice zajišťující přečerpávání upravené vody na filtry s GAU (2. stavba),
- výstavba všech dalších souvisejících objektů – nového objektu trafostanice a rozvoden VN a NN, nových spojovacích rozvodů a přístupové komunikace (2. stavba),
- rekonstrukce 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1 (3. stavba),
- rekonstrukce 24 pískových filtrů v hale filtrace F2 (4. stavba).

Realizace 1. a 2. stavby se předpokládá do roku 2020, realizace 3. a 4. stavby do roku 2030. I realizací této varianty budou zachovány dvě samostatné technologické linky:

- linka přípravy suspenze v objektu BUDAFLO a 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1,
- linka přípravy suspenze v hale filtrace F2 a 24 ks pískových filtrů v hale filtrace F2,
- pro obě linky by se využíval sorpční stupeň realizovaný v novém objektu s 16 ks filtrů s náplní GAU.

Plnění návrhových parametrů sorpce na GAU při variantě III – filtry s náplní GAU – výstavba 16 ks filtrů s náplní GAU v novém objektu – výška náplně 1,7 m (2. stavba) – uvádí *tabulka 2*.

Z *tabulky 2* je zřejmé, že při realizaci varianty III budou splněny požadované technologické návrhové parametry uvedené jako vstupní a zásadní podmínky pro modernizaci a rekonstrukci ÚVŽ, přičemž se nesníží plocha pískových filtrů.

Varianta IIIa – technické řešení varianty IIIa je obdobné jako u varianty III, avšak technologická linka filtrů s GAU v novém objektu by probíhala etapovitě – první etapa zahrnuje pouze výstavbu objektu pro 8 ks filtrů s GAU. Variantní řešení IIIa je cestou kompromisu, přičemž by se měla realizovat pouze část nového objektu filtrace s GAU, která by odpovídala aktuálním potřebám výroby pitné vody, tj. s výkonem 1,75–2,0 m³/s. To znamená, že by byla realizována nová hala pouze pro osm filtrů s tím, že by v budoucnosti, v případě potřeby, bylo možné doplnit zbývajících potřebnou kapacitu filtrů s GAU. Písková filtrace bude zachována v současném rozsahu a bude možné bez výrazných provozních omezení přistoupit k její postupné rekonstrukci.

- Součástí této varianty je:
- rekonstrukce stávajícího meandru v objektu BUDAFLO (1. stavba – 1. etapa),
 - přestavba jedné linky nádrže rychlého míchání v hale filtrace F2 na nový meandr (1. stavba – 2. etapa),
 - výstavba nového objektu filtrace s 8 ks filtrů s náplní GAU (2. stavba),
 - výstavba čerpací stanice zajišťující přečerpávání upravené vody na filtry s GAU (2. stavba),
 - výstavba všech dalších souvisejících objektů – spojovací rozvody a přístupové komunikace (2. stavba),
 - rekonstrukce 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1 (3. stavba),
 - rekonstrukce 24 pískových filtrů v hale filtrace F2 (4. stavba).

Tabulka 2. Filtry s náplní GAU – varianta III [2]
Table 2. Filters with GAC – variant III [2]

Výkon filtrů s GAU	Q = 3,5 m ³ /s	Q = 3,0 m ³ /s	Q = 2,5 m ³ /s
Počet filtrů	16 ks	16 ks	16 ks
Plocha filtrů	1 604 m ²	1 604 m ²	1 604 m ²
Filtrační rychlost	7,0 m/hod	6,7 m/hod	5,6 m/hod
Doba zdržení	12,1 min	15,2 min	18,2 min

Realizace 1. a 2. stavby se předpokládá do roku 2020, realizace 3. a 4. stavby do roku 2030. Realizací této varianty budou zachovány dvě samostatné technologické linky:

- linka přípravy suspenze v objektu BUDAFLO a 32 ks pískových filtrů v hale filtrace F1,
- linka přípravy suspenze v hale filtrace F2 a 24 ks pískových filtrů v hale filtrace F2,
- pro obě linky by se využíval sorpční stupeň realizovaný v novém objektu s 8 ks filtrů s náplní GAU.

Filtry s náplní GAU – výstavba 8 ks filtrů s náplní GAU v novém objektu – výška náplně 1,7 m – plnění návrhových parametrů řešení uvádí *tabulka 3*.

Tabulka 3. Filtry s náplní GAU – varianta IIIa [2]
Table 3. Filters with GAC – variant IIIa [2]

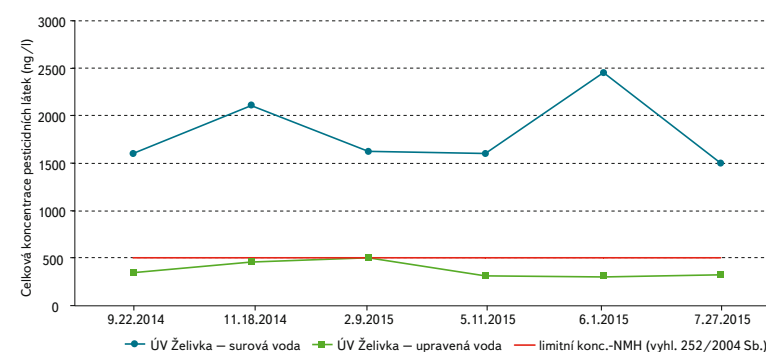
Výkon filtrů s GAU	Q = 2,0 m ³ /s	Q = 1,75 m ³ /s	Q = 1,5 m ³ /s	Q = 1,2 m ³ /s
Počet filtrů	8 ks	8 ks	8 ks	8 ks
Plocha filtrů	802 m ²	802 m ²	802 m ²	802 m ²
Filtrační rychlost	9 m/hod	7,9 m/hod	6,7 m/hod	5,4 m/hod
Doba zdržení	11,4 min	13 min	15,1 min	18,9 min

Na základě hodnot v *tabulce 3* nebude v rámci realizace varianty IIIa zajištěno – při průtoku větším než cca 1,75 m³/s – plnění návrhových parametrů filtrační rychlosti (do 7 m/hod) a doby zdržení (min. 12 minut) pro filtry s GAU.

PROVOZNÍ A BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA NAVRŽENÝCH VARIANTNÍCH ŘEŠENÍ

Otázka kvality vody odebírané z vodárenského zdroje (VN Švihov) je samozřejmě širší a nejde ji omezit jen na technická opatření, která řeší následný stav. Je zcela zjevné, že je souběžně zcela nezbytné se zapojit do aktivit, které se vytvářejí či fungují v okolí tohoto zdroje. Vzhledem k tomu, že celé povodí má přes 1 175 km² a zasahuje do tří krajů, bylo by velmi krátkozraké se domnívat, že vše vyřeší jen ochranná pásma v těsném okolí VN Švihov. Co do struktury, tvoří 51,5 % orná půda, 30 % lesy, 10 % smíšená zemědělská oblast a 4,2 % travní porost. Povodí VN Švihov je znázorněno na *obr. 2*.

Nejde zdaleka jen o dodržování a důslednou kontrolu agrotechnických postupů při aplikaci látek, které mohou negativně ovlivnit kvalitu vody ve zdroji, jak se diskuse mnohdy zužuje. To je jen základní předpoklad. Podstatnější je celkový citlivý přístup k území a vytvoření systému hospodaření s půdou tak, aby se voda generovaná z celé plochy co nejvíce zdržela v systému a do VN Švihov se dostávala s co nejmenšími koncentracemi nežádoucích polutantů. Toho lze dosáhnout řadou opatření, mezi něž patří například změna pěstovaných plodin, zalesňování, budování retenčních předzdrží, vytváření mokřadních systémů, rybníků, a také investicemi do čištění odpadních vod,



Obr. 3. Celkový obsah pesticidních látek v surové a upravené vodě v období 09/2014–08/2015 (zdroj: Želivská provozní, a. s., 2015)

Fig. 3. Total concentration of pesticides in raw and drinking water in period 09/2014–08/2015 (source: Želivská provozní, a. s., 2015)



Obr. 2. Povodí vodárenské nádrže Švihov

Fig. 2. River basin of drinking water reservoir Švihov

a to i z malých zdrojů. Vše je potřeba navazovat na Plán dílčího povodí Dolní Vltavy [5]. Lze zvažovat i otázku výkupu pozemků pro realizaci takovýchto trvalých opatření. To vše může vést k určitému snížení rizik spojených s upravitelností surové vody. Tato opatření však jsou naprosto nezbytná pro dlouhodobé trvalé udržení strategického zdroje zásob vody pro více jak 1,5 milionu obyvatel ČR. Zdroje pro navrhovaná opatření je potřeba hledat ve vícezdrojovém financování s možným zapojením i evropských zdrojů. I v případě aplikace potřebných opatření v povodí Želivky nelze ovšem očekávat okamžitý efekt, který by vedl k rychlým změnám v kvalitě a množství surové vody. Pozitivní vliv lze předpokládat v řádu desítek let. Proto se musí orgány společnosti zabývat potřebnými kroky k zajištění bezpečné výroby vody v horizontu 20–30 let.

Je-li cílem modernizace ÚV Želivka dodržet požadavek a snížit koncentraci i nově sledovaných a možná v budoucnu zjišťovaných látek v surové vodě a zabezpečit kvalitní vyráběnou pitnou vodu, je současná technologie jednostupňové úpravy vody koagulační filtrací na hraně svých možností. Pro snížení obsahu některých látek limitovaných v pitné vodě je zcela neúčinná (např. pesticidy a v budoucnu i léčiva, popř. další látky zařazené jako prioritní látky a zejména jejich mnohdy stabilnější metabolity). Vzhledem k vysokému obsahu pesticidních látek v odebírané surové vodě z VN Švihov existuje v budoucnu reálné riziko neplnění legislativních parametrů ve vyrobené pitné vodě. Tuto skutečnost dokumentuje graf na obr. 3, kde hodnota NMH (nejvyšší mezní hodnota) představuje limitní koncentraci 500 ng/l pro celkový obsah pesticidních látek v pitné vodě [6, 7].

Pro výrobu pitné vody z vody odebírané z VN Švihov existuje řada faktorů, které ovlivňují upravitelnost vody (poměr N, P, teplota, CHSK atd.), ale mezi kritické patří především dva parametry odebírané surové vody:

- obsah mikroorganismů – vykazované jako parametr mikroskopický obraz,
- výskyt pesticidů a jejich metabolitů.

V období jarního oživení dochází k opakovaným problémům s kvalitou upravené vody, kdy současné technologie nezabrání průniku mikroorganismů do filtrátu, a to ani živých. Tyto negativní jevy mají bohužel v posledních letech zvyšující se frekvenci. Ve stávajícím technologickém uspořádání dochází k průniku části mikroorganismů přes pískové filtry, které rovněž nedokáží odstranit z upravované vody pesticidní látky. Filtrát je pak veden na ozonizaci, kde dochází působením ozónu k „rozbití“ zbylých mikroorganismů (vymývání obsahu buněk (sinic) do vody) a k fragmentaci pesticidů a jejich metabolitů. Dochází tak k nárůstu organického uhlíku ve vodě, resp. k tvorbě prekurzorů trihalometanů, a následnou chlorací vody může v průběhu transportu vody k odběratelům dojít ke zhoršení parametrů kvality vody. Výrazně se snižuje kvalita vyrobené vody v čase. Poněkud méně konfliktní situace je pak i v období podzemní cirkulace vody v nádrži. Tato negativní období trvají zpravidla 3–5 měsíců v roce.

Pro dosažení separace naprosté většiny mikropolutantů je sorpční stupeň v technologické lince úpravný nezastupitelný. Nezastupitelnost sorpčního stupně spočívá mj. také v tom, že sorpční stupeň nežádoucí látky z vody skutečně odstraňuje, zatímco ozonizace většinou může jen malou část přítomných organických látek oxidovat až na oxid uhličitý a vodu, ovšem z velké většiny z nich vytvoří jiné a těžko identifikovatelné látky. Proto je doporučeno doplnění stávající technologie o sorpční stupeň s GAU, resp. o nejlepší dostupnou technologii pro dosažení co nejvyššího zabezpečení kvality vyráběné pitné vody. Navrhovaná nová linka s filtry s náplní GAU má kromě asimilovatelného organického uhlíku (AOC), celkového organického uhlíku (TOC), biologicky degradabilního organického uhlíku (BDOC) zároveň odstranit z upravované vody především pesticidní látky a jejich metabolity, které není současná koagulační technologie schopna odstraňovat.

Problematická mohou být do budoucna i léčiva a jejich metabolity, hormony a xenobiotika, které sice nejsou doposud výrazně detekovány v odebírané surové vodě, ale podle realizovaných studií a měření ve světě, ale přímo

Tabulka 4. Celkové způsobilé náklady a předpokládaná výše podpory jednotlivých variant [1]

Table 4. Total eligible costs and the estimated amount of financial support [1]

Náklady (tis. Kč)	Varianta II	Varianta III	Varianta IIIa
1. stavba	67 012	59 905	59 905
2. stavba	549 079	994 307	666 656
Ostatní náklady (18 %)	110 896	189 758	130 781
Celkové způsobilé náklady	726 987	1 243 970	857 342
Předpokládaná výše dotace (63,75 %)	463 454	793 031	546 556
Vlastní spolufinancování	263 533	450 939	310 786

i v povodí VN Švihov, nedokáží běžné čistírenské technologie tyto látky v čistírnách odpadních vod (ČOV) odstraňovat. V souladu s kontinuálním vývojem možností a citlivostí analytických metod lze očekávat v této oblasti zjištění nových znečišťujících látek, následné zavedení jejich sledování a zpřísňování limitů pro látky sledované v současnosti.

Pokud se pokusíme shrnout bezpečnostní faktory, provozní a kvalitativní rizika navržených variant řešení modernizace ÚV Želivka, je zřejmé, že splnění prognóz a expertních odhadů vývoje spotřeby vody si budeme moci skutečně ověřit až za cca 40 let, ale o investici v navrženém rozsahu je potřeba rozhodnout již nyní. Výsledné rozhodnutí a výběr varianty modernizace bude z hlediska dalšího provozu ÚV Želivka již nevratné.

V případě volby varianty II bude provedena rekonstrukce části pískových filtrů filtrace F2 a jejich přestavba na filtry s GAU, včetně výstavby čerpací stanice na GAU. Filtry budou stavebně a výškově upraveny tak, že již nebude možné je v budoucnosti bez větších zásahů provozovat jako pískové filtry. Celková filtrační plocha pískových filtrů se sníží. Při současném průměrném objemu vyrobené pitné vody a rekonstrukci BUDAFLO bude toto řešení při zachování současného množství vyrobené pitné vody postačovat. Provozní limity této varianty se projeví až v okamžiku, když se naplní předpokládaný nárůst spotřeby pitné vody a ÚV Želivka bude nutné provozovat dlouhodobě s vyššími výkony, popř. při havarijních a mimořádných situacích, které si vyžádají zvýšení výkonu ÚV Želivka. Již léto 2015 (horké a suché) a následně podzim 2015 s podprůměrnými srážkami ovlivnily výrobu pitné vody. Další dočasné snížení plochy pískových filtrů se předpokládá v průběhu realizace jejich rekonstrukce (3. a 4. stavba).

V případě volby varianty III, tj. výstavba nové haly filtrace GAU, se jedná o variantu, která bude mít ze současného pohledu větší provozní rezervy a bude dostatečně využita při předpokládaném nárůstu spotřeby vody, ale zejména při řešení krizových a mimořádných situací a v případě havarijních stavů, např. u ostatních zdrojů vodárenské soustavy. Provozní rezervy pískové filtrace F1 a F2 bude možné využít při rekonstrukcích pískových filtrů, které je nutné začít připravovat ihned po dokončení 1. a 2. stavby modernizace ÚVŽ. Lze říci, že z hlediska technologické spolehlivosti a stability i dostatečné kapacity pro případné zjištění výskytu dalších látek má tato varianta požadované provozní rezervy.

Při volbě redukované kompromisní varianty IIIa bude realizována výstavba pouze části nové haly filtrace GAU, která bude odpovídat současným potřebám pitné vody, tj. s výkonem cca 1,75–2,0 m³/s. Byla by tedy realizována pouze část haly, která by se dala v budoucnosti rozšířit o další potřebnou kapacitu

filtrace s GAU, pokud se očekávaný nárůst spotřeby pitné vody či zhoršující se kvalita potvrdí. Plocha pískové filtrace bude zachována v současném rozsahu a bude možné bez výrazných provozních omezení přistoupit k její postupné rekonstrukci. Nevýhodou však zůstává skutečnost, že období, kdy je průměrné množství vyrobené pitné vody v pásmu do 2,0 m³/s, představuje v posledních letech do 3 % celkové roční výroby.

MOŽNOSTI FINACOVÁNÍ MODERNIZACE ÚVŽ V RÁMCI OPŽP 2014–2020

Projekt „Modernizace ÚV Želivka – sorpční stupeň“ naplňuje podmínky Operačního programu Životní prostředí 2014–2020 a je vhodným projektem do specifického cíle 1.2 Zajistit dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství.

Podle aktuální metodiky OPŽP 2014–2020 (Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2014–2020, verze 4.0, účinné od 14. srpna 2015) se jako přijatelné kvalifikují projekty, kterými dojde k napojení dalších obyvatel na kvalitní pitnou vodu (za předpokladu existence nebo současného vybudování vyhovujícího systému likvidace odpadních vod), ke zlepšení kvality dodávané pitné vody do vodovodní sítě nebo ke zvýšení množství dodávané pitné vody [3, 4].

Projekt modernizace ÚV Želivka je projektem přijatelným ve specifickém cíli 1.2 – Zajistit dodávky pitné vody v odpovídající jakosti a množství. V rámci tohoto specifického cíle 1.2 budou podporovány projekty zaměřené na:

- výstavbu a modernizaci úpraven vody a zvyšování kvality zdrojů pitné vody včetně výstavby a modernizace systémů (technická opatření) pro ochranu zdrojů pitné vody v jejich bezprostřední blízkosti, sloužící veřejné potřebě,
- výstavbu a dostavbu přivaděčů a rozvodných sítí pitné vody včetně souvisejících objektů sloužících veřejné potřebě.

Citace pasáží z Programového dokumentu OPŽP 2014–2020, požadavky na projekty v oblasti zlepšování kvality pitné vody [4]:

„Přijatelný projekt je ten, jehož realizací dojde k zabezpečení zásobování obyvatel pitnou vodou v dostatečném množství, popř. ve zlepšené kvalitě, nebo bude umožněno zásobování většího počtu obyvatel kvalitní pitnou vodou v oblastech, kde dochází k neplnění požadavků na jakost surové vody dle směrnice 98/83/ES nebo kde lze předpokládat postupné zhoršování kvantity i kvality vodních zdrojů. Intenzifikace úpraven vody pro účely dosažení potřebné kvality vyrobené pitné vody bude podporovatelná pouze v případě, že zlepšení kvality surové vody nebude v potřebném časovém horizontu nebo za ekonomicky přijatelných podmínek dosažitelné.“

Mezi oprávněnými příjemci v rámci specifického cíle 1.2 jsou také společnosti vlastněné z více než 50 % majetku obcemi a městy nebo jinými veřejnoprávními subjekty, což ÚV Želivka naplňuje. Podpora bude poskytována formou dotace z prostředků Operačního programu Životní prostředí pro období 2014–2020 (OPŽP) s maximální hranicí do 85 % celkových způsobilých výdajů projektů. U projektů vytvářejících příjmy podle čl. 61 obecného nařízení budou způsobilé výdaje určeny odečtením příjmů projektu metodou výpočtu flat rate (jednorázovým snížením způsobilých výdajů paušální sazbou 25 %). Výše podpory v tomto případě činí $85 \% \times (100 \% - 25 \%) = 63,75 \%$. Porovnání způsobilých nákladů jednotlivých variant modernizace ÚV Želivka je uvedeno v tabulce 4.

Tabulka 5. SWOT analýza modernizace ÚV Želivka – varianta III [1]

Table 5. SWOT analysis of modernization UV Želivka – variant III [1]

Vnitřní faktory	
SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
— spolehlivost plnění návrhových technologických parametrů – S1III — optimální řešení zajišťující množství i kvalitu výroby pitné vody včetně plnění legislativních normativů – S2III — výstavba nové linky a technologie – S3III — spolehlivost provozu v krizových situacích a pokrytí bezpečnostních rizik – S4III — možnost odstraňování i dalších látek – xenobiotika, farmaka a dalších specifických organických látek – S5III — minimální zásahy do současné technologie pískové filtrace – S6III	— nejvyšší investiční a provozní náklady – W1III — administrativní náročnost – samostatné územní řízení a nutnost realizace procesu EIA – W2III
— vysoká pravděpodobnost získání dotačních prostředků z OPŽP – nová stavba a technologie – O1III — zajištění dostatečné rezervy pro odhadované množství vyrobené pitné vody v požadované kvalitě do roku 2050 – O2III — zajištění rezervy pro případ havarijních stavů a nutnosti odstavení ostatních zdrojů, krizových událostí, mimořádného zhoršení kvality surové vody apod. – O3III	— kofinancování projektu z vlastních zdrojů – T1III — riziko nízké alokace prostředků v rámci výzvy OPŽP – T2III — riziko současně probíhající investiční akce v oblasti vodního hospodářství – T3III — riziko velikosti projektu z hlediska podmínek OPŽP – T4III — navýšení ceny vody předané – T5III
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
Vnější faktory	

Tabulka 6. Vyhodnocení SWOT analýzy – varianta III [1]

Table 6. SWOT analysis – evaluation – variant III [1]

	Váha	Body	Výsledek
SILNÉ STRÁNKY			
S1III	0,1	4	0,4
S2III	0,2	4	0,8
S3III	0,1	4	0,4
S4III	0,1	5	0,5
S5III	0,4	5	2,0
S6III	0,1	4	0,4
součet	1,0		4,5
SLABÉ STRÁNKY			
W1III	0,9	-4	-3,6
W2III	0,1	-2	-0,2
součet	1,0		-3,8
PŘÍLEŽITOSTI			
O1III	0,3	4	1,2
O2III	0,4	5	2,0
O3III	0,3	5	1,5
součet	1,0		4,7
HROZBY			
T1III	0,1	-5	-0,5
T2III	0,2	-4	-0,8
T3III	0,3	-3	-0,9
T4III	0,3	-3	-0,9
T5III	0,1	-3	-0,3
součet	1,0		-3,4
Interní faktory			+0,7
Externí faktory			+1,3
Výsledná bilance			+2,0

SWOT ANALÝZA – VÝSLEDKY A DISKUSE

Vyhodnocení SWOT analýzy variant řešení modernizace ÚV Želivka je následující:

Interní část – silné a slabé stránky

- výčet silných a slabých stránek, jde o klasický soupis kladů a záporů každé z variant řešení, pro bodování použijeme kladnou stupnici 1–5 s tím, že 5 znamená nejvyšší spokojenost a 1 nejnižší spokojenost.

Externí část – týká se okolního prostředí

- příležitosti, které nám okolí nabízí, a proti nim jsou uvedeny hrozby, které nás z okolí ohrožují. Pro bodování použijeme zápornou stupnici od -1 (nejnižší nespokojenost) až po -5 (nejvyšší nespokojenost).

Váha jednotlivých položek v dané kategorii musí v součtu být 1,0, přičemž vždy platí, že čím vyšší číslo, tím větší důležitost položky v dané kategorii a naopak. Příklad vyhodnocení SWOT analýzy pro vítěznou variantu modernizace ÚV Želivka je uveden v *tabulce 5*.

V *tabulce 5* byly faktory převedeny do hodnotící tabulkové matice, která umožní vyhodnotit příslušnou variantu. Příklad vyhodnocení pro variantu III je uveden v *tabulce 6*.

Z výsledné bilance interních a externích faktorů vyplývá, že interní i externí faktory vykazují kladnou bilanci hodnocení. Můžeme tedy konstatovat, že při volbě VARIANTY III převažují silné stránky a příležitosti.

Souhrnné výsledky SWOT analýzy jednotlivých navržených variant modernizace ÚV Želivka uvádí *tabulka 7*.

Z výše uvedených SWOT analýzy posuzovaných variantních řešení modernizace ÚV Želivka se doporučuje realizovat modernizaci technologie výroby pitné vody na ÚV Želivka doplněním o filtry s GAU podle VARIANTY III.

KRITERIÁLNÍ ANALÝZA MODERNIZACE ÚVŽ

Jako vhodná alternativa k výše uvedené SWOT analýze a současně i její kontrola může být využita kritériální analýza navržených variant řešení modernizace ÚVŽ z pohledu plnění definovaných kritérií:

- spolehlivost výroby pitné vody (množství a kvalita vyrobené pitné vody) – K1,
- spolehlivosti provozu – K2,
- plnění návrhových parametrů filtrace, resp. sorpce na GAU (objem vyrobené pitné vody, filtrační rychlost a doba zdržení) – K3,
- minimální investiční náklady – K4,
- minimální provozní náklady – K5,
- minimální čisté současné hodnoty nákladů – K6,
- finanční podpora v rámci OPŽP – K7,
- rizika a zajištění spolehlivosti provozu technologie během realizace stavby – K8,
- nutnost současné realizace dalších návazných staveb – K9,
- plnění legislativních a ekologických normativů – K10,
- vytvoření nutné rezervy pro odhad růstu spotřeby pitné vody v Praze – K11,
- zajištění spolehlivosti provozu v případě mimořádných událostí – K12,
- administrativní náročnost procesu přípravy a realizace projektu – K13.

V *tabulce 8* je uveden přehled hodnocených kritérií a pořadí umístění jednotlivých variant řešení modernizace ÚV Želivka.

Z výsledků kritériální analýzy jednotlivých posuzovaných variant řešení modernizace ÚV Želivka vyplývá, že nejlépe splňuje požadovaná kritéria VARIANTA III (*tabulka 8*).

Tabulka 7. Souhrn výsledků SWOT analýzy [1]
Table 7. SWOT analysis – summary results [1]

Varianta	Celková bilance	Výsledné pořadí variant
II	-0,4	2.
III	+2,0	1.
IIIa	-1,0	3.

Tabulka 8. Kriteriaální analýza variant řešení modernizace ÚV Želivka [1]
Table 8. The UV Želivka modernization – objective analysis of alternative solutions [1]

Kritérium	Varianta II	Varianta III	Varianta IIIa
K1	2.	1.	3.
K2	3.	1.	2.
K3	2.	1.	3.
K4	1.	3.	2.
K5	2.	3.	1.
K6	2.	3.	1.
K7	3.	1.	2.
K8	3.	1.	2.
K9	3.	1.	2.
K10	2.	1.	3.
K11	3.	1.	2.
K12	3.	1.	2.
K13	1.	3.	2.
Celkový součet pořadí	30	21	27
Výsledné pořadí	3.	1.	2.

ZÁVĚR

Na základě výše provedené SWOT analýzy a výsledků kriteriační analýzy modernizace technologie výroby pitné vody na Úpravně vody Želivka doporučujeme realizovat modernizaci podle VARIANTY III.

Tato varianta řešení modernizace ÚV Želivka s sebou v budoucnu přinese zejména následující pozitivní skutečnosti:

- zajištění potřebného množství pitné vody v požadované kvalitě s ohledem na rizikové scénáře klimatické změny;
- zajištění potřebného množství pitné vody v požadované kvalitě vzhledem k vývoji růstu počtu obyvatel zásobované oblasti;
- zajištění dostatečné rezervy výroby pitné vody v požadovaném množství a kvalitě v případech krizových a mimořádných situacích v rámci Středočeské vodárenské soustavy a zásobování obyvatel Prahy pitnou vodou;
- dlouhodobé zajištění plnění legislativních požadavků na kvalitu vyrobené pitné vody, pokud jde o obsah mikroorganismů a pesticidů a jejich reziduí (a to i s ohledem na případné zjištění výskytu dalších znečišťujících látek – farmaka, xenobiotika apod.), a to i při potenciálním zhoršení kvality odebírané surové vody z VN Švihov;
- možnost financování velmi podstatné části projektu modernizace ÚV Želivka prostřednictvím finančních prostředků alokovaných v rámci OPŽP 2014–2020 – Prioritní osa 1 v rámci specifického cíle 1.2, přičemž se s největší pravděpodobností jedná o poslední možnost finanční podpory projektů obdobného charakteru prostřednictvím dotačních prostředků EU;
- minimalizaci provozních problémů a rizik případných víceprací při samotné stavební realizaci;
- zajištění plnění definovaných návrhových parametrů technologie – množství vyrobené vody, filtrační rychlost a doba zdržení;
- umožní realizovat v horizontu příštích 10–15 let postupnou rekonstrukci stávajících pískových filtrů v hale F1 a F2;
- navrhované řešení bude nepochybně nedílnou součástí širšího souboru komplexních opatření pro zajištění kvality pitné vody v celém povodí VN Švihov pro budoucí generace.

Na druhé straně je nutné rovněž upozornit na nevýhody a rizika realizace této varianty modernizace, které spočívají zejména v:

- investičních a provozních nákladech – investičně a provozně se jedná o nejdražší z navrhovaných variant, s tím souvisejí i vyšší náklady na kofinancování projektu z OPŽP 2014–2020,
- navýšení ceny vody předané,
- riziku dopadů do cenotvorby pro hlavní město Prahu jako majoritního akcionáře společnosti Úprava vody Želivka, a. s., a to zejména vzhledem k současné realizaci projektu modernizace a intenzifikace ÚČOV Praha.

Ke zvolené variantě modernizace ÚV Želivka vydala v prosinci 2015 souhlasné stanovisko s doporučením k její realizaci odborná komise SOVAK ČR. Výsledná varianta byla rovněž doporučena k realizaci Komisí pro koordinaci investiční strategie vlastníků infrastruktury – KISVI Pražské vodohospodářské společnosti, a. s. Závěrem je potřeba připomenout, že modernizace ÚV Želivka je zásadním a klíčovým krokem dalšího rozvoje společnosti a představuje naplňování proaktivní politiky při zabezpečování budoucího zásobování kvalitní pitnou vodou v dostatečném množství pro podstatnou část ČR. Současně se pravděpodobně jedná o poslední možné období, kdy lze ještě pro tuto potřebnou modernizaci použít dotační financování z fondů EU.

Poděkování

Závěrem si dovoluji poděkovat všem členům projektovému týmu, kteří se spolupodíleli na realizaci výše uvedené SWOT analýzy modernizace ÚVŽ. Tento projektový tým pracoval ve složení: Ing. Václav Podhorský, Ph.D., Ing. Josef Parkán, Ing. Ondřej Syrůček, MBA, Ing. Radek Lanč, RNDr. Pavel Polícar, Ph.D., Ing. Karel Prajer, Ing. Petr Stehlík, Ing. Ladislav Sommer a Ing. Michal Fiala. Dále bych chtěl rovněž poděkovat zaměstnancům provozně-technického úseku Úpravny vody Želivka za součinnost a ochotu spolupracovat při zpracování SWOT analýzy.

Literatura

- [1] TUŠIL, P. a kol. *SWOT analýza variant řešení modernizace úpravny vody Želivka*. Praha, říjen 2015.
- [2] *Příprava a modernizace ÚV Želivka – studie souboru staveb (PL 1401401)*. Praha: Sweco Hydroprojeekt, listopad 2014.
- [3] *Programový dokument – Operační program Životní prostředí 2014–2020*, 1. verze z 30. 4. 2015.
- [4] *Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2014–2020*, verze 4.0, platná od 14. 8. 2015.
- [5] *Plán dílčího povodí Dolní Vltavy*. Praha: Povodí Vltavy, 2015.
- [6] Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.
- [7] Směrnice Rady 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené k lidské spotřebě.

Autor

Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA

✉ petr_tusil@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Ostrava

Příspěvek prošel lektorským řízením.

THE WATER TREATMENT PLANT IN ŽELIVKA – SWOT ANALYSIS OF RECONSTRUCTION AND MODERNIZATION

TUSIL, P.

TGM Water Research Institute, p. r. i., Ostrava branch

Keywords: SWOT analysis – drinking water treatment plant – granular activated carbon – modernization – reconstruction

SWOT Analysis is a technique used to identify Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats related to a certain project, type of business, business plan, strategic investment, policy (meant as a measure), etc. This method of analysis is predominantly applied in marketing, but also in policy analysis and development. It enables organisations to evaluate their overall performance from all angles and to find challenges or new opportunities for growth. Furthermore, it is a part of company's strategic (long-term) planning. SWOT analysis has been performed with the aim to evaluate proposed and defined options of technical solution of Želivka drinking water treatment plant reconstruction and concurrently to create a relevant basis for the following decisions to be made by statutory body members, both of Úpravna vody Želivka, a. s., as an owner and Želivská provozní, a. s., as an operator, during their negotiations on an investment and operation strategy for the next 10–15 years. In our case, SWOT analysis has been used in decision-making process for selecting the most appropriate option of reconstruction of raw water treatment technological line at Želivka drinking water treatment plant. As a result of SWOT analysis, all individual options have been assessed for their suitability to be used as the best solution of the granular activated carbon absorption line to be implemented and integrated into drinking water production technology at Želivka drinking water treatment plant.



Prameny v intravilánech měst – seznámení s projektem

JOSEF K. FUKSA, LENKA MATOUŠOVÁ, PAVEL ECKHARDT, EVA MLEJNSKÁ

Klíčová slova: prameny – podzemní vody – městská hydrogeologie – nouzové zásobování vodou – dusičnan

SOUHRN

V letech 2011–2015 byl řešen grant „Náhradní zdroje vody v obcích v krizových situacích – využití původních zdrojů a pramenů“ poskytnutý Výzkumnému ústavu vodohospodářskému T. G. Masaryka, v. v. i., Ministerstvem vnitra České republiky v rámci veřejné soutěže – Bezpečnostního výzkumu. Hlavním tématem bylo ověření možnosti využití zachovaných pramenů v intravilánech obcí nad 20 000 obyvatel pro zásobování vodou v krizových situacích. Hypotéza vycházela z toho, že prameny obecně fungují stále, a není nutné je v případě krizové situace nijak aktivovat, jejich využívání nevyžaduje energii ani zvláštní distribuční systém a pro možné spádové oblasti je lze využít pro základní zásobování alespoň v mezidobí zavádění aktivních zásobovacích systémů. Prameny je samozřejmě třeba chránit, potenciálně vhodné zavést do podkladů obcí pro krizové situace atd., na druhé straně jejich známost obecně snižuje úroveň krizového chování obyvatelstva, protože možný náhradní zdroj „vidí ve svém okolí“ a může se podílet na jeho ochraně. Vedle vlastních technických výstupů grantu jsou zásadní výsledky případových studií zaměřených na čtyři vybrané obce (Brno, Děčín, Plzeň, Praha). Limit nad 20 000 obyvatel byl zvolen proto, že v těchto obcích už obecně významná část obyvatel nemá přístup k domovním studnám a podobným necentralizovaným zdrojům vody. Nejrozsáhlejší soubor dat byl získán v Praze, především díky příznivé geologické struktuře území a růstu města od řeky do okolních vyšších poloh.

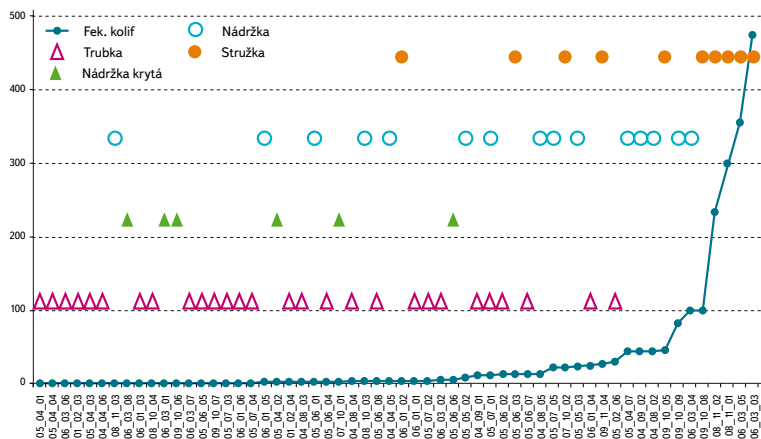
Výsledky monitoringu pramenů jsou v plném rozsahu zpracovány v případových studiích, spolu s hodnocením využitelnosti pramenů pro nouzové zásobování. Tento text je věnován především zobecnění výsledků monitoringu sledovaných pramenů.

ÚVOD

Prameny jsou historické zdroje vody, které již v dávné historii určovaly, vedle vodních toků, místa zakládání sídel a trasy migračních cest. V roce 2013 bylo 93,8 % obyvatelstva ČR napojeno na veřejné vodovody [1], které dodávají upravenou pitnou vodu s kontrolovanou jakostí odpovídající příslušným normám. Význam pramenů jako zdrojů vody se tím posouvá spíše k lokálním zásobovacím systémům pro zbývajících 6,2 % obyvatelstva a k občasnému používání při rekreaci. Prameny však kromě občasného používání jako zdroje vody zůstávají tradičně magickými místy – od dávných pohanských dob přes postup křesťanství až do moderní či postmoderní éry, kdy představují zásadní krajinnotvorné prvky a zbytky či vzpomínky na původní krajinu, kterou člověk za posledních 5 000 let významně přetvořil.

Významnější sídla se vyvinula v osadách kolem postupně rostoucích hradů, zejména podél řek, které zaručovaly zdroj vody a vodní energie pro průmysl, doplňovaly obranné systémy a umožňovaly i dálkový transport po vodě, po ledě, vše v duchu a rozměrech příslušných historických epoch. Dále od řek a v okolí hradů sloužily jako zdroj vody drobné přítoky a prameny. S rostoucí hustotou osídlení – uvnitř i vně hradeb – začala mít středověká města potíže se zásobováním vodou a s odstraňováním komunálních odpadů. Domovní a veřejné studny nahradily původní zásobování z řeky a z případných pramenů, které většinou zmizely pod zástavbou, odpady z žump se standardně vyvážely za město na okolní pole a zahrady. Hygienické problémy s vodou většinou zanikají ve srovnání s „velkými“ epidemiemi, nicméně tlak na zdroje vody oddělené od koloběhu odpadků byl již tehdy jasný, vycházející ze znalosti antické tradice. Postupně byly zaváděny obecní vodovody, z řeky do vodojemů na věžích a z nich do veřejných kašen, až k dnešní dodávce kvalitní vody do každé „připojené“ domácnosti. Kanalizace odvedla komunální odpady do řeky (tím snížila její použitelnost pro vodovody) a časem byly na vyústění kanalizace postaveny čistírny odpadních vod, které se i dnes stále upravují a obecně zlepšují. Tato opatření výrazně stabilizovala růst obyvatel měst, zastavila epidemie, umožnila rozvoj průmyslu, pozvedla blahobyt atd. Původní krajina – údolí řeky (s hradem) a údolí menších přítoků s nivou – logicky postupně zmizela pod zástavbou, pod hradbami a později pod navážkami pro stavby silnic, nábřeží apod. S tím zmizely i původní prameny jako vývěry podzemní vody proudící pod povrchem k řece a objevily se také problémy se zakládáním větších staveb a ovlivněním základů podzemní vodou. Obecně zůstávaly prameny jen v místech, kde se nestavělo – většinou z důvodu konfigurace terénu, jen někdy i z důvodů kulturních. Pro další úvahy je zásadní fakt, že velká část městských pramenů, které známe, je upravena lidskou rukou (přínejmenším jejich výtok na povrch). Nemusíme tedy, v obydlených oblastech určitě, zásadně rozlišovat mezi pojmy pramen a studánka. Důležité ale je, že tyto úpravy cyklicky stárnou a jsou zase obnovovány – to mj. ovlivňuje možnosti srovnávání historických údajů s dnešním stavem.

Prameny jako paměť krajiny a historické zdroje vody pro naše předky si proto zaslouží obecnou úctu a udržování, i když jejich zásadní funkce je překonána. Vedle „rekreačního“ využití ale zůstává možnost využít je v problémových nebo i krizových situacích jako zdroje základních dávek vody – kromě zemětřesení a dlouhodobého sucha není jejich kapacita ovlivněna žádným faktorem, jako je výpadek nebo kolaps vodovodních nebo energetických sítí apod. Z tohoto pohledu je využitelnost lokálních pramenů – v lokálním měřítku – stále zajímavá. Problémy jsou v dnešním pojetí řešení rizikových situací (viz zákony č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy v platném znění) – ve standardní potřebě plošných řešení, kdy se v prvním plánu požaduje velká zásoba vody a její distribuce přes standardní lahve, nebo z cisteren na místě problému. Prameny vždycky zůstanou nezávislé na sítích, včetně lidového odběru vody a dozoru nad jakostí.



Obr. 1. Vztah počtů fekálních koliformních bakterií a stavu prameniště; prameny jsou označeny kódy a seřazeny podle průměrného počtu fekálních koliformních bakterií (průměry 2011–2014) – plná čára; typy prameniště: výtok z trubky (prázdné trojúhelníky), krytá nádržka s odtokem (plné trojúhelníky), nechráněná nádržka/tůňka (prázdné kroužky), prostá stružka (plné kroužky); na ose x jsou uvedeny kódy pramenů, řazených podle stoupající průměrné koncentrace koliformních bakterií; osa y: počet fekálních koliformních bakterií [KTJ/100 ml]

Fig. 1. Relation of number of faecal coliform bacteria to the state of spring site; springs are sequenced according to the mean number of faecal coliform bacteria (full line); types of spring site: discharge from a pipe (open triangles), protected reservoir (full triangles), open reservoir (open circles) and outflow by a non distinct ditch (full circles); x-axis: codes of springs, arranged by mean concentration of coliform bacteria; y-axis: mean number of faecal coliform bacteria [C.F.U./100 ml]

METODY A POSTUP PRACÍ

V první fázi byl proveden výběr a příprava metodiky terénních a laboratorních analýz a výběr obcí pro případové studie. Po analýze souboru potenciálně vhodných lokalit byly vybrány čtyři obce s různou hydrogeologickou strukturou území a s údaji o skutečně existujících pramenech. Podle velikosti [1] jsou to: Děčín (50 104 obyvatel), Plzeň (167 034 obyvatel), Brno (377 508 obyvatel) a Praha (1 234 201 obyvatel). Podkladem pro vyhledávání a výběr pramenů byly literární údaje, hydrogeologické databáze, databáze ČHMÚ a amatérské databáze – registry studánek, především server estudanky (www.estudanky.cz), který je průběžně aktualizován [2]. Z publikovaných materiálů je zásadní příručka M. Vegera [3] a text R. Kadlecové [4], oba materiály se týkají pramenů v Praze. Po výběru z databází byl proveden identifikační průzkum všech zjištěných pramenů zahrnující jejich nalezení nebo nenalezení, identifikaci polohy v souřadnicích GPS, stavu objektu, vydatnosti a charakteristik jakosti vody. V druhé fázi pak byly vybrány prameny k systematickému monitoringu. Kritériem výběru byla především vydatnost a lokalizace, resp. vzdálenost od zástavby. Všem registrovaným pramenům byly přiděleny číselné kódy se třemi skupinami znaků (obec – městská část – vlastní identifikace pramene). V pasportech pramenů uvedených v případových studiích [10–13] byla tato identifikace navázána na další databáze a zdroje informací [2, 3]. Projekt založil a do 15. 5. 2014 vedl RNDr. Josef Fuksa, CSc., dále projekt pokračoval pod vedením Ing. Evy Mlejnské.

V druhé fázi jsme prováděli vzorkování ve čtvrtletních intervalech, které poskytlo první ucelený přehled jakosti sledovaných pramenů v historii, protože jinak byly v databázích (s výjimkou sporých údajů ČHMÚ) známy jen výsledky jednotlivých nenavazujících vzorkovacích misí. Na místě byly stanoveny teplota vody a vzduchu, vydatnost, elektrická konduktivita a pH. V laboratoři byly sledovány tyto ukazatele, volené s ohledem na přílohu č. 1 vyhlášky č. 252/2004 Sb. (dnes aktualizované vyhláškou č. 83/2014 Sb.), kterou se stanoví hygienické požadavky

na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, tedy prováděcí vyhlášky k zákonu č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví:

— dusičnany (ČSN ISO 7890-3), amoniakální dusík (ČSN ISO 7150-1), dusitanový dusík (ČSN EN 26777), chloridy (ČSN ISO 9297), kyselinová neutralizační kapacita (ČSN EN ISO 9963-1) a sírany (EPA 375.4). V případech podezření na vyšší koncentrace bylo stanoveno železo (ČSN ISO 6332).

Z mikrobiologických ukazatelů byly stanoveny *Escherichia coli* (ČSN 757835), fekální koliformní bakterie (ČSN 757835), koliformní bakterie (ČSN 757837) a kultivovatelné mikroorganismy při 22 °C (ČSN EN ISO 6222). Ukazatele a použité metody byly vybrány s ohledem na to, že se jedná o nedezinfikované vody s očekávaným vyšším výskytem doprovodné mikroflóry. U více znečištěných vzorků (pramenů) bylo prováděno potřebné ředění vzorku.

Z Prahy jsme tak získali za tři roky sledování (= téměř tři sezony) až 11 výsledků měření na každý pramen, nejnižší počet na ostatních lokalitách byl pět stanovení/měření na jeden pramen, tedy minimálně jedna celá roční sezona. Výsledky byly tabelárně zpracovány v příslušných případových studiích [10–13] a kromě standardních výstupů grantu byly poskytnuty do databáze HEIS VÚV a referovali jsme o nich na konferencích [5–7]. Výsledky sledování pražských pramenů byly publikovány v samostatné publikaci [8]. Výsledky stanovení fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody byly hodnoceny na základě dvou kritérií. Prvním kritériem byly limitní hodnoty uvedené ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., stanovující hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu, v platném znění. Druhým kritériem byly tzv. „havarijní“ limitní hodnoty uvedené v Metodickém doporučení SZÚ [9]. Výsledky mikrobiologických sledování byly rovněž posuzovány podle těchto kritérií, ovšem s tím, že kolísání naměřených hodnot je vždy podstatně vyšší než u charakteristik chemických. Pro výsledky z Prahy je možno provádět zobecnění, pro ostatní obce je počet sledovaných objektů pro zobecnění nízký, zejména při vysoké variabilitě geologických podmínek.

DISKUSE

Děčín [10]: V první fázi bylo nalezeno a evidováno sedm pramenů, k dalšímu monitoringu bylo vybráno pět, z nichž jeden byl opuštěn během projektu pro minimální nebo silně kolísavou vydatnost. Na konci monitoringu jeden pramen ztratil vodu, zjevně v souvislosti s výstavbou vodárenského objektu v blízkosti (Byňov). Všechny prameny vyhovovaly kritériím pro fyzikální a chemické ukazatele, jakost po bakteriologické stránce byla vždy problematická. V některých případech je to jistě významně ovlivněno stavem objektu pramene. Suma průměrné vydatnosti sledovaných pramenů je 0,58 l/s.

Plzeň [11]: Soustavně bylo monitorováno sedm pramenů. Všechny vyhovovaly chemickým kritériím, v krajním případě kritériím „havarijním“ [9]. Po stránce mikrobiologické vyhovoval jediný zdroj, odvodňující hydrogeologické struktury až téměř na úrovni hladiny Radbuzy. Suma průměrné vydatnosti sledovaných pramenů je 0,94 l/s.

Brno [12]: V první fázi projektu bylo navštíveno 21 evidovaných pramenů a 15 jich bylo dále sledováno. Po stránce chemické vyhovovaly kritériím pro pitnou vodu, obdobně jako na ostatních lokalitách. Jediný pramen kritériím pitné vody vyhovoval i po stránce mikrobiologické, všechny ostatní představovaly jistý až značný stupeň hygienického rizika. Suma průměrné vydatnosti sledovaných pramenů je 2,5 l/s.

Praha [13]: V první fázi projektu bylo evidováno 150 pramenů. Čtrnáct z nich nebylo nalezeno a 12 navštívených bylo bez vody. K dalšímu monitoringu bylo vybráno 67 pramenů. Během vlastního monitoringu bylo osm pramenů vyřazeno z důvodu výrazného snížení vydatnosti apod. a nově/zpětně byly zařazeny čtyři nové a jeden rekonstruovaný pramen. Obecně je v Praze



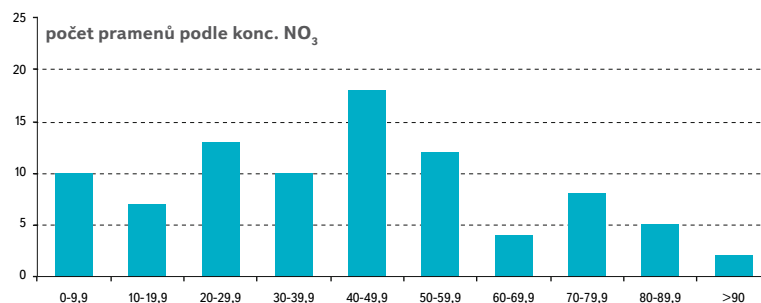
lokalizace pramenů i přístup k nim zajímavější než v ostatních sledovaných městech – díky ostrůvkovitému rozrůstání města do vyšších poloh je řada pramenů zachována, i když poslední prameny v historickém středu města zmizely nejpozději v 19. století. Rozsáhlý soubor dovoluje podrobnější analýzu než jen posouzení podle předpisů určujících vhodnost vody pro pitné účely. Souhrnnou část vyhodnocení výsledků přejímáme v mírné úpravě z naší knižní publikace [8], ve které je také zpracována mapa rozložení pramenů v jednotlivých městských částech a jejich pasporty, včetně souřadnic GPS. Naše sledování nezahrnovalo prameny, které jsou součástí uzavřených zásobovacích systémů, jako např. hradní vodovod. Vedle pramenů se v Praze nachází také rozsáhlý soubor odvodňovacích štol na Petříně a okolí, jehož kapacita může významně přispět jako zdroj užitkové vody. Suma průměrné vydatnosti sledovaných pramenů je cca 35 l/s, k tomu lze přičíst vydatnost systému štol na Petříně cca 12,3 l/s.

Chemické ukazatele jakosti: všechny prameny, u kterých jsme v období 2011–2013 sledovali základní ukazatele jakosti vody, vyhovovaly po stránce chemické požadavkům na pitnou vodu s výjimkou koncentrace dusičnanů a v některých případech překračovaly limit koncentrace železa. Dusičnany jsou produktem kontaminace podzemních vod sloučeninami dusíku, především z půdy v infiltračních oblastech (ne nutně kontaminované). Ale koncentrace dusičnanů do 100 mg/l nezpůsobují při občasné nebo krátkodobé konzumaci potíže [9]. Výjimku tvoří použití vody na přípravu kojenecké stravy, což asi pro městské prameny nepřipadá v úvahu. Z našich výsledků a stavu okolí pramenů lze předpokládat, že většinou nejsou ani kontaminovány specifickými polutanty. Případná kontaminace těmito specifickými látkami však nebyla projektem zkoumána. Výsledky odpovídají závěrům ostatních studií – základní chemické ukazatele jakosti většinou nebrání krátkodobému nebo nouzovému užívání vody k pití.

Bakteriologické ukazatele jakosti: bakteriologické ukazatele jakosti vody (koliformní bakterie, *E. coli* atd.) jsou především indikátory, které mají zajistit, že voda není kontaminována patogenními bakteriemi z trávicího traktu lidí a zvířat. Naproti tomu nespecifické heterotrofní bakterie, rostoucí na agaru při 22 °C, se ve vodě mohou množit, protože při běžných teplotách využívají organické látky ve vodě jako substráty. Vysoké počty jejich kolonií tedy mohou indikovat také zvýšenou kontaminaci rozložitelnými organickými látkami. Ostatní sledované mikrobiální skupiny se kultivují při 37 °C, resp. 42 °C, tedy teplotách simulujících prostředí střeva. Jak se to projevuje v hodnocení našich výsledků?

Průměrné hodnoty počtů bakterií během našich stanovení ukazují, že jakost vody některých pramenů splňovala i po bakteriologické stránce standard pitné vody vždy, řada dalších pramenů vykazovala občasný výskyt koliformních bakterií. Dále jsme zjistili, že pro pití bez další úpravy (dezinfekce, var) je řada pramenů v běžných situacích naprosto nevyužitelná – to často odhadne i zcela laický pozorovatel. Dnes je k dispozici řada komerčních přípravků pro přípravu pitné vody na místě, založených na principu dezinfekce nebo filtrace, které lze použít pro spolehlivou úpravu vody pro individuální zásobování.

Při zkoumání příčin kontaminace městských pramenů jsme zjistili, že úroveň výskytu bakteriologických indikátorů jakosti, na rozdíl od chemických ukazatelů, souvisí také se stavem vlastního prameniště, resp. „objektu“ pramene. Otevřené prameny s neohrazenými okraji a možnostmi smyvu okolní půdy mají vyšší riziko fekální bakteriologické kontaminace například z plošného a intenzivního venčení domácích mazlíčků, v okrajových částech Prahy pravděpodobně i aktivity např. černé zvěře. Totéž platí i pro lépe chráněné prameny v období tání sněhu, velkých dešťů apod., kdy i do těchto „objektů“ vniká povrchová voda. Rizikové jsou i klasické zapuštěné studánky, kde voda z „tůňky“ prakticky neodtéká – pokud jsou v blízkosti obydlí či jiného zdroje kontaminace, mohou být i intenzivně kontaminovány. Dobře jímané prameny, především typu trubky vytékající z ochranné zidky nebo z dokonale uzavřeného objektu, jsou celkem bez rizika kontaminace – pokud není voda vedena z větší vzdálenosti s možností kontaminace na cestě nebo pokud není voda kontaminovaná již ve zvodni (například z netěsné kanalizace). Analýza pro soubor soustavně monitorovaných pramenů v období 2011–2013 je pro fekální koliformní bakterie zpracována na obr. 1. Z výsledků jasně vyplývá, že jakost vody



Obr. 2. Rozdělení monitorovaných pramenů (n = 89) do skupin podle průměrné koncentrace dusičnanu; osa x: průměrná koncentrace dusičnanu [mg/l NO₃-], osa y: počet pramenů ve skupině

Fig. 2. Distribution of monitored springs (n = 89) into groups according to mean concentration of nitrate; x-axis: mean nitrate concentration, y-axis: number of springs in the group

významně klesá od typu „trubka“ po vývěry odtékající přímo stružkou. Ukazuje na možnosti i limity využití vázané na sanaci a úpravu vlastního objektu pramene či prameniště. Limitní hodnota pro pitnou vodu je u obsahu těchto bakterií nulová, tedy i při několikanásobném snížení kontaminace pramene povrchovou úpravou jeho vývěry nemusí tato voda limity pro pitnou vodu splňovat. Důležitá je i kontaminace z infiltračního území pramene. V městských podmínkách většinou nelze dostatečnou soustavnou a dlouhodobou ochranu infiltrační oblasti zabezpečit.

Zde je nutno upozornit na jeden problematický aspekt nezávislé péče o prameny/studánky. I když je tato péče většinou pod dozorem místní samosprávy, není soustavně organizována. Proto obecně nedoporučujeme brát vážně různé „analýzy“ umístěné na tabulkách u některých pramenů. Jakkoliv je jejich vyvěšování vedeno chvalyhodnou snahou, tak budí klamný dojem, že pramen je systematicky kontrolován, protože se většinou váží k jednomu (starému a často nečitelnému) datu odběru a mnohdy nerespektují dnes standardní zásady kvality vzorkovacích a laboratorních prací a jejich dokumentace.

Tento vztah – závislost na stavu městského pramene/vývěry – většinou nebyl prokázán pro chemické charakteristiky a konduktivitu vody. To lze demonstrovat na distribuci dusičnanu, který se do podzemních vod dostává například ze zemědělské půdy, z netěsné kanalizace a emisemi plošných zdrojů (např. doprava). Na obr. 2 jsou zpracovány průměrné koncentrace dusičnanu všech soustavně monitorovaných městských pramenů (n = 89). Padesát osm pramenů odpovídá koncentraci dusičnanu normě pro pitnou vodu. Pokud tuto kategorii posuneme do úrovně 60 mg/l, tak u sedmdesáti (77 %) není třeba o koncentraci dusičnanu nijak uvažovat, zvláště při krátkodobém používání, protože dusičnany také běžně přijímáme s potravou. Pro nouzové zásobování to nepředstavuje problém vůbec [9]. Podstatná jsou tři zjištění:

- Koncentrace dusičnanu ve sledovaných městských pramenech bývá mírně zvýšená proti přirozenému pozadí. V našem souboru dat je většina pramenů pod limitem 50 mg/l NO₃-, což je základ většiny světových norem pro jakost pitné vody a hodnoty přes 100 mg/l jsou výjimkou.
- Sezonní variabilita koncentrací dusičnanu je relativně nízká. Nízká sezonní variabilita platí i pro koncentrace chloridu a síranu.
- Úroveň bakteriálního znečištění pramenů je obecně určena jak kontaminací zvodni, tak stavem prameniště. Faktorem, určujícím ve většině případů využitelnost vody z pramenů pro aktuální využití, je v první řadě stav prameniště a zabezpečení vlastního vývěry proti povrchové kontaminaci.

ZÁVĚR

Dosud existující prameny v intravilánech měst již dávno neplní funkci standardních vodních zdrojů, ale připomínají původní krajinu přerostlou městy, ve kterých žijeme. Můžeme je považovat za vzácný pozůstatek dob, kdy byla města

malá a jejich obyvatelé ještě nebyli zcela závislí na sítích, včetně vodovodních. To samo je důvod, proč je dnes třeba je chránit jako objekty a chránit také jejich okolí a cesty podzemní vody.

Jakost vody z pramenů nemůže odpovídat pitné vodě z veřejných vodovodů, i když je řada pramenů běžně používána jako individuální zdroje vody, mnohdy s vírou, že je lepší než vodovodní. U „slavných“ pramenů by se měly místní orgány starat o spolehlivé analýzy vody a průběžně obnovované informace pro návštěvníky, nicméně občasné napití nebo použití k vaření nepředstavuje u značné části námi sledovaných pramenů zásadní riziko, nejvýše menší individuální problémy. Ve většině případů se návštěvník může sám rozhodnout podle stavu prameniště a jeho okolí.

Získali jsme poprvé data ze soustavného monitoringu 89 pramenů ve čtyřech městech ČR, která jsou uložena v databázích. Výsledky ukazují, že chemické charakteristiky jakosti vody (a ve většině případů i vydatnost) jsou poměrně stabilní a nekolísají se sezonními změnami. Získané soubory dat jsou přístupné v případových studiích.

Některé prameny mohou být využity jako náhradní zdroj vody, nezávislý na zdrojích energie apod. Pro intenzivnější využití v případech nouze by měly být upraveny pro bezpečný přístup a odběr vody. Průběžné informace o jakosti v jejich spádové oblasti mohou podstatně zmírnit problémy zásobování vodou při menších výpadcích sítí nebo v počátečních fázích případných rizikových stavů.

Poděkování

Autoři děkují Ministerstvu vnitra ČR za poskytnutí grantu VG20112014028 „Náhradní zdroje vody v obcích v krizových situacích – využití původních zdrojů a pramenů“ a recenzentům tohoto článku za cenné připomínky a doporučení.

Literatura

- [1] Statistická ročenka České republiky 2013. Český statistický úřad, Praha, 2014, 831 s.
- [2] Dostupné z: www.estudanky.eu, <http://envis.praha-mesto.cz/>.
- [3] VEGER, J. Prameny a vodovodní štoly na území Prahy. Výzkum pro praxi 23. Praha: VÚV TGM, 1993, 102 s.
- [4] KADLECOVÁ, R. Prameny Prahy. In: Kovanda, J. (ed.): Neživá příroda Prahy a jejího okolí. Praha: Academia a Český geologický ústav, 2011, s. 128–132.
- [5] FUKSA, J.K., MATOUŠOVÁ, L., MLEJNSKÁ, E. a ECKHARDT, P. Prameny v městech – zbytky původní krajiny. In: K. Štiková a D. Pithart (eds.), Říční krajina 9, Sborník příspěvků konference, 2013, s. 9–13.
- [6] MATOUŠOVÁ, L., MLEJNSKÁ, E., FUKSA, J.K. a ECKHARDT, P. Městské prameny jako havarijní zdroj vody: může to mít význam? In: Jana Říhová Ambrožová (ed.) Vodárenská biologie 2013. Praha, 6. 2. 2013. Chrudim: Vodní zdroje EKOMONITOR, 2013, s. 119–124.
- [7] MATOUŠOVÁ, L., ECKHARDT, P., FUKSA, J.K., MLEJNSKÁ, E. a PETRÁNOVÁ, A. Pražské prameny jako zbytky původní krajiny dnes. Říční krajina 10, Brno, 15.–17. 10. 2014.
- [8] FUKSA, J.K., MLEJNSKÁ, E., MATOUŠOVÁ, L. a ECKHARDT, P. Pražské prameny stav 2011–2013. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2015, s. 1–127. ISBN 978-80-87402-37-5.
- [9] KOŽÍŠEK, F. Nouzové zásobování pitnou vodou. Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu. Praha: Státní zdravotní ústav, 8. 8. 2007 pod č. j. CHŽP-357/07, 2007, 10 s.
- [10] MATOUŠOVÁ, L., MLEJNSKÁ, E. a ECKHARDT, P. Náhradní zdroje vody v obcích v krizových situacích – využití původních zdrojů a pramenů. Případová studie – Děčín. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014, s. 1–67.
- [11] MATOUŠOVÁ, L., MLEJNSKÁ, E. a ECKHARDT, P. Náhradní zdroje vody v obcích v krizových situacích – využití původních zdrojů a pramenů. Případová studie – Plzeň. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014, s. 1–73.
- [12] PETRÁNOVÁ, A., FOREJTNIKOVÁ, M. a OŠLEJŠKOVÁ, J. Náhradní zdroje vody v obcích v krizových situacích – využití původních zdrojů a pramenů. Případová studie – Brno. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014, s. 1–100.
- [13] FUKSA, J.K., MATOUŠOVÁ, L., MLEJNSKÁ, E. a ECKHARDT, P. Náhradní zdroje vody v obcích v krizových situacích – využití původních zdrojů a pramenů. Případová studie – Praha. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2014, s. 1–147.

Autoři

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.

✉ josef_fuksa@vuv.cz

Ing. Lenka Matoušová

✉ lenka_matousova@vuv.cz

Mgr. Pavel Eckhardt

✉ pavel_eckhardt@vuv.cz

Ing. Eva Mlejnská

✉ eva_mlejnska@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

THE RESEARCH OF WATER SPRINGS IN CITIES

FUKSA, J. K.; MATOUSOVA, L.; ECKHARDT, P.; MLEJNSKA, E.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: springs – groundwater – urban hydrogeology – emergency water supply – nitrate

During 2011–2015 we have studied water springs remaining in big cities. The main objective was verifying the possibility of using local springs as local sources of water in risk situations as failures of water or energy supply systems. The research was funded by the grant VG20112014028 Alternative sources of water in municipalities during the state of emergency – exploitation of original local sources, provided by the Ministry of the Interior of CR – Safety Research.

The basic assumption is the permanent function of springs, independent on transport and sources of energy etc. so they do not need any activation in cases of any degree of emergency. Spring water could be used as emergency source of basal doses in catchment areas without any special distribution system, at least in the time before standard hard emergency systems could be activated. Inclusion of springs into local evidence of soft emergency measures could lead both to decreasing the level of risk behaviour of population and also to increasing the level of care of local springs and participation in local affairs. Large sets of data were obtained in four case studies in big cities: Prague, Brno, Plzeň and Děčín (1 234, 377, 167 and 50 thousands of inhabitants, respectively). In fact, first professional monitoring data (including one to three whole season sampling) were obtained as historical data are based only on simple sampling missions. Data show relatively stable level of basic chemical characteristics of water quality, including the nitrate concentrations, allowing the use for drinking purposes in nearly all cases. Bacterial contamination was highly fluctuating and boiling or disinfection should be required in most cases. The level of bacterial contamination was directly affected by the state of the entire spring site and close vicinity. Thus, a reshaping of spring sites could lead to some improvement of the quality of spring water in general, which must be verified experimentally.



Odpadní voda – odpad nebo poklad?

MARTINA BERÁNKOVÁ

Klíčová slova: DESAR – separační toalety – dělení odpadních vod

SOUHRN

V současné době klimatických změn a uvědomělejšího chování k přírodě se mění přístup i k odpadním vodám. Dříve byly vnímány jen jako odpad, dnes se na ně díváme i jako na surovinu. A jiným přístupem k hospodaření s vodou můžeme i výrazně snížit spotřebu kvalitní vody, které není všude dostatek.

ÚVOD

Na otázku v názvu by odpověď mohla znít: Jak pro koho, jak kdy. Dříve jsme se otázkou zneškodňování odpadních vod moc nezabývali. Byla nastavena nějaká pravidla, voda byla laciná, technologie čištění odpadních vod se rozvíjely, a tak se jen zdokonaloval nastavený systém. Dnes, kdy je voda dražší, celosvětově pitné vody pravděpodobně ubývá, zdroje minerálních hnojiv se zmenšují a je strach z nedostatku ropy, se stále více lidí zamýšlí nad udržitelným způsobem žití, tedy i nad tím, jak se postavit jinak k odpadním vodám.

Po letošním suchém létě je i v našich podmínkách na místě přemýšlet o úsporách vody a o jejím možném znovuvyužití.

VÝZVY EVROPSKÉ UNIE

V roce 2008 přijal Evropský parlament usnesení o řešení problému nedostatku vody a sucha v Evropské unii (2008/2074 (INI)), ve kterém doporučuje, aby EU zaujala při řešení nedostatku vody ucelený přístup, který bude kombinovat opatření k řízení poptávky po vodě, opatření k optimalizaci existujících zdrojů v rámci koloběhu vody a opatření k vytváření nových zdrojů. Evropský parlament vyzývá k úsporám a hospodárnějšímu využívání vody.

Během několika posledních desítek let byl přístup k „běžné sanitaci“ několikrát kritizován, což mělo za následek navržení dalších definic pro alternativní „udržitelnou sanitaci“ [1, 2].

Také oběhové hospodářství se stává jednou z hlavních priorit Evropské komise.

Česká republika podporuje posilování principů oběhového hospodářství. Kromě dalšího považuje za důležité, aby návrh legislativy týkající se oběhového hospodářství podpořil bezpečné a nákladově efektivní opětovné využívání vody a přispěl ke stanovení pravidel pro využívání vyčištěných odpadních vod jako druhotné suroviny [3].

ZACHÁZENÍ S ODPADNÍMI VODAMI

Obecně lze říci, že řešení zneškodňování odpadních vod má dvě hlavní varianty. Centralizované a decentralizované. To, že ani jeden systém nepřeválcuje ten druhý, je již jasné. Za příklad může posloužit Německo, kde velkolepé plány o tom, že všechny komunální vody budou čištěny centrálně, byly nahrazeny střízlivými pragmatickými řešeními, které vycházejí z ekonomických kalkulací pro jednotlivé varianty. Decentralizované zneškodňování odpadních vod se stává alternativou centralizovaného čištění, které v mnoha případech není optimální variantou nejen z ekologického, ale ani ekonomického pohledu [4].

Pro vyjádření pojmu decentralizované odvádění a opětovné využití odpadních vod se v zahraničí používá akronym DESAR (decentralised sanitation and reuse). Jde o decentralizované řešení nakládání s odpadními vodami v jednotlivých domech. Princip je založený na separaci znečištění u zdroje, na odděleném čištění odpadních vod, jejich opětovném použití a na efektivním hospodaření s dešťovou vodou. Jednotlivé DESAR koncepty nabízejí různé varianty dělení odpadních vod z domácností a jejich znovupoužití. Tyto systémy udržují jednotlivé druhy odpadních vod blízko místa vzniku, a tak umožňují zkrácení a uzavření vodního cyklu v domácnostech, a tím úspory pitné vody i financí. Existují i projekty na využití tepelné energie z odpadních vod.

Základní myšlenkou je netradiční zacházení a nakládání s odpadní vodou jako s cennou surovinou, kterou lze využít a zpracovat v místě jejího vzniku [4–6].

Nově se začíná používat také zkratka NASS pro nové způsoby sanitace. Firma ASIO tuto zkratku vysvětluje jako nekonvenčně aranžované sanitární systémy. Použitím NASS mohou být sledovány různé cíle, k nimž patří redukce spotřeby vody, zpracování odpadů, dělení vod a také možnost přizpůsobení řešení odpadních vod místním podmínkám. Koncepte umožňují například využití zdrojů, které se v odpadních vodách vyskytují. Na místě se dá například kal využít jako hnojivo v zemědělství, šedé vody na zálivku nebo jako užitková voda v domácnosti. Použití NASS již bylo odzkoušeno na některých sídlištích v rámci pilotních projektů a ukázalo se jako smysluplné (např. ekologické sídliště Bielefeld-Waldquelle, ekologické sídliště s kompostovacími toaletami Allermöhe, Hamburk). Charakteristickým rysem pro použití NASS je individuální řešení pro každou lokalitu [4].

Myšlenky dělení a využívání jednotlivých druhů odpadních vod se objevily již v minulosti. Separace moči (žlutých vod) byla v Evropě zavedena v 70. a 80. letech minulého století ve Švédsku, kde byly v prázdninových domech se suchými toaletami osazovány kompostovací komponenty s oddělováním moči. V letech 1996 až 1999 byl následně vyvíjen a ve školách instalován separační systém na principu dělicích (no-mix) toalet a suchých pisoárů – tedy pisoárů bez použití vody (waterless). Od roku 2000 se tato země díky předchozím studiím a výzkumům stala mezinárodně uznávanou v oblasti výzkumu, návrhu a výroby separačních zařízení [7].

Tabulka 1. Zastoupení hlavních živin v jednotlivých druzích vod
Table 1. Representation of the nutrients in various kinds of waters

Prvky	Produkce [kg.(obyv. rok) ⁻¹]	Šedé vody	Žluté vody (moč)	Hnědé vody (fekálie)
N	3,2–5	3–8 %	80–87 %	7–13 %
P	0,48–0,75	10–28 %	35–55 %	25–40 %
K	0,33–1,8	13–34 %	54–60 %	12–27 %

Tabulka 2. Průměrná denní spotřeba vody
Table 2. Average daily water consumption

Použití	Spotřeba (l)
WC	25
Osobní hygiena	40
Praní, úklid	16
Příprava jídla, mytí nádobí	8
Mytí rukou	6
Zalévání	5
Pití	2
Ostatní	4
CELKEM	106

Odpadní vody jsou děleny na vody černé (voda z toalet, tedy moč, fekálie, toaletní papír a splachovací voda) a šedé (ostatní voda z domácnosti, tedy voda z kuchyně – dřez, myčka, voda ze sprch, umyvadel a praček). Černé vody se dále dělí na vody žluté (moč) a hnědé (fekálie) [4, 5].

Žluté vody

Žlutá voda, tedy moč, se skládá z vodného roztoku metabolických odpadů, hlavně močoviny, rozpuštěných solí, zejména chloridu sodného, a dalších organických látek. Obsahuje nutrienty, jedná se zejména o dusík (N), fosfor (P) a draslík (K), dále síru, bór a další prvky. Jejich skutečný obsah se liší v závislosti na stravě. Moč je obvykle dobře vyvážené hnojivo s podobným poměrem hlavních živin jako průmyslově vyráběné hnojivo NPK. Pro hnojení se ji doporučuje ředit v poměru 1 : 8 s vodou. Jeden člověk vyprodukuje ročně přibližně 500 l moči.

Hnědé vody

Hnědými vodami se rozumějí fekálie, které obsahují především uhlík, méně dusík, fosfor a draslík, ale také větší množství vápníku, hořčíku a železa. Jeden člověk vyprodukuje ročně kolem 50 l fekálií.

Černé vody

Klasickým odváděním odpadních vod z toalet – tzn. hnědých a žlutých vod současně – získáváme vody černé. Pokud dokážeme černé vody zadržovat odděleně od ostatních (budou tedy velice málo zředěné), můžeme je přeměnit na přírodní hnojivo, kterým budeme umět nahradit syntetické produkty. V některých pilotních projektech bylo použito separování výhradně černých vod (využití v zemědělství ke hnojení).

Šedé vody

Šedou vodou nazýváme podle normy EN 12056 (Vnitřní kanalizace) splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč, které odtékají z umyvadel, van, sprch, dřezů apod. Šedou vodu, zejména z koupelen, je možné po úpravě využívat jako vodu provozní (tzv. bílou vodu) pro splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad. Nejvýznamnější znečištění šedých vod způsobují detergenty z pracích prášků, šamponů, mýdel, zubních past a podobně. Odpadní vody z kuchyňských umyvadel a z drtičů odpadů jsou občas vyjímány ze zdrojů šedé vody, protože mívají vysokou koncentraci znečištění. V *tabulce 1* je uvedeno zastoupení hlavních živin v jednotlivých druzích odpadních vod [5, 8].

Koncept separace pomocí separačních zařízení zabezpečuje oddělení nakládání a čištění různých druhů odpadních vod zvlášť. Jako separační zařízení se používají kompostovací toalety nebo separační toalety (no-mix toalety, pisoáry). Separační toalety slouží k separaci žlutých a hnědých vod. Jejich používání je stejné jako u klasických toalet. Všechny se skládají ze dvou oddělených mušlí, často se používá separační vložka do toalety. Moč je shromažďována v přední části konstrukce, odkud je dopravována do sběrného akumulčního tanku, fekálie v zadní části. Moč z akumulčního tanku je možno po naředění 1 : 8 použít na hnojení. Fekálie se doporučuje skladovat v zásobníku půl roku a pak je zkompostovat. Separační toalety mají zpravidla dva zásobníky na výměnu.

Kompostovací toalety mají zásobník, ve kterém se shromažďují moč a fekálie společně, zároveň zde probíhá kompostování. Za tím účelem je do zásobníku obvykle přidáván popel, piliny nebo jiný materiál, aby se usnadnilo kompostování. Obecně mají kompostovací toalety menší kapacitu než toalety separační [9].

Každá osoba, která má přístup ke zdroji vody z veřejného vodovodu, vyprodukuje ročně odpadní vodu v rozmezí 20 000 až 100 000 l [2]. Podle údajů vodohospodářské společnosti Pražské vodovody a kanalizace byla průměrná denní spotřeba vody v Praze v roce 2014 na osobu 106 litrů, tedy 39 m³ za rok (v ostatních regionech ČR je spotřeba vody na osobu a den nižší). Cena vody v roce 2015 byla pro Pražany 77,65 Kč za 1000 l vody. Nejvíce utratí za vodu použitou na osobní hygienu (přes 3 Kč za den), hned pak za používání splachovacích toalet (skoro 2 Kč za den) [10]. V *tabulce 2* je uvedena denní spotřeba vody podle údajů Pražských vodovodů a kanalizací.

LEGISLATIVA

Co se týká legislativy, není u nás nakládání s oddělenými odpadními vodami řešeno. Proto je výklad úředníků různý. Někdo považuje moč za odpadní vodu, někdo za hnojivo. Pokud by byla žlutá voda posuzována podle zákona č. 254/2001 Sb. § 38 odst. 1, o vodách, byla by směs moči a vody brána jako odpadní voda. Pokud by Státní zdravotní ústav vydal pozitivní stanovisko k posouzení uskladněné žluté vody jako hnojiva, musela by se následně provést registrace žlutých vod jako hnojiva v souladu se zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech. Podle některých není možno podle zákona o odpadech a zákona o hnojivech lidské výkaly kompostovat. Nabízí se ale i výklad, že výkaly ze suchých a kompostovacích toalet by teoreticky mohly spadat v katalogu odpadů do kolonky „kal ze septiků a žump“, a ty se kompostovat smějí, pokud splní mikrobiologické ukazatele podle vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

Od října 2015 platí infringementová novela, kterou se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Původní zákon o odpadech se nevztahoval na odpadní vody, novela se nevztahuje jen na odpadní vody, které podléhají zákonu o vodách a zákonu o vodovodech a kanalizacích. To dává větší prostor zákonu o odpadech, který se bude týkat i odpadních vod mimo působnost výše zmíněných dvou zákonů. Kromě této změny se ohledně odpadních vod v novele zákona nic nemění. Zatím není jasné, jak se v praxi tato úprava bude projevat.

Při využívání jednotlivých druhů vod existuje samozřejmě i hygienické riziko, které ale není v řešení v jednotlivých domácnostech velké. Jde vždy o individuální řešení, ve kterém nesmí chybět hledisko hygieny a bezpečnosti.

Začněme tedy rozumně šetřit se zdroji Země. Bude lépe nám i naší planetě.

Literatura

- [1] TREML, P. Monitoring a plánování v období nedostatku vody a sucha z pohledu Evropské unie, VTEI, č. 3, 2013, s. 6–12.
- [2] BODÍK, I. a RIDDERSTOLPE, P. *Udržitelná sanitace v zemích střední a východní Evropy*, Tisk GWP, 2007.
- [3] Rámcová pozice ke Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů – Uzavření cyklu – Akční plán EU pro oběhové hospodářství.
- [4] Články firmy ASIO. Dostupné z: www.asio.cz.
- [5] SKLENÁŘOVÁ, T. Decentralizovaný způsob nakládání s odpadními vodami. *TZB Haustechnik*, č. 1, 2009, s. 26–29.
- [6] BARTONÍK, A. a PLOTĚNÝ, K. Recyklace tepla v budovách – šedé vody. *Sborník semináře Energie z odpadních vod*. Brno: ASIO, 2011, s. 17–20.
- [7] JOHANSSON, M. Source-Separated Human Urine – A Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region. *Final report of the R&D project „Source-Separated Human Urine – a Future Source of Fertilizer for Agriculture in the Stockholm Region“*. 2001.
- [8] ŠÁLEK, J. a kol. *Voda v domě a na chatě*, Grada 2012. ISBN 978-80-247-3994-6.
- [9] *Návody k separačním a kompostovacím toaletám firmy ELIA*. Dostupné z: www.elia.cz.
- [10] Dostupné z: <http://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>.

Autor

Ing. Martina Beránková

✉ martina_berankova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Príspevek prošel lektorským řízením.

WASTE WATER – WASTE OR TREASURE?

BERANKOVA, M.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: DESAR – NoMix Toilet— alternative water systems

At the time of changing climatic conditions and reducing the quantity of raw material it is necessary to start saving water and raw materials. To achieve this target it is good to separate wastewater at the source and using of no-mix toilets. Czech legislation is not yet adapted to this alternative treatment of waste water.



Krkonošské rašeliniště

Autoři VTEI

Ing. Martina Beránková

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ martina_berankova@vuv.cz
www.vuv.cz



Po studiu na VŠCHT v Praze obor Technologie vody pracovala v Ústavu jaderného výzkumu jako toxikolog a odpadový hospodář a podílela se na zpracování bezpečnostní rizikové analýzy chemického podniku. Poté v sanační firmě zpracovávala ekologické audity a ekologické rizikové analýzy. Od roku 1998 je zaměstnancem odboru technologie vody VÚV TGM. Podílí se na řešení výzkumných úkolů v oblasti technologie čištění odpadních vod a spolupracuje při testování malých čistíren odpadních vod ve zkušební laboratoři ústavu. Zabývá se problematikou alternativního zacházení s odpadními vodami.

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ josef_fuksa@vuv.cz
www.vuv.cz



Je zaměstnancem ve VÚV TGM od roku 1989, v současné době pracuje v oddělení Vodárenství a čištění odpadních vod. V roce 1968 dokončil studium hydrobiologie na PřF UK, dále pracoval v n. p. Stavební geologie. Dlouhodobě se zabývá mikrobiálními procesy v tekoucích vodách, transformací dusíku a specifickými polutanty a vývojem jakosti vody v řekách. Ve VÚV TGM vede kurzy vzorkování pro pracovníky vodohospodářských a kontrolních laboratoří. Působí jako předseda Českého ramsarského výboru a přednáší kurzy Mikrobiální ekologie vody a Ekologie tekoucích vod na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy.

Ing. Eduard Hanslík, CSc.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ eduard_hanslik@vuv.cz
www.vuv.cz



Je zaměstnancem oddělení Radioekologie ve VÚV TGM od roku 1959. V roce 1969 ukončil studium na Vysoké škole chemickotechnologické, Katedra Technologie vody a životního prostředí a v roce 1981 obhájil vědeckou aspiranturu také na VŠCHT. Absolvoval hydrologický kurs UNESCO na Lomonosovově univerzitě v Moskvě. Zaměřil se na chování radioaktivních látek ve vodním prostředí. Od roku 2001 je hlavním cílem jeho prací hodnocení vlivu JE Temelín na hydrosféru. Sledoval kontaminaci životního prostředí v důsledku havárie jaderného reaktoru v Černobylu a atmosférických testů jaderných zbraní. Pozornost věnoval i možnostem odstraňování radioaktivních látek při úpravě vody, včetně plynného radionuklidu radonu 222. Podílí se na zabezpečení činnosti Radiační monitorovací sítě ČR. Odborně garantuje celostátní konference např. „Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství“ (1978–2016). Řídí Subkomisi č. 4 Radiologické metody, která je součástí Technické normalizační komise č. 104. Podílí se na tvorbě ČSN a TNV. Dále je členem OS Odpadní vody a čištění vody ČVTVHS a International Union of Radioecology. Obsáhla je také publikační činnost v tuzemských i zahraničních časopisech, ale i řada odborných monografií.

Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.

ČHMÚ

✉ kodes@chmi.cz
www.chmi.cz



Vedoucí odboru jakosti vody v Českém hydrometeorologickém ústavu. Vystudoval hydrogeologii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, následně absolvoval doktorské studium se zaměřením na pesticidy v podzemních vodách na fakultě Agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze. Od roku 1990 pracuje v ČHMÚ, v letech 1997 až 1999 přechodně pracoval jako technik na University of South Carolina. Zabývá se monitoringem jakosti vod, pesticidy, využitím pasivních vzorkovačů pro screening mikropolutantů v povrchových i podzemních vodách a informačními systémy s environmentální problematikou.

Ing. Eva Mlejnská

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ eva_mlejnska@vuv.cz
www.vuv.cz



Je zaměstnancem ve VÚV TGM od roku 2002, od roku 2006 je vedoucí oddělení Technologická laboratoř a od roku 2013 vedoucí odboru Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů. Vystudovala VŠCHT v Praze, Fakultu technologie a ochrany životního prostředí. Od roku 2013 je aktivním členem GWP CEE. Zabývá se zejména problematikou čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií, hodnocení kvality podzemních vod v pramenech na území hlavního města Prahy.

Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava

✉ petr_tusil@vuv.cz
www.vuv.cz



Zaměstnanec pobočky VÚV TGM v Ostravě od roku 1997. V roce 2003 ukončil doktorské studium na Institutu environmentálního inženýrství Hornicko-geologické fakulty Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě. V roce 2010 ukončil manažerské studium MBA na Liverpool John Moores University, Faculty of Business and Law. Od roku 2007 působí ve funkci vedoucího pobočky VÚV TGM v Ostravě. Současně je i vedoucím Laboratoře hydrochemických a hydrobiologických analýz VÚV TGM v Ostravě. Od roku 2012 je členem Rady instituce, kde vykonává funkci předsedy. Od roku 2015 je členem výboru České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti. Ve své profesní činnosti se zabývá zejména problematikou monitoringu a hodnocení stavu povrchových vod v návaznosti na požadavky Rámcové směrnice 2000/60/ES o vodní politice. Aktivně se rovněž podílí na činnostech v rámci Mezinárodní komise pro ochranu řeky Odry před znečištěním, kde od roku 2007 působí v pracovní skupině „GM-Monitoring“. V letech 2012–2015 byl členem řešitelského týmu projektu Bezpečnostního výzkumu MV ČR – „Stanovení množství nelegálních drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách“ (DRAGON).



Rozhovor s RNDr. Petrem Kubalou, generálním ředitelem Povodí Vltavy

V minulosti se řešily vždy hlavně povodně, nyní je nutností přihlížet i k variantě sucha, což je téma, které se dotýká celé České republiky. Jak velký význam má sucho z pohledu Povodí Vltavy?

Jak velký význam má sucho z pohledu státního podniku Povodí Vltavy? Státní podnik Povodí Vltavy spravuje území o rozloze téměř 29 000 km², to znamená území větší než je 50 % území Čech. Je tedy zřejmé, že problematika sucha se nás dotýká zcela zásadním způsobem, bez ohledu na skutečnost, že v námi spravovaném povodí není provozováno mnoho závlahových systémů pro zemědělskou výrobu, jako třeba na jižní Moravě či v Polabí. V rámci našeho povodí se vyskytuje několik oblastí, které se již dlouhodobě potýkají se suchem. Jednou z takových lokalit je například Rakovnicko. Podíváme-li se ale na veřejně dostupnou mapu meteorologicky možného sucha v Atlasu podnebí Česka, tak vidíme, že meteorologické sucho se v našem povodí může vyskytovat i v jiných lokalitách, zejména v povodí Berounky, na dolním toku Vltavy, na Sázavě i na jihu Čech, vlastně skoro všude.

Ve Vaší otázce říkáte, že „v minulosti se řešily hlavně povodně a nyní je nutností přihlížet i k suchu“. Myslím, že takto položená otázka ukazuje právě ten problém, proč a jak je sucho vnímáno. Jak povodně, tak sucho jsou přírodní jevy a ani jednomu nelze zabránit, jen někdy umíme, více či méně, snižovat jejich negativní dopady a svým způsobem se na ně do určité míry „připravit“. Žijeme ve vodním blahobytu, opravdu pořádné sucho naše generace nezažila, a proto si s problematikou sucha neumíme jednoduše poradit. Lépe se nám řeší problematika povodní, které se v posledním období opakují častěji, realizujeme protipovodňová opatření, ať přírodě blízká či technická, máme dobrou legislativu na povodně, včetně možností odstraňování jejich následků atd. atd. Pokud se ale týká sucha, nemáme nic. Je smutné, že problematiku sucha začínáme řešit až ve chvíli, kdy se začínají projevovat jeho náznaky. Ministr zemědělství M. Jurečka spolu s ministrem životního prostředí R. Brabcem tento pomyslný prapor „řešení problematiky sucha“ zvedli a v rámci mezíresortní pracovní skupiny Voda – sucho se začalo něco dít. Díky za to. Kladu si jen otázku, zda nám to opravdu vydrží, protože opatření na ochranu před suchem jsou bolestnější než opatření na ochranu před povodněmi, a jak vidíme již nyní, je velmi složité

je připravovat, natož realizovat s ohledem na regionální zájmy, s ohledem na délku volebního období, kdy je téměř nemožné prosazovat nepopulární opatření ve prospěch nejen našich budoucích generací, ale možná i ne vzdálené budoucnosti. Proč si neumíme tuto skutečnost nedostatku vody uvědomit a společně hledat řešení v zájmu nás všech? Je to právě proto, že neumíme s ohledem na výše uvedené prosazovat a následně udržet koncepční záměry, a to vyplývá právě z toho, že žijeme ve vodním blahobytu. Zatím...

Vrátím se ale k problematice sucha v území spravovaném státním podnikem Povodí Vltavy. Stejně jako v celé České republice jsou i v povodí Vltavy jediným zdrojem vody atmosférické srážky. Pokud se sejdou nepříznivé okolnosti jako například nedostatek zásoby vody ve sněhu v zimním období a nastane deficit srážek, jako jsme zažili například v loňském roce, všechny tyto nepříznivé okolnosti akcelerují úbytek vody v půdě, krajinně a následně i ubývání vody ve vodních tocích, včetně snížení vydatnosti pramenů a poklesu hladin podzemních vod.

Mohu konstatovat, že vodohospodářská infrastruktura státního podniku Povodí Vltavy ukázala, že se s problematikou sucha v roce 2015 dokázala vypořádat. Především díky vodním nádržím byly v povodí Vltavy zajištěny v roce 2015 odběry vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou, pro průmysl i pro chlazení JETE. Současně byl díky nim zajišťován alespoň minimální průtok na tocích pod vodními díly. Pouze na dvou z 33 významných vodních děl bylo nutno přistoupit k mimořádné manipulaci, aby nebyl vyčerpán zásobní prostor, přičemž v obou případech se jednalo vlastně o preventivní opatření. Vodní nádrže posloužily jak k zajištění potřeb obyvatelstva, tak byly přínosem pro ochranu přírody díky dlouhodobému zajištění minimálních zůstatkových průtoků pod nimi. Nejvýznamnější roli v tom sehrály vodní nádrže Vltavské kaskády Orlík a Lipno. V případě zásobování obyvatelstva pitnou vodou to byla vodárenská nádrž Švihov na Želivce.

V rámci státního podniku Povodí Vltavy vidíme priority ve vazbě na řešení problematiky sucha zejména v zadržení vody v krajinně, tedy ve změně obhospodařování půdy zemědělci v mnohých lokalitách, ve snížení či zamezení eroze, v budování malých vodních nádrží, v revitalizaci vodních toků, ale i v budování nádrží, aby bylo možné v případě potřeby vodu zadrženou v krajinně efektivně využívat. V současné době připravujeme nádrže v lokalitách Senomaty a Šanov na Rakovnicku, tedy v oblasti dlouhodobě postižené suchem.

V létě byla zveřejněna očekávaná studie zpracovaná odborníky z ČVUT, jejímž úkolem bylo zjistit možnosti Vltavské kaskády. Domníváte se, že se tato studie zaslouží o výraznou změnu, hlavně co se týče přístupu k povodním a změnám priorit?

Jedná se o studii „*Prověření strategického řízení Vltavské kaskády – parametry manipulačního řádu*“, kterou zpracoval doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur z ČVUT v Praze. Po povodních v posledních 15 letech se vždy rozvine diskuse, zda se nemají jinak uspořádat priority jednotlivých přehrad Vltavské kaskády. Stalo se to i po poslední povodni v roce 2013 a studie do nynější diskuse přináší odborné podklady, aby diskutující měli k dispozici všechny informace. Nastavení priorit je totiž pro nás důležité – podle nich jsou vytvořeny manipulační řády, které určují, co a v jakém čase má náš dispečink za konkrétních podmínek udělat, aby kaskáda jako celek i jednotlivé přehrady plnily své účely. Třeba Slapy jsou primárně rekreační nádrž a Orlík především zajišťuje tolik vody, abychom v suchých obdobích zajistili minimální průtok ve Vltavě pod kaskádou, konkrétně 40 m³/s v profilu Vrané nad Vltavou.

Osobně jsem přesvědčen, že tato studie svůj účel stoprocentně naplňuje ihned od jejího vzniku.

Význam studie spočívá především v tom, že do doby jejího zpracování neexistoval dokument, na základě kterého by bylo možné diskusi o případných změnách priorit Vltavské kaskády zahájit. Studie takovým dokumentem je a přináší analýzu, do jaké míry je Vltavská kaskáda technicky schopna více chránit před povodněmi a jaké dopady by toto zvýšení její ochranné funkce mělo

na ostatní funkce kaskády, tedy především na udržování dostatečného průtoku vody ve Vltavě pod kaskádou (akumulace vody pro období sucha), zajištění odběrů vody, výroby elektřiny, plavby na Vltavě, včetně využití rekreačního potenciálu Orlické a Slapské nádrže.

Výsledky studie ukázaly, do jaké míry je Vltavská kaskáda technicky schopná zvýšit ochranu území pod kaskádou před povodněmi a jaké dopady by toto zvýšení mělo na její ostatní funkce. Studie otevírá cestu k odborné i veřejné diskusi na téma možných změn priorit Vltavské kaskády. Zároveň státní podnik Povodí Vltavy zpracoval ke studii komentář s vysvětlivkami pro laickou i odbornou veřejnost. To vše je přístupné na webových stránkách našeho podniku www.pvl.cz v sekci Vodohospodářské informace.

Již v průběhu povodni 2013 a po nich přicházeli starostové a představitelé měst a obcí na dolním toku Vltavy s tvrzením, že kdyby VD Orlík mělo větší objem retenčního prostoru, mohlo se následkům povodně v jejich obcích zabránit buď úplně, nebo z velké části. Opakovaně se objevovaly názory, že by měla být Orlická nádrž prázdná, a tím by byla ochrana před povodněmi obcí na dolním toku Vltavy vyřešena.

Základním cílem studie bylo tedy prověření možností posílení retenční funkce Vltavské kaskády pomocí variantního řešení strategického řízení. Studie má za úkol současně ověřit dopady jednotlivých řešených variant na ostatní účely Vltavské kaskády. Celkem bylo posuzováno sedm variant, včetně varianty „prázdného Orlíka“. Tato extrémní varianta ukázala, že povodeň z roku 2013 by prázdný Orlík zadržel, ale povodeň z roku 2002 nikoliv.

Studie poskytuje odborné hledisko na danou problematiku, to ale není a nemůže být jediný pohled na věc. Mnohé z účelů přehrad jdou totiž proti sobě. Zvýšená povodňová ochrana znamená vytvoření většího zásobního prostoru na Orlíku, aby pojal větší část případné povodně. To ale není v souladu s potřebou zabezpečovat odběr vody a udržovat průtok v době sucha ani s energetikou – to všechno naopak vyžaduje dostatek vody v nádrži. Stejně tak ho potřebují podnikatelé, jimž při snížení hladiny ubude rekreačních v kempech, nemluvě o dopadech na splavnost Vltavy do Českých Budějovic, do které stát v posledních letech vložil nemalé finanční prostředky včetně prostředků z EU. Takové rozpory odborníci vyřešit neumí, na sladění rozdílných zájmů veřejnosti existuje politika.

Společně s protipovodňovými opatřeními souvisí také zadržování vody na malých vodních tocích. Znamená to, že se stát nyní rozhodne ve velkém stavět malé vodní nádrže či učiní i jiná opatření?

Myslím, že jsem se o tomto problému zmínil již v rámci odpovědi na první otázku. Ve vazbě na řešení problematiky sucha, ale i ve vazbě na ochranu před povodněmi je prioritou maximální možné zadržení vody v krajinně. Na tom se asi všichni shodneme. Nepřísluší mi vyjadřovat se k tomu, o čem nyní rozhodne stát, jak se ptáte, ale z odborného hlediska je budování malých vodních nádrží v krajinně přínosem, protože napomáhají k zadržení vody v krajinně. Jejich funkce v období sucha je však vázána na konkrétní klimatické, hydrologické, morfologické, pedologické a další poměry v místě. Na drobných vodních tocích lze uplatňovat řadu přírodních blízkých opatření, jako jsou například revitalizace vodních toků či denaturace.

Stavba malých vodních nádrží obecně je důležitým opatřením pro retenci vody v krajinně, ale není to opatření, které by bylo na prvním místě. Nejdůležitějším je retence vody v půdě, zamezení eroze atd.

Všechna opatření jak na ochranu před povodněmi, tak na ochranu před suchem se musí řešit v kontextu celého daného povodí, a to v kombinaci přírodních blízkých i technických opatření podle toho, v jakém úseku vodního toku je které vhodnější. Na to máme i příslušné dotační programy, jako je OPŽP a Podpora prevence před povodněmi.

Příroda je dokonalý systém a vždy bude o krok před námi a nenechá si násilně vnutit jen to, co my chceme. Musíme ji respektovat a přistupovat k řešení jak

problematiky ochrany před povodněmi, tak problematiky sucha komplexně, nikoli podle toho, zda „patříme“ pod resort zemědělství či životního prostředí. Bohužel se tomu tak často děje, ale takový přístup je krátkozraký.

V rámci aktivit státního podniku Povodí Vltavy připravujeme ve spolupráci s obcemi v některých lokalitách suché nádrže, poldry a rovněž připravujeme další revitalizace. V posledním období se nám podařilo uskutečnit mimo jiné revitalizaci na Stropnici v Novohradských horách, revitalizaci Loděnice v katastru obce Nenačovice na Berounsku a zejména revitalizaci Blanice ve Vlašimi v intravilánu města.

Mnoho lidí nesouhlasí s rozhodnutími jako zvyšování retenčního prostoru některých nádrží a obávají se zásahu v krajině při výstavbě nových nádrží. Kdo v takové situaci řeší spory s obyvateli a jaký mají vliv na vývoj věci?

Spotřeba pitné vody z kohoutku se pohybuje v Česku kolem necelých 90 l na osobu za den a neustále rok od roku klesá. Ve vyspělém světě (jak uvádějí některé studie) je situace zcela opačná a směrem na západ se denní spotřeba na osobu zvyšuje. V severní Americe je spotřeba na osobu a den až 300 l a ve Spojených arabských emirátech dokonce 500 l pitné vody na osobu a den. Tam vodu ale získávají dovozem a výrobou z mořské vody. Naproti tomu v rozvojevém světě si lidé musí vystačit s 10 l vody denně. Toto množství přitom odpovídá jednomu našemu spláchnutí na toaletě, samozřejmě pitnou vodou.

Kam sáhne my, až bude vody nedostatek? Málokterá země na světě, ne-li žádná, si dovolila ten luxus jako my, když se politici nedokázali domluvit a v roce 2009 bylo zrušeno územní hájení lokalit vhodných, podotýkám, že lokalit potenciálně vhodných, pro výstavbu vodních nádrží v horizontu 50, 80 až 100 let. Jednalo se o lokality vybrané na základě regionálních, geologických a inženýrsko-geologických průzkumů z počátku minulého století. Hájená lokalita splňovala podmínku možnosti vybudování vlastního přehradního tělesa a byla umístěna na vodním toku, který by mohl vodní nádrž z hydrologického hlediska naplnit. Co bylo omezeno? Výstavba chemického průmyslu, produktovodů a různých dopravních koridorů. Proč to bylo omezeno? Jednak z důvodu zamezení znehodnocení jedinečného místa pro výstavbu přehradního tělesa, jednak z důvodu případných budoucích vysokých nákladů na přeložky různých významných koridorů. Není pravda, že by se tímto hájením lokalit bránilo rozvoji obcí, zejména individuální výstavbě. Tyto hájené lokality přežily celý minulý režim, až do zmíněného roku 2009. Bohužel i v tomto případě platí, že se snadno bourá, ale postavit zpět něco funkčního je složité, často nemožné. V současné době vidíme, jak je složitá snaha vrátit zpět některé lokality vhodné pro akumulaci vody nad rámec platného Generelu, který je slabou náhražkou zrušeného hájení výhledových lokalit.

Kde budeme v budoucnu brát, zachytávat vodu, kterou budeme potřebovat, když veškerým zdrojem vody v Česku jsou atmosférické srážky a veškerá voda z našeho území odtéká? Všichni jsme se to přece učili na základní škole. Nechápejte prosím toto jako obhajobu výstavby přehrad betonovou lobby. Tak tomu vůbec není. Tak jako je tomu ve většině případů, můžeme nejlepšího či nejúčinnějšího výsledku dosáhnout pouze kombinací více opatření. Stejně tak je tomu i v tomto případě. Základem všeho je zcela jistě zadržení vody v krajině, o kterém jsem se v našem rozhovoru zmiňoval již několikrát, ale teprve díky vodním nádržím s touto vodou lze v případě sucha i jejího nedostatku s ní hospodařit a účelně s ní nakládat ve prospěch potřeb člověka i přírody.

Vím, že se s tím možná již opakuji, ale společnost si přece musí umět odpovědět na otázku, co od vody vlastně chce? Vzhledem k protichůdným požadavkům obyvatel i s ohledem na krátkodobé lokální zájmy, ale i z důvodu, že jsme dosud nezažili skutečný nedostatek vody, si společnost stále na tuto otázku nedokáže jednoznačně odpovědět. Právě problematiku sucha a extrémních hydrologických jevů bude zcela nezbytné opravdu odpovědně řešit, se všemi možná i ne zrovna příjemnými doprovodnými jevy. Je potřeba již nyní

skutečně myslet na naše budoucí generace, protože zatím tomu tak úplně není. Budeme se muset snažit účelně a důsledně prosazovat koncepční výhledová opatření, která přežijí nejedno volební období. Ano, co občan, to volič, ale není možné oddalovat a neřešit problematiku sucha a případného nedostatku vody do budoucna. Je třeba myslet i na potomky současných voličů a obhájit nyní i opatření pro budoucnost. Jsem rád, že v současné době probíhá aktualizace Generelu, ale s ohledem na vše, co jsem zde zmínil, se domnívám, že se k této problematice neumíme pořádkem postavit čelem.

Veškeré projednání takovýchto záměrů a jejich případná příprava probíhá v rámci platné legislativy v naší republice a podléhá standardním povolovacím a schvalovacím procesům. Každý, kdo je k tomu oprávněn, se může těchto řízení zúčastnit a svoje námítky uplatnit. Případné spory jsou řešeny zcela přesně podle platných právních předpisů. Je nepochybné, že takto kontroverzní kroky budou mít vždy své zastánce a odpůrce, a proto jsou v našem právním prostředí nastaveny takové mechanismy, aby mohly být všechny připomínky vypořádány. Výsledek je zatím jediný, a to že v případě vody pro budoucnost upřednostňujeme aktuální a lokální zájmy před zájmy budoucích generací.

S tím souvisí i nádrž Orlík, která je stěžejní nádrží Vltavské kaskády. Plánujete s tímto vodním dílem nějaké změny, které by se projevil v akumulaci vody, a to jak při povodních, tak v období sucha?

Na základě vyhodnocení vodohospodářského řešení nádrží a porovnání zjištěných parametrů s dílčími výstupy studie ČVUT navrhl státní podnik Povodí Vltavy na jaře roku 2015 změnu manipulačního řádu, která spočívala v posílení protipovodňové funkce vodní nádrže Orlík. Nejdůležitější úprava se týkala zvětšení retenčního prostoru na nádrži Orlík o 31,35 mil. m³ (ze stávajícího objemu 62,072 mil. m³ na 93,422 mil. m³), čímž dochází ke snížení hladiny zásobního prostoru vodní nádrže Orlík o 1,3 m. Toto posílení protipovodňové ochrany bylo přitom navrženo tak, aby ostatní funkce VD nebyly výrazně omezeny, nebo byly omezeny jen částečně. Míra povodňové ochrany na dolním toku Vltavy byla do té doby na úrovni necelé Q 10, navržené zvětšení retenčního prostoru zajistilo ochranu blížíci se až Q 20. Další navýšení retenčního prostoru by bylo možné pouze na úkor zásadního negativního ovlivnění některého z dalších dosavadních účelů Vltavské kaskády. Proto jsme logicky nenavrhovali ještě větší zvýšení retenčního prostoru na Orlíku. Krajský úřad Středočeského kraje vydal rozhodnutí o změně manipulačního řádu vodního díla Orlík ve výše uvedeném smyslu, tedy ve smyslu posílení ochranné funkce Vltavské kaskády před povodněmi ve prospěch obcí na dolním toku Vltavy. No a jak jsem se již zmiňoval v odpovědi na vaši první otázku, žijeme ve vodním blahobytu, žijeme prostě v Česku, a tak není možná ani moc překvapující, že ty obce, v jejichž prospěch došlo k posílení ochrany před povodněmi, podaly proti tomuto rozhodnutí odvolání s tím, že chtějí navýšení retenčního prostoru ne o 31 mil. m³, ale skoro o 60 mil. m³, tedy na 120 mil. m³. No a jak to bylo dál? Ministerstvo zemědělství, jako odvolací orgán, potvrdilo v prosinci 2015 rozhodnutí Krajského úřadu Středočeského kraje, který vydal rozhodnutí o změně manipulačního řádu vodního díla Orlík. V současné době jsme v situaci, kdy město Mělník a další obce na dolním toku Vltavy podaly žalobu na Ministerstvo zemědělství s tím, že chtějí retenci na Orlíku 120 mil. m³. A teď si to vše spojte s mojí úvahou o prosazování koncepčních řešení v odpovědi na první otázku. Místo toho, aby Kralupy nad Vltavou, Nová Ves a další obce přistoupily k budování ochrany před povodněmi např. z dotačních programů, které za tímto účelem stát vytváří, zvolily mediální způsob řešení ochrany před povodněmi na úkor jiných obcí v území nádrží Vltavské kaskády a na úkor celospolečenského zájmu, jako je ochrana před suchem a s tím související nadleřování průtoku ve Vltavě v takovém období po co možná nejdelší dobu. Možná se tomu nemusíme divit, na podzim jsou komunální volby, ale jedno je jisté, takový postup je nejen slušné řečeno „neseriózní“ vůči jejich voličům, ale z věcného hlediska zcela mylný.

Státní podnik Povodí Vltavy je připraven realizovat ochranu před povodněmi např. v Kralupech nad Vltavou již mnoho let, dokonce v období před povodní v červnu 2013, ale z důvodu nedohody v Kralupech nad Vltavou, z důvodu, že město není schopno za tak dlouhé období vypořádat potřebné pozemky k této ochraně před povodněmi, se nic neděje. Proto možná ta odvolání, ta žaloba... A co Berounka? Udělejte si v této souvislosti obrázek sami.

Je obecně známo, že Česká republika nemá žádný významný tok, který by přiváděl vodu. V jednom rozhovoru jste zmínil, že se objevují signály ohledně zadržování vody sousedním zemím, např. Německu. Mohl byste tuto záležitost rozvést?

Ano, mohl. Použiji nejprve takový přírůstek. Když se stane, že někomu vyschne na zahradě studna, většinou ho jako první napadne, že za to může soused, který si vyhloubil vlastní studnu, nebo udělal nějakou stavbu či terénní úpravu, a tím mu odklonil pramen. Až teprve poté přicházejí na řadu další možné příčiny, jako například že celý rok na daném místě prakticky nepršelo a že tedy vodu ve studni nemá ani ten dotyčný, ani jeho sousedé z širokého okolí, nebo že od doby vyhloubení studny dotyčný postupně sám zvýšil odběr podzemní vody z ní, aby zajistil dostatečný komfort pro své bydlení, a vydatnost studny již nestačí jeho požadavkům. Je to lidsky obvyklá, i když důkazy často nepodložená reakce, která se bohužel může promítnout i v mnohem větším měřítku.

V srpnu loňského roku, v důsledku velkého sucha, se opravdu objevilo v tisku u našich západních sousedů ve Spolkové republice Německo, že Česko jim zadržuje vodu. Skutečností přitom je, že ani my jsme vody neměli nadbytek a že sucho nás loni postihlo srovnatelnou měrou jako některé země sousedního Německa. Přeberte si tedy tento výrok každý sám, ale při jeho čtení mi „běhal mráz po zádech“. Ano, stejný problém se suchem a nedostatkem vody řeší či budou řešit i sousední země a nejen ty. Mám takový neblahý pocit, že si ale jinde příslušná rizika vyplývající z nedostatku vody uvědomují podstatně více než u nás. A tím se opět vracíme k problematice, o které jsme se bavili v předchozích otázkách.

Jaké jsou nejdůležitější úkoly státního podniku Povodí Vltavy v nejbližších letech?

V následujících letech bude naše činnost vycházet zejména z nově přijaté koncepce rozvoje podniku pro období 2015–2019.

Naše činnost je zaměřena mimo plnění běžných zákonem daných povinností na uskutečnění několika prioritních strategických cílů, kterými jsou zejména prevence před povodněmi – realizace akcí z programu Podpora prevence před povodněmi III, a to jak na státním vodohospodářském majetku, tak v případě akcí, jejichž navrhovatelem jsou příslušné obce, dokončení odstraňování povodňových škod z června 2013 do konce letošního roku, uvedení plánů dílčích povodí do praxe a zahájení procesu jejich aktualizace pro další šesti-letý cyklus. Neméně důležitým prioritním strategickým cílem je zajištění finančních prostředků na činnost podniku nejen z plateb za odběry povrchových vod, kde bude snaha kopírovat průměrnou roční míru inflace, ale také v maximální možné míře využít dalších zdrojů programového financování na období 2015 až 2020, včetně zdrojů z vlastní „podnikatelské“ činnosti. Dále chceme prohloubit a zdokonalit úzkou komunikaci zejména na komunální úrovni se zástupci samosprávy a dále i se zástupci státní správy a také s veřejností. Základním předpokladem naplňování našich činností je mimo jiné transparentnost při zadávání veřejných zakázek a postupná možnost využívání institutu sociálně odpovědného zadávání veřejných zakázek. Naším cílem pro následující roky je, aby státní podnik Povodí Vltavy byl nejen odbornou veřejností vnímán jako moderní, profesně a odborně zdatná, transparentní vodohospodářská organizace s důrazem na ochranu životního prostředí, která efektivně nakládá s majetkem státu, k němuž má právo s ním hospodařit, a zajišťuje odbornou

pomoc správním orgánům při jejich rozhodovací činnosti. Povodí Vltavy, státní podnik, se bude aktivně podílet i na vytváření koncepcí při řešení důsledků možných klimatických změn na úseku vodního hospodářství.

V praxi to znamená, že již jsme aktivně zapojeni do naplňování vládního usnesení č. 620 z 29. července 2015, jehož úkoly jsou formulované v materiálu „Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních následků sucha a nedostatku vody“.

V oblasti podpory prevence před povodněmi (Program 129 260 – Podpora prevence před povodněmi III) připravujeme mnohá protipovodňová opatření zaměřená na technická opatření podél vodních toků a na vytváření akumulčních a retenčních prostor u vodních toků, zřizování poldrů, vodních nádrží s vyčleněnými retenčními prostory a vytváření řízených rozlivů povodní, vše realizované podle podmínek programu, a to včetně akcí navrhovaných obcemi.

V oblasti optimalizace vodního režimu krajiny připravujeme protipovodňová opatření formou úpravy koryt vodních toků přírodě blízkým způsobem, akce na podporu biodiverzity – opatření k překonání migračních bariér (tedy rybí přechody) a opatření prevence před suchem. Tyto akce chceme financovat z podpory SFŽP, konkrétně z některého dotačního titulu OPŽP, který se zaměřuje zejména na optimalizaci vodního režimu krajiny a podporu biodiverzity toku, konkrétně zajištění zprostupnění migračních bariér.

Z konkrétních připravovaných akcí uvedu pouze čtyři, a to zejména proto, že jde o významné hydrotechnické stavby, které představují zásah do stávajících vodních děl, respektive výstavbu nových vodních děl. Jedná se o zabezpečení vodního díla Orlík na Q 10 000, kdy v rámci stávajícího vodního díla bude vybudováno nové zařízení pro převod vody, dále připravujeme výstavbu nového vodního díla Amerika (jedná se o suchou nádrž) pro zvýšení ochrany pod vodním dílem na toku Klabava od Nového Strašecí po Rokycany, kde by tato suchá nádrž měla transformovat stoletou povodeň s kulminačním průtokem Q 100 (66,7 m³/s v profilu hráze) na neškodný odtok 19,4 m³/s, což je průtok menší než Q 5 v profilu hráze. Dále jde o nová vodní díla Senomaty a Šanov, která by měla pomoci k částečné eliminaci sucha v oblasti Rakovnícka, jak jsme o tom hovořili v první otázce.

V nejbližších letech bychom rádi realizovali i výstavbu tří nových malých vodních elektráren, které by výrazným způsobem přispěly k zabezpečení finanční stability našeho podniku.

Redakce



V Praze proběhlo plenární zasedání Mezinárodní asociace hydrologických věd a bylo schváleno tzv. Pražské prohlášení

Hlavní město České republiky mělo v období mezi 20. červnem a 2. červencem 2015 čest hostit 26. valné shromáždění Mezinárodní unie geodetické a geofyzikální (International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG), o které projevil zájem téměř 5 000 vědců z celého světa. V rámci shromáždění se v pátek dne 26. června 2015 v Kongresovém centru v místnosti zvané Forum Hall uskutečnilo také plenární zasedání Mezinárodní asociace hydrologických věd (International Association of Hydrological Sciences, IAHS). Účastníci zasedání měli tedy možnost být mezi prvními, kdo se dozvěděli, kteří významní světoví hydrologové za dva roky obsadí nejruznější funkce tohoto nevládního institutu. Šlo především o volbu nového prezidenta (tzv. president-elect pozice) IAHS, kterým se stal prof. Günter Blöschl z Technické univerzity ve Vídni, a představenstev vědeckých komisí IAHS. Neméně důležitým aktem bylo schválení stanoviska, které od tohoto dne nese název Pražské prohlášení. Zasluhou členů Českého národního výboru pro hydrologii byl následně vyhotoven jeho český překlad, který je uveden v následující části článku.

Dále byla předávána ocenění, o jejichž udělení rozhoduje IAHS společně s UNESCO a World Meteorological Organization. Tradičně mezi ně náleží Volkerova medaile (obdržel ji prof. Pierre Hubert z Francie), Doogeova medaile (obdržela ji prof. Mary Hill z USA) a tzv. Tissonova cena, která je udělována mladým hydrologům do věku pod 41 let za excelentní vědecký článek vydaný pod hlavičkou IAHS. Tuto cenu tentokrát získalo pět italských hydrologů se svým kolegou z Velké Británie za článek publikovaný v *Hydrological Sciences Journal*.

Nebyla opomenuta ani mezinárodní vědecká dekáda Panta Rhei, o jejíž uplynulých dvou letech poreferoval prof. Alberto Montanari z Boloňské univerzity. Ten vyzval všechny ke spolupráci a svůj projev zakončil složením své funkce koordinátora. Zapojovat se do těchto aktivit nelze než doporučit vzhledem

k publikačnímu potenciálu (srovnáme-li s množstvím výstupů z předchozí dekády PUB – Predictions in Ungauged Basins).

Několika změn doznalo nakladatelství IAHS Press známé především díky vydávání tzv. červených knih. Ty se od roku 2014 nazývají *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences (PIAHS)*, příspěvky v nich jsou oproti dřívějšímu recenzované a jsou vydávány německým nakladatelstvím Copernicus Publications, které ctí zásadu publikování open access. Zajímavostí jistě je, že u příležitosti pražského zasedání vyšly hned tři PIAHS, kam měli možnost přispívat všichni přihlášení zájemci se svými prezentacemi na toto shromáždění IUGG.

Šéfredaktor vědeckého časopisu *Hydrological Sciences Journal* prof. Demetris Koutsoyiannis poděkoval za výtečnou spolupráci prof. Zbigniewu Kundzewiczovi a informoval o změnách ohledně tohoto periodika. Především již nebudou přijímány rukopisy ve francouzském jazyce a nadále se bude publikovat již jen v angličtině.

Nakonec byli všichni upozorněni, že členství v IAHS je doposud zdarma, takže je možné se stále po vyplnění formuláře na oficiálních webových stránkách www.iahs.info stát regulérním členem IAHS.

Autor

Mgr. Ondřej Ledvinka

✉ ledvinka@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrofondu a bilancí
Český národní výbor pro hydrologii

Pražské prohlášení o potřebě vývoje systémů managementu vodních zdrojů

MEZINÁRODNÍ ASOCIACE HYDROLOGICKÝCH VĚD (IAHS)

Vědomi si skutečnosti, že lidské právo na přístup k čisté vodě a ochranu před nebezpečnými hydrologickými událostmi je zakotveno v mezinárodním právu, vyjadřující spokojenost se současnými a minulými úsilími, která byla vládami, organizacemi a lokálními komunitami učiněna k zajištění přístupu k čisté vodě, ochraně životního prostředí a zmírnění nebezpečných hydrologických jevů, **a přesto přiznávající stav globální vodní krize se zásadní potřebou okamžité akce,**

my, delegáti konference Mezinárodní asociace hydrologických věd v Praze ve dnech 20.–26. června 2015, jsme hluboce znepokojeni hydrologickými problémy, s nimiž se lidstvo potýká se vzrůstající frekvencí a mírou, a proto uvádíme jejich následující výčet a doporučení.

Hydrosféra se potýká s globální vodní krizí způsobenou nerovnoměrnou dostupností sladké vody v čase a prostoru, nadužíváním zdrojů, poškozováním životního prostředí a častějším výskytem povodní a sucha. Každoročně umírá 842 000 lidí v důsledku nedostatečného zásobování vodou a každoroční škody způsobené povodněmi dosahují téměř 14 miliard amerických dolarů (průměr let 1980–2014). Tato krize je podporována často roztržitým vodním hospodářstvím a ekonomickými problémy, zejména v oblastech s nedostatkem vody. Malá efektivita vodohospodářských systémů s velkými ztrátami vody a velkou energetickou náročností je dále neudržitelná a může způsobit nenapravitelné škody společnosti, pokud nebude rychle řešena. Současné nároky na vodní zdroje dále rostou v řadě oblastí světa v důsledku růstu populace, ekonomického rozvoje a změny životního stylu, čímž dále zvyšují riziko selhání zásobování vodou.

Zničující povodně patří k největším přírodním katastrofám ve světě ve smyslu ekonomických škod a finančních ztrát. Očekává se, že tyto povodně budou nadále narůstat v důsledku změn využívání krajiny (např. intenzifikace zemědělské výroby a urbanizace), úprav říční sítě (např. přímování a propojování řek) a intenzivnějších srážkových extrémů spojených s klimatickými změnami. Ještě významnější však je nárůst počtu obyvatel a velikosti majetku a ekonomických aktivit v povodněmi ohrožených oblastech, který je celosvětově výsledkem rostoucí urbanizace a zabírání inundačních území a vede k větší exponovanosti lidí vůči povodním. Tyto faktory přispívají k růstu povodňového rizika jak pro lidi, tak pro jejich statky.

Vodohospodářské systémy jsou struktury určené k zajištění čisté vody pro obyvatele a k jejich ochraně před nebezpečím spojeným s vodou. Jejich správná funkčnost je zásadní podmínkou kvality života lidí. Proto je nezbytná okamžitá akce k rozvoji vodohospodářských systémů tak, aby odpovídaly současným výzvám globální vodní krize.

Výzva k okamžité akci vlád

Vyzýváme a naléháme na všechny místní, regionální a národní vlády, aby efektivně řešily vodní krizi rozvojem vodohospodářských systémů.

- Za účelem zajištění zdrojů pitné vody a zásobování pitnou vodou implementovaly potřebné spektrum technických, organizačních, ekonomických, politických, právních a sociálních metod a postupů.

- Za účelem ochrany před nebezpečím povodní je nutné přijmout holistický přístup integrovaného managementu povodňových rizik tak, aby zahrnoval všechny fáze cyklu managementu katastrof: mitigaci (ochranu), připravenost, reakci a obnovu.
- Ve všech oblastech by měl být zaveden takový udržitelný přístup, který by zohledňoval dlouhodobé aspekty vodního hospodářství. Abychom byli schopni se adaptovat na změny flexibilním a ekologicky příznivým způsobem, je nezbytný komplexní monitoring stavu vodních zdrojů.
- Nástroje používané ve vodohospodářských systémech musí být uzpůsobeny lokálním hydrologickým, právním a sociálním podmínkám, aby umožnily adaptace vůči dramatickým globálním změnám v prostředí a společnosti.
- Spolupráce všech zainteresovaných stran v participačním přístupu musí zahrnovat uživatele, plánovače a politiky na všech úrovních, ovšem především na úrovni povodí.
- Vodohospodářské systémy jsou kulturním dědictvím lidstva, jejich infrastruktura však zastarává a okolní požadavky se mění. K naplnění potřeb měnícího se světa je nutný vyvážený přístup k jejich údržbě a adaptaci.
- Rozvoj vodohospodářských systémů vyžaduje solidní vědecký základ. Doporučení vědecké komunity by proto měla hrát zásadní roli v plánování jejich budoucí konfigurace a provozu.

Výzva k okamžité akci mezinárodní vědecké komunity

Vyzýváme rovněž členy mezinárodní vědecké komunity a naléháme na ně, aby vyvíjeli praktické metody a řešení, která by byla snadno implementovatelná, pro podporu adaptace vodohospodářských systémů vzhledem k současným a budoucím výzvám.

- Adaptace vodohospodářských systémů by měly být založeny na pozorovaných důkazech a precizním pochopení fungování systému. Proto potřebujeme zlepšit porozumění hydrologických procesů, a to zejména v lokálním měřítku zasazeném do kontextu širšího měřítka povodí a zvodní podzemních vod.
- K pochopení různých příčin hydrologických problémů je nezbytný interdisciplinární přístup a také vypracování plánů a řešení, která jsou proveditelná z technického, environmentálního a sociálního hlediska.
- Hodnocení budoucích vodohospodářských možností je často řešeno analýzou variantních scénářů. Ty jsou užitečné při analýze některých otázek, avšak většinou neposkytují dynamickou zpětnou vazbu. Proto je nezbytné vyvinout inovativní metody „sociální hydrologie“, které by jednoznačným způsobem postihly dlouhodobé vazby mezi hydrologií a společností.
- Význam monitoringu vodních zdrojů je nedocenitelný, zejména v časech změn. Inovativní, efektivní a přesné systémy monitoringu jsou nezbytnou podmínkou pro podporu výzkumu a vodohospodářské praxe.
- Potřebujeme metody adaptivního hospodaření, které by identifikovaly prioritní cíle a nabídly proveditelná řešení. Ve stavu různých nejistot je třeba vyvinout robustní přístupy založené na hodnocení zranitelnosti, které by byly zaměřené na uživatele, cílily by na snížení jejich zranitelnosti a zlepšení jejich odolnosti a které by poskytovaly příznivé výsledky pro široké spektrum budoucího možného vývoje.

Výzva k okamžité akci organizací financujících vědu

Konečně vyzýváme organizace financující vědu na národní i mezinárodní úrovni, aby poskytovaly finanční zdroje přiměřené výzvám globální vodní krize.

- Pro zlepšení porozumění hydrologickým procesům v různých měřítcích je nutné zvýšení finančních zdrojů na výzkum. Základní výzkum je stejně důležitý jako výzkum aplikovaný a jeho společenský přínos je stejně pravděpodobný, jen v dlouhodobějším měřítku.
- Při řešení zásadních otázek budoucnosti je nutné podporovat jak malé, tak velké vědecké týmy. Interdisciplinarita je zásadním faktorem výzkumu v rámci projektů i mezi projekty, jen tak dosáhneme pokroku v porozumění a vývoji environmentálně udržitelných vodohospodářských systémů.
- S ohledem na zásadní roli adaptujícího se managementu je nezbytné zajistit dlouhodobé financování zejména hydrologických observatoří (experimentálních povodí), které objasňují dlouhodobé vazby mezi různými procesy svázanými s vodou.
- Vytváření vědeckých sítí propojujících celý svět je již významným způsobem dotováno. Mobilita a mezinárodní spolupráce by měla být dotována na nejvyšší úrovni.

- Měla by být posílena podpora mladých vědců v oboru hydrologie prostřednictvím strukturovaných doktorských programů. Dnešní mladá generace bude řídit vodohospodářské systémy budoucnosti, takže se investice do jejich vzdělávání mnohonásobně vrátí zpět.

Přijato aklamací v Praze, v České republice, dne 26. června 2015.

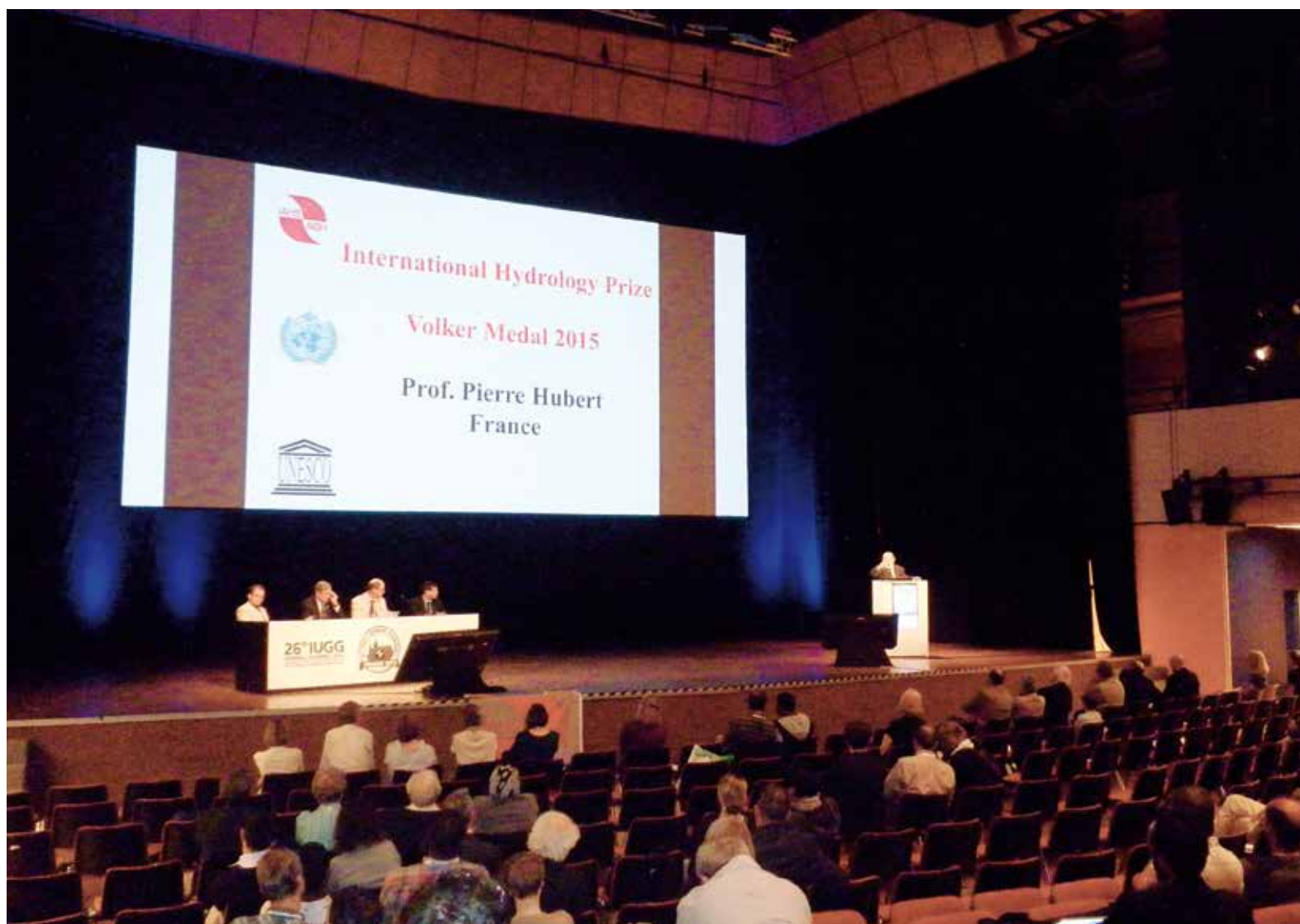
Plné znění anglického originálu naleznete na stránkách www.cnvh.cz v sekci IAHS či na oficiálních webových stránkách IAHS www.iahs.info.

Autor

Mgr. Ondřej Ledvinka

✉ ledvinka@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrofondu a bilancí
Český národní výbor pro hydrologii



Volkerovu medaili obdržel prof. Pierre Hubert z Francie

(vlevo: Christophe Cudennec – generální tajemník IAHS, Paul Pilon – WMO, Hubert Savenije – prezident IAHS, Anil Mishra – IHP UNESCO; vpravo hovořící prof. Pierre Hubert)

VÚV TGM, v. v. i. – spolupořadatel a účastník konference Analytika odpadů

Ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., působí též odborné pracoviště v oblasti nakládání s odpady – Centrum pro hospodaření s odpady (CeHO). Od roku 2001 se významně podílí na zajištění odborné podpory Odboru odpadů Ministerstva životního prostředí. Mezi stěžejní legislativní, technické, evidenční a informační činnosti CeHO patří charakterizace a zařazení různých druhů odpadů a odpadových toků, což zahrnuje zavádění a ověřování analytických laboratorních postupů a kritérií hodnocení stanovených chemických a fyzikálních vlastností odpadů. Jednou z veřejných prezentací těchto činností VÚV TGM, v. v. i., v roce 2011 bylo spolupořadatelství první konference Analytika odpadů, jejímž cílem bylo ověřit zájem odborné veřejnosti o řešení problematiky analytiky odpadů a v kladném případě zahájit pravidelné pořádání akce. Členkou programového a organizačního výboru konference byla vedoucí odboru CeHO Ing. Dagmar Sirotková. Na základě velkého zájmu a účasti předních českých odborníků byly společností Vodní zdroje Ekomonitor uspořádány další tři konference Analytika odpadů. Výzkumní pracovníci odboru CeHO se zúčastnili všech konferencí a referovali zejména o významných výsledcích realizovaných v rámci výzkumného záměru MZP0002071102 Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje (prevence a minimalizace vzniku odpadů a jejich hodnocení) (2005–2011).

První konference Analytika odpadů se konala 30. 11.–1. 12. 2011 ve Žďaru nad Sázavou a výzkumní pracovníci VÚV TGM, v. v. i., se zúčastnili se sedmi příspěvky. Zejména výzkumní pracovníci Referenční laboratoře VÚV TGM, v. v. i., zaujali přednáškami o analytických postupech a výsledcích stanovení vybraných složek v odpadu a ve výluhu.

V příspěvku *Mikrobiální kontaminace sedimentu* prezentovala RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., výsledky analýz vzorků sedimentu a vody odebraných v různých profilech a průtocích sledovaného menšího vodního toku.

Ing. Danica Pospíchalová, Ing. Pavla Martínková a Ing. Roman Jobánek z oddělení speciální organické analýzy představili dvě práce. V příspěvku *Stanovení perfluorovaných organických látek v elektroodpadech* informovali o vypracování postupu stanovení perfluorovaných organických látek (PFOA a PFOS) ve vzorcích elektroodpadů metodou kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí (LC-MS/MS). V příspěvku *Stanovení vybraných léčiv v čistírenském kalu* se zabývali vypracováním metodiky stanovení vybraných osmi farmak (kyselina salicylová a klobifrová, karbamazepin, diklofenak, ibuprofen, estron, 17 β -estradiol, 17 α -etylnylestradiol) v kalech z čistíren komunálních odpadních vod. Použita byla metoda kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí po koncentrování analytů extrakcí pevnou fází (SPE).

Ing. Kristýna Jursíková, Ph.D., Ing. Danica Pospíchalová, Ing. Věra Očenášková a Ing. Věra Hudáková v příspěvku *Stanovení PBB a PBDE v elektroodpadech* informovali o vyvinutí postupu stanovení bromovaných zpomalovačů hoření v elektroodpadech a jejich vodných výlužích metodou plynové chromatografie s hmotnostní detekcí s negativní chemickou ionizací (GC-MS-NCI).

Ing. Dagmar Sirotková a Ing. Martina Záleská byly členkami týmu složeného z pracovníků čtyř výzkumných organizací, který se věnoval rozsáhlému výzkumu stanovení a hodnocení nebezpečné vlastnosti odpadů H14 Ekotoxikita. Výsledky byly shrnuty v příspěvku *Ekotoxikita odpadů stanovená akvatickými a terestrickými zkouškami podle navržených metodických pokynů MŽP k hodnocení ekotoxikity odpadů*.

Poslední příspěvek připravili Ing. Roman Dvořák a Ing. Hana Kohoutová z pracoviště ASLAB VÚV TGM, v. v. i. Nesl název *Hodnoty nejistot měření ve zkouškách způsobilosti pořádaných ASLAB v letech 2007 až 2010 podle ČSN EN ISO/IEC 17043 v oblasti hodnocení odpadů*.

Na konferenci Analytika odpadů II, která se uskutečnila opět ve Žďaru nad Sázavou ve dnech 27.–28. 11. 2012, vystoupili zástupci ústavu se třemi referáty.

V prvním referovala Ing. Věra Hudáková o výzkumných činnostech předcházejících vydání metodického pokynu MŽP, který sjednocuje postupy předúpravy vzorků před vlastním stanovením obsahu rtuti (Hg) a kadmia (Cd) instrumentálními analytickými metodami. Příspěvek *Metodický pokyn pro stanovení obsahu rtuti a kadmia v přenosných bateriích nebo akumulátorech a problematika související s jejich stanovením* vypracovali RNDr. Karel Hoch, CSc., Ing. Hana Zámečníková a Ing. Věra Hudáková.

Ing. Jana Zuberová a Ing. Dagmar Sirotková v příspěvku *Přínosy nových výluhových testů monolitických odpadů* představily v té době v ČR dosud nezavedené výluhové testy. Zmínily rovněž problémy, které při zavádění nových postupů vyluhování vznikají, a informovaly o možnostech využití jejich výsledků k hodnocení přijatelnosti monolitických odpadů na skládky podle ustanovení právních předpisů některých evropských zemích.

V příspěvku *Vybrané patogenní bakterie v sedimentech* prezentovaly RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., a Ing. Andrea Benáková, Ph.D., výsledky sledování výskytu patogenních bakterií v sedimentech koupacích oblastí ve čtyřech lokalitách.

Na konferenci Analytika odpadů III konané v roce 2013 v Hustopečích reprezentovala ústav pouze vedoucí odboru CeHO Ing. Dagmar Sirotková s příspěvkem *Různé přístupy k hodnocení biologicky rozložitelných odpadů a výrobků*.

Dosud poslední konference Analytika odpadů IV se konala 3.–4. 11. 2015 v Táboře. Ing. Jana Zuberová a Ing. Dagmar Vološinová se v příspěvku *Zákaz ukládání recyklovatelných a využitelných odpadů na skládky* zabývaly aktuálními tématy v oblasti nakládání s odpady. Jedná se o nové požadavky Evropské komise na zavádění oběhového hospodářství, na zvyšování míry recyklace a využití odpadů a na stanovení zákazu skládkování vymezených odpadů.

Jak je z uvedeného přehledu patrné, účast výzkumných pracovníků VÚV TGM, v. v. i., na konferencích Analytika odpadů postupně klesala až na minimální úroveň, která je odrazem postupného útlumu výzkumných činností odboru CeHO po skončení řešení výzkumného záměru, což je jistě škoda, protože aktuálních otázek a dlouhodobých problematik nakládání s odpady k řešení je v ČR celá řada.

Autoři

Ing. Dagmar Vološinová

✉ dagmar_volosinova@vuv.cz

Ing. Jana Zuberová

✉ jana_zuberova@vuv.cz

Centrum pro hospodaření s odpady VÚV TGM, v. v. i.

ČVTVHS v roce 2016

Pokud jde o odborné akce v roce 2016, lze v této chvíli uvést několik záměrů, které se časem budou zpřesňovat a nepochybně i doplňovat dalšími:

- Tradiční seminář Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství se bude jako vždy konat v hotelu Clarion Congress v Českých Budějovicích ve dnech 2.–4. května 2016. Odborným garantem je opět Ing. Eduard Hanslík, CSc., z VÚV TGM, Praha.
- 11. května 2016 bude v sále 418 uspořádán seminář Vodovody a kanalizace – hlavní problémy správy, provozu a investičního rozvoje, odb. garantem bude Ing. Jan Plechatý (VRV), předseda OS VaK.
- 25. května 2016 se bude v sále 319 konat Valná hromada ČVTVHS, z. s.
- 23.–26. 5. se bude konat v hotelu Dvořák v Táboře tradiční konference Pitná voda 2016 pod odbornou garancí Ing. Petra Dolejša, CSc. – W&ET TEAM. ČVTVHS se bude podílet na distribuci konferenčních materiálů.
- V první červnové dekádě se uskuteční Národní dialog o vodě, který bude tentokrát věnován 50. výročí vzniku Podniků Povodí. Zpřesnění termínu, místa konání i další parametry této akce jsou v přípravě.
- 22. června 2016 se uskuteční na Novotného lávce seminář Nové právní předpisy v oblasti ochrany vod, který začne připravovat odborná skupina Odpadní vody – Čistota vod se zaměřením na související legislativu (novela NV61/2003 Sb., novela vyhl. 98/2011 Sb., novela zákona o vodách) – změny proti předcházejícímu období, nejlepší dostupné technologie zneškodňování OV z hlediska dosažitelnosti limitních hodnot. Odborným garantem bude předseda OS Ing. Tomáš Mičaník z ostravské pobočky VÚV TGM.
- 27. září 2016 bude v sále 217 na Novotného lávce uspořádán tradiční seminář Malé vodní nádrže, jehož odborným garantem je opět Ing. Jiří Poláček (VD TBD).
- 6. října 2016 se bude konat v sále 217 již po třinácté a jako vždy pod vedením Ing. Radomíra Muzikáře, CSc., seminář Podzemní voda ve vodoprávním řízení XIII. Seminář bude akreditovaný Ministerstvem vnitra a tedy atraktivní pro pracovníky městských i krajských úřadů.

- 12. října 2016 předpokládá uskutečnění svého dalšího semináře v tomto roce odborná skupina Odpadní vody – Čistota vod. Akce by se měla zase konat v sále 319 na Novotného lávce a bude zaměřena na Dopad hydrologického sucha na jakost povrchových vod.
- 16. listopadu 2016 bude uspořádán na Novotného lávce v sále 319 Seminář Adolfa Patery – Extrémní hydrologické jevy v povodích, pod odbornou gescí Katedry hydrotechniky Stavební fakulty ČVUT (doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur).
- Tradiční konference Vodní toky 2016 proběhne 22.–23. 11. v hotelu Černigov v Hradci Králové, odborná gesce VRV a Ing. Jan Plechatý, předseda představenstva. ČVTVHS se bude jako vždy organizačně podílet na přípravě i průběhu akce.
- Na samém konci roku, 20. prosince 2016, je pak plánován seminář zaměřený na Pásma hygienické ochrany (povrchových vod). Akce se bude konat v sále 319 na Novotného lávce a odborným garantem je Ing. Bohumil Müller (OSVČ).

Kromě zatím uvedených odborných akcí bude zřejmě v případě pokračování sucha i v zimních měsících zařazen hodnotící seminář o suchu v roce 2015 a po prázdninách uvažuje OS Vodní toky a nádrže o odborné akci na téma Chráněné akumulace povrchových vod.

Autor

Ing. Václav Bečvář, CSc.

Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost

VTEI/2016/2

Od roku 1959

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE WATER MANAGEMENT TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství.
Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 58



VTEI.cz

Vydává: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,
veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

Redakční rada:

Mgr. Mark Rieder (šéfredaktor), RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Petr Bouška, Ph.D.,
RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriateľ,
Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Josef Nistler,
Ing. Jana Poárová, Ph.D., RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma

Vědecká rada:

Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník,
Ing. Michael Trnka, CSc., Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., Dr. ret. nat. Slavomír Vosika

Výkonný redaktor:

Lenka Jeřábková
T: +420 220 197 465
E: lenka_jerabkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV, Želivská provozní, a.s.

Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s.r.o., www.abalon.cz

Náklad 1800 ks

Příští číslo časopisu vyjde v červnu.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR 6365



LIBŘICE U DAVLE

Jaro 1913 na Libřici u Davle. Usedlost zde byla připomínána již v 17. století. Vlaky zde začaly jezdit v roce 1900 a právě tehdy, mezi dvěma tunely, u ústí Záhořanského potoka, zde byla zřízena i železniční zastávka. Otevření hostince se zde přímo nabízelo. Hostinec to byl oblíbený a dlouhá léta ho provozovala rodina Ádlerova, která zajišťovala i přívoz přes Vltavu do Davle. V pozadí je dobře patrná již železniční stanice Davle i s tehdy ještě téměř novým mostem postaveným v letech 1904–1905. *Text a fotografie z archivu Vojtěcha Pavelčíka, www.stara-vltava.cz*

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz