vodní hospodářství®

www.vodnihospodarstvi.cz

ročník 64
4
2014

PŘÍLOHA VODAŘ

21.–22. 5. Hydrochémia
Konferencia. Bratislava. Info: hucko@vuvh.sk.

22. 5. Krajinné inženýrství
Konference. Praha. Info: vokurka@fsv.cvut.cz.

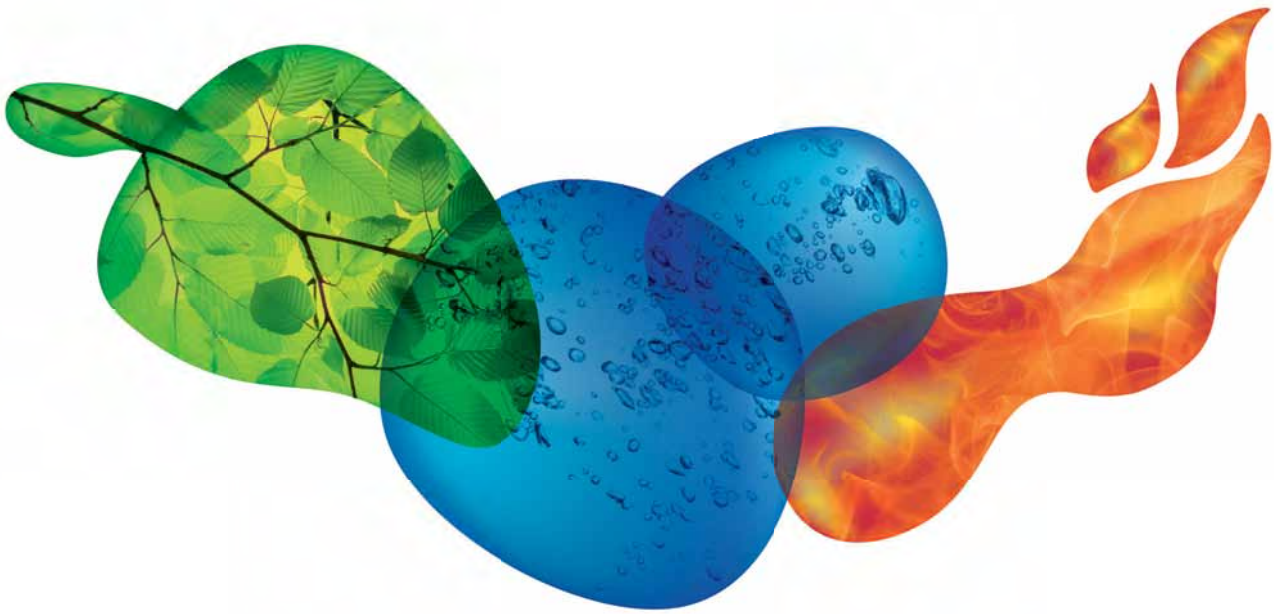
26.–29. 5. Pitná voda. Konference. Tábor. Info: petr.dolejs@wet-team.cz

PŘÍLOHA •VTEI•

Messe München
International

IFAT
resources. innovations. solutions.

Vítejte v budoucnosti technologií pro životní prostředí



Registrujte se online!
Ušetříte až 30% a na veletrh
půjdete bez čekání!
www.ifat.de/tickets

5. – 9. května 2014

Světový veletrh pro vodu, odpadní vodu a odpadové hospodářství

Buďte u toho, když se při příležitosti konání veletrhu IFAT 2014 Mnichov sejde celé odvětví technologií pro životní prostředí. Seznamte se s inovativními produkty a strategiemi budoucího rozvoje. Profitujte z exkluzivní náplně doprovodného programu a možností mezinárodní spolupráce.

www.ifat.de

Navštivte také veletrhy IFAT pořádané v zahraničí

IE expo 中国环博会 presented by IFAT CHINA | EPTEE | CWS 20. – 22. 05. 2014 www.ie-expo.com

IFAT India 9. – 11. 10. 2014 www.ifat-india.com

Informace: EXPO-Consult + Service, spol. s r. o. | Brno
Tel. 545 176 158, 545 176 160 | info@expocs.cz

Nouze naučila Dalibora housti

Matka občas vzpomíná, jak za jejího dětství byly vysečeny pangejty podél cest a pešunky kolem železnice. Pro ty, kteří tu údržbu za nepředstavitelně malý peníz dělali (na železnici se jim říkalo vechtři), získané seno a vysekané křoví bylo vítaným přilepšením do domácího rozpočtu. Užívili kozu a v zimě se ohřáli. Matka se občas ptává: „Proč to nejde i dneska?“ Ještě loni jsem jí pobaveně odpovídal: „Kdo by to dnes dělal?“ Ale časy se mění. Nevím jak u vás, ale tady u nás se během letošních zimních měsíců vykácelo snad všechno křoví podél okresek. Nespálilo se jako ještě před blízkým nedávnem zbůhdarma na místě, ale silničáři si je odvezli. Mají to takový moderní deputát, když už kubík palivového dřeva stojí nekřesťanských pět, osm stovek.

Pamatuji si, jak před rokem 1989 sice byly na jedné straně rozorány meze, odvodněny louky a tvrdými, necitlivými melioracemi byly bažiny přeměněny na pole. Často spíše na politickou objednávku a proti doporučení odborníků. Ale na straně druhé mezi silnicemi a poli, nebo mezi vodními toky a poli byly široké neudržované pásy zarostlé kopřivami a křovím. Lesy sousedící se zemědělským půdním fondem pozvolně na něj dělaly výsadky. Stromy a keře si braly sukcesními procesy zpět kulturní bezlesí. Tak vznikly velké plochy zarostlé křovím a stromy. Jistě jsou to biologicky cenné biotopy udržující stabilitu krajiny, byť se většinově asi lidem nelíbí. Je však zajímavé, že to donedávna nikomu nevadilo! Dneska, když, jak se tady u nás říká, lidé začínají tenká hovínka kakat, tak se v nich probudilo estetické cítění a každý strom a keřík jsou jim dobré. Majitelé pozemků podél vodních toků si dělají zálusk na olše podél nich. Za chvilku jim budou dobré i vrbajzny. Když jsem panu starostovi řekl, že vodní tok i s tím porostem je významným krajinným prvkem a požívá ochranu, tak bylo vidět, jak ho těmi žvásty nebetyčně… jak se to říká slušně? Jo, konsternuji. Pan starosta se vyjádřil tak, že je rád, že to křoví, co dělalo ostudu, zmizelo. Tak jsem mu říkal, že by si lidé ale nemuseli vyzobat jen třešničky na dortu a odvézt dříví, ale mohli by i vysbírat svinčík, co s přírodou nemá nic společného.

Na tohle jsem si vzpomněl, když jsem četl článek pana Justa o břehových porostech a závěrečné slovo o vztahu vrb a včel od paní Křížanecké. Myslím si, že bychom opravdu ty stromy a na první pohled nevzhledné křoví měli co nejvíce chránit. Ostatně tady u nás mám dojem, že správci vodního toku se o to snaží.

Ing. Václav Stránský

Culligan

Technologie úpravy pitných a průmyslových vod

Originální patentovaná filtrační technika pro:
- úpravy pitných vod
- energetiku
- dočištění odpadních vod
- chladící a průmyslové okruhy

Culligan Czech s.r.o.
K Šancím 50, 163 00 Praha 6
Tel./fax: 235 300 604, 235 300 573
praha@culligan.cz, www.culligan-praha.cz

EUROWATER
PURE WATER TREATMENT

- odkyselování, odželezování, odmanganování, odstranění amonných iontů a další procesy úpravy surové vody na pitnou
- návrh technologie, dodávka, montáž, servis
- vlastní výroba automatických tlakových filtrů
- 20 roků na trhu v Čechách a na Slovensku
- více o nás a našich metodách úpravy vody **bez použití chemikálií** na **tel. čísle 321 727 745** a na **www.eurowater.cz**

ÚPRAVA VODY

PÖYRY

INŽENÝRSKÁ A PROJEKTOVÁ ČINNOST VE VŠECH OBORECH VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

Pöyry Environment a. s.
Botanická 834/56, 602 00 BRNO
tel.: 541 554 111, fax: 541 211 205 E-mail: trade.wecz@poyry.com, www.poyry.cz

Pobočky: Praha, Bezová 1658, 147 14 Praha 4, tel.: 244 062 353
Ostrava, Varenská 49, 701 00 Ostrava, tel.: 596 657 206
Organizační složka Trenčín, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín, tel.: +421 326 522 600

VEGAspol
veřejná obchodní společnost

VEGAspol v.o.s.
Jiráskova 12, 602 00 Brno

tel. 549 247 183
fax 549 247 183
mobil 608 711 413
e-mail: vegaspol@vegaspol.cz
http: www.vegaspol.cz

PROJEKTOVÁ A OBCHODNÍ ČINNOST

- **čistírny odpadních vod**
- kanalizace, vodovody
- úpravny vody
- **inženýrská činnost**
- **konzultační a poradenská činnost**

- *Použití moderních technologií*
- *Soulad s normami a směrnicemi EU*
- *Důraz na řešení kalového hospodářství*
- *Likvidace odpadů v souladu s předpisy*
- *Řešení staveb vychází z architektury oblasti výstavby*

wolf SYSTEM

spol. s r. o., Únětická 885, 252 62 Horoměřice
tel.: 229 400 320-324, fax: 229 400 326
www.wolfsystem.cz, e-mail: mail@wolfsystem.cz

VÝSTAVBA KRUHOVÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH MONOLITICKÝCH NÁDRŽÍ PRO:
- *ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD, JÍMKY, SILA*
- *VODOJEMY, NÁDRŽE PRO SRINKLERY*

S KOMPLETNÍ DODÁVKOU VČETNĚ PROVÁDĚCÍ DOKUMENTACE, PRO OBJEMY - 100 m³ - 10 000 m³.

Kvalita, rychlost, hospodárnost výstavby a spokojenost zákazníka patří k našim prvořadým znakům.

vodní hospodářství® 4/2014

OBSAH

- **Ověření návrhu retenční nádrže Jeneweinova pomocí 3D matematického modelu (Pavlík, O.; Studnička, T.) 1**
- **Možnosti využití výsledků projektu QI102A265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“ při plánování v oblasti vod (Ansorge, L.; Krása J.) 5**
- **Hybridní kořenová čistírna se zvýšeným účinkem při odstraňování dusíku (Vymazal, J.; Kröpfelová, L.; Hrnčíř, P.) 9**
- **Emise oxidu dusného při čištění odpadních vod (Pacek, L.; Švehla, P.; Radechovský, J.; Hrnčířová, H.) 13**
- **Různé**
  - Česká membránová platforma o. s. (Černínová, D.; Košťálová, B.) 20
  - IFAT 2014 Mnichov (Vondruška, J.) 22
  - Poznámky k péči o břehové porosty ve vztahu k morfologickému stavu vodních toků (Just, T.) 23
  - Ochrana životního prostředí na brněnském výstavišti (Tyrichová, J.) 28
  - Představení projektu InterSucho aneb proč je sucho aktuální problém (Trnka, M.) 29
- **Firemní prezentace**
  - CENTROPROJEKT GROUP a. s.: Aplikace hyperboloidních míchadel pro efektivní míchání na úpravnách vod (Jonášek, V.) 18
  - VWS MEMSEP s. r. o.: HYDREX výrobky pro čištění zásobníků a nádrží na pitnou vodu (Janouch, M.) 19
  - FONTANA R, s r.o.: Nejen česle a mikrofiltry 21

VODAŘ

- **Ohlédnutí za Seminářem Adolfa Patery 2013 (Fošumpaur, P.) 31**
- **Seminář Havarijní stavy na povrchových a podzemních vodách (Müller, B.) 31**
- **Seminář Podzemní voda ve vodoprávním řízení X (Muzikář, R.) 32**
- **Přehrady v Sýrii (Bredy, S.) 34**
- **Významné životní jubileum Ing. Elišky Hynkové (Podsedník, O.; Jandora, J.) 37**

VTEI

- **Vývoj vydatnosti pramenů v Česko-Saském Švýcarsku (Eckhardt, P.; Poláková K.) 1**
- **Stanovení distribučního koeficientu pro sorpci umělých radionuklidů ve vodním prostředí (Juranová, E.; Hanslík, E.) 5**
- **Asimilovatelný organický uhlík v systémech výroby a distribuce pitné vody (Baudišová, D.; Váňa, M.; Boháčková, Z.; Jedličková, Z.; Benáková, A.) 8**
- **Změny ekosystému stabilizační nádrže venkovské čistírny po aplikaci biotechnologického přípravku (Havel, L.; Desortová, B.) 11**
- **Různé**
  - Projekt Protipovodňové vzdělávací a výzkumné centrum (Štěpánková, P.) 4
  - Z historie výzkumu v oblasti jakosti vod 16
  - Výzkum v oblasti hospodaření s vodou a informatiky 18
  - Výzkum v oblasti hospodaření s odpady 19
  - Pracovní jubileum Ing. E. Hanslíka, CSc. 20

CONTENTS

- **Verifiying the Jeneweinova retention tank by using a 3D mathematical model (Pavlík, O.; Studnička, T.) 1**
- **Possibilities of using the research project QI102A265 (Assessment of soil erosion and phosphorus loads leading to eutrophication of stagnant surface water bodies) in river basin management plans (Ansorge, L.; Krása J.) 5**
- **Hybrid constructed wetland with enhanced removal of nitrogen (Vymazal, J.; Kröpfelová, L.; Hrnčíř, P.) 9**
- **Emission of Nitrous Oxide from Wastewater Treatment Processes (Pacek, L.; Švehla, P.; Radechovský, J.; Hrnčířová, H.) 13**
- **Miscellaneous 20, 22, 23, 28, 29**
- **Company section 18, 19, 21**

Water Manager

- **Miscellaneous 31, 32, 34, 37**

Scientific-Technical and Economic in the Field of Water Management

- **Development of spring-discharge in the Czech-Saxon Switzerland (Eckhardt, P.; Poláková, K.) 1**
- **Determination of distribution coefficient for sorption of artificial radionuclides in water environment (Juranová, E.; Hanslík, E.) 5**
- **Assimilable organic carbon in systems of production and distribution of drinking water (Baudišová, D.; Váňa, M.; Boháčková, Z.; Jedličková, Z.; Benáková, A.) 8**
- **The changes in the ecosystem of a rural waste water treatment plant stabilizing pond after the biotechnological agent application (Havel, L.; Desortová, B.) 11**
- **Miscellaneous 4, 16, 18, 19, 20**

2014 kongres

XIV. HYDROGEOLOGICKÝ KONGRES
2.–5. září 2014 Liberec
http://kongres2014.tul.cz/
jvdatel@gmail.com

ACE

8. ročník ODPADOVÉ VODY 2014
22.–24. oktobra 2014, Štrbské Pleso
http://acesr.sk/
marta.onderova@stuba.sk

TECHNOAQUA

Výhradní zastoupení Teledyne Isco a Ponsel
- automatické vzorkovače
- průtokoměry
- monitorovací stanice
- měřící přístroje, sondy, srážkoměry
- pronájem, monitoring, servis, školení

TECHNOAQUA, s. r. o.
U Parku 513, 252 41 Dolní Břežany
tel.: 244 460 474, fax: 271 767 155
e-mail: mail@technoaqua.cz, www.technoaqua.cz

Sweco Hydroprojekt a.s.
projektové, konzultační a inženýrské služby pro vodní hospodářství, životní prostředí a infrastrukturu
www.sweco.cz
SWECO

PRAHA
Táborská 31
Tel. 261 102 242
praha@sweco.cz

BRNO
Minská 18
Tel. 541 214 973
brno@sweco.cz

OSTRAVA
Varenská 49
Tel. 596 638 329
ostrava@sweco.cz

ČESKÉ BUDĚJOVICE
Zátkovo nábřeží 7
Tel. 386 103 511
c.budejovice@sweco.cz

dOOdpadu

Nový vzdělávací program společností

ENERGIE AG
BOHEMIA s.r.o.

www.energieag.cz

Co do kanalizace nepatří

aneb

To fakt **nevyčistíš!**

Toaleta není odpadkový koš

Veřejná prezentace projektu proběhne dne 8.4. 2014 v rámci 19. ročníku odborného semináře Nové metody a postupy při provozování čistíren odpadních vod v Moravské Třebové.

www.doodpadu.cz

PÖYRY
Engineering balanced sustainability™

PÖYRY ENVIRONMENT a.s. NABÍZÍ SVÝM ZÁKAZNÍKŮM TYTO SLUŽBY:

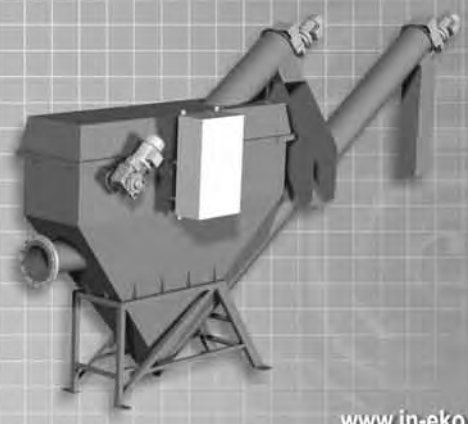
• INŽENÝRSKÁ A PROJEKTOVÁ ČINNOST VE VŠECH OBORECH VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ • KONZULTACE, PORADENSTVÍ V ŽÁDOSTECH O FINANČNÍ PODPORU Z FONDŮ EU • PROJEKTY A DODÁVKY VAKOVÝCH JEZŮ • NÁVRHY PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ • VEŠKERÉ GEODETICKÉ A PRŮZKUMNÉ PRÁCE.

ÚSTŘEDÍ SPOL.: **Brno, Botanická 834/56, 602 00 BRNO, tel.:+420 541 554 111, fax: +420 541 211 205, e-mail: trade.wecz@poyry.com**
www.poyry.cz

POBOČKY:
Praha: Bezová 1658, 147 14 Praha 4, tel.: +420 244 062 353
Ostrava: Varenská 49, 701 00 Ostrava, tel.: +420 596 657 206
Trenčín: Organizační složka, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín, tel.: +421 326 522 600

MULTIFUNKČNÍ ZAŘÍZENÍ
PRO PŘEDČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

2 - 250 l/s



IN-EKO TEAM

www.in-eko.cz

HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions

HUBER CS spol. s r.o.
Cihlářská 19, 602 00 Brno, tel.: 532 191 545
602 711 961, fax: 532 191 575, e-mail: info@hubercs.cz
www.hubercs.cz

Dodávky technologických zařízení pro ČOV z nerezové oceli

VODATECH
TECHNOLOGIE PRO PŘEDČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Flotace • Šnekové lisy na kal • Rotační síta • Separátory
Spádová síta • Šroubové česle • Šnekové dopravníky
Chemické jednotky • Pračky písku • Separátory písku

VODATECH,s.r.o., Milotická 499/40, 696 04 Svatobořice-Mistřín
Tel.: 518 620 962-4 • Fax: 518 620 965
e-mail: vodatech@vodatech.net • www.vodatech.net

Ověření návrhu retenční nádrže Jeneweinova pomocí 3D matematického modelu

Ondřej Pavlík, Tomáš Studnička

Abstrakt

Retenční nádrž Jeneweinova je jednou z nejvýznamnějších staveb na kanalizační síti města Brna zajišťující zlepšení čistoty řek protékajících městem. Její umístění v centru města a technické řešení ověřené jak fyzikálním, tak matematickým modelováním a následná realizace ve složitých geologických podmínkách daly vzniknout jedinečnému vodohospodářskému dílu. Retenční nádrž je navržena jako průtočná se dvěma postupně plněnými komorami – vnitřní retencí o objemu 4 000 m³ a vnější retencí o objemu 4 600 m³. Takto navržené rozdělení celkového akumulačního objemu komor zajistí, že v dlouhodobém průměru by měla být vnější retence plněna v méně jak 50 % dešťových událostí, jež překročí regulovaný odtok na ČOV v Modřicích.

Matematický model Retenční nádrže Jeneweinova byl vytvořen v softwaru FLOW-3D. FLOW-3D je univerzální CFD (Computational Fluid Dynamics) software pro výpočet proudění tekutin v ustáleném i neustáleném režimu. Flow-3D využívá výpočtové techniky k řešení pohybových rovnic tekutin. Tento software se využívá převážně pro výpočty hydrauliky kapalin, proudění plynů a pro výpočty přenosů tepla.

Z důvodu vzájemného ovlivnění objektů na stokové síti v blízkosti retenční nádrže nebyla pomocí 3D matematického modelu posouzena pouze samotná retenční nádrž, ale celý kanalizační uzel v jejím okolí. Bez tohoto rozsahu by nebylo možné posoudit komplexní funkci celého systému, tzn. propojení toků s kanalizačním systémem.

Pomocí trojrozměrného modelování lze o chování simulovaného objektu získat ucelenou řadu informací, které je možné použít pro návrh opatření nutných k dosažení požadovaného stavu u daného objektu.

Klíčová slova
matematické modelování – retenční nádrž – 3D nestacionární proudění – turbulentní proudění – stokování

Úvod

Matematické modelování je moderní nástroj, který se využívá v technických, přírodních, ekonomických i sociálních oborech. Matematické modely popisují různé systémy s pomocí množin vstupních a výstupních proměnných, parametrů a rovnic, které určují stavy daného systému. Matematické modelování má své využití v technické praxi při návrhu a vývoji výrobků, zařízení a stavebních konstrukcí, stejně jako v základním a aplikovaném výzkumu. S rozvojem na poli výpočetní techniky v posledních letech se matematické modelování stalo dostupným širokému spektru uživatelů a díky výkonu dnešních počítačů s více jádrovými procesory je řešení simulací náročných na výpočetní výkon časově přijatelné.

Matematické modely se využívají i ve vodním hospodářství. Jedná se především o návrhy optimalizace a popisy proudění ve vodohospodářských objektech. Pro ověření návrhu byl matematický model použit i u retenční nádrže Jeneweinova, kde doplňoval model fyzikální.

Povodí RN Jeneweinova

Retenční nádrž Jeneweinova je jednou z nejvýznamnějších staveb na kanalizační síti města Brna zajišťující zlepšení čistoty řek protékajících městem. Její umístění v centru města a technické řešení ověřené jak fyzikálním, tak matematickým modelováním a následná realizace ve složitých geologických podmínkách dalo vzniknout jedinečnému vodohospodářskému dílu.

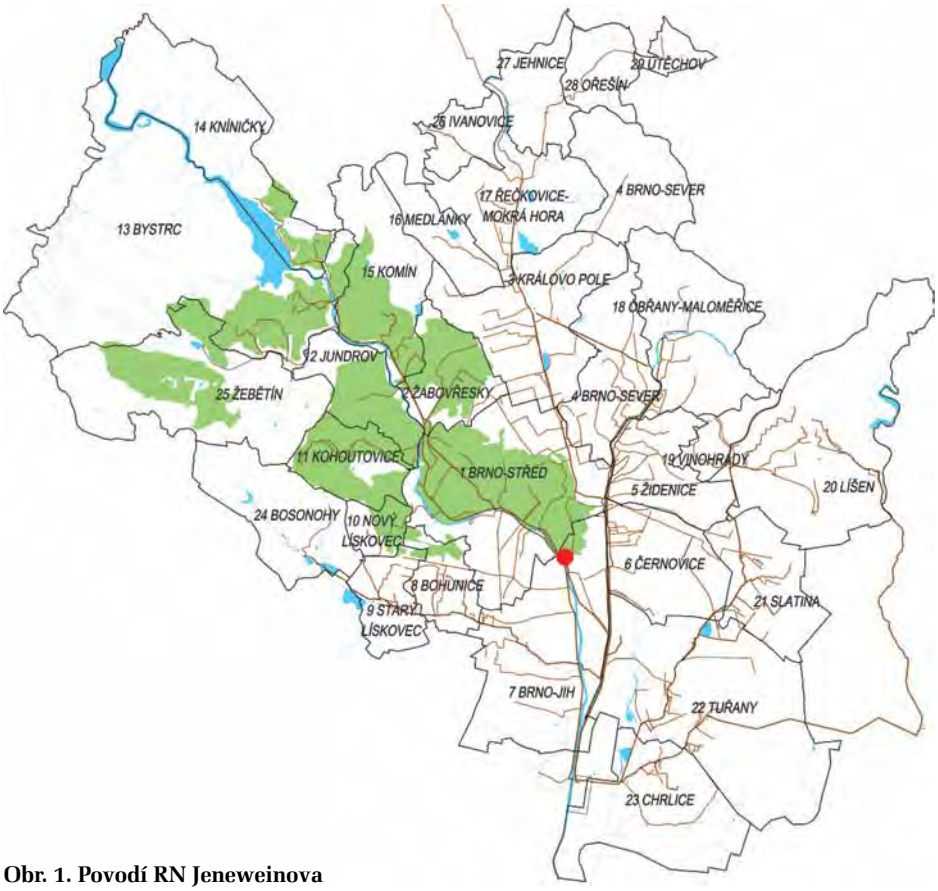
Jedná se o podzemní akumulační objekt, který je navrhovaný podle zásad nově koncipovaného Generelu odvodnění města Brna (GOmB), který slouží jako analytický podkladový materiál pro Územní plán města Brna [5].

Retenční nádrž Jeneweinova zajistí ochranu recipientů Svratky a Svitavského náhonu před jejich znečišťováním odpadními vodami z kanalizace za dešťových událostí. V retenční nádrži se budou v průběhu intenzivnějších dešťů akumulovat odpadní vody, které přitékají převážně jednotnou kanalizací z povodí kmenové stoky B a stoky B01. Retenční nádrž je koncipovaná ve vedlejší trati, a proto menší srážky přepad do nádrže nezpůsobí. Regulaci průtoků odpadních vod v bifurkačních bodech zajišťují nově vybudované odlehčovací komory (OK) na kmenové stoce B a na stoce B01. K těmto OK přitékají odpadní vody z částí města od Kníničské přehrady na severu města až po uzávěrný profil zájmového území včetně historického centra Brna. Rozsah povodí RN je zřejmý z **obr. 1**. Odvodnění bylo v tomto území v minulosti koncipováno z cca 60 % jako jednotná kanalizace. Návrh odkanalizování veškerých rozvojových ploch již v současnosti podléhá schváleným pravidlům hospodaření s dešťovými vodami a aplikaci oddílného stokového systému v těchto plochách.

Popis RN Jeneweinova (obr. 2)

Retenční nádrž je situovaná v místě nad stávající shybkou, kterou kmenová stoka B podchází pod Svitavským náhonem. Kapacita shybky omezuje průtok do úseků kanalizační sítě pod shybkou. Toto škrcení bylo důvodem zpětného vzdutí ve stokové síti s důsledkem početných přepadů odpadních vod na přilehlých odlehčovacích komorách do řeky Svratky a do Svitavského náhonu s následným znečišťováním těchto vodních toků.

Retenční nádrž je navržena jako průtočná se dvěma postupně plněnými komorami – vnitřní retencí o objemu 4 000 m³ a vnější retencí o objemu 4 600 m³. Takto navržené rozdělení celkového akumulačního objemu komor zajistí, že v dlouhodobém průměru by měla být vnější retence plněna v méně jak 50 % dešťových událostí, jež překročí regulovaný odtok na ČOV v Modřicích.



Obr. 1. Povodí RN Jeneweinova

V případě zaplnění vnitřní a vnější retence bude voda odtékat do recipientu odtokovou galerií. Na vstupu do odtokové galerie je navržena norná stěna a štěrbina, jež reguluje odtok v rozsahu od 0,80 do 2,00 m³/s. V případě, že by přítok do místa RN po naplnění jejího akumulačního objemu překračoval možnosti řízeného průtoku nádrží, dojde k přímému přepadu do recipientů v odlehčovacích komorách přes vnější, výše položené přepadové hrany.

Návrhové parametry RN Jeneweinova

Kmenová stoka B – OK-B

$Q_{přítok\ deště}$	max.	8,40 m³/s
$Q_{přítok\ splašky}$		0,50 m³/s
$Q_{odtok\ ČOV}$		1,70 m³/s
max. odtok do RN		5,82 m³/s

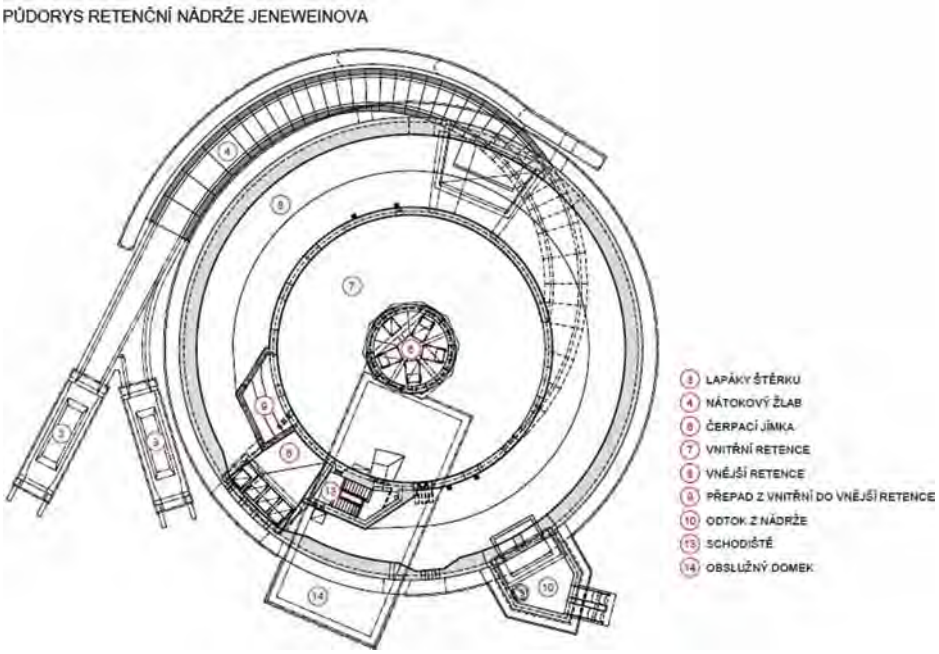
Hlavní stoka Dornych – Plotní

$Q_{přítok\ deště}$	max.	2,650 m³/s
$Q_{přítok\ splašky}$		0,014 m³/s
$Q_{odtok\ ČOV}$		0,070 m³/s
max odtok do RN		2,580 m³/s
Objem RN	***max.***	***8 600 m³***

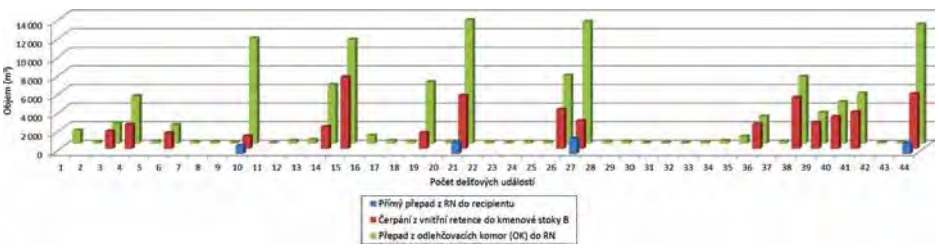
Doba prázdnění nádrže po skončení srážky 8 hod. – dle kapacitních možností ČOV

Účinnost RN Jeneweinova

Nejvýznamnější funkcí retenční nádrže je snížení počtu přepadů a látkového zatížení recipientů z jednotné kanalizace za dešťových událostí. Hydraulickým posouzením výhledového stavu na detailním kalibrovaném hydrologickém modelu kmenové stoky „B“ by v sledovaném místě stokové sítě za současných podmínek bylo možno zaznamenat 17 přepadů/rok do řeky Svratky. Při vybudování RN Jeneweinova se v typickém srážkovém roce výrazně sníží počet přepadů i celkový vypouštěný objem odpadních vod z kanalizace do recipientu. Celkový počet přímých přepadů v tzv. „typickém roce“ (podrobný rozbor metodiky pro určení tzv. „typického roku“ viz [2]) by měl poklesnout ze 44 na 4 přepady za rok (**obr. 3**). V jejich průběhu nastává přímý přepad do Svratky bez předčištění odlehčovaných vod v RN a přepad do Svitavského náhonu je téměř eliminován.



Obr. 2. Půdorys RN Jeneweinova



Obr. 3. Znázornění přepadů do recipientu po výstavbě RN Jeneweinova

Matematický model RN Jeneweinova

Použití matematických modelů je velmi vhodná cesta k návrhu a posouzení objektů na stokových sítích. Tento postup má mnoho výhod oproti použití klasických metod pro návrh a posouzení těchto objektů a ukazuje na problémy, které by byly při těchto postupech jen těžko zjistitelné.

Proudění ve stokové síti je velmi složité a nelze úplně přesně popsat jeho vlastnosti a chování. Proto se pro výpočty proudění používá model stavu, kde je toto chování a vlastnosti zjednodušené. Tyto zjednodušující předpoklady sice zmenšují přesnost výsledků oproti skutečnosti, ale pomohou formulovat problém a sestavit matematický popis jevu.

Vytvoření fyzikálního popisu prostředí, v němž se jev odehrává, musí obsahovat počáteční a okrajové podmínky, geometrická omezení, zanedbání jistých vlivů (např. stlačitelnost, přenos tepla) a vlastnosti kapaliny.

Matematický model Retenční nádrže Jeneweinova byl vytvořen v softwaru FLOW-3D. FLOW-3D je univerzální CFD (Computational Fluid Dynamics) software pro výpočet proudění tekutin v ustáleném i neustáleném režimu. Flow-3D využívá výpočtové techniky k řešení pohybových rovnic tekutin. Tento software se využívá převážně pro výpočty hydrauliky kapalin, proudění plynů a pro výpočty přenosů tepla.

Ve Flow 3D je nejčastěji pro simulace používán k-ε model, který patří k nejrozšířenějším modelům turbulentního proudění. Jedná se o 2rovnicový model využívající dvou rovnic, které jsou vyjádřeny pro kinetickou turbulentní energii k a její disipaci ε.

Flow-3D metodou konečných objemů řeší RANS (ReynoldsAveragedNavier-Stokesequations) na nerovnoměrné pravoúhlé mřížce. Vytvořením výpočetní sítě neboli mřížky každý matematický model začíná (**obr. 4**). Mřížka se skládá z několika vzájemně propojených prvků neboli buněk. Tyto buňky rozdělují fyzický prostor na malé objemy s návazností na jiné buňky pomocí uzlů. V uzlech se ukládají neznámé veličiny, jako je tlak, rychlost, teplota atd. Tato mřížka je pak numerický prostor, který nahrazuje originální, fyzický vzor. Pomocí mřížky se definují parametry proudění pomocí okrajových podmínek.

Výpočetní mřížka diskretizuje fyzický vzor simulovaného modelu. Každý parametr tekutiny je pak popsán v mřížce pomocí hodnot v diskrétních bodech. Na hustotě bodů (hustotě mřížky) pak závisí přesnost matematického modelu.

Jednotlivé buňky obdelníkového tvaru jsou číslovány pomocí 3 indexů, a to ve směru osy x, osy y a osy z, takže každá buňka může být snadno identifikována pomocí parametrů (i, j, k).

Obdelníková struktura mřížky má mnoho předností. Jsou na ní založeny, vzhledem ke stabilitě a přesnosti výpočtů, numerické metody *Metoda konečných diferencí* a *Metoda konečných objemů*, která je základem numerického řešení Flow-3D.

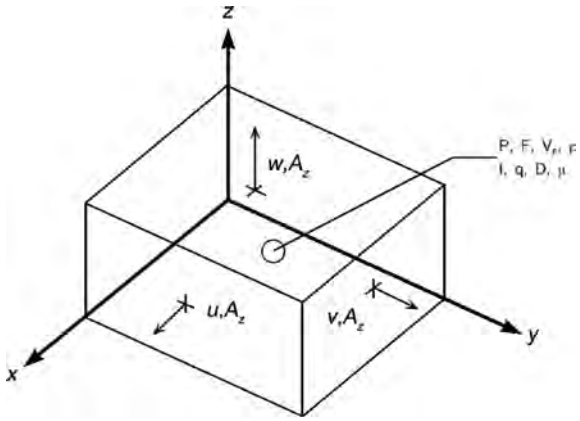
Tvorba výpočetní mřížky

Kolem všech objektů byla vytvořena výpočetní mřížka. Vzhledem k různorodým dimenzím potrubí, diametrálně odlišným rozměrům jednotlivých objektů a obsáhlé řešené oblasti muselo být vytvořeno více výpočetních mřížek.

Pro potřeby simulace bylo vytvořeno 15 výpočetních mřížek s proměnnou velikostí buněk. Jemnější mřížka je v místech řešených objektů, kde je zapotřebí docílit přesnějšího popisu proudění. Hrubší mřížka je v místech, kde je potřeba docílit pouze transportu kapaliny se zpětnou vazbou, např. pro docílení zpětného vzdutí. Celkově je v modelu přes 3 300 000 buněk, z toho je cca 1 120 000 buněk aktivních.

Počáteční podmínky

U modelů popsaných diferenciálními rovnicemi musíme popis doplnit příslušným počtem okrajových a počátečních podmínek. Pro každou nezávislou proměnnou potřebujeme tolik vzájemně nezávislých podmínek, jaký je



Obr. 4. Buňka výpočetní mřížky

nejvyšší v rovnicích se vyskytující řád derivace podle této proměnné. Formulace počátečních a okrajových podmínek je nedílnou součástí vytváření matematického modelu.

Jako počáteční podmínky bylo v matematickém modelu stanoveno proudění ve Svratce a ve Svitavském náhonu pomocí kóty hladiny, která byla stanovena na 1letý průtok. Dále bylo zadáno proudění ve stokové síti z 1D modelu při zatížení 2letým Šifaldovým deštěm.

Při porovnání s fyzikálním modelem byly zadány konstantní průtoky, které umožňovaly porovnání obou modelů.

Okrajové podmínky

Okrajové podmínky je nutné nastavit na všech výpočetních mřížkách. Ať už se jedná o okrajové podmínky, které určují či ovlivňují proudění, nebo o okrajové podmínky, které vlastnosti proudění neovlivňují.

V posouzení retenční nádrže byly použity **následující okrajové podmínky:**

Tlakové okrajové podmínky (Specified Pressure)

Tlaková podmínka se používá při zadání pevné úrovně hladiny, např. v nádržích. Tato podmínka nemůže být použita tam, kde je určené rychlostní pole proudění. Tlakovou okrajovou podmínku používáme například tam, kde je v potrubí známa hladina proudění. Tlaková podmínka byla použita pro určení proudění ve Svratce a Svitavském náhonu, aby docházelo k ovlivňování proudění ve výustech z odlehčovacích komor. Dále byla tlaková podmínka zadána na odtoku ze shybky pod Svitavským náhonem, kde byla zadána hladina vody v potrubí z 1D matematického modelu.

Okrajová podmínka průtoku (Volume Flowrate)

Okrajová podmínka průtoku se zadává tam, kde je znám průtok proudění. Průtok v této okrajové podmínce lze doplnit výškou proudění. Okrajová podmínka průtoku byla zadána na přítokových potrubích do OK-B a OK-Kn, kde byly převzaty průtoky a průběhy hladin z 1D matematického modelu. Do matematického modelu byl zadán přesný průběh průtoku, těsně před začátkem přepadu z OK-Kn. Na přítocích nebylo uvažováno zpětné vzdutí z odlehčovacích komor z důvodu nezkreslování průtoku. Nezadání zpětného vzdutí do okrajové podmínky neznamená, že zpětné vzdutí z odlehčovací komory nebude probíhat.

Okrajová podmínka symetrie (Symmetry Plane)

Okrajová podmínka symetrie se používá v případě, že je geometrie a předpokládané proudění zrcadlově symetrické. Při symetrické podmínce se nezadávají další parametry. Předpokládá se nulový tok všech veličin přes symetrické hranice a nulovou normálovou rychlost. To znamená, že normálové složky rychlosti na rovinu symetrie jsou nulové a také normálové gradienty proudových veličin jsou nulové.

V modelech, u kterých je použito více výpočetních mřížek, probíhá převod rychlostí a tlaků mezi jednotlivými mřížkami. Tlaky a rychlosti jsou interpolovány z aktivních síťových uzlů vstupní mřížky do krajních uzlů přijímací mřížky. Tento postup se opakuje v opačném směru, aby byla zajištěna přesnost přenosu. Pokud je okrajová podmínka definována z hlediska tlaku, pak se jedná o okrajovou podmínku Dirichletova typu. Pokud podmínka je definována z hlediska rychlosti, pak jde o podmínku Neumannova typu.

Vyhodnocení výsledků matematického modelu

Posouzení uzlu v okolí retenční nádrže Jeneweinova bylo provedeno ve výpočtovém prostředku Flow 3D, který umožňuje vyšetřit rychlostní pole, rozložení tlaků, pohyb částic a mnoho dalších ukazatelů důležitých pro správný návrh a posouzení objektů na stokových sítích. Výsledky z matematického modelu byly použity jako podklad pro návrh tvaru a ověření hydraulické funkce retenční nádrže.

Nátokové žlaby a soutok žlabů

Nátokové žlaby z obou odlehčovacích komor mají rozměry 1,6 x 1,0 m (OK-Kn) a 1,8 x 1,2 m (OK-B) a jsou na nich umístěny lapáky štěrku. Soutok žlabů z OK-B a OK-Kn se nachází hned za lapáky štěrku na obou přítokových žlabech. Za soutokem žlabů začíná sestupná část nátokového žlabu do RN. Přepad z OK-B převažuje na soutoku žlabů nad přítokem z OK-Kn. Při stejném zatížení obou povodí odlehčovacích komor bude z OK-B přepadat větší množství odpadní vody a bude docházet k vzdouvání do nátokového žlabu z OK-Kn.

Nátokový žlab do RN

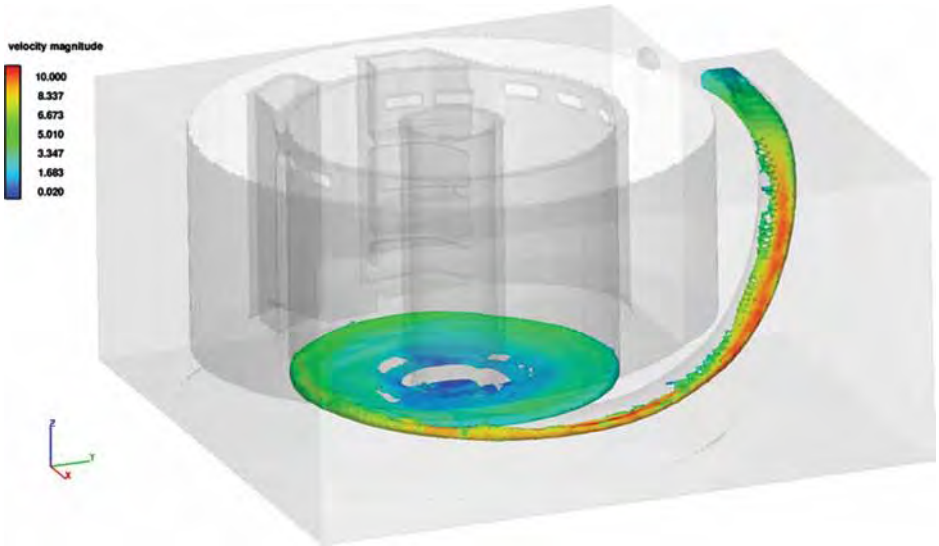
Nátokový žlab o rozměrech 2,2 x 1,2 m musí překonat výškový rozdíl cca 15,0 m od soutoku žlabů po tangenciální nátok do vnitřního retenčního prostoru. Tento výškový rozdíl způsobuje vznik rychlostí ve spodní části nátokového žlabu kolem 12,0 m/s. Vzhledem ke složitým hydraulickým podmínkám ve žlabu bylo provedeno několik návrhů tvaru nátokového žlabu. Byl posuzován obdélník o rozměrech (2,2 x 1,2 m), kruh (průměr 1,8 m) a obdélník se zkosenými rohy (2,2 x 1,2 m se zkosením v každém rohu o rozměru 0,2 x 0,1 m).

Z výsledků jednotlivých posuzovaných stavů vyplývá, že nejvhodnější tvar pro nátokový žlab je obdélník se zkosenými rohy (**obr. 5**). Jednak jsou v tomto případě ve žlabu nejnižší rychlosti proudění a navíc rychlostní pole ve žlabu je utvořeno tak, že při stěnách nátokového žlabu jsou výrazně nižší rychlosti než ve středu proudu. Z toho důvodu se předpokládá, že nebude docházet k takovému opotřebení stěn nátokového žlabu, jak by tomu bylo v ostatních případech.

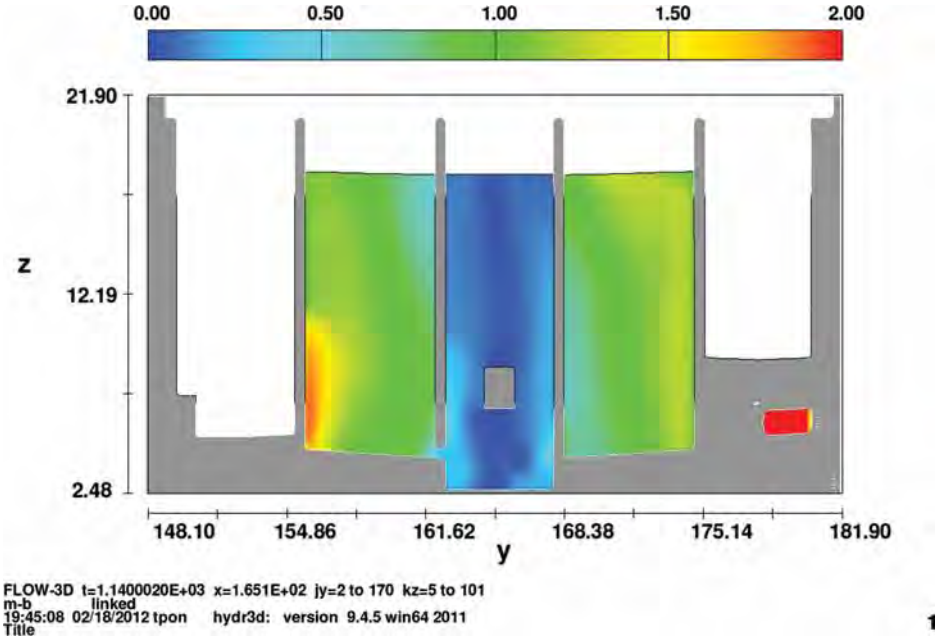
Proudění ve vnitřní retenci

Ve vnitřní retenci dochází vlivem tangenciálního nátoku k rotačnímu proudění s obvodovou rychlostí proudu, která se při stoupající hladině snižuje. To má docílit transportu znečištění do středu vnitřní retence, kde se nachází čerpací jímka, ze které se přečerpává odpadní voda zpět do stokové sítě. Na proudění ve vnitřní retenci má velký vliv nátok ve dně nádrže, který přivádí do prostoru vnitřní retence odpadní vodu o velkých rychlostech (kolem 10 m/s).

Rychlost proudění se vzrůstající výškou v retenci klesá. Při naplnění vnitřní retence se rychlost proudění u hladiny pohybuje mezi 1,0–1,5 m/s (**obr. 6**). To zajistí, že se část znečištění (převážně pevné



Obr. 5. Proudění v nátokovém žlabu



Obr. 6. Rozložení rychlostí ve vnitřní retenci

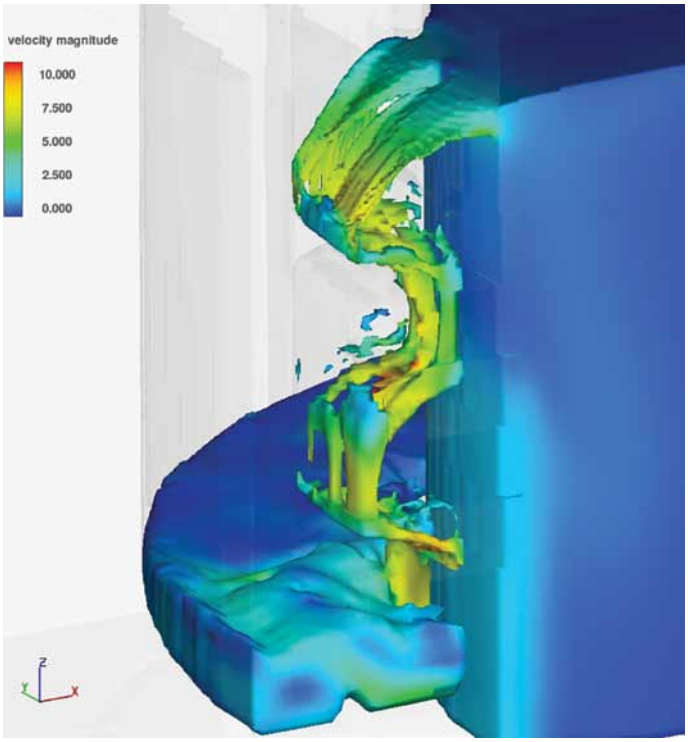
částice) zadrží v prostoru vnitřní retence a bude odčerpáno ze středové jímky. Při výpočtu byly použity i různé modely turbulence. Výsledky při použití jednotlivých modelů byly však shodné.

Spadiště mezi vnitřní a vnější retencí

Po naplnění vnitřní retence dojde k přepadu odpadní vody do vnější retence přepadovými okny umístěnými ve spadišti. Tato okna jsou osazena níže než ostatní přepadová okna a mají za úkol vytvořit ve vnější retenci vodní polštář před přepadem z ostatních oken. Ve spadišti jsou umístěny rozrážecí desky pro utlumení energie přepadající odpadní vody (**obr. 7**).

V matematickém modelu bylo provedeno několik simulací s různými variantami umístění rozrážecích desek pro průtoky ve spadišti 0,0–6,0 m³/s. Bylo zvoleno takové rozmístění desek, aby přepadající voda nepropadala bez utlumení až na dno spadiště při jakémkoliv průtoku v posuzovaném rozmezí. Vyšší průtoky by ve spadišti neměly nastat, neboť kapacita přelivných oken je 5,0 m³/s.

Matematický model byl využit i pro potřeby statického návrhu rozrážecích desek, kdy byly použity tlaky od dopadající odpadní vody na jednotlivé desky.



Obr. 7. Proudění ve spadišti mezi vnitřní a vnější retencí

Závěr

Z důvodu vzájemného ovlivnění objektů na stokové síti v blízkosti retenční nádrže nebyla pomocí 3D matematického modelu posouzena pouze samotná retenční nádrž, ale celý kanalizační uzel v jejím okolí. Posouzení pomocí 3D modelu se týkalo odlehčovacích komor na kmenové stoce B a na stoce Kn, dále byla posouzena shybka pod Svitavským náhonem, která limituje odtok odpadní vody z celého uzlu. V návaznosti na odlehčovací komory byla matematickým modelem posouzena i řeka Svratka a Svitavský náhon, ve kterých byl simulován stav odpovídající jednoletému průtoku. Bez tohoto rozsahu by nebylo možné posoudit komplexní funkci celého systému, tzn. propojení toků s kanalizačním systémem.

Posouzení celého uzlu ve stejném rozsahu nebylo možné dosáhnout pomocí empirických výpočtů. Stejně tak by nebylo možné využít fyzikálního modelu, neboť by to kladlo velké prostorové a finanční nároky a současně by nebylo možné dodržet pravidla fyzikálního modelování, a to zejména vhodně použitá a měřitelná měřítka jednotlivých objektů.

Do budoucna lze předpokládat častější využití 3D simulačních modelů (nejen) pro odlehčovací objekty na stokových sítích s ohledem na stále přísnější požadavky na kvalitu a množství vypouštěných odpadních vod do recipientů. Pomocí trojrozměrného modelování lze o chování simulovaného objektu získat ucelenou řadu informací, které je možné použít pro návrh opatření nutných k dosažení požadovaného stavu u daného objektu z hlediska kvantity a kvality odlehčovaných vod v interakci se stokovou sítí a recipientem.

Literatura/References

[1] Pavlík, O.: Matematické modelování retenčních objektů městského odvodnění. Brno, 2013. 103 s., Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Prax, Ph.D., (in Czech) [Mathematical models of retention object of urban drainage]. Brno, 2013. 103 pp. Doctoral thesis. Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Municipal Water Management. Supervisor: Ing. Petr Prax, Ph.D.

[2] Prax, P. a kol.: Změny hydrologických podmínek, vliv na návrh a provozování systémů městského odvodnění (in Czech). [Prax, P. et al.: Changes in hydrological conditions and their influence on the design and operation of urban drainage systems] sborník přednášek konference Městské vody 2008, str. 85-93, ARDEC s.r.o., ISBN 80-86020-59-2, (in Czech) Hydrological conditions change, impact on the design and operation of urban drainage systems, Conference Urban Water 2008 Proceedings 2008, p. 85–93.

[3] FLOW-3D User's Manual. Flow Science, Inc., Sante Fe, NM, 2010.

[4] Habr, V., Hradská, A.: Retenční nádrže na jednotné stokové síti města Brna (in Czech) [Retention tanks on a combined sewer network of the city of Brno] SOVAK, Brno, 2012.

[5] Generel odvodnění města Brna (in Czech). [Brno City General Master Plan of Urban Drainage] objednatel Statutární město Brno, zpracovatel konsorcium firem Pöyry Environment a. s. a DHI a. s. s hlavním subdodavatelem AquaProcon s.r.o., 2009, (in Czech) Brno City General Master Plan of Urban Drainage, Investor: Brno Municipality, Contractor: Consorcium of Pöyry Environment a. s. a DHI a.s., main subcontractor AquaProcon s. r. o.

Ing. Ondřej Pavlík (autor pro korespondenci)
Ing. Tomáš Studnička
Pöyry Environment a. s.
Botanická 834/56
602 00 Brno
tel.: 541 554 321
e-mail: ondrej.pavlik@poyry.com

Verifiying the Jeneweinova retention tank by using a 3D mathematical model (Pavlík, O.; Studnička, T.)

Abstract

The Jeneweinova retention tank (designed to protect the Svratka river and Svitava mill race from pollution during rainfalls) is one

of the most important structures in the sewer network of the city of Brno. It provides improved cleanliness of the rivers flowing through the city. Its location in the city center together with a proven technical solution, which was verified through physical and mathematical modelling and then implemented in complex geological conditions, resulted in a unique hydraulic structure.

The retention tank is designed to allow a flow through two retention chambers - the inner one with a volume of 4000 m³, the outer one with a volume of 4600 m³. Such a distribution of the total storage volume ensures that over the long term, the outer retention tank will be filled in less than 50 % of rainfall events which exceed the regulated drain to the WWTP Modřice.

The mathematical model for the Jeneweinova retention tank was created by the FLOW-3D software. FLOW-3D is a versatile CFD (Computational Fluid Dynamics) software for calculating the fluid flow in steady and unsteady mode. FLOW-3D uses computational techniques to solve the equations of motion of fluids. This software is mainly used for the calculation of hydraulic fluids, gas flow, and heat transfer.

Due to interaction between the retention tank and the sewer system with all its structures in the vicinity of the retention tank, the mathematical model included the retention tank together with the entire sewer system in the neighborhood. Owing to the extent of the mathematical model it was possible to assess the hydraulic function of the whole system.

Three-dimensional mathematical modeling can be used for obtaining comprehensive information about the performance of simulated structures. The information may be used to propose technical measures for the structure so as to achieve the desired performance of the structure.

Key words
mathematical modeling – retention tanks – 3D unsteady flow – turbulent flow – sewerage

Tento článek byl recenzován a je otevřen k diskusi do 30. června 2014. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků.
Příspěvky posílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.

Možnosti využití výsledků projektu QI102A265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“ při plánování v oblasti vod

Libor Ansorge, Josef Krása

Abstrakt

Eroze patří mezi významný zdroj znečištění našich vod. Plány povodí pak v případech, kdy vodní útvar nedosáhne dobrého stavu ve smyslu požadavků Rámcové směrnice vodní politiky, musí obsahovat nápravná opatření nezbytná k dosažení dobrého stavu vod. V uplynulých čtyřech letech probíhal projekt, jehož účelem bylo připravit postupy a podklady pro usnadnění návrhů opatření v povodí nádrží ohrožených eutrofizací při druhém cyklu plánování v oblasti vod. Předložený článek popisuje dosažené výsledky projektu a možnosti jejich využití při aktualizaci plánů povodí.

Klíčová slova
eutrofizace – eroze – plány povodí – návrhy opatření

Plány povodí a v nich obsažené programy opatření jsou podle tzv. Rámcové směrnice vodní politiky (Směrnice 2000/60/ES) jedním z hlavních nástrojů k dosažení, resp. udržení dobrého stavu vod a jejich ochraně před znečištěním. Plány oblastí povodí [1–8] přijaté v roce 2009 byly vyvrcholením prvního cyklu plánování v oblasti vod. S ohledem na přechodné období pro implementaci Směrnice 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod, které bylo v rámci přístupové smlouvy ČR k EU vyjednáno do 31. 12. 2010, není s podivem, že hlavní pozornost při návrzích opatření v plánech oblastí povodí byla upřena na problematiku bodových komunálních zdrojů znečištění. Problematika plošných zdrojů znečištění a zejména problematika zemědělských zdrojů znečištění byla popsána pouze obecně tzv. opatřeními typu B.

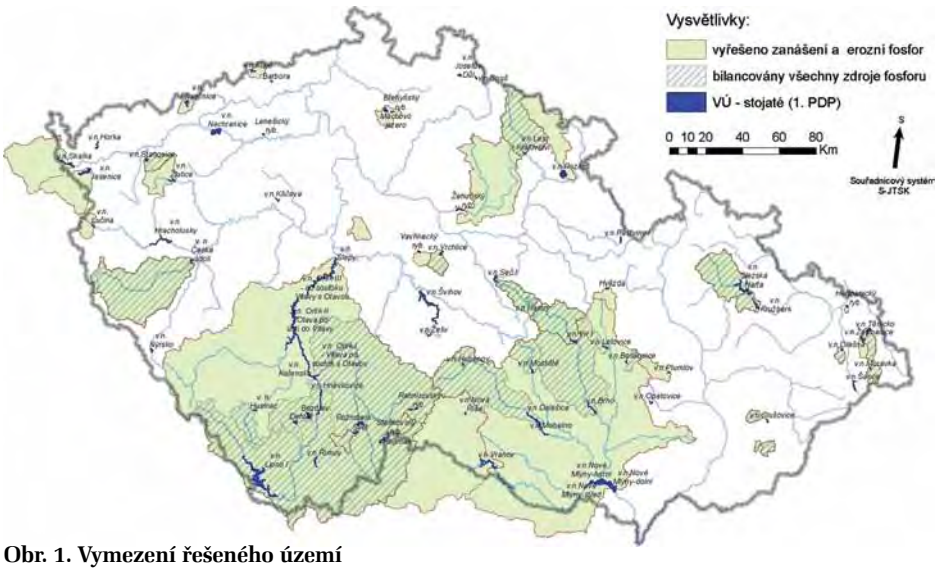
Typy opatření jsou v plánech oblastí povodí popsány takto:

List opatření typu A – Navržené opatření řeší konkrétní problematickou lokalitu konkrétním způsobem. Opatření je identifikováno svým názvem a umístěním včetně konkretizace vodního útvaru. Způsob řešení je kromě popisu navrhovaného stavu přesně vymezen parametry opatření a vychází z již zpracovaných materiálů. Všechna opatření tohoto typu jsou zpracována jednotným způsobem v centrální databázi.

List opatření typu B – Navržené opatření řeší daný vodní útvar, kde je identifikován problém (vliv). Vzhledem k nedostatku informací o problému (vlivu) není možné opatření popsat do takového detailu, jako je tomu u listu opatření typu A, a jde tedy jen o jeho rámcový popis.

List opatření typu C – Opatření reaguje na obecně chápaný problém (vliv), který vzhledem ke své povaze nelze řešit konkrétním fyzickým opatřením, ale pouze opatřením na úrovni platných právních předpisů. Jde zejména o popis problému a možnosti jeho řešení vyplývající ze současné národní legislativy.

Jistá obecnost opatření na omezení znečištění ze zemědělských zdrojů je dána také skutečností, že správci povodí, jakožto pořizovatelé plánů oblastí povodí a v současnosti plánů dílčích povodí, mají jen velmi omezené možnosti ovlivňovat chování zemědělců při obhospodařování svých pozemků, a tudíž i limitované možnosti přímého omezování vnosu znečištění ze zemědělských zdrojů. Ministerstvo zemědělství má nejen možnosti ovlivňovat počínání zemědělců, ale je podle ustanovení vodního zákona (zákon č. 254/2001 Sb.) zároveň jedním ze spolupořizovatelů plánů oblastí povodí i plánů dílčích povodí. Proto Ministerstvo zemědělství již v roce 2008 na základě předběžných návrhů opatření v plánech oblastí povodí zajistilo u ČVUT zpracování studie týkající se erozní ohroženosti vodních útvarů [9]. Smyslem



Obr. 1. Vymezení řešeného území

studie bylo doplnit obecná opatření v plánech oblastí povodí týkající se plošných zdrojů znečištění o podrobnější datové sady, ze kterých by mohli investoři čerpat podklady pro detailní návrhy konkrétních zásahů v ploše povodí vodních útvarů. Součástí těchto prací bylo též doplnění či upřesnění listu opatření k omezení eroze z pohledu transportu chemických látek. Správci povodí dostali jako výstup této aktivity datové vrstvy obsahující kategorizaci rizika erozního smyvu v jednotlivých katastrech, povodích a výpočetních elementech, ve kterých bylo provedeno řešení pomocí rastrové GIS analýzy území. Každý výpočetní element představoval území o velikosti 25 x 25 m [10]. Dále byly předány vrstvy obsahující informaci o průměrném sklonu farmářských bloků a sklonu v jednotlivých řešených výpočetních elementech.

Zemědělství je jedním z hlavních zdrojů dusíku, který nacházíme ve vodních tocích. Problematika zdrojů dusíku ze zemědělství je legislativně podchycena Nitrátovou směrnicí (Směrnice 91/676/EHS). Do vyjasnění způsobu hodnocení stavu vod, které bylo v rámci prvního cyklu plánování v oblasti vod mírně řečeno provizorní [11], byla obecně přijata myšlenka, že dokud se neprokáže nutnost zpřísnit opatření zaváděných v rámci Akčního programu podle § 33 vodního zákona, předpokládá se, že tato opatření budou postačovat k potřebnému omezení vnosu dusíku a jeho sloučenin do vod. Proto také nebyly v prvním plánovacím cyklu vyhodnoceny požadavky na zvýšenou míru ochrany před vnosem dusíku z plošných zdrojů do vod. K tomuto přístupu přispěla i situace s dostupností dat o používání dusíku v zemědělství, která jsou od r. 2000 dostupná pouze na úrovni krajů. Protože pro první plánovací cyklus nebyla k dispozici data z přímého monitoringu vod, byla do hodnocení rizikovosti a vlivů v prvním cyklu použita data o spotřebě dusíku z roku 1999. Obdobně nejistá situace nastala v případě znečištění pesticidy, kdy plány povodí konstatují, že znečištění pesticidy z plošných zdrojů lze považovat za významný problém, avšak většina problémových pesticidů je v době přijímaní plánů oblastí povodí zakázána, nebo bude jejich zákaz aplikován v nejbližší době [např. 3 s. 55]. Stejně tak Plány oblastí povodí v případě hodnocení fosforu z plošných zdrojů poukazují na některé problémy s jeho hodnocením. Studie ČVUT [9] poukázala na určité problémy při řešení zadané úlohy, zejména pak skutečnost, že při řešení podle zadání Ministerstva zemědělství nebyla řešena celá povodí vybraných vodních nádrží. Studie proto doporučila v navazujících pracích zahrnout do řešení celá povodí vodních nádrží bez ohledu na skutečnost, zda jsou vodní útvary v dotčených povodích vodních nádrží riziková.

Ministerstvo zemědělství pak v roce 2009 v rámci programu vědy a výzkumu Národní agentury pro zemědělský výzkum vybralo k podpoře projekt QI102A265 „Určení podílu erozního fosforu na eutrofizaci ohrožených útvarů stojatých povrchových vod“. Projekt byl realizován v letech 2010 až 2013 ve spolupráci ČVUT v Praze, VÚV T.G.M v.v.i., Biologického centra AV ČR v.v.i. a státního podniku Povodí Vltavy. Na začátku řešení bylo třeba vybrat vodní nádrže, kterými se bude projekt zabývat. Do výběru vstoupilo všech 71 nádrží, které byly v prvním kole plánování v oblasti vod vymezeny jako útvary stojatých vod. Zároveň byli osloveni správci povodí s výzvou na vytipování dalších nádrží, které považují za rizikové z hlediska eutrofizace. Výsledkem byl seznam 75 nádrží, které byly následně posouzeny použitím optimalizovaného Volenweider/Larsen-Mercierova modelu a optimalizovaného OECD modelu [12]. Z celkového počtu 75 posuzovaných nádrží bylo k řešení v projektu vybráno celkem 58 nádrží uvedených v **tab. 1** a na **obr. 1**. Plocha povodí vybraných nádrží znázorněná na **obr. 1** je bezmála 31 500 km^2, přičemž mimo území ČR (v Rakousku, ve Spolkové republice Německo a v Polsku) leží 3 984 km^2 povodí.

Pro těchto 58 nádrží byly nástroji GIS simulovány erozní procesy, transport splavenin i jejich retence v povodí. Výpočetní element reprezentoval území o velikosti 10 x 10 m a pro řešení byly použity nejnovější techniky a postupy [13, 14]. Výsledkem analýz jsou připravené datové sady a mapy:

- průměrného ročního smyvu a ukládání sedimentu po jednotlivých elementech,
- průměrné roční ztráty půdy na jednotlivých zemědělských pozemcích,
- průměrného ročního objemu sedimentu a fosforu transportovaného do vodních nádrží v jednotlivých podpovodích IV. řádu,
- průměrného ročního množství erozního fosforu transportovaného do cílových nádrží,
- průměrného dlouhodobého zatížení úseků vodních toků (vodních útvarů) sedimentem a erozním fosforem,
- dlouhodobého průměrného zanášení všech nádrží (včetně MVN) v řešených povodích.

Aby mohli využít výsledků projektu nejen pořizovatelé plánů povodí, ale i široká odborná veřejnost, vyjde během roku 2014 publikace „Eroze zemědělské půdy a její význam pro eutrofizaci vodních nádrží v České republice“ shrnující výsledky projektu. Kniha bude doplněna o mapový atlas všech řešených povodí s uvedenými hodnotami transportu sedimentu i fosforu v měřítku 1 : 120 000.

Tab. 1. Seznam nádrží řešených v projektu. Ve zvýrazněných povodích jsou k dispozici bilance všech zdrojů fosforu za roky 2006–2010

Vodní nádrž	Dílčí povodí
Nádrž Les Království	Horního a středního Labe
Nádrž Rozkoš	Horního a středního Labe
Nádrž Hvězda	Horního a středního Labe
Nádrž Hamry	Horního a středního Labe
Nádrž Seč I	Horního a středního Labe
Nádrž Vrchlice	Horního a středního Labe
Žehuňský rybník	Horního a středního Labe
Vavřinecký rybník	Horního a středního Labe
Nádrž Lipno I	Horní Vltavy
Nádrž Římov	Horní Vltavy
Dehtář	Horní Vltavy
Bezdrev	Horní Vltavy
Nádrž Hněvkovice	Horní Vltavy
Staňkovský rybník	Horní Vltavy
Hejtman (Koštěnický potok)	Horní Vltavy
Svět	Horní Vltavy
Rožmberk	Horní Vltavy
Hejtman (Hamerský potok)	Horní Vltavy
Ratmírovský rybník	Horní Vltavy
Nádrž Kořensko	Horní Vltavy
Nádrž Husinec	Horní Vltavy
Nádrž Orlík I – Vltava po soutok s Otavou	Horní Vltavy
Nádrž Orlík II – Otava po ústí do Vltavy	Horní Vltavy
Nádrž Orlík III – od soutoku Vltavy s Otavou	Dolní Vltavy
Nádrž Slapy	Dolní Vltavy
Nádrž Lučina	Berounky
Nádrž České údolí	Berounky
Nádrž Žlutice	Berounky
Nádrž Skalka	Ohře a dolního Labe
Nádrž Jesenice	Ohře a dolního Labe
Nádrž Stanovice	Ohře a dolního Labe
Máchovo jezero	Ohře a dolního Labe
Nádrž Přísečnice	Ohře a dolního Labe
Nádrž Fláje	Ohře a dolního Labe
Nádrž Slezská Harta	Odry
Nádrž Kružberk	Odry
Nádrž Morávka	Odry
Nádrž Olešná	Odry
Nádrž Žermanice	Odry
Heřmanický rybník	Odry
Nádrž Těrlicko	Odry
Nádrž Plumlov	Moravy
Nádrž Vranov	Dyje
Nádrž Nové Mlýny I. – horní	Dyje
Nádrž Vír I	Dyje
Nádrž Brněnská	Dyje
Nádrž Letovice	Dyje
Nádrž Boskovice	Dyje
Nádrž Hubenov	Dyje
Nádrž Dalešice	Dyje
Nádrž Mohelno	Dyje
Nádrž Mostiště	Dyje
Nádrž Nové Mlýny II. – střední	Dyje
Nádrž Nové Mlýny III. – dolní	Dyje
Nádrž Hostivař	Dolní Vltavy
Nádrž Fryšták	Moravy
Nádrž Ludkovice	Moravy
Nádrž Luhačovice	Moravy

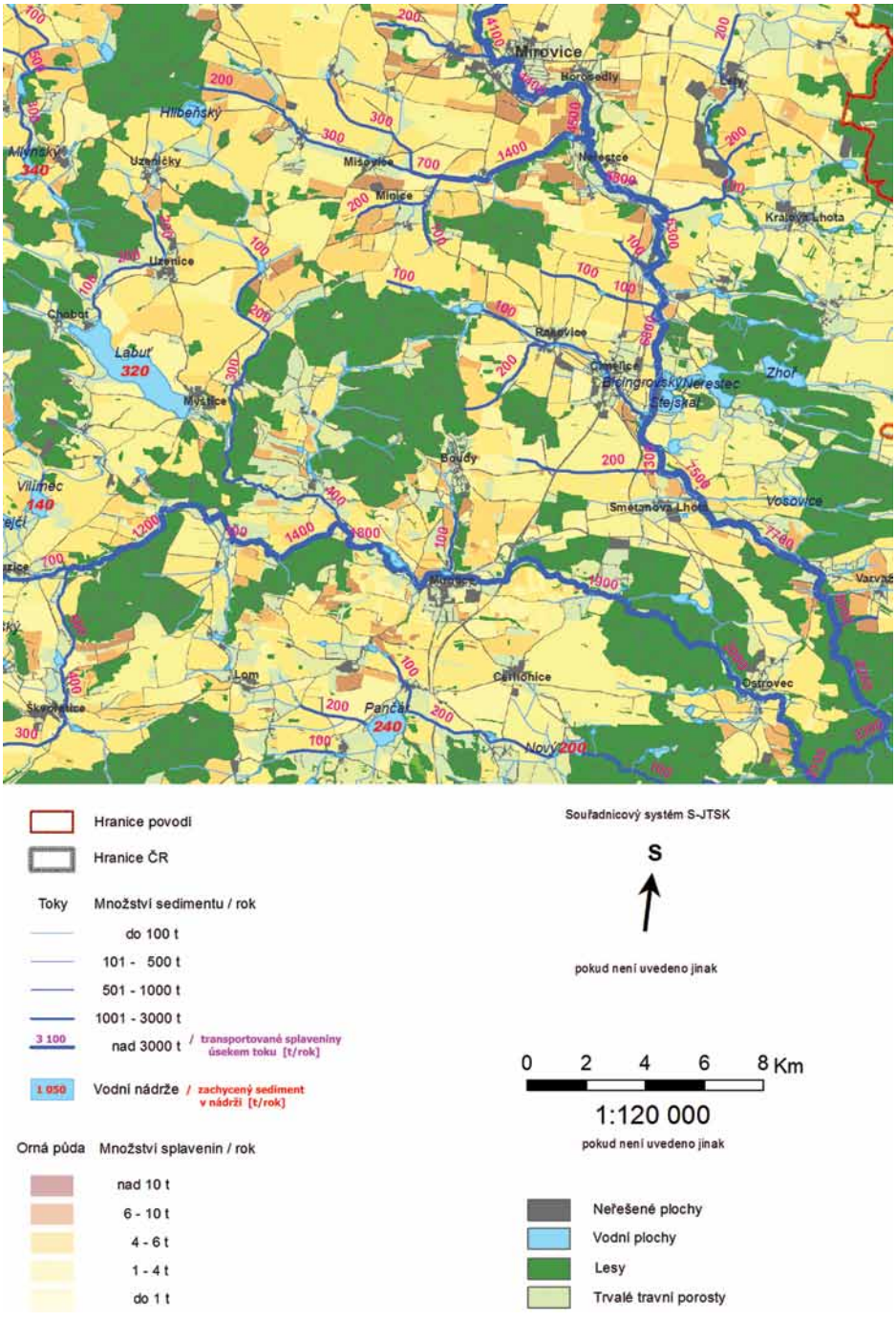
Výřez listu připravovaného atlasu na **obr. 2** představuje syntézu map průměrného odnosu z pozemků, dlouhodobého zatížení úseků toků sedimentem a zanášení dílčích nádrží. Datové sady je možno využít k dalším analýzám prioritních lokalit pro návrhy opatření. Kartogram na **obr. 3** představuje porovnání nejrizikovějších lokalit z různých hledisek v povodích Svratky a Jihlavy. Pro snížení zanášení je třeba opatření cílit do území s největším transportem sedimentu, pro zachování úrodnosti do území s největším transportem erozního P_{celk} a pro omezení eutrofizace do území s největším transportem erozního P-PO_4. Je zřejmé, že se nejedná vždy o stejná dílčí povodí, i když je ve všech případech hodnocen transport působený erozí na zemědělské půdě.

Pro 31 nádrží zvýrazněných v **tab. 1** bylo také provedeno bilanční hodnocení zdrojů fosforu v období 2006–2010 podle metodiky doc. Hejzlara [15], aktualizované v rámci projektu QI102A265 z hlediska zahrnutí modelového vyčíslení erozního fosforu [14].

Hlavním výsledkem projektu je však metodika „Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy“ [16]. Připravená metodika byla certifikována Ministerstvem zemědělství a představuje významnou pomůcku usnadňující řešení problematiky omezování eutrofizace vodních nádrží, resp. vnosu fosforu z erozních procesů do říční sítě, a to nejen v procesu plánování v oblasti vod. Významnost řešení otázky fosforu ještě zdůrazňují výsledky hodnocení stavu vodních útvarů povrchových vod. V návaznosti na odvození metodiky pro hodnocení ekologického potenciálu vodních útvarů kategorie jezero [17] byly posouzeny vodní útvary [18], pro které byla poskytnuta data pro odvození metodiky. Fosfor byl hodnocen v 51 vodních útvarech a dobrého stavu pro ukazatel P_{celk} dosáhlo jen 24 vodních útvarů. Tj. **v 53 % hodnocených vodních útvarů kategorie jezero bude potřeba** v souladu s Rámcovou směrnicí vodní politiky **hledat nápravná opatření. Ještě závažnější je situace u vodních útvarů kategorie řeka, kde se** na základě hodnocení stavu vod [19] podle schválených metodik **ukázal fosfor jako „nejproblematičtější“ prvek.** Ve vodních útvarech, kde byl sledován ukazatel P_{celk}, jich 84 % nedosáhne limitu dobrého stavu [20], což činí 76 % všech vodních útvarů kategorie řeka v České republice. U fosforečnanového fosforu P-PO_4 je situace jen nepatrně lepší, protože ve vodních útvarech, kde je tento ukazatel sledován, jich více jak 75 % nedosáhne limitu dobrého stavu [20], což představuje 66 % všech vodních útvarů kategorie řeka v České republice. V této souvislosti je třeba si připomenout, že oproti prvnímu cyklu plánování v oblasti vod byly pro druhý cyklus Ministerstvem životního prostředí schváleny a certifikovány příslušné metodiky hodnocení stavu vod.

Řešení projektu prokázalo, že eroze není až na výjimky rozhodujícím zdrojem P-PO_4, a na aktuální eutrofizaci nádrží se tedy obvykle nepodílí. Eroze je ale jednoznačně jedním z největších zdrojů P_{celk} a fosfor vázaný na sediment chybí na zemědělských pozemcích. Situace v povodí vodních nádrží, ve kterých byla v rámci projektu provedena bilance zdrojů fosforu, je znázorněna na **obr. 4**. Pro vodní útvary, které v rámci hodnocení stavu vod nedosáhnou dobrého stavu, musí být v plánech povodí navržena nápravná opatření, která vytvoří tzv. programy opatření. Při respektování zásady, že problémy je nejefektivnější řešit u zdroje (tj. aplikace principu „znečišťovatel platí“), je nutno dobře definovat veškeré zdroje znečištění v povodí. Právě v tom může pomoci připravená metodika [16], protože řeší nejenom otázku vnosu splavenin a fosforu z eroze, ale přibližuje též postup pro vyhodnocení významnosti jednotlivých zdrojů znečištění. Samotné vyčíslení vnosu splavenin a fosforu erozního původu do říční sítě je pak třeba pouze tam, kde je možno prohlásit, že erozní fosfor nemá zanedbatelný vliv na stav vodního útvaru, resp. tehdy, pokud omezení vnosu erozního fosforu přispěje efektivně k dosažení dobrého stavu.

Samotné stanovení vnosu splavenin a fosforu do říční sítě je pak otázkou zpracování potřebných vstupních dat, která jsou v metodice též podrobně popsána. Protože se však jedná o úlohu náročnou na technické vybavení, mohou být ve druhém kole plánování v oblasti vod pro vodní nádrže řešené v projektu využity přímo spočítané výsledky. Z vodních útvarů kategorie jezero, které nebyly hodnoceny nebo nedosáhnou dobrého stavu [18], bylo v projektu řešeno 36 vodních nádrží, z toho 26 bylo vyhodnoceno jako nedosahující dobrého stavu a 10 nebylo RNDr. Borovcem k 31. 3. 2014 hodnoceno. V případě vodních útvarů kategorie řeka se nachází na území řešeném v projektu 362 vodních útvarů, z toho ve 312 vodních útvarech není podle metodik platných pro druhý cyklus plánování v oblasti vod [20, 21] dosaženo navržených limitů dobrého stavu či dobrého potenciálu pro ukazatel P_{celk} a ve 274 pro ukazatel P-PO_4. Spočítané výsledky projektu tak představují významnou úsporu času i zdrojů, které by pořizovatelé plánů povodí museli alokovat na řešení příslušné úlohy v dotčených vodních útvarech.



Obr. 2. Ukázka výřezu připravovaného atlasu s hodnotami transportu splavenin do toků a nádrží

Literatura/References

[1] *Plán oblasti povodí Horního a středního Labe(in Czech) [Horní a střední Labe River Basin Management Plan]* [online]. Hradec Králové: Povodí Labe, státní podnik. 2009. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/projects/planovaniov/hlavni.aspx.

[2] *Plán oblasti povodí Horní Vltavy(in Czech) [Horní Vltava River Basin Management Plan]* [online]. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik. 2009. Dostupné z: http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VH/index.html.

[3] *Plán oblasti povodí Dolní Vltavy (in Czech) [Dolní Vltava River Basin Management Plan]* [online]. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik. 2009. Dostupné z: http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/VD/index.html.

[4] *Plán oblasti povodí Berounky (in Czech) [Berounka River Basin Management Plan]* [online]. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik. 2009. Dostupné z: http://www.pvl.cz/portal/hydroprojekt/BE/index.html.

[5] *Plán oblasti povodí Ohře a dolního Labe (in Czech) [Ohře a dolní Labe River Basin Management Plan]* [online]. Chomutov: Povodí Ohře, státní podnik. 2009. Dostupné z: http://www.poh.cz/VHP/pop/index.html.

[6] *Plán oblasti povodí Moravy (in Czech) [Morava River Basin Management Plan]* [online]. Brno: Povodí Moravy, s.p. 2009. Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/index.html.

[7] *Plán oblasti povodí Dyje (in Czech) [Dyje River Basin Management Plan]* [online]. Brno: Povodí Moravy, s.p. 2009. Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/index.html.

[8] *Plán oblasti povodí Odry(in Czech) [Odra River Basin Management Plan]* [online]. Ostrava: Povodí Odry, státní podnik. 2009. Dostupné z: http://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/.

[9] Dostál, T.; a Krása, J. *Zpracování podkladů týkajících se erozní ohroženosti vodních útvarů za účelem doplnění plánů oblastí povodí. (in Czech) [Development of vulnerability from erosion of water bodies in order to supplement of River Basin Management Plans]* Praha: České vysoké učení technické v Praze. 2008.

[10] Krása, J.; Dostál T. a Vrána, K. Erozní mapa ČR a její využití. *(in Czech)* [Map of erosion of the Czech Republic and its use] *Vodní hospodářství* [online]. 2010, roč. 2010, č. 2, s. 28–31. ISSN 1211-0760. Dostupné z: http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh02-2010.pdf.

[11] *Záznam z jednání Návrhové skupiny Komise pro plánování v oblasti vod, konaného dne 11. října 2007 na Ministerstvu zemědělství (in Czech) [Record of the proceedings of Drafting group of the Commission for Water Planning, held on 11 October 2007 on the Ministry of Agriculture]* [online]. 22. říjen 2007. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/31896/Zznam20071011_1_.pdf.

[12] Hejzlar, J.; Šámalová, K.; Boers, P. a Kronvang B.. Modelling Phosphorus Retention in Lakes and Reservoirs. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus* [online]. 2006, roč. 6, č. 5-6, s. 487–494 [vid. 7. únor 2014]. ISSN 1567-7230, 1573-2940. Dostupné z: doi:10.1007/s11267-006-9032-7.

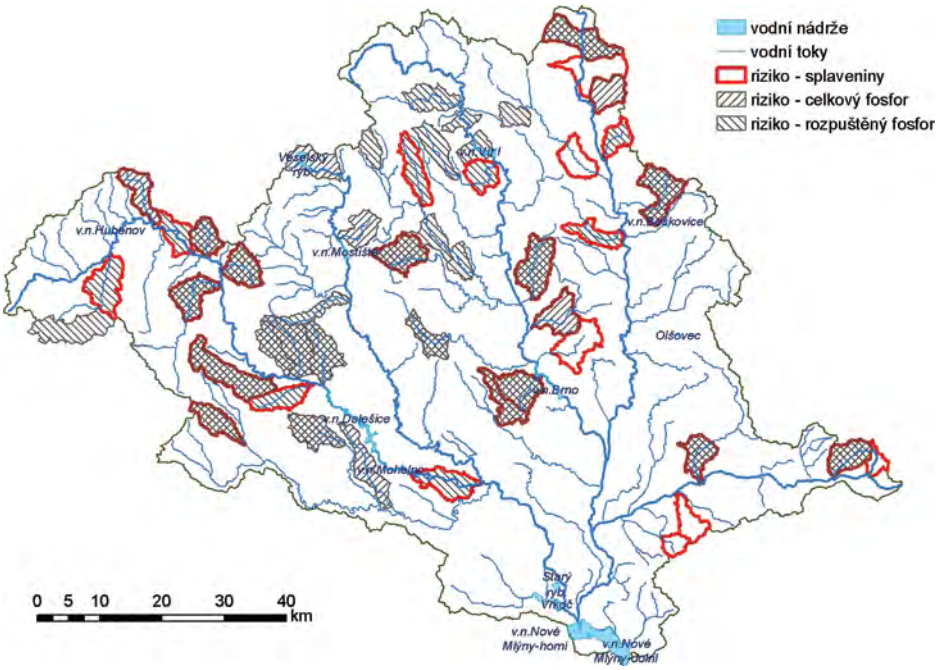
[13] Krása, J.; Janotová, B.; Bauer, M.; Dostál, T.; Rosendorf, P.; Hejzlar J. a Borovec, J. Zdroje splavenin v povodích a jejich eutrofizační potenciál *(in Czech)* [Sources of sediment in catchments and their potential for eutrophication]. In: Dušan KOSOUR, ed. *Vodní nádrže 2012*. Brno: Povodí Moravy, s.p., 2012, s. 53–56.

[14] Krása, J.; Dostál, T.; Rosendorf, P. Hejzlar, J.; Bauer, M.; Janotová, B.; David, V.; Strouhal L. a Devátý, J. Posouzení ohroženosti vodních nádrží v ČR transportem splavenin a erozního fosforu. *(in Czech)* [Assessment of vulnerability of water reservoirs in the Czech Republic by the sediment transport and erosion of phosphorus] In: *Praktické využití GIS v lesnictví a zemědělství: Sborník referátů konference*. Brno: Partnerství, o. p. s., 2011, s. 10 stran. ISBN 978-80-7375-590-4.

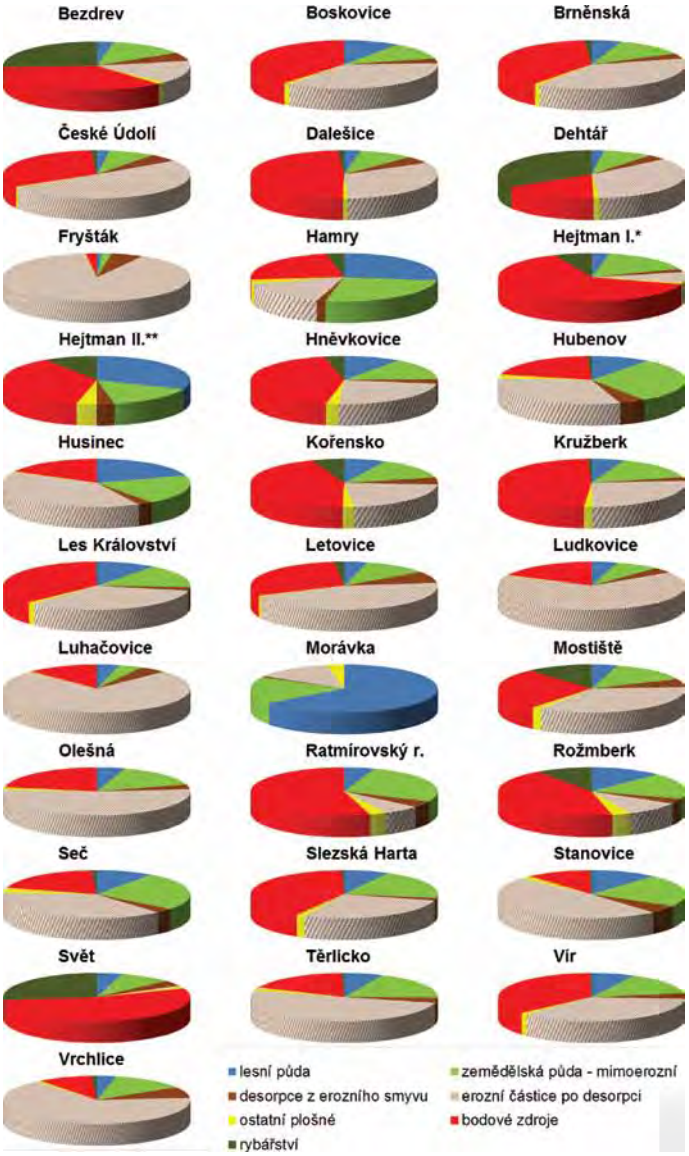
[15] Hejzlar, J. *Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí (in Czech) [Methodology for balance analysis of nutrient sources in the watershed]* [online]. České Budějovice: Biologické Centrum Akademie Věd ČR, v. v. i. 2010. Dostupné z: http://www.hbu.cas.cz/doc/S1_MetodikaBAZZP2010.pdf.

[16] Krása, J.; Rosendorf, P.; Hejzlar, J.; Borovec, J.; Dostál, T.; David, V.; Janotová, B.; Bauer, M.; Devátý, J.; Strouhal, L.; Vrána, K.; Ansorge, L.; Fiala D. a Duras, J. *Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy (in Czech) [Assessment of vulnerability of water reservoirs with sediment and eutrophication conditioned by erosion of agricultural land]* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05428-4. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/gisz/metodika_nadrze_2013.pdf.

[17] Borovec, J.; Hejzlar, J.; Nedoma, J.; Čtvrtlíková, M.; Blabolil, P.; Říha, M.; Kubečka, J.; Ricard D. a Maněna, J. *Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero(in Czech) [Methodology*



Obr. 3. Ukázka srovnávací analýzy – kartogram nejrizikovějších podpovodí IV. řádu v povodí VN Nové Mlýny II z hlediska transportu splavenin, P_{celk} a P-PO_4.



Obr. 4. Podíly typů zdrojů na vstupech celkového fosforu v povodí hodnocených nádrží v období 2006–2010 (doc. Josef Hejzlar, Biologické centrum AV ČR, v. v. i.). Desorpce z erozního smyvu (hnědá) představuje podíl erozního P-PO_4, tedy eutrofizační příspěvek erozního smyvu

for assessment ecological potential of heavily modified and artificial water bodies - category lake] [online]. České Budějovice: Biologické Centrum Akademie Věd ČR, v. v. i. 2013. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_vod.

[18] Borovec, J. a Blabolil, P. *Vyhodnocení ekologického potenciálu silně modifikovaných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero (in Czech) [Assessment of ecological potential of heavily modified and artificial water bodies - category lake]*. České Budějovice: Biologické Centrum Akademie Věd ČR, v. v. i. 2013.

[19] Tušil, P.; Vyskoč, P.; Durčák, M.; Opatřilová, L.; Rosendorf, P. Richter, P.; Němejcová, D.; Desortová B. a Prchalová, H. *Hodnocení chemického a ekologického stavu vodních útvarů povrchových vod pro účely tvorby druhých plánů povodí. (in Czech) [Assessment of chemical and ecological status of surface water bodies for the purpose of development of second river basin management plans.]* Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. 2014.

[20] Rosendorf, P.; Tušil, P.; Durčák, M.; Svobodová, J.; Beránková T. a Vyskoč, P. *Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (in Czech) [Methodology for assessment of general physico-chemical components of ecological status of surface waters - cathegory river]* [online]. Závěrečná zpráva. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. 2011. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod.

[21] Opatřilová, L.; Němejcová, D.; Zahrádková, S.; Horký, P; Desortová B. a Tušil, P. *Metoda pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie řeka (in Czech) [Methodology for assessment of ecological potential of heavily modified and artificial water bodies - category river]* [online]. Závěrečná zpráva. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. 2013. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod.

Ing. Libor Ansorge [1]
(autor pro korespondenci)
doc. Ing. Josef Krása Ph.D. [2]

[1] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v. v. i.
V Podbabě 30
160 00 Praha 6
e-mail: libor_ansorge@vuv.cz

[2] České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství
Thákurova 7
160 00 Praha 6

Possibilities of using the research project QI102A265 (Assessment of soil erosion and phosphorus loads leading to eutrophication of stagnant surface water bodies) in river basin management plans (Ansorge, L.; Krása J.)

Erosion is an important source of pollution to water bodies. According to the Water Framework Directive, remedial measures must be designed in the River Basin Management Plans for water bodies not achieving good water status. The article describes results of the four-year project focused on assessment of soil erosion and phosphorus loads into vulnerable stagnant water bodies. The project targeted vulnerable areas within catchments that can be directly addressed in the process of updating of the River Basin Management Plans. Balancing the P sources at the inlet to the streams showed that, concerning the total phosphorus content, the soil erosion dominates in most of the catchments. However, the eutrophication potential is formed by dissolved P (P-PO_4), which is mostly produced by sewage waters. Particulate P produced by erosion plays only a little role in eutrophication process in most catchments. On the other hand, fertility of agricultural fields rapidly decreases as the silt particles and particulate P are transported to the waters. Project QI102A265 produced detailed methodology for balancing P sources within catchments. The methodology is directly applicable in the River Basin Management Plans in the Czech Republic. Moreover catchments of 58 stagnant water bodies (covering c. 31 500 km²) have been modelled, and sediment and erosion P fluxes were estimated here as well as the silting rate of all reservoirs and ponds within the catchments. All phosphorus sources were balanced for 38 large catchments. All the results are being summarized for the book and atlas to be available in 2014.

Key words
Eutrophication – erosion – river basin management plans – proposals for action

Tento článek byl recenzován a je otevřen k diskusi do 30. června 2014. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků.
Příspěvky posílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.

Hybridní kořenová čistírna se zvýšeným účinkem při odstraňování dusíku

Jan Vymazal, Lenka Kröpfelová, Petr Hrnčíř

Abstrakt

V článku je popsána účinnost hybridní kořenové čistírny v průběhu devatenáctiměsíčního sledování. Hybridní kořenová čistírna se skládá ze tří mokřadů: vertikálního vodou nasyceného filtru, vertikálního zkrápěného filtru a horizontálně protékaného filtru. Experimentální kořenová čistírna byla v provozu v areálu městské čistírny odpadních vod v Třeboni. Celková plocha čistírny byla 10,1 m², průměrný denní průtok byl 246 l/d po dobu 15 měsíců, čtyři poslední měsíce byl průtok zvýšen na 510 l/d. Přítok odpadní vody byl rozdělen na dvě půlhodinová čerpání v 12hodinovém intervalu. Účinnost hybridní kořenové čistírny dosáhla v průměru 91,5 % pro BSK_5, 84,3 % pro $CHSK_{Cr}$, 95,8 % pro nerozpuštěné látky a 84,1 % pro N-NH_4. Dosažené výsledky ukazují, že tento systém je schopen trvale zajistit na odtoku koncentraci N-NH_4 < 5 mg/l a Ncelk. < 10 mg/l, což je koncentrace výrazně nižší, než povoluje Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

Klíčová slova
kořenová čistírna – splaškové vody – amoniak – dusík – rákos

Úvod

Umělé mokřady se používají pro čištění různých druhů odpadních vod již více než 40 let. Nejčastěji používaným typem umělých mokřadů pro čištění městských odpadních vod v České republice jsou mokřady s horizontálním podpovrchovým průtokem. Tyto systémy většinou bez problémů splňují požadavky na kvalitu vypouštěné vody z hlediska organických a nerozpuštěných látek, ale odstraňování amoniaku a fosforu je poměrně nízké [1, 2, 3, 4]. Hlavním důvodem nízké eliminace amoniaku v kořenových čistírnách s horizontálním prouděním (H-KČOV) jsou anaerobní podmínky ve filtračních polích, které jsou dány stálou saturací filtračních polí, protože hladina vody je ve filtračních polích udržována těsně pod povrchem. Difuze kyslíku z atmosféry do vodou saturovaného prostředí je téměř 10 000x nižší ve srovnání s difuzí kyslíku do odvodněného substrátu [5]. Dalším zdrojem kyslíku ve filtračním poli je kyslík, který difunduje z kořenů mokřadních rostlin. Tento kyslík však proniká pouze do velmi tenké vrstvy filtračního substrátu v okolí kořenů [6]. Z těchto důvodů je aerobní nitrifikace amoniaku v kořenových čistírnách s horizontálním průtokem velmi limitovaná a koncentrace amoniaku na odtoku z kořenových čistíren se často pohybuje nad přípustnou hranicí 20 mg/l při čištění splaškových vod [3, 7].

Jednou z možností, jak zvýšit účinnost umělých mokřadů při odstraňování amoniaku, je použití kořenové čistírny s vertikálním průtokem (V-KČOV). Tento typ umělých mokřadů se liší od kořenových čistíren s horizontálním průtokem především tím, že odpadní voda je čerpána na povrch mokřadu přerušovaně několikrát za den [2]. Po prosáknutí každé dávky odpadní vody může kyslík difundovat z atmosféry do filtračního lože, které se následně stává aerobním, čímž vznikají vhodné podmínky pro nitrifikaci amoniaku [8, 9]. Koncentrace amoniaku na odtoku z vertikálních umělých mokřadů se běžně pohybují pod hranicí 5 mg/l [3]. Na druhé straně však vzhledem k dobrému

provzdušnění filtračního lože nedochází k denitrifikaci a na odtoku lze většinou naměřit vysoké koncentrace N-NO_3 [7].

V případech, kde je žádoucí odstraňovat celkový dusík vzhledem k využití vody v recipientu, se v poslední době využívají systémy, ve kterých se kombinují horizontální a vertikální kořenové čistírny. Kombinace těchto dvou variant umožňuje vysokou eliminaci celkového dusíku a zároveň spolehlivou eliminaci organických a nerozpuštěných látek [3]. Kombinované (hybridní) umělé mokřady byly sice poprvé použity již v polovině 60. let minulého století [10], ale jejich velký rozvoj nastal až ve druhé polovině 90. let 20. století, kdy v různých evropských zemích byly přijaty přísnější limity pro vypouštění dusíku. Existují dva způsoby, jak kombinovat vertikální a horizontální kořenové čistírny. Nejčastěji je používaný systém, kde první část tvoří vertikální mokřad a druhou část horizontální mokřad [11–15]. V první (aerobní) části systému dochází k eliminaci organických a nerozpuštěných látek a k nitrifikaci amoniaku. Ve druhé (anaerobní) části systému pak dochází k další eliminaci organických a nerozpuštěných látek a k denitrifikaci dusičnanů. Denitrifikace však v tomto případě může být limitována nízkou koncentrací organických látek, které byly odstraněny v první, vertikální části. Při druhém způsobu je nejdříve odpadní voda přivedena na horizontální mokřad, kde jsou eliminovány organické a nerozpuštěné látky. Poté je odpadní voda vedena na vertikální mokřad, kde dochází k nitrifikaci. Takto vyčištěná odpadní voda s vysokým obsahem nitrátů je recirkulována zpět před horizontální mokřad, případně do předčištění (např. štěrbinové nádrže), kde je zajištěná dostatečná koncentrace organických látek nutných pro denitrifikaci [16, 17].

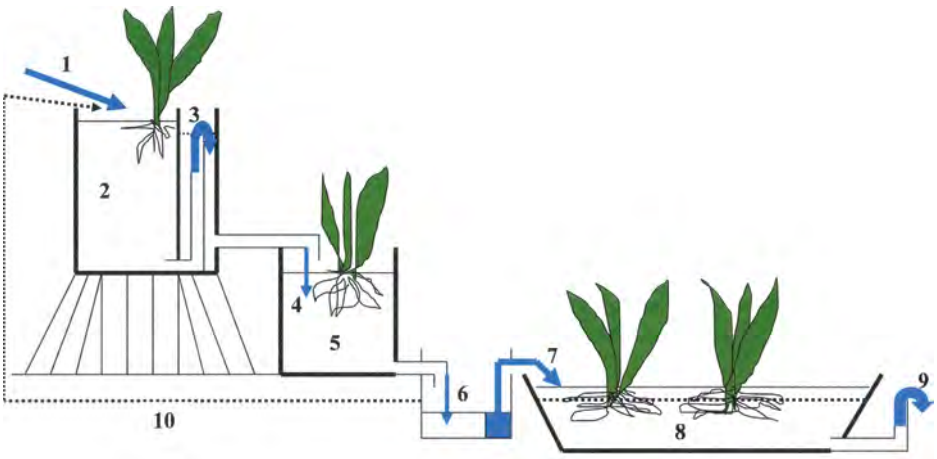
Experimentální zařízení

Poloprovozní hybridní umělý mokřad (**obr. 1**) byl umístěn v areálu ČOV Třeboň a byl v provozu od dubna 2007 do října 2010. Hybridní kořenová čistírna se skládá ze tří částí (**obr. 1**). První část tvoří vodou nasycený vertikální mokřad, druhou část tvoří skrápěný vertikální mokřad a třetí část tvoří mokřad s horizontálním podpovrchovým průtokem. Celková plocha všech tří mokřadů je 10,1 m^2.

Mechanicky předčištěná odpadní voda z ČOV Třeboň byla čerpadlem dávkována dvakrát denně do prvního anaerobního (vodou nasyceného) vertikálního filtru. Denní průtok byl rozdělen na dvě půlhodinová čerpání ve dvanáctihodinovém intervalu (v 8:00 a 20:00). Anaerobní filtr má kruhový půdorys o průměru 1,8 m a je 1 m vysoký (celková plocha 2,54 m^2). Náplň filtru tvoří drcené kamenivo o zrnitosti 4–8 mm (pórovitost 46 %) do výšky 50 cm, vrchních 40 cm je vyplněno drceným kamenivem 16–32 mm (pórovitost 50 %). Celková výška filtrační náplně je 0,90 m a filtr je osázen rákosem obecným (*Phragmites australis*). Výška vodní hladiny ve filtru je udržována cca 5 cm pod úrovní povrchu filtrační náplně pomocí odtokové trubky, která je ze dna filtru vyvedena směrem vzhůru cca 5 cm pod úrovní povrchu filtrační náplně (**obr. 1**).

Po sepnutí čerpadla je voda čerpána na povrch prvního filtru, a tím je z prvního filtru voda gravitačně vytlačována do druhého, skrápěného aerobního vertikálního filtru. Tento filtr má obdélníkový půdorys (1,2 x 1,3 m, plocha 1,56 m^2) a původně byl vyplněn drceným kamenivem o zrnitosti 4–8 mm. Od poloviny roku 2008 byl filtr vyplněn taženým pískem (0–4 mm, porozita 33 %). Výška pískové filtrační náplně je 0,80 m, přičemž na dně a na povrchu je 10cm vrstva štěrku (4/8 mm). Filtr je osázen rákosem obecným (*P. australis*). Voda přitéká na povrch mokřadu tak, že zaplaví celý povrch, protéká gravitačně celým profilem nádrže, je sbírána na dně a gravitačně přepadá do čerpací jímky (**obr. 1**). Oba vertikální mokřady jsou zobrazeny na **obrázku 2**.

Z čerpací jímky je voda částečně čerpána na horizontálně protékaný mokřad (**obr. 3**) a částečně recirkulována do prvního filtru. Recirkulační poměr je 100 % (1 : 1). Horizontální kořenové pole s podpovrchovým průtokem (délka 8 m, šířka 0,75 cm, hloubka 0,7 m, celková plocha 6 m^2) je osázeno chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*). Rozvodná a sběrná zóna (cca 0,5 m) jsou vyplněny drceným kamenivem o velikosti 16–32 mm, zbytek pole tvoří drcené kamenivo frakce 4–8 mm. Horizontální pole je odděleno od podloží plastovou fólií převrstvenou geotextilií. Vyčištěná odpadní voda odtéká z kořenového pole do šachty, kde je umístěno kalové čerpadlo s plovákem, které vyčištěnou odpadní vodu čerpá zpět do uzavřeného systému ČOV Třeboň, vzhledem k tomu, že vhodný recipient je příliš daleko. Průměrný přítok do systému byl 246 l/d v období březen 2009–červen 2010, poté byl průtok zvýšen na 510 l/d.



Obr. 1. Experimentální hybridní kořenová čistírna. 1 = přítok mechanicky předčištěné odpadní vody, 2 = anaerobní vertikální umělý mokřad, 3 = odtok z prvního mokřadu, 4 = přítok vody na druhý mokřad, 5 = aerobní, vertikálně protékaný skrápěný umělý mokřad, 6 = sběrná šachta, 7 = přítok na horizontální umělý mokřad, 8 = horizontální mokřad, 9 = finální odtok, 10 = recirkulace

Obr. 2. Vodou saturovaný (anaerobní) vertikální mokřad (vlevo) a volně průtočný (aerobní) vertikální mokřad (vpravo)

Obr. 3. Horizontálně protékaný umělý mokřad, tj. klasická kořenová čistírna

V letech 2007 a 2008 probíhaly první pokusy, které byly provázeny řadou „technologických“ potíží, ale naznačily možnosti tohoto hybridního umělého mokřadu [18]. V roce 2009 byl provoz experimentálního zařízení zahájen 12. března a bez přerušení byla měření prováděna až do 12. října 2010.

Po celou dobu provozu (17 měsíců) byly vzorky vody odebírány ze čtyř profilů:

1. přítok mechanicky předčištěné odpadní vody z usazovací nádrže městské čistírny;
2. odtok z prvního anaerobního vertikálního mokřadu;
3. odtok z druhého aerobního vertikálního mokřadu;
4. finální odtok z kořenové čistírny.

V roce 2009 byly vzorky odebírány 2x týdně, v roce 2010 jednou týdně. Celkem bylo provedeno 110 odběrů. Ve druhé polovině června (22. 6.) bylo nainstalováno do systému šest sond na měření redoxního potenciálu a dvě sondy na měření teploty. Jednotlivé redox sondy byly umístěny takto:

1. v odtokové šachtici prvního filtru v hloubce 80 cm;
2. v odtokové šachtici prvního filtru v hloubce 15 cm;
3. ve sběrné šachtě za 2. vertikálním mokřadem;
4. 10 cm za rozvodnou zónou v H-KČOV v hloubce 30 cm;
5. 10 cm před odtokovou zónou kořenové čistírny v hloubce 10 cm;
6. 10 cm před odtokovou zónou kořenové čistírny v hloubce 30 cm.

Sondy na měření teploty byly umístěny ve sběrné šachtě za druhým vertikálním mokřadem a 20 cm pod povrchem H-KČOV v místě čtvrté redox sondy. Hodnoty redoxního potenciálu i teploty byly měřeny kontinuálně s desetiminutovým intervalem.

V prosinci 2009 byl rákos v prvních dvou filtrech posekán a sklizená biomasa byla použita na zakrytí povrchu obou filtrů do výšky cca 20 cm.

Výsledky a diskuse

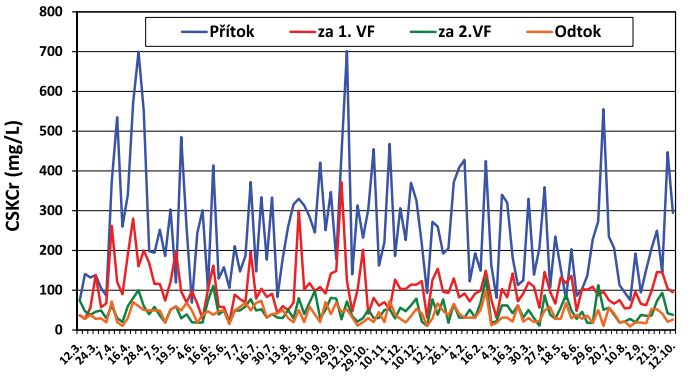
Na **obrázku 4** je znázorněno odstraňování $CHSK_{Cr}$. Výsledky ukazují, že koncentrace organických látek na přítoku výrazně kolísá. Obdobné kolísání není příliš častým jevem na čistírně pro 8 000 EO, ale tento trend byl pozorován i v předcházejících letech. Průměrné hodnoty za sledované období činily 249, 104, 47 a 39 mg/l v jednotlivých odběrových profilech. Z obrázku je vidět, že na odstranění $CHSK_{Cr}$ se především podílely oba vertikální filtry, zatímco v posledním horizontálním mokřadu došlo jen k mírnému snížení koncentrace $CHSK_{Cr}$. Celková účinnost systému dosáhla pro $CHSK_{Cr}$ 84 %. Průměrná koncentrace BSK_5 na přítoku činila v daném období 107 mg/l, po průtoku anaerobním filtrem se koncentrace BSK_5 snížila na 35 mg/l. Po průchodu druhým vertikálním filtrem se koncentrace snížila na 13,8 mg/l a průměrná koncentrace BSK_5 na odtoku byla 9,1 mg/l, což představuje celkovou účinnost 92 %. I zde je vidět, že koncentrace BSK_5 nejvíce poklesla po průchodu první vertikálním mokřadem.

Eliminace amoniaku v systému je znázorněna na **obrázku 5**. Z obrázku je vidět, že i koncentrace NH_4-N má přítoku výrazně kolísá v průběhu roku. Koncentrace NH_4-N se po průchodu prvním anaerobním filtrem snižují pouze minimálně a v průběhu celého období se pohybovaly většinou mezi 10 a 30 mg/l. Po průchodu druhým aerobním vertikálním mokřadem se koncentrace NH_4-N snížila na hodnoty pod 10 mg/l po dvou týdnech provozu a po dalších dvou měsících ustálila pod hodnotou 5 mg/l. Pod touto hodnotou se koncentrace NH_4-N držela až do konce provozu, s několika výjimkami, které jsou uvedeny dále v textu. Průměrná koncentrace NH_4-N na přítoku byla 26,4 mg/l, po průchodu prvním filtrem 18,7 mg/l, po průchodu aerobním filtrem 3,4 mg/l a na odtoku 4,2 mg/l.

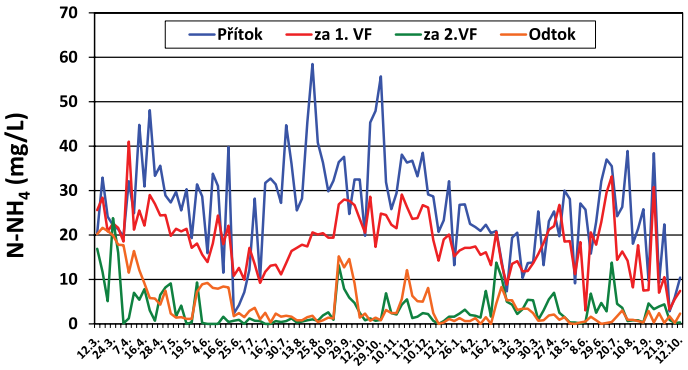
Oxidace amoniaku velmi dobře koresponduje s koncentracemi dusičnanů, které vznikají jeho oxidací (**obr. 6**). Po průchodu aerobním filtrem se koncentrace dusičnanů výrazně zvyšují a v kořenové čistírně jsou efektivně eliminovány. Průměrné koncentrace na čtyřech profilech byly 0,5 mg/l, 0,1 mg/l, 13,2 mg/l a 4,4 mg/l.

Nerozpuštěné látky jsou v hybridní kořenové čistírně eliminovány velmi efektivně. Průměrná koncentrace na přítoku 64 mg/l se snižovala v každém stupni až na výslednou průměrnou koncentraci 2,7 mg/l na odtoku, což představuje účinnost téměř 96 %. Průměrná koncentrace celkového fosforu 4,0 mg/l na přítoku se snížila na 2,8 mg/l na odtoku, při celkové účinnosti 30 %.

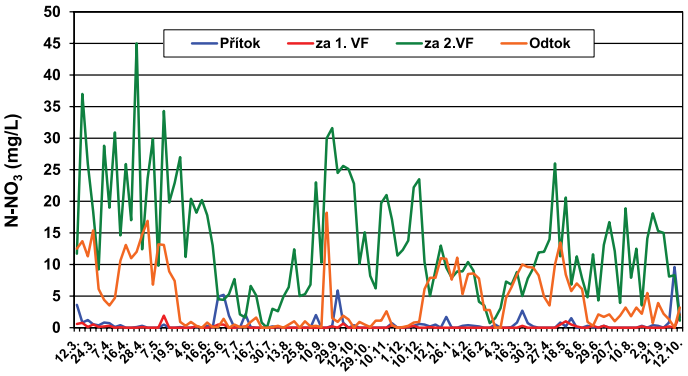
Hybridní kořenové čistírny se používají v případě, že je nutno odstranit z odpadní vody jak amoniak, tak dusičnany vzniklé oxidací amoniaku [19]. Nejčastěji se používá kombinace V-H KČOV [13, 15, 20, 21], kdy v prvním aerobním mokřadu se amoniak oxiduje na dusičnany a ve druhém anoxickém mokřadu probíhá denitrifikace. Obdobného efektu lze dosáhnout i kombinací dvou vertikálních



Obr. 4. Odstraňování $CHSK_{Cr}$ v hybridním umělém mokřadu



Obr. 5. Odstraňování NH_4-N v hybridním umělém mokřadu



Obr. 6. Odstraňování NO_3-N v hybridním umělém mokřadu

mokřadů, kde jeden z filtrů je protékaný přerušovaně směrem dolů a druhý vertikální mokřad je protékaný odspodu nahoru, a tudíž saturovaný vodou a anaerobní [22, 23]. Langergraber et al. [24] použili kombinaci dvou přerušovaně protékaných vertikálních mokřadů, z nichž ve druhém byla ponechána 20cm saturovaná vrstva u dna. Ve srovnání se systémem, kde v sérii byly zapojeny dva vertikální mokřady bez této vrstvy, byl systém se saturovanou vrstvou výrazně efektivnější při odstraňování celkového dusíku. Kombinace umělých mokřadů, která byla použita v tomto experimentu, prozatím nebyla odzkoušena.

V **tabulce 1** je shrnuta účinnost hybridní kořenové čistírny v období březen 2009–říjen 2010. V daném období vykázala čistírna výbornou účinnost při odstraňování organických a nerozpuštěných látek. Tato skutečnost není překvapivá, protože vysokou účinnost odstraňování organických a nerozpuštěných látek vykazují i samostatné H-KČOV i V-KČOV [3].

Eliminace amoniaku dosáhla za celé období 84 %, což je účinnost srovnatelná s účinností vertikálních kořenových čistíren s přerušovaným dávkováním odpadní vody [3]. Jak je vidět z **obrázku 3**, eliminace amoniaku byla poměrně stálá i v zimním období, kdy se teplota vzduchu i vody pohybovala téměř čtyři měsíce pod 5 °C (**obr. 7**) a v zimním období teplota vzduchu klesala pod minus 20 °C (**tab. 2**). Na **obrázku 3** je vidět, že v září a prosinci 2009 došlo krátkodobě ke zvýšení koncentrace amoniaku na odtoku z čistírny nad 10 mg/l.

Tabulka 1. Celkové hodnocení účinnosti hybridní kořenové čistírny v období březen 2009–říjen 2010. V závorkách jsou uvedeny směrodatné odchylky (n=110)

	Přítok (mg/l)	Odtok VF1 (mg/l)	Odtok VF2 (mg/l)	Odtok HF (mg/l)	Celková účinnost (%)
BSK_5	107 (72)	35 (34)	13,8 (9,3)	9,1 (6,2)	91,5
$CHSK_{Cr}$	249 (135)	104 (55)	47 (24)	39 (18)	84,3
NL	64 (62)	16,6 (16,4)	6,0 (4,8)	2,7 (2,4)	95,8
NH_4-N	26,4 (10,9)	18,7 (6,6)	3,4 (4,1)	4,2 (5,2)	84,1
NO_3-N	0,5 (1,3)	0,1 (0,3)	13,2 (8,9)	4,4 (4,7)	
TP	4,0 (1,8)	3,4 (1,1)	2,9 (1,1)	2,8 (2,4)	30,0

Toto zvýšení bylo způsobeno krátkodobým hydraulickým přetížením systému (až desetinásobně), neboť v této době probíhala v areálu třeboňské ČOV výstavba bioplynové stanice a rekonstrukce městské ČOV a v důsledku častého vypínání elektrického proudu došlo k poruše časových spínačů pro čerpání vody. Tyto provozní problémy se však neprojevily při odstraňování organických látek (**obr. 2**).

Eliminace dusičnanů proběhla jednak v saturovaném vertikálním mokřadu, kam byla recirkulována voda po průchodu druhým aerobním vertikálním mokřadem, a jednak v anoxické kořenové čistírně s horizontálním průtokem na konci experimentálního systému. První mokřad zde v podstatě plní funkci „předřazené" denitrifikace. Úplné odstranění dusičnanů je pravděpodobně limitováno nízkou koncentrací organických látek v kořenové čistírně.

Měření oxidačně-redukčního potenciálu (ORP) potvrdila předpoklad, že první a třetí mokřad jsou anaerobní a druhý vertikální mokřadní filtr je aerobní. Průměrné hodnoty ORP (průměr z 422 denních průměrů) ve vodě odtékající z prvního vertikálním filtru byly prakticky nezávislé na hloubce v odtokové trubce: -427 (±5,7) mV v hloubce 15 cm a -426(±15,9) mV v hloubce 80 cm. Navíc tato čísla ukazují na velmi stabilní prostředí, neboť kolísání hodnot ORP je naprosto minimální. Po průtoku druhým (přerušovaně skrápěným) vertikálním filtrem dosáhla průměrná hodnota ORP 219 (±58) mV. Na začátku horizontálního pole byla průměrná hodnota ORP v hloubce 30 cm -136 (±72) mV a na konci horizontálního pole činily průměrné hodnoty ORP -316 (±90) mV v hloubce 10 cm a -340 (±77) mV v hloubce 30 cm. Naměřené hodnoty ORP velmi dobře korespondují s procesy, které se podílejí na odstraňování dusíku.

Závěr

Hybridní kořenové čistírny, které kombinují aerobní a anoxické/anaerobní umělé mokřady, jsou velmi efektivní při odstraňování anorganického dusíku z odpadní vody. Účinnost hybridní kořenové čistírny, která byla instalována na městské čistírně odpadních vod v Třeboni, dosáhla v průměru 91,5 % pro BSK_5, 84,3 % pro $CHSK_{Cr}$, 95,8 % pro nerozpuštěné látky a 84,1 % pro N-NH_4. Velmi povzbudivé jsou především výsledky při odstraňování N-NH_4, protože koncentrace N-NH_4 na odtoku se pohybovala pod hranicí 5 mg/l i v zimním období, kdy teplota vody klesá pod 5 °C. Výsledky, které byly získány v průběhu kontinuálního sledování po dobu 19 měsíců, prokázaly velkou stabilitu vyčištěné vody, a to i v průběhu zimních měsíců.

Poděkování: *Výzkum byl podpořen grantem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy č. ME 876 Využití umělých mokřadů s přerušovaným vertikálním průtokem pro čištění odpadní vody.*

Literatura/References

[1] Vymazal J., 1995. Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENVI Třeboň a Ekologie a využití mokřadů, Praha (in Czech). Wastewater Treatment in Constructed Wetlands. ENVI Třeboň.

[2] Vymazal, J.; Brix, H.; Cooper, P. F.; Green, M. B. a Haberl, R., 1998. (Eds.). Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe. Backhuys Publishers, Leiden, Nizozemí, 1998.

[3] Vymazal, J. a Kröpfelová, L., 2008. Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow. Springer, Dordrecht, Nizozemí.

[4] Kadlec, R. H. a Wallace, S.R., 2009. Treatment wetlands. 2. vydání. CRC Press, Boca Raton, USA.

[5] Greenwood, D. J., 1961. The effect of oxygen concentration on the decomposition of organic materials in soils. Plant Soil 14, 360–376.

[6] Armstrong, W.; Armstrong, J. a Beckett, P. M., 1990. Measurement and modelling of oxygen release from roots of *Phragmites australis*. In: Cooper P.F. a Findlater B.C. (eds.), Constructed wetlands in water pollution control. Pergamon Press, Oxford, Velká Británie, pp. 41–51.

[7] Vymazal, J., 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. Science of the Total Environment 380, 48–65.

[8] Copper, P. F., 2005. The performance of vertical flow constructed wetland systems with special reference to the significance of oxygen transfer and hydraulic loading rates. Water Science and Technology 51(9), 81–90.

[9] Cooper, P. F., 1999. A review of the design and performance of vertical flow and hybrid reed bed treatment systems, Water Science and Technology 40(3), 1–9.

[10] Seidel, K., 1965. Neue Wege zur Grundwasseranreicherung in Krefeld, Vol. II. Hydrobotanische Reinigungsmethode. GWF Wasser/Abwasser 30: 831–833.

[11] Vymazal, J., 2005. Constructed wetlands with horizontal sub-surface flow and hybrid systems for wastewater treatment. Ecological Engineering 25, 478–490.

[12] O'Hogain, S., 2003. The design, operation and performance of a municipal hybrid reed bed treatment systém. Water Science and Technology 48, 119–126.

[13] Öövel M.; Tooming, A.; Mauring, T. a Mander, Ü., 2007. Schoolhouse wastewater purification in a LWA-filled hybrid constructed wetland in Estonia. Ecological Engineering 29, 17–26, 2007.

[14] Serrano, L.; de la Vega, D.; Ruiz, I. a Soto, M., 2011. Winery wastewater treatment in a hybrid constructed wetland. Ecological Engineering 37, 744–753.

[15] Foladori, P.; Ortigara, A. R. C.; Ruaben, J. a Andreottola, G., 2012. Influence of high organic loads during the summer period on the performance of hybrid constructed wetlands (VSSF+HSSF) treating domestic wastewater in the Alps region. Water Science and Technology 65(5), 890–897.

[16] Brix, H.; Arias, C. a Johansen, N.H., 2003. Experiments in a two-stage constructed wetland system: nitrification capacity and effects of recycling on nitrogen removal. In: Wetlands-Nutrients, Metals and Mass Cycling, J. Vymazal, ed., Backhuys Publishers, Leiden, Nizozemí, pp. 237–258.

[17] Masi F. a Martinuzzi N. 2007. Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation. Desalination 215, 44–55.

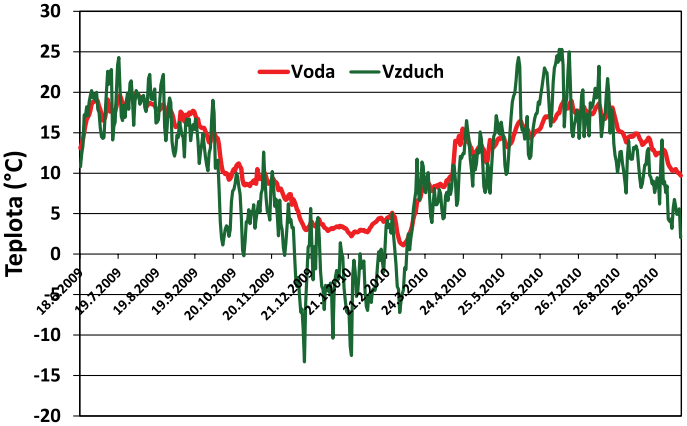
[18] Vymazal, J. a Kröpfelová, L., 2011. A three-stage experimental constructed wetland for treatment of domestic sewage: First 2 years of operation. Ecological Engineering 37: 90–98.

[19] Vymazal, J., 2013. The use of hybrid constructed wetlands for wastewater treatment with special attention to nitrogen removal: A review of a recent development. Water Research 47: 4795–4811.

[20] Serrano, L.; de la Vega, D.; Ruiz, I. a Soto, M., 2011. Winery wastewater treatment in a hybrid constructed wetland. Ecological Engineering 37: 744–753.

[21] Zhai, J.; Xiao, H. W.; Kujawa-Roeleveld, K.; He, Q. a Kerstens, S.M., 2011. Experimental study of a novel hybrid constructed wetland for water reuse and its application in Southern China. Water Science and Technology 64(11): 2177–2184.

[22] Zhang, S. Y.; Zhou, Q. H.; Xu, D.; He, F.; Cheng, S. P.; Liang, W.; Du, C. a Wu, Z. B., 2010. Vertical-flow constructed wetlands applied in a recirculating aquaculture



Obr. 7. Průměrné denní teploty vzduchu ve výšce dvou metrů nad zemí a průměrné denní teploty vody v H-KČOV v období březen 2009–říjen 2010

Tabulka 2. Souhrn teplot vody a vzduchu v období červen 2009 – říjen 2010. Údaje ve °C

	Průměr za celé období	Maximální denní průměr	Minimální denní průměr	Maximální okamžitá	Minimální okamžitá
vzduch	10,0	25,3	-13,3	38,1	-21,6
voda	12,0	19,9	1,1	20,8	0,9

system for Channel catfish culture: Effects on water quality and zooplankton. Polish Journal of Environmental Studies 19: 1063–1070.
[23] Zhao, Y. J.; Hui, Z.; Chao, X.; Nie, E.; Li, H. J.; He, J. a Zheng, Z., 2011. Efficiency of two-stage combinations of subsurface vertical down-flow and up-flow constructed wetland systems for treating variation in influent C/N ratios of domestic wastewater. Ecological Engineering 37: 1546–1554.
[24] Langergraber, G.; Pressl, A.; Leroch, K.; Rohrhofer, R. a Haberl, R., 2011, Long-term behaviour of a two-stage CW system regarding nitrogen removal. Water Science and Technology 64: 1137–1141.

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc. [1, 2] **(autor pro korespondenci)**
Ing. Lenka Kröpfelová, Ph.D. [2]
Petr Hrnčíř [3]

[1] **Česká zemědělská univerzita v Praze**
Fakulta životního prostředí
katedra aplikované ekologie
Kamýcká 129
165 21 Praha 6
vymazal@knc.czu.cz

[2] **ENKI, o. p. s.**
Dukelská 145
379 01 Třeboň

[3] **EKOS Hrnčíř**
Litoměřická 17
411 41 Žitenice

Hybrid constructed wetland with enhanced removal of nitrogen (Vymazal, J.; Kröpfelová, L.; Hrnčíř, P.)

Abstract

The paper describes treatment efficiency of a hybrid constructed wetland during the 19-months period. Hybrid constructed wetland consists of saturated vertical flow wetland, free-drain vertical flow wetland and subsurface flow horizontal wetland. The experimental treatment system was located at the Třeboň Wastewater Treatment Plant. The total surface area of the constructed wetland was 10.1 m^2 and mean flow has been kept at 246 l/d for 15 months, while the last four months the flow was increased to 510 l/d. The system was fed twice a day for 30 minutes. The mean treatment efficiency amonuted to 91.5 %, 84.3 %, 95.8 % and 84.1 % for BOD_5, COD, TSS and $N\text{-}NH_4$, respectively. The results revealed that the system was able to provide continuously outflow $N\text{-}NH_4$ and anorg-N concentrations below 5 mg/l and 10 mg/l, respectively.

Key words
constructed wetland – municipal wastewater – amonia – nitrogen – reeds

Tento článek byl recenzován a je otevřen k diskusi do 30. června 2014. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků.
Příspěvky posílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.

Emise oxidu dusného při čištění odpadních vod

Lukáš Pacek, Pavel Švehla, Josef Radechovský, Helena Hrnčířová

Abstrakt

Oxid dusný (N_2O) je významný skleníkový plyn rozkládající ozonovou vrstvu. Procesy čištění odpadních vod se postupně zařazují mezi jeho největší antropogenní zdroje. Popsání biochemických pochodů a podmínek vedoucích k uvolňování N_2O na čistírnách odpadních vod je zásadní z hlediska možného omezení emisí oxidu dusného.

Předkládaný článek shrnuje hlavní biochemické pochody a fyzikálně-chemické podmínky, které mohou vést k produkci N_2O. Jako faktory, které při biologickém čištění odpadních vod nejvíce přispívají k jeho tvorbě, lze označit nízkou koncentraci kyslíku, nízký poměr CHSK/N v průběhu denitrifikace a přítomnost vyšší koncentrace dusitanů v průběhu nitrifikace i denitrifikace.

Příspěvek dále definuje optimální a rizikové provozní podmínky na čistírnách odpadních vod z hlediska produkce N_2O při čištění komunálních odpadních vod. Pozornost je věnována také zhodnocení potenciálu produkce N_2O alternativními procesy odstraňování dusíkatého znečištění, jako je zkrácená nitrifikace, deamonifikace atd. Základní parametry výrazně omezující možnosti emisí N_2O jsou vysoká účinnost odstranění dusíkatého znečištění a stabilita provozních podmínek. Za rizikové provozní faktory z hlediska tvorby N_2O lze naopak označit semikontinuální režim čištění odpadních vod a časté změny provozních podmínek.

Klíčová slova
oxid dusný – emise – skleníkový plyn – čištění odpadních vod

1. Úvod

Celosvětový nárůst emisí skleníkových plynů způsobený činností člověka je pravděpodobně hlavním původcem jevu nazývaného globální změna klimatu. Vedle oxidu uhličitého a metanu přispívá ke skleníkovému efektu nejvíce oxid dusný. Jako skleníkový plyn je cca 300x účinnější než oxid uhličitý. Jeho celkové emise jsou co do objemu o několik řádů nižší než emise CO_2, ale podíl N_2O na tvorbě skleníkového efektu byl v roce 2004 vyčíslen na 7,9 %. V atmosféře je relativně perzistentní s průměrnou dobou setrvání 114 let [1]. N_2O je v současnosti také plyn s největším negativním vlivem na koncentraci stratosférického ozonu a jeho koncentrace v atmosféře nadále stoupá [2]. Největším antropogenním emitorem je v současnosti zemědělství (80 %), dalšími zdroji pak spalování biomasy a fosilních paliv, zpracování organických hnojiv, výroba kyseliny adipové a dusičné a čištění odpadních vod (OV) [1].

Právě význam posledního zmíněného zdroje v poslední době výrazně narůstá. V roce 1990 byl světový podíl čistíren odpadních vod (ČOV) na celkových emisích N_2O odhadnut na 3,2 %, což odpovídá 0,22 Mt $N\text{-}N_2O$ za rok, a ČOV se tak staly šestým největším antropogenním zdrojem [3]. K podobné hodnotě, 2,8 %, dospěl i Mezivládní panel pro změny klimatu, který také předpokládá další nárůst emisí N_2O z čistírenských technologií o cca 13 % do roku 2020. Stejní autoři však také poukazují na to, že vzhledem k absenci standardizovaných metod pro detekci a výpočet emisí N_2O z procesů čištění OV je třeba počítat s velkou chybou odhadu a reálná hodnota se může pohybovat mezi 30 % až 300 % uvedených čísel [1]. Zmíněná hodnota, jakkoli nepřesná, však může být výrazně vyšší, pokud zohledníme také emise vznikající při čištění skládkových výluhů, průmyslových OV a při aplikaci alternativních biochemických technologií odstraňování dusíku z OV [4]. Pro co možná nejobjektivnější posuzování celkového dopadu provozu ČOV na stav životního prostředí se v rámci vyspělých zemí a regionů stále více přihlíží i k emisím N_2O při procesu čištění OV [5].

Drtivá většina produkce N_2O při provozu současných ČOV je spojena s biochemickými přeměnami dusíkatých látek probíhajícími za účelem odstranění dusíkatého znečištění, tedy s nitrifikací a denitrifikací. Dusík je v surové OV obvykle přítomen ve formě amoniakálního dusíku (N-amon), tzn. disociované formy $N\text{-}NH_4^+$ a nedisociované formy $N\text{-}NH_3$. Při nitrifikaci dochází ve dvou krocích k oxidaci N-amon na dusičnanový dusík ($N\text{-}NO_3^-$). V prvním kroku je N-amon oxidován na dusitanový dusík ($N\text{-}NO_2^-$) činností chemolitotrofních bakterií souhrnně označovaných jako Ammonia Oxidizing Bacteria (AOB). Tento proces je nazýván nitritace a skládá se ze dvou fází. V první fázi probíhá oxidace N-amon na meziprodukt hydroxylamin (NH_2OH) a ten je následně dále oxidován na $N\text{-}NO_2^-$. Ve druhém kroku (nitrataci) je vzniklý $N\text{-}NO_2^-$ dále oxidován na $N\text{-}NO_3^-$ chemolitotrofní skupinou mikroorganismů nazývanou Nitrite Oxidizing Bacteria (NOB). Obě reakce probíhají pouze v oxickém prostředí. Dusík ve formě $N\text{-}NO_3^-$ je následně procesem denitrifikace postupně redukován v anoxickém prostředí, tzn. bez přístupu molekulárního kyslíku, přes meziprodukty $N\text{-}NO_2^-$, N-NO a právě $N\text{-}N_2O$ v ideálním případě až na N_2. Reakce je umožněna činností různých skupin chemoorganotrofních bakterií, které využívají v anoxickém prostředí oxidované formy dusíku jako finální elektronové akceptory. Jako substrát pro tuto reakci asimilují jednoduše rozložitelnou organickou hmotu přítomnou v OV [6].

Vedle dosud zmíněné autotrofní nitrifikace a heterotrofní denitrifikace byly v souvislosti s přeměnami sloučenin dusíku v přírodě

i v systémech ČOV popsány i další biochemické procesy, které se významnou měrou mohou podílet na produkci N_2O. Jedním z nich je tzv. autotrofní denitrifikace, při které je donorem elektronů anorganická látka, např.: H_2, Fe^{2+}, Mn^{2+}, NH_4^+ nebo redukované formy síry [7, 8]. Bylo pozorováno, že tento proces jsou za jistých okolností schopny realizovat i mikroorganismy skupiny AOB. V tomto případě se jedná o redukci $N\text{-}NO_2^-$ na N_2 či $N\text{-}N_2O$, přičemž jako elektronový donor zde slouží N-amon či NH_2OH [9, 10]. Zároveň heterotrofní organismy zodpovědné za denitrifikaci mohou za určitých podmínek provádět také tzv. heterotrofní nitrifikaci, tedy oxidaci N-amon. Bakterie při heterotrofní nitrifikaci nezískávají energii a reakce sama probíhá obvykle 100 až 1000x pomaleji než převládající autotrofní nitrifikace [11]. Principem tzv. zkrácené nitrifikace je cílená inhibice činnosti NOB [12]. Její výhodou jsou v kombinaci s denitrifikací či deamonifikací (ANAMMOX proces) [13] zejména menší energetické nároky na aeraci a výrazně nižší spotřeba organického substrátu [12, 14].

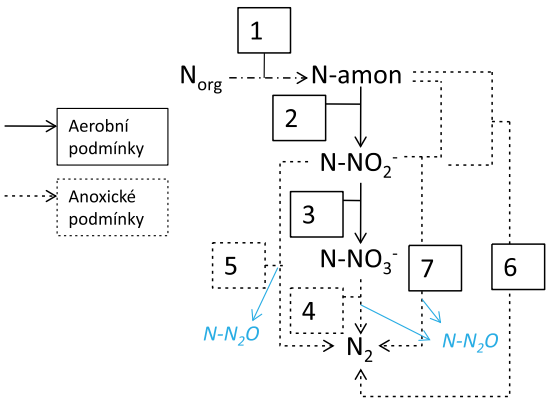
Cílem předkládaného příspěvku je shrnout dosavadní poznatky v oblasti produkce N_2O při čištění odpadních vod takovým způsobem, aby bylo možno zvážit možnosti realizace opatření vedoucích k minimalizaci emisí tohoto plynu v objektech čistíren odpadních vod. Hlavní důraz přitom bude kladen na studium vlivu podmínek panujících při biologickém čištění na intenzitu produkce tohoto plynu.

2. Faktory ovlivňující intenzitu produkce N_2O při biochemických přeměnách sloučenin dusíku

Aktivita nitrifikačních a denitrifikačních organismů je určena zejména aktuální koncentrací molekulárního kyslíku v čištěné vodě. V aerobních podmínkách probíhá autotrofní nitrifikace, v anoxických podmínkách heterotrofní denitrifikace. N_2O může být do prostředí uvolňován nejen v důsledku průběhu těchto procesů, ale (a často ve zvýšené míře) i v důsledku dalších výše zmíněných biochemických přeměn (**obr. 1**).

V průběhu standardní autotrofní nitrifikace zprostředkované činností AOB a NOB nedochází k významnější produkci N_2O, protože tato sloučenina se zde nevyskytuje v roli meziproduktu ani vedlejšího produktu [15]. AOB však jsou schopny N_2O produkovat procesem autotrofní denitrifikace. Některé skupiny AOB nedisponují enzymy schopnými provádět redukci na finální produkt (N_2), a reakce se tak zastavuje na N_2O, který následně může být emitován do prostředí [16]. N_2O může být za určitých podmínek produkován i v systémech, ve kterých probíhá autotrofní denitrifikace s redukovanými formami síry jako zdrojem elektronů [17].

Během klasické heterotrofní denitrifikace je N_2O přímo mezičlánkem postupné biochemické redukce dusičnanů. Rychlost redukce N_2O na N_2 je při denitrifikaci cca 3x až 4x vyšší než rychlost redukce vyšších oxidovaných forem, při optimálních a stabilních podmínkách proto nedochází v průběhu denitrifikace k emisím N_2O [18]. I v případě, že je během denitrifikace produkován N_2O, je riziko jeho emisí do atmosféry relativně nízké. Vzhledem k tomu, že denitrifikace probíhá v anoxických podmínkách a aktivační nádrže tudíž v denitrifikační fázi nejsou provzdušňovány, není přechod N_2O do plynné fáze nikterak intenzívní. Plyn se rozpouští se vodě (N_2O má při teplotě 25 °C cca 18x vyšší rozpustnost než O_2) a je obvykle biochemickými přeměnami následně prakticky úplně odstraněn [15].



Obr. 1. Biochemické pochody probíhající při odstraňování dusíku z OV. V závorce jsou uvedeny skupiny bakterií odpovědné za daný proces. 1) mineralizace (probíhá v kyslíkatém i bezkyslíkatém prostředí); 2) nitritace (AOB); 3) nitratace (NOB); 4) denitrifikace (heterotrof.); 5) zkrácená denitrifikace (heterotrof.); 6) deamonifikace (ANAMMOX); 7) autotrofní denitrifikace (AOB). Modře označeny pochody, při nichž může docházet k uvolňování N_2O

Zvýšená produkce oxidu dusného při čištění odpadních vod je zpravidla spojena se stavem, ve kterém jsou mikroorganismy zainteresované v biochemických přeměnách sloučenin dusíku vystaveny podmínkám, které nejsou optimální pro jejich činnost. Intenzita produkce N_2O je proto závislá na celé řadě faktorů, mezi které patří zejména celkové technologické uspořádání biologického systému, aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku, hodnota pH, přítomnost $N\text{-}NO_2^-$ a další parametry čisticího procesu.

2.1. Vliv koncentrace kyslíku

Při nízkých koncentracích kyslíku dochází k nárůstu intenzity autotrofní denitrifikace [19, 20], což může vést ke zvýšení produkce N_2O činností nitrifikačních organismů. Goreau et al. [21] uvádí, že při koncentraci kyslíku pod 1 $mg \cdot l^{-1}$ docházelo během nitrifikace k emisím $N\text{-}N_2O$ odpovídajícím až 10 % celkového množství vstupujícího N-amon. V rámci jiného experimentu autoři Tallec et al. [22] porovnávali intenzitu produkce N_2O při koncentraci O_2 2 $mg \cdot l^{-1}$ a 1 $mg \cdot l^{-1}$. I zde byl prokázán význam koncentrace kyslíku z hlediska intenzity tvorby N_2O, nicméně množství produkovaného plynu bylo podstatně menší než v rámci výše uvedené studie. Při koncentraci 1 $mg \cdot l^{-1}$ byly naměřeny emise nepřesahující 0,1 %. Při snížení koncentrace O_2 na cca 1 $mg \cdot l^{-1}$ vzrostla produkce $N\text{-}N_2O$ na 0,4 % z celkového množství odstraněného N-amon.

Zároveň i velmi nízké koncentrace O_2 v průběhu standardní heterotrofní denitrifikace mohou vzhledem k citlivosti některých zúčastněných enzymů být problematické z hlediska stability tohoto procesu [23]. Zatímco redukce oxidovaných forem dusíku ($N\text{-}NO_2^-$ a $N\text{-}NO_3^-$) může probíhat i v přítomnosti určitého množství molekulárního O_2, nejvyšší senzitivitu vykazuje enzym N_2O-reduktáza, což při nenulové hladině O_2 iniciuje zastavení denitrifikace a uvolnění N_2O do prostředí [24]. V rámci dalšího experimentu byl simulován proces klasické heterotrofní denitrifikace při postupném navyšování koncentrace O_2. Při nulové koncentraci O_2 nepřevýšila produkce $N\text{-}N_2O$ 0,4 %, nejvyšší nárůst emisí byl zaznamenán při koncentraci O_2 0,3 $mg \cdot l^{-1}$, kdy produkce $N\text{-}N_2O$ odpovídala cca 2 % z celkového množství redukovaného $N\text{-}NO_3^-$. Při dalším navyšování koncentrace O_2 došlo k zastavení denitrifikační aktivity mikroorganismů, a tedy i produkce $N\text{-}N_2O$ [23].

V zásadě je tedy možno konstatovat, že relativně nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku pohybující se v řádu několika desetin $mg \cdot l^{-1}$ mohou vést ke zvýšené tvorbě N_2O v denitrifikačních i nitrifikačních zónách aktivačních systémů mechanicko-biologických ČOV.

2.2. Vliv hodnoty pH

Vedle nízké koncentrace O_2 je nárůst emisí N_2O dáván do souvislosti také s vyšší hodnotou pH. Během jednoho z experimentů výzkumníků Law et al. byly monitorovány emise N_2O při zvyšování hodnoty pH z 6,0 na 8,5. Zatímco při pH 6,0 a 7,0 se produkce $N\text{-}N_2O$ pohybovala kolem 1 %, po navýšení pH na 8 narostly emise $N\text{-}N_2O$ na čtyřnásobek. Vyšší produkce $N\text{-}N_2O$ ve vztahu k vyššímu pH pravděpodobně souvisí s nárůstem rychlosti oxidace N-amon prostřednictvím autotrofní denitrifikace způsobeným nárůstem aktivity AOB za těchto podmínek [25].

U standardní heterotrofní denitrifikace je trend vztahu emisí N_2O a hodnoty pH opačný než v případě nitrifikace. Hanaki et al. [26] zaznamenali v rámci batch-testů nejvyšší koncentrace $N\text{-}N_2O$ dosahující až 10 % z celkové koncentrace dusíku při pH 6,5 a nízkém poměru koncentrace organického znečištění a sloučenin dusíku. U vzorků kultivovaných při hodnotě pH 7,5 a 8,5 byly emise podstatně nižší a rozdíl mezi nimi nebyl výrazný. K podobnému závěru, co se týče vztahu hodnoty pH a tvorby N_2O, dospěla studie autorů Thoern et Soerensson [18], nicméně jimi zjištěná úroveň emisí byla výrazně nižší. Při jednorázových testech simulujících denitrifikaci OV s nízkou koncentrací dusičnanů ($N\text{-}NO_3^-$ cca 10 $mg \cdot l^{-1}$) byly emise $N\text{-}N_2O$ detekovatelné až při hodnotě pH pod 6,5 a emise dosahující desetin procenta z celkového dusíku byly zjištěny při hodnotě pH pod 6,0. Vzhledem k tomu, že denitrifikace městské OV obvykle probíhá v rozsahu pH 7–8, je pravděpodobnost emisí N_2O vlivem působení hodnoty pH nízká.

2.3. Vliv přítomnosti dusitanů

Řada výzkumníků potvrzuje, že nárůst intenzity tvorby $N\text{-}N_2O$ v průběhu nitrifikace může být iniciován vyšší koncentrací $N\text{-}NO_2^-$ [5, 15, 20, 27, 28]. Přítomnost $N\text{-}NO_2^-$ v systému je totiž základní podmínkou pro iniciaci autotrofní denitrifikace způsobené aktivitou AOB, která následně vede ke zvýšené produkci $N\text{-}N_2O$ [15]. Již při koncentraci dusitanů v řádech desetin $mg \cdot l^{-1}$ docházelo na běžné městské ČOV k několikanásobnému navýšení produkce $N\text{-}N_2O$ oproti průměrným hodnotám, které se pohybovaly okolo 0,035 % [5].

Vyšší koncentrace N-NO_2^- mohou zvyšovat emise N-N_2O i během denitrifikace. Děje se tak pravděpodobně zejména prostřednictvím inhibice enzymu N_2O-reduktázy, která je u heterotrofních denitrifikantů zodpovědná za finální fázi redukce oxidovaných forem dusíku na N_2 [29]. Roli inhibitoru posledního kroku denitrifikace může hrát také oxid dusnatý, jehož vznik byl ve větší míře zaznamenán v reakci na skokové navýšení NO_2^- během denitrifikace [30]. Zhou et al. [31] předpokládají, že hlavním inhibitorem N_2O-reduktázy je HNO_2, nedisociovaná forma dusitanů, která se objevuje v závislosti na koncentraci dusitanů ve výraznější míře až při poklesu hodnoty pH pod cca 6. Toto pozorování nepřímo podporují i další studie [18, 26], v nichž byla popisována zvýšená produkce N-N_2O až při hodnotě pH nižší než 6,5. Zvýšenou produkci N-N_2O při denitrifikaci probíhající po skokovém nárůstu koncentrace N-NO_2^- zaznamenali Tallec et al. [22].

Zatímco v podmínkách běžných městských ČOV je přítomnost N-NO_2^- nežádoucí a při provozu je možné akumulaci iontů N-NO_2^- předcházet důsledným zachováváním optimálních provozních podmínek, u některých alternativních čistírenských technologií je akumulace dusitanů v řádech stovek až tisíců mg·l^{-1} naopak cílem nitrifikační fáze čistírenského procesu. Dopad těchto technologií na emise N_2O je podrobněji popsán v kap. 4.

2.4. Vliv vstupní koncentrace N-amon a zatížení systému

Koncentrace N-amon v čištěné vodě a zejména její náhlý nárůst, či náhlé navýšení objemového zatížení N-amon je další faktor vedoucí k zvýšenému riziku tvorby N_2O daným aktivitou AOB. Např. Burgess et al. [32] pozorovali nárůst produkce N-N_2O z hodnoty 0,08 % na 1,17 % při šokovém navýšení zatížení reaktoru zpracovávajícího městskou OV. K velmi podobným závěrům dospěl i kolektiv výzkumníků Lotito et al. při pokusech prováděných v rámci poloprovozu na městské ČOV. Skokové navýšení koncentrace N-amon v čištěné OV na přibližně dvojnásobek (z cca 20 na cca 40 mg·l^{-1}) po dobu přibližně dvou hodin vyvolalo cca čtyřnásobný nárůst produkce N-N_2O z průměrné hodnoty 0,5 % na 2 % z celkového množství vstupního N-amon. Vyšší než průměrné koncentrace N-N_2O byly naměřeny při ranní špičce objemového zatížení N-amon i v rámci běžného provozu zkoumané městské ČOV [28].

2.5. Vliv poměru CHSK/N

CHSK/N je parametrem, který kvantifikuje poměr koncentrace organických látek (CHSK – chemická spotřeba kyslíku) k dusíkatému znečištění odpadní vody. V případě, že je heterotrofní denitrifikace limitována dostupností organického substrátu, může docházet k neúplné redukci oxidovaných forem dusíku a k následné přechodné akumulaci NO a N_2O [15, 20, 29].

Například Chiu et Chung [33] během pokusů s městskou OV pozorovali při poměru CHSK/N nižším než 2,0 akumulaci N-N_2O cca 0,5 %, jiní autoři [34] uváděli při srovnatelných podmínkách maximální hodnotu akumulace N-N_2O cca 2 %. Mnohem vyšší hodnoty publikoval Itokawa et al. [29] při zpracování OV s vysokou koncentrací N-amon (1700–1800 mg·l^{-1}) v semikontinuálně provozovaném reaktoru. Při poměru CHSK/N 2,4/1 byla pozorována až 30% akumulace N-N_2O, zatímco během pokusů s vyššími koncentracemi substrátu (CHSK/N 4–5/1) nepřevýšila akumulace N-N_2O 1 %.

2.6. Vliv technologického uspořádání biologického stupně čištění na intenzitu produkce N_2O

Parametrem, který má zásadní vliv na emise N_2O v rámci ČOV, je způsob provozu aktivační nádrže a s ním spojená stabilita fyzikálně-chemických podmínek procesu. Při udržování stabilních provozních podmínek je obecně produkce N_2O nízká i v případě, že hodnoty jednotlivých faktorů nejsou z hlediska předcházení rizik emisí tohoto plynu zcela optimální [5]. Naopak časté provozní úpravy a náhlé změny fyzikálně-chemických podmínek vedou k navýšení emisí i při optimálních hodnotách zmiňovaných faktorů [5, 20, 28].

ČOV s aktivačními nádržemi, které se svou hydraulickou charakteristikou blíží tzv. ideálnímu promíchávání [6], vykazují nižší produkci N_2O než systémy pracující na principu tzv. postupného toku. Velmi rizikovým způsobem provozu z hlediska emisí N_2O je zejména semikontinuální průtok realizovaný v systémech Sequencing Batch Reactor – SBR [6], v němž dochází k častým a rychlým změnám fyzikálně-chemických podmínek [5, 35].

S určitým rizikem emisí N_2O je spojena krátká doba zdržení biomasy v biologickém stupni čištění. Lotito et al. [28] uvádí, že nižší stáří kalu odpovídající cca 10–12 dnům vedlo k prokazatelnému navýšení emisí N-N_2O, jehož akumulace však nepřerostla 0,1 %.

Dalším faktorem, který nepřímo ovlivňuje celkové množství N_2O produkovaného v objektech městských ČOV, je intenzita recirkulace čištěné vody z nitrifikačních do denitrifikačních zón aktivačních nádrží. Za účelem maximalizace celkové účinnosti odstranění dusíkatého znečištění se při provozu ČOV často množství takto recirkulované vody udržuje na poměru 10 a vyšším (na 1 m^3 odtoku je 10 m^3 recirkulováno mezi oxickou nitrifikační a anoxickou denitrifikační zónou). Tím zároveň dochází k významnému ředění meziproduktů nitrifikace (zejména je z tohoto pohledu významný N-NO_2^-). Díky tomu sekundárně dochází ke snížení tvorby N_2O [28].

3. Emise N_2O na městských ČOV

Studie IPPC [1], podle níž je v současnosti vyhodnocováno riziko emisí N_2O v rámci čistírenských technologií, vychází z výzkumu Czepiel et al. [36], kteří jako jedni z prvních provedli měření emisí N_2O pomocí opakovaného odebírání vzorků na jednotlivých čistírenských linkách běžných městských ČOV. Celková produkce N-N_2O v objektech ČOV jimi byla vyčíslena na 0,035 % z celkového množství N-amon. Od té doby byla publikována řada novějších prací zaměřených na kvantifikaci emisí N_2O při běžném provozu ČOV [5, 22, 28, 37]. Pro analýzu emisí byly v rámci těchto výzkumů často využity nejen „off-line“ metody stanovení analýzou odebraných vzorků, ale i kontinuální „on-line“ měření okamžitých hodnot N-N_2O v kapalné i plynné fázi.

Nejvíce emisí N_2O produkují provzdušňované zóny aktivačních nádrží. N_2O vznikající při nitrifikaci i denitrifikaci je následně stripován vzduchem dodávaným do systému [5].

Průměrné hodnoty akumulace N-N_2O zjištěné jednotlivými autory se pohybují v řádech setin až jednotek procent na jednotku odstraněného N-amon a většina měření vykazuje velký rozsah maximálních a minimálních emisních hodnot naměřených v průběhu sledování ČOV. Jednotlivé hodnoty a hlavní faktory vedoucí k produkci N_2O jsou prezentovány v **tab. 1**.

Ze závěrů IPPC [1], které i přes řadu dalších výzkumů provedených v této oblasti vycházejí ze zmiňované práce [36], vyplývá, že při průměrné hodnotě produkce N-N_2O 0,035 % na jednotku odstraněného N-amon bude roční uhlíková stopa (vysvětlení termínu – [43]) ČOV daná spotřebou energie na zajištění provozu navýšena o 13 %. Novější analýzy emisí N_2O na ČOV nicméně v průměru toto číslo spíše navyšují (**tab. 1**). Při vyloučení nejvyšší a nejnižší průměrné emisní hodnoty dané **tab. 1** dostaneme hodnotu produkce N-N_2O přibližně 0,25 %., což by odpovídalo navýšení uhlíkové stopy o cca 93 %, tzn. průměrná ČOV by produkovala skoro 2x více skleníkových plynů, než kolik je emitováno na zajištění jejích energetických nároků. Vedle toho by také významně narostl podíl ČOV na globální antropogenní produkci N-N_2O ze současně uváděných cca 3,2 % na přibližně 19 %, čímž by se ČOV staly druhým nejvýznamnějším zdrojem emisí N_2O po zemědělské činnosti.

4. Emise N_2O v rámci alternativních biochemických procesů odstraňování sloučenin dusíku

V současnosti se v prostředí čistírenských technologií prakticky využívají zejména dva alternativní biochemické postupy odstraňování dusíku, a to zkrácená nitrifikace s následnou denitrifikací a zkrácená nitrifikace s následnou deamonifikací. Pro aplikaci uvedených postupů je za účelem zastavení nitrifikačního procesu ve fázi N-NO_2^- často nutné nastavit podmínky provozu cíleně tak, že se některé rizikové faktory vedoucí k emisím N-N_2O dostávají do extrémních hodnot. Jedná se zejména o koncentraci O_2, hodnotu pH, koncentraci N-NO_2^- a změny provozních podmínek během čistírenského procesu, jako jsou rychlé přechody z aerobních do anaerobních podmínek, či střídání fází během semikontinuálního provozu [44].

Principem zmíněných alternativních biochemických procesů je cílená akumulace dusitanů a jejich následná biochemická redukce. Zatímco v pracích zabývajících se emisemi N-N_2O na běžných, městských ČOV způsobily výrazné navýšení emisí již koncentrace N-NO_2^- o hodnotách desetin až jednotek mg·l^{-1} , při zkrácení nitrifikaci dochází k akumulaci uvedeného iontu v řádech stovek až tisíců mg·l^{-1} [14]. Lze tedy očekávat, že takto vysoké koncentrace N-NO_2^- mohou v porovnání s běžnými ČOV také řádově navyšovat emise N-N_2O.

Experimenty prováděné v laboratorním měřítku i v provozních čistírenských zařízeních pro alternativní čištění OV s vysokou koncentrací N-amon uvádějí poněkud vyšší hodnoty produkce N-N_2O, i přes enormní koncentrace N-NO_2^- se však zejména u plně provozních aplikací jedná o hodnoty maximálně jednotek procent (**tab. 2**).

Emise N-N_2O z alternativních technologií odstranění N-amon dosahují přibližně o jeden řád vyšších hodnot ve srovnání s městskými ČOV. V rámci běžných městských ČOV lze alternativními postupy odstranit maximálně 20–30 % N-amon, který je koncentrován v tzv.

kalové vodě. I v tomto případě by nicméně došlo k navýšení celkových emisí na ČOV o cca 200–300 %. Na druhou stranu významné snížení zatížení hlavní čisticí linky umožňuje zvýšení efektivity odstranění N-amon, což by pravděpodobně vedlo k nižším emisím N-N_2O produkovaným na hlavní lince. Vedle toho nižší koncentrace N-amon v hlavní lince zjednodušuje dosažení nižších koncentrací dusíkatého znečištění v odtoku, což je jednoznačným pozitivem z hlediska čistoty recipientu. Alternativní procesy odstraňování N-amon dále výrazně snižují energetické nároky na čištění OV. Lze předpokládat, že dalším výzkumem a optimalizací těchto technologií bude možné produkci N-N_2O dále snižovat.

5. Závěr

Zdrojem N_2O při čištění odpadních vod jsou zejména biochemické přeměny sloučenin dusíku probíhající v biologickém stupni čištění za účelem odstranění dusíkatého znečištění, přičemž intenzita emisí oxidu dusného je determinována širokou škálou faktorů. Pro minimalizaci emisí N_2O na běžných městských ČOV je důležitá zejména stabilita čisticího procesu, minimální výkyvy v koncentraci znečištění v aktivačních nádržích, dostatečná koncentrace O_2 v aerobní fázi biologického čištění a odpovídající koncentrace snadno dostupného organického substrátu v průběhu anoxických procesů. Rizikový může být z hlediska produkce N_2O provoz systémů založených na alternativních biologických postupech odstraňování dusíkatého znečištění, při kterých jsou mikroorganismy vystaveny relativně vysokým koncentracím N-NO_2^-. Problematice produkce N_2O při čištění odpadních vod se intenzivně věnovala celá řada vědeckých týmů. Ze závěrů dosud publikovaných studií je zřejmé, že tento aspekt provozu ČOV může být z pohledu vlivu na životní prostředí poměrně významný. Přesto dosud není produkci N_2O při projektování a provozování ČOV věnována velká pozornost. Z tohoto důvodu se do budoucna jeví jako účelné využít výsledky dosavadního výzkumu pro intenzivnější sledování produkce a emisí N_2O v reálných objektech ČOV, k případné realizaci nápravných opatření a v ideálním případě i k postupnému zohlednění této problematiky v legislativních předpisech určujících pravidla pro provoz ČOV.

Poděkování: *Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektů podporovaných Celouniverzitní grantovou agenturou (CIGA) ČZU v Praze, registrační čísla projektů 20132012 a 20142028. Autoři děkují poskytovateli dotace za finanční podporu výzkumu.*

Tab. 1. Emise N-N_2O (v % z celkového odstraněného N-amon) v rámci laboratorních i plně provozních aktivačních systémů. EO – ekvivalentní obyvatel je jednotka používaná pro popis velikosti ČOV, kvantifikuje průměrnou produkci znečištění jedním obyvatelem. Všechny uvedené ČOV odstraňovaly dusíkaté znečištění biochemickým procesem nitrifikace/denitrifikace

Autoři	N-N_2O/N-amon [%]		Typ ČOV	Parametry tvorby N_2O
	průměr	rozsah		
Czepiel et al. [36]	0,035	–	městská ČOV 11 000 EO (směšovací aktivace)	-
Wicht et Beier [38]	0,6	0–14,6	25 různých ČOV (postupný tok, směšovací aktivace, SBR, biofilmové reaktory)	-
Kimochi et al. [39]	–	0,01–0,08	městská ČOV 1 000 EO (směšovací aktivace s přerušovanou aerací)	vyšší emise při delších aerobních fázích
Sommer et al. [40]	0,02	–	městská ČOV 60 000 EO (postupný tok)	-
Ahn et al. [41]	0,8	0,003–2,59	12 různých ČOV (postupný tok, směšovací aktivace, SBR, biofilmové reaktory)	výrazně vyšší produkce v oxické zóně
Foley et al. [5]	3,5	0,006–25,3	7 různých ČOV (postupný tok, směšovací aktivace, SBR, biofilmové reaktory)	vyšší konc. N-NO_2^-, výkyvy ve složení vstupní OV, semikont. provoz
Wang et Zhang [37]	0,11	–	městská ČOV 1 000 000 EO (postupný tok)	přítomnost N-NO_2^-, nedostatek org. substrátu
Lotito et al. [28]	0,04	0,01–0,06	experimentální ČOV (směšovací aktivace)	denní výkyvy v objemovém zatížení, nižší konc. O_2
Abookabar et al. [42]	0,036	–	městská ČOV (směšovací aktivace) 210 000 EO	denní výkyvy v objemovém zatížení, nižší konc. O_2

Tab. 2. Emise N-N_2O (v % z celkového odstraněného N-amon) v rámci laboratorních i plně provozních alternativních systémů zpracovávajících OV s vysokou koncentrací N-amon. Měřítko: lab. – laboratorní, prov. – provozní

Autoři	N-N_2O/ N-amon [%]	Měřítko	Biochemické procesy Způsob provozu	Parametry tvorby N_2O
Osada et al. [45]	1,0–35,0	lab.	nitrifikace/denitrifikace SBR	vyšší emise při delších aerobních fázích
Itokawa et al. [29]	1,0–30,0	lab.	nitrifikace/denitrifikace SBR	nízký poměr CHSK/N a přítomnost N-NO_2^- v průběhu denitrifikace,
Kampschreur et al. [19]	2,3	prov.	nitritace/deamonifikace CSTR	nižší konc. O_2 a vyšší konc. N-NO_2^-
Kampschreur et al. [20]	1,2	prov.	nitritace/deamonifikace CSTR	-
de Graaf et al. [45]	1,9	lab.	Nitritace CSTR	vyšší konc. N-NO_2^-
Law et al. [25]	1	lab.	Nitritace SBR	vyšší pH iniciující vyšší rychlost oxidace N-amon
Okabe et al. [47]	4,0	lab.	nitritace/deamonifikace CSTR	vyšší konc. N-NO_2^-
Pijuan et al. [35]	2,2–6,6	lab.	nitritace SBR, CSTR	provoz v SBR, nižší konc. O_2
Rodrigues-Caballero et al. [48]	1,22	lab.	nitritace SBR	vyšší konc. N-NO_2^-, vyšší konc. N-amon

Literatura/References

[1] IPCC, 2001: Climate change 2001: The scientific basis. Houghton, J. T.; Ding, Y.; Griggs, D. J.; Noguer, M.; van der Linden, P. J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C. A., Cambridge University Press, 2001, 881 pgs

[2] Ravishankara, A. R.; Daniel, J. S.; Portmann, R. W. (2009): Nitrous oxide (N_2O): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. Science 326:123–125.

[3] Mosier, A.; Kroeze, C.; Nevison, C.; Oenema, O.; Seitzinger, S.; van Cleemput, O. (1999): An overview of the revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory metodology for nitrous oxide from agriculture. Environ. Sci. Policy, 2:325–333.

[4] Desloover, J.; Vlaeminck, S. E., Clauwaert, P.; Verstraete, W.; Boon, N. (2012): Strategies to mitigate N_2O emissions from biological nitrogen removal systems. Curr. Opin. Biotechnol., 23(3):474–82.

[5] Foley, J.; de Haas, D.; Yuan, Z.; Lant, P. (2010): Nitrous oxide generation in full-scale biological nutrient removal wastewater treatment plants, Water research, 44:831–844.

[6] Chudoba, J.; Dohányos, M.; Wanner, J. (1991): Biologické **čištění** odpadních vod (In Czech), Biological wastewater treatment, SNTL, Prague.

[7] Sun, Y.; Nemati, M. (2012): Evaluation of sulfur-based autotrophic denitrification and denitritation for biological removal of nitrate and nitrite from contaminated waters, Bioresource Technology, 114:207–216.

[8] Hooper, A. B. (1989): Biochemistry of the nitrifying litho- autotrophic bacteria. Science Tech. 239–269.

[9] Poth, M.; Focht, D. (1985) ^{15}N Kinetic analysis of N_2O production by *Nitrosomonas europaea*: an examination of nitrifier denitrification. Appl. Environ. Microbiol. 49:1134–1141.

[10] Bock, E.; Schmidt, I.; Stuven, R.; Zart, D. (1995): Nitrogen loss caused by denitrifying *Nitrosomonas* cells using ammonium or hydrogen as electron donors and nitrite as electron acceptor. Archives of Microbiology 163 (1): 16–20.

[11] Van Niel, E. W. J.; Arts, P. A. M.; Wesselink, B. J.; Robertson, L. A.; Kuenen, J. G. (1993): Competition between heterotrophic and autotrophic nitrifiers for ammonia in chemostat cultures. FEMS Microbiology Ecology 102 (2):109–118.

[12] Švehla, P.; Jeníček, P.; Endrlová, D. (2009): Vliv amoniakálního a dusitanového dusíku na průběh nitrifikace odpadních vod s vysokou koncentrací dusíkatého znečištění. Vodní

hospodářství, 7:256–259 (In Czech), I nfluence of ammonium and nitrite nitrogen on nitrification of high-strength ammonium wastewater. Water management, 7: 256–259.
[13] van Dongen, U.; Jetten, M. S. M.; van Loosdrecht, M. C. M. (2001): The SHARON-anammox process for treatment of ammonium rich wastewater. Water Sci. Technol., 44 (1):153–160.
[14] Švehla, P.; Jeníček, P.; Habart, J.; Hanč, A.; Černý, J. (2007): Využití akumulace dusitanů při biologickém čištění odpadních vod . Chemické listy, 2007, roč. 101, č. 10, s. 776–781 (In Czech), Utilization of nitrite accumulation during biological wastewater treatment processes, Chemicke listy, 101(10): 776–781.
[15] Law, Y.; Lant, P.; Zhiguo, Y. (2011): The effect of pH on N_2O production under aerobic conditions in partial nitritation system. Water Res., 45:5934–5944.
[16] Shiskowski, D. M.; Mavinic, D. S. (2006): The influence of nitrite and pH (nitrous acid) on aerobic-phase, autotrophic N_2O generation in a wastewater treatment bioreactor. Journal of Environmental Engineering and Science, 5:273–283.
[17]. Viviantira, E.; Wan, Ch.; Wong, B. T.; Lee, D. J. (2012): Denitrifying sulfide removal with methanogenic culture. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 43:374–385.
[18] Thoern, M.; Soerensson, F. (1996): Variation of nitrous oxide formation in the denitrification basin in a wastewater treatment plant with nitrogen removal. Water Res., 30 (6):1543–1547.
[19] Kampschreur, M. J.; van der Star, W. R. L.; Wielders, H. A.; Mulder, J. W.; Jetten, M. S. M.; van Loosdrecht, M. C. M. (2008): Dynamics of nitric oxide and nitrous oxide emission during full-scale reject water treatment. Water Res., 42(3):812–826.
[20] Kampschreur, M. J.; Poldermans, R.; Kleerebezem, R.; van der Star, W. R. L.; Haarhuis, R.; Abma, W. R.; Jetten, M. S. M.; van Loosdrecht, M. C. M., 2009. Emission of nitrous oxide and nitric oxide from a full-scale single-stage nitritation-anammox reactor. Water Sci. Technol., 60 (12):3211–3217.
[21] Goreau, T. J.; Kaplan, W. A.; Wofsy, S. C.; McElroy, M. B.; Valois, F. W.; Watson, S. W. (1980): Production of nitrite and nitrogen oxide (N_2O) by nitrifying bacteria at reduced concentrations of oxygen. Applied and Environmental Microbiology, 40 (3): 526–532.
[22] Tallec, G.; Garnier, J.; Billen, G.; Gousailles, M.(2006): Nitrous oxide emissions from secondary activated sludge in nitrifying conditions of urban wastewater treatment plants: effect of oxygenation level. Water Res., 40 (15):2972–2980.
[23] Tallec, G.; Garnier, J.; Billen, G.; Gousailles, M. (2008): Nitrous oxide emissions from denitrifying activated sludge of urban wastewater treatment plants, under anoxia and low oxygenation. Bioresour. Technol., 99: 2200–2209.
[24] Otte, S.; Grobben, N. G.; Robertson, L. A.; Jetten, M. S. M.; Kuenen, J. G. (1996): Nitrous oxide production by *Alcaligenes faecalis* under transient and dynamic aerobic and anaerobic conditions. Applied and Environmental Microbiology, 62 (7):2421–2426.
[25] Law, Y.; Lant, P.; Zhiguo, Y. (2011): The effect of pH on N_2O production under aerobic conditions in partial nitritation system. Water Res., 45:5934–5944
[26] Hanaki, K.; Hong, Z.; Matsuo, T. (1992): Production of nitrous oxide gas during denitrification of wastewater. Water Science and Technology, 26 (5–6):1027–1036.
[27] Rassamee, L.; Sattayatewa, C., Pagilla; K., Chandran, K. (2011): Effect of Oxic and Anoxic Conditions on Nitrous Oxide Emissions from Nitrification and Denitrification Processes Biotechnology and Bioengineering, 108 (9):2036–2045.
[28] Lotito, A. M.; Wunderlin, P.; Joss, A.; Kipf, M.; Siegrist, H. (2012): Nitrous oxide emissions from the oxidation tank of a pilot activated sludge plant. Water Res., 46:3563–3573.
[29] Itokawa, H.; Hanaki, K.; Matsuo, T. (2001): Nitrous oxide production in high-loading biological nitrogen removal process under low COD/N ratio condition, Water Res., 35(3):657–664.
[30] Schulthess, R. V.; Kuhni, M.; Gujer, W. (1995): Release of nitric and nitrous oxides from denitrifying activated sludge. Water Res., 29:215–226.
[31] Zhou, Y.; Pijuan, M.; Zeng, R. J.; Yuan, Z. (2008): Free nitrous acid inhibition on nitrous oxide reduction by a denitrifying-enhanced biological phosphorus removal sludge. Environ. Sci. Technol., 42: 8260–8265.
[32] Burgess, J. E.; Stuetz, R. M.; Morton, S.; Stephenson, T. (2002): Dinitrogen oxide detection for process failure early warning systems. Water Science and Technology, 45 (4–5): 247–254.
[33] Chiu, Y.-C.; Chung, M.-S. (2000): BNP test to evaluate the influence of C/N ratio on N2O production in biological denitrification. Water Science and Technology, 42 (3–4): 23–27.
[34] Zhang, J.; Wang, S. (2009): Effect of influent COD/N ratio on nitrous oxide production during denitrification using different electron acceptors (Conference Paper). International Conference on Energy and Environment Technology, ICEET, Volume 2: 511–514.
[35] Pijuan, M.; Tora, J.; Rodriguez-Caballero, A.; César, E.; Carrera, J.; Peréz, J. (2014): Source identification of nitrous oxide on autotrophic partial nitrification in a granular sludge reactor. Water Research 4 9:23–33.
[36] Czepiel, P.; Crill, P.; Harriss, R. (1995): Nitrous oxide emissions from municipal wastewater treatment. Environmental Science and Technology, 29: 2352–2356.
[37] Wang, J.; Zhang, J.; Wang, J.; Qi, P.; Ren, Y.; Hu, Z. (2001): Nitrous oxide emissions from a typical northern Chinese municipal wastewater treatment plant. Desalination and Water Treatment, Volume 32, Issue 1–3, August 2011: 145–152.
[38] Wicht, H.; Beier, M., (1995): N_2O emission aus nitrifizierenden und denitrifizierenden Klaranlagen. Korrespondenz Abwasser, 42 (3): 404–413.
[39] Kimochi, Y.; Inamori, Y.; Mizuochi, M.; Xu, K. Q.; Matsumura, M. (1998): Nitrogen removal and N2O emission in a full-scale domestic wastewater treatment plant with intermittent aeration. Journal of Fermentation and Bioengineering, 86 (2): 202–206.
[40] Sommer, J.; Ciplak, A.; Sumer, E.; Benckiser, G.; Ottow, J. C. G. (1998): Quantification of emitted and retained N_2O in a municipal wastewater treatment plant with activated sludge and nitrification-denitrification units. Agrobiological Research, 51 (1): 59–73.
[41] Ahn, J. H.; Kim, S.; Park, H.; Katehis, D.; Pagilla, K.; Chandran, K. (2010): Spatial and temporal variability in atmospheric nitrous oxide generation and emission from full-scale biological nitrogen removal and non-BNR processes. Water Environment Research, 82 (12):2362–2372.
[42] Aboobakar, A.; Cartmell, E.; Stephenson, T.; Jones, M.; Vale, P.; Dotro, G. (2013): Nitrous oxide emissions and dissolved oxygen profiling in a full-scale nitrifying activated sludge treatment plant. Water Research, 47:524–534.
[43] http://www.carbonfootprint.com/
[44] Zhu, G.; Peng, Y.; Li, B.; Guo, J.; Yang, Q. (2008): Biological Removal of Nitrogen from Wastewater. Rev Environ Contam. Toxicol., 192:159–195.
[45] Osada, T.; Kuroda, K.; Yonaga, M. (1995): Reducing nitrous oxide gas emissions from fill-and-draw type activated sludge process. Water Research, 29 (6):1607–1608.
[46] de Graaff, M. S.; Zeeman, G.; Temmink, H.; van Loosdrecht, M. C. M.; Buisman, C. J. N. (2010): Long term partial nitritation of anaerobically treated black water and the emission of nitrous oxide. Water Research, 44:2171–2178.
[47] Okabe, S.; Oshiki, M.; Takahashi, Y.; Satoh, H. (2011): N_2O emission from a partial nitrification-anammox process and identification of a key biological process of N_2O emission from anammox granules. Water Research, 45:6461–6470.
[48] Rodriguez-Caballero, A.; Ribera, A.; Balcázar, J. L.; Pijuan, M. (2013): Nitritation versus full nitrification of ammonium-rich wastewater: Comparison in terms of nitrous and nitric oxides emissions. Bioresource Technology 139:195–202.

Ing. Mgr. Lukáš Pacek (autor pro korespondenci)
Ing. Pavel Švehla, Ph.D.
Ing. Josef Radechovský
Ing. Helena Hrnčířová
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129
165 21 Praha 6 – Suchdol
e-mail: lukas.pacek@seznam.cz

Emission of Nitrous Oxide from Wastewater Treatment Processes (Pacek, L.; Švehla, P.; Radechovský, J.; Hrnčířová, H,)

Abstract

Nitrous oxide is a strong greenhouse and ozone depleting gas. Wastewater treatment plants are becoming one of the largest anthropogenic sources of its emissions. The understanding of main biochemical paths and conditions leading to nitrous oxide production is crucial to evaluate emission factor of particular wastewater treatment process. The article reviews dominant biochemical paths and physical–chemical conditions of wastewater treatment with potential to contribute to nitrous oxide emissions. As the factors with major risk the low O_2 conditions during nitrification, low COD/N ratio during denitrification and the concentration of $N\text{-}NO_2^-$ in both nitrification and denitrification process were identified. Based on recent literature data the average emission factor of nitrous oxide from common municipal wastewater treatment plants was assessed to be 0.25 %. The optimal and hazardous treatment conditions and technologies are described subsequently. Furthermore, the alternative biochemical processes of nitrogen removal such as shortcut nitrification and ANAMMOX process were evaluated from the viewpoint of possible nitrous oxide emissions. The high nitrogen removal efficiency and stable operation conditions lower nitrous oxide emissions, while operation in SBR regime or frequent changes of process conditions considerably increase the risk of nitrous oxide production.

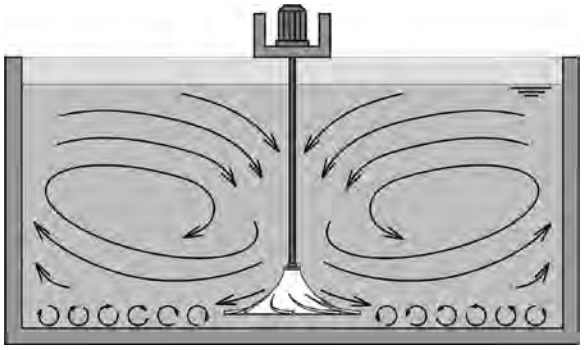
Key words
nitrous oxide – emission – greenhouse gas – wastewater treatment

Tento článek byl recenzován a je otevřen k diskusi do 30. června 2014. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků.
Příspěvky posílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.

Aplikace hyperboloidních míchadel pro efektivní míchání na úpravnách vod

Míchání se řadí vedle čerpání, provzdušňování a separace k nejdůležitějším technologiím v oblasti čištění a úpravy vod.

Hyperboloidní míchadla se za 25 let od jejich uvedení na trh dobře etablovala v celé řadě procesů čištění a úpravy vod. Míchací efekt je vytvářen rotací hyperboloidního těla míchadla s integrovanými dopravními žebry, které je umístěno uprostřed dna nádrže. Vzniklé hlavní proudění je centricky uspořádané, s nejvyššími rychlostmi u dna nádrže. Účinně je tak zamezováno sedimentaci suspenze a zaručena homogenita míchaného média. Tělo míchadla je spojeno hřídelí s pohonem umístěným na lávce nad hladinou nádrže. V kombinaci s frekvenčním měničem je pak možné plynule měnit otáčky míchadla a reagovat tak na měnící se potřeby intenzity míchání a dosáhnout tak potřebné šetrnosti k míchané suspenzi.

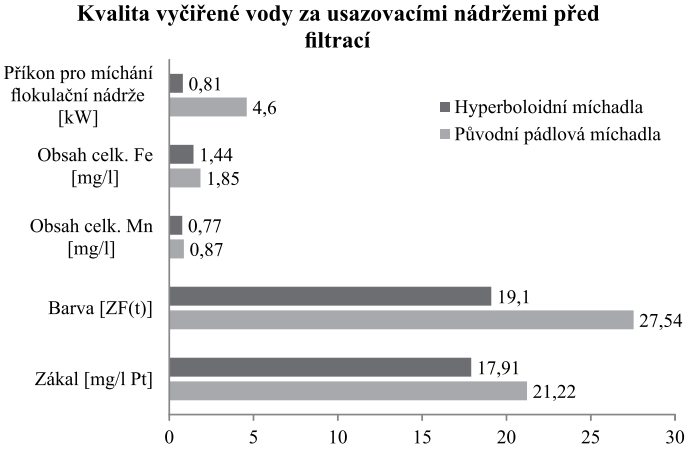


Hyperboloidní míchadla na úpravnách vod nacházejí své uplatnění v procesech:
- pomalého míchání ve flokulačních nádržích,
- homogenizace rychlomísením,
- přípravy vápenné vody.

Flokulační nádrže pomalého míchání

Prvním aplikacím hyperboloidních míchadel ve flokulačních nádržích pomalého míchání předcházel několikaměsíční důkladný srovnávací test s horizontálními pádlovými míchadly, který byl řízen provozovatelem na ÚV Bzenec Přívoz. Upravuje se zde voda s vysokým obsahem oxidu uhličitého, železa a manganu. Pro úpravu pH se vedle intenzivního provzdušňování navíc dávkovalo i vápenné mléko.

Do jedné flokulační nádrže byla nainstalována čtyři hyperboloidní míchadla HyperClassic®, každé s průměrem 1,5 m, se jmenovitým výkonem motoru 0,55 kW a s možností změny otáček frekvenčním měničem v rozsahu 10–20 ot/min. V každé z ostatních flokulačních nádrží byla v provozu dvě stávající dvoububnová horizontální pádlová míchadla s konstantními otáčkami 2–4 ot/min a každé poháněné motorem s převodovkou o jmenovitém výkonu 3 kW.



Tímto srovnávacím testem stávajících pádlových míchadel s míchadly hyperboloidními se ukázalo, že:
- vločky vytvořené suspenze analyzované pod mikroskopem jsou velikostně srovnatelné,
- hyperboloidní míchadla jsou účinnější pro odbourávání celkového železa (prům. o 22 %), manganu (prům. o 11 %), zákalu (prům. o 16 %) a barvy (prům. o 31 %),
- aplikace hyperboloidních míchadel ve flokulačních nádržích sníží zatížení filtrů nerozpuštěnými látkami o cca 19 %,
- hyperboloidní míchadla prokázala roční úsporu cca 132 800 kWh za rok, což je snížení spotřeby elektrické energie o více jak 80 % v porovnání s původními pádlovými míchadly,
- usazování inkrustů na těle míchadla je rovnoměrné v tloušťce cca 3 mm za 6 měsíců, neovlivňuje účinnost míchání a je dobře odstranitelné ostříkáním tlakovou vodou v kombinaci s použitím kartáčů a kyseliny citronové.

Hyperboloidní míchadla jsou ve flokulačních nádržích pomalého míchání provozována např. od roku 2006 na ÚV Ostrožská Nová Ves (kapacita 240 l/s, 2 míchadla), od roku 2007 na ÚV Kněžpole (kapacita 126 l/s, 4 míchadla), od roku 2009 na ÚV Bzenec Přívoz (kapacita 400 l/s, 16 míchadel) a od roku 2010 na ÚV Štítná nad Vláří (kapacita 25 l/s, 2 míchadla).

Homogenizace rychlomísením

Účelem rychlomísení je především rychle a dobře zhomogenizovat chemikálie nadávkované do vody. Spojením jedinečné konstrukce hyperboloidního míchadla, zajišťujícího efektivní promíchání, a dostatečně vysokých otáček se získá účinné, tiché, energeticky úsporné a spolehlivé řešení pro rychlomísení, s minimálními požadavky na údržbu.

Příprava vápenné vody

Hladký, minimálně členitý tvar míchadla umožňuje tvorbu pouze slabé a rovnoměrné vrstvy vápenných inkrustů, které jsou snadno odstranitelné ostřikem tlakovou vodou. V důsledku absence dílů pod hladinou, vyžadujících údržbu, jsou hyperboloidní míchadla optimálním řešením pro nádrže na přípravu vápenné vody.

Ing. Vladimír Jonášek
CENTROPROJEKT GROUP a.s.
Štefánikova 167, 760 01 Zlín
tel.: 573 038 581
e-mail: invent@centroprojekt.cz
www.centroprojekt.cz

CENTROPROJEKT®

VTEI
2/2014 Ročník 56
VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VÝVOJ VYDATNOSTI PRAMENŮ V ČESKO-SASKÉM ŠVÝCARSKU

Pavel Eckhardt, Kateřina Poláková

Klíčová slova
pramen – podzemní voda – ochrana podzemních vod

Souhrn

Článek uvádí výsledky výzkumu problematiky pramenů v přeshraniční oblasti Česko-saského Švýcarska. Bylo tu nalezeno a změřeno 160 pramenů, část z nich poprvé. Některé prameny jsou využívány pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Vývoj vydatnosti pramenů se v oblasti lokálně liší. Poklesy vydatnosti pramenů vlivem čerpání podzemních vod byly zaznamenány v blízkém okolí jímacího území Hřensko. Značné množství ostatních pramenů a pramenných oblastí má obdobnou vydatnost jako v minulosti. Sledování vydatnosti pramenů je jedním z indikátorů možného ohrožení zdrojů podzemních vod.

Úvod

V posledních třech letech je ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v.v.i., v rámci přeshraničního projektu *Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE)* řešena problematika podzemních vod ve dvou přeshraničních regionech. Jedním z těchto regionů je zájmová oblast Hřensko–Křinice/Kirnitzsch, která je situována do oblasti Česko-saského Švýcarska. Na saské straně je projektovým partnerem Saský zemský úřad pro životní prostředí, zemědělství a geologii/Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Projekt byl vyvolán potřebou zjištění příčin poklesů hladin podzemních vod v této oblasti. Vedle výzkumu vývoje vydatnosti pramenů a pramenných oblastí jsou dalšími zájmovými okruhy projektu GRACE modelová řešení proudění podzemních vod, studie o stáří a míšení vod, studie důsledků vývoje klimatu a studie zabývající se faunou podzemních vod. Další související informace o projektu GRACE jsou uvedeny na internetových stránkách projektu http://www.gracecz.cz.

Zadání prací

Zadáním studie bylo zejména vyhodnotit vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v daném přeshraničním regionu, porovnat současný stav s archivními záznamy. Poznatky posloužily mimo jiné jako indikátor poklesu hladin podzemních vod, ale také k doplnění poznatků pro další části projektu, například modelové řešení proudění podzemních vod (blíže viz [1]).

Vymezení zájmové oblasti

Zájmová přeshraniční oblast Hřensko–Křinice/Kirnitzsch je situována do oblasti Česko-saského Švýcarska na pravém břehu Labe. Západní hranicí zájmové oblasti je tok Labe, jihozápadní hranici tvoří tok Kamenice, na severu a severovýchodě je oblast ohraničena lužickým zlomem. Hlavním vymezujícím faktorem jsou hydrogeologické poměry a možný dosah depresí hladin podzemních vod. Vymezení oblasti je patrné z mapek na *obr. 1* a *2*.

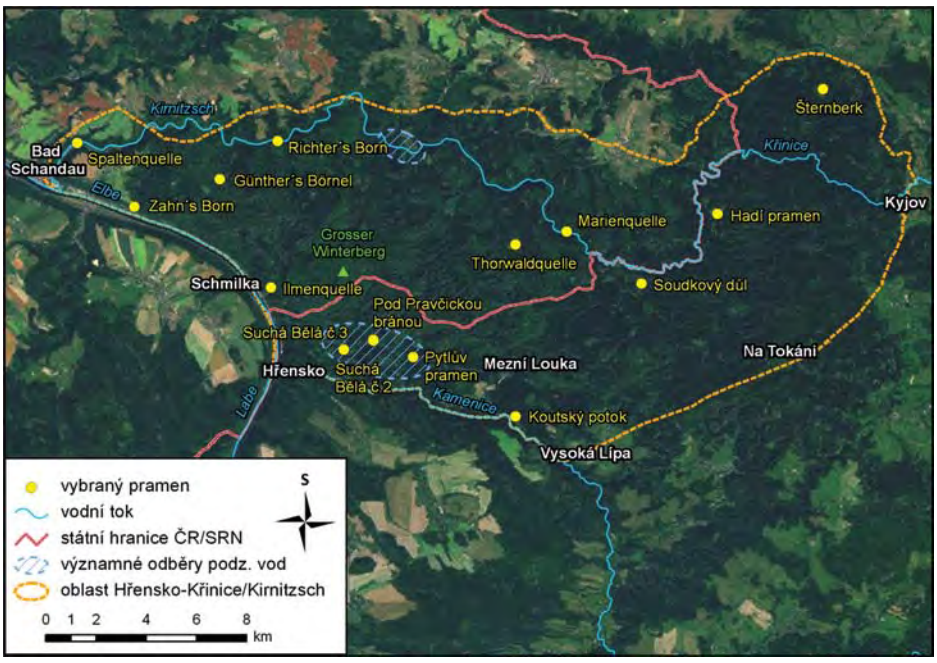
Přírodní poměry

Hydrologicky patří oblast do povodí Labe a jeho dvou pravostranných přítoků – Kamenice a Křinice.

Z geologického hlediska je oblast tvořena především pískovci svrchní křídy. Při lužické poruše se vyskytují nevelké tektonicky vyzdvižené kry starších hornin, jedná se o jurské sedimenty a horniny permského stáří. Oblast severně od lužické poruchy a podloží křídových sedimentů tvoří horniny lužického plutonu, převážně granodiority a žuly. Oblast je prorážena tělesy terciérních vulkanitů (např. [6]).

Z hydrogeologického hlediska leží česká část území v severní části hydrogeologického rajonu 4660 – Křída dolní Kamenice a Křinice [7]. Saská část patří do útvaru podzemních vod EL 1-6-2. V zájmovém území jsou z hydrogeologického hlediska nejvýznamnější zvodně v psamitických křídových horninách. Jejich propustnost je průlinovo-puklinová.

V zájmovém území je podle českého členění (např. [2]) z hydrogeologického hlediska nejvýznamnější zvodeň v kolektoru pískovců jizerského a svrchní části bělohorského souvrství (kolektor BC). Dalším významným kolektorem jsou pískovce perucko-korycanského souvrství na bázi pánevních sedimentů (kolektor A). Meziložní izolátor A/BC tvoří spodní část bělohorského souvrství, na části území však tento

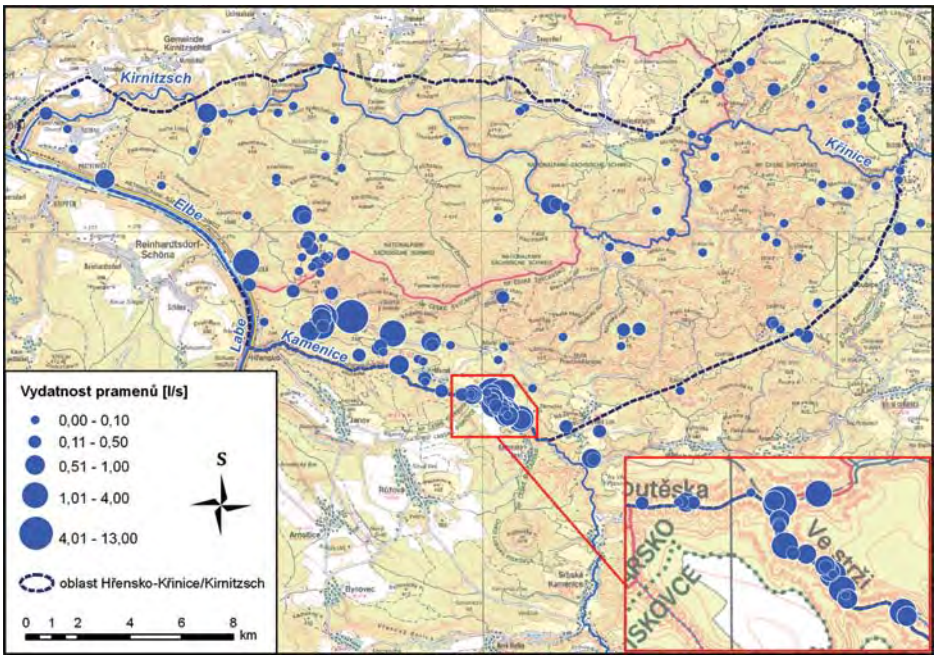


Obr. 1. Přehledná mapa zájmové oblasti
Fig. 1. Outline map of the area of interest

izolátor není vyvinut nebo nemá dostatečnou mocnost. Dochází tak k vytváření mocného kolektoru ABC. Zvodně pouze lokálního významu se vytvářejí v horninách kvartéru, terciérních vulkanitech a ve svrchní části jizerského souvrství (jemnozrnné pískovce), popř. v lokálních výskytech sedimentů březenského a teplického souvrství (kolektor D). Saské hydrogeologické členění svrchnokřídových sedimentů je podrobnější (např. [8]), jsou zde vymezeny hlavní kolektory 1 až 4, přičemž svrchní kolektor 1 je ještě dále členěn. Hlavní turonský kolektor odpovídá v německém pojetí hlubším kolektorům 3, 2 a části kolektorů 1.

Využívání podzemních vod

V zájmové oblasti se vyskytují jímací území podzemních vod, nejvýznamnějšími z nich jsou odběry v českém jímacím území Hřensko (v současnosti odběr okolo 70 l/s, v minulosti bylo odebíráno až přes 130 l/s). Odběr je prováděn z vrtů a dvou podchycených pramenů. Slouží pro zásobování severočeské vodárenské soustavy, zejména pro Děčínsko. Největší odběry v saské části území jsou v údolí Křinice pro vodárnu Endlerkuppe čerpané z vrtů v lokalitách Neumannmühle a Felsenmühle se současným odběrem okolo 40 l/s. Ostatní odběry podzemních vod v oblasti jsou řádově menší.



Obr. 2. Mapa vydatnosti pramenů zájmové oblasti
Fig. 2. Map of spring-discharge in the area of interest

Postup prací

V rámci studie Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí byla na počátku provedena a následně průběžně doplňována rešerše odborné literatury k tomuto tématu. Nejstarší dostupná saská studie [3] popisuje velmi výstižně stav pramenů po obou stranách státní hranice před více než 100 lety. V české části bylo navázáno zejména na práce v okolí jímacího území Hřensko (např. [5]), ale i na starší výzkumy Výzkumného ústavu vodohospodářského [4] a mnohé další podklady.

Na základě prvotní terénní rekognoskace území a provedené rešerše odborných podkladů byly na české straně v počátečním období vybrány významné prameny a profily na malých tocích a následovalo jejich sledování. Parametry pro výběr pramenů a profilů na tocích pro monitoring byly zejména přístupnost pro měření a pokrytí celé české části zájmové oblasti tak, aby mohly být zaznamenány případné lokální výchylky měřených hodnot. Vybírány byly zejména takové body, které byly již v minulosti měřeny, což bylo důležité pro následné vyhodnocení. Bylo vybráno 38 profilů, které byly sledovány ve čtvrtletním cyklu v průběhu roku 2012.

Zároveň probíhalo mapování pramenů. U všech pramenů byla měřena vydatnost, konduktivita vody, aktuální teplota vody a vzduchu, všechny prameny a profily byly zaměřeny pomocí GPS. Vydatnost pramenů a pramenných oblastí byla většinou měřena metodou odměrné nádoby, pouze výjimečně bylo použito měření pomocí vodoměrných vrtulí.

V závěru prací, po důkladném terénním průzkumu, proběhlo vlastní vyhodnocení vývoje vydatnosti jednotlivých pramenů a pramenných oblastí.

Výsledky terénních měření

Obecně největší vydatnosti pramenů byly zaznamenány v jarním období, což je dáno mj. naplněním zvodní z jarního tání sněhové pokrývky. Měření v rámci letního kola monitoringu bylo poznamenáno vysokými srážkovými úhrny kolem poloviny července roku 2012, v tomto srážkově bohatém období protékala voda i v obvykle pouze vlhkých korytech ve dnech jednotlivých pískovcových údolí. Vyšší srážkové úhrny způsobily významně větší vydatnosti pramenů ze svrchních zvodní. Naopak v druhé části letního období a na podzim byla zaznamenána minima vydatnosti jednotlivých pramenů ze svrchních zvodní a pramenných oblastí, část pramenů a drobných toků vyschla nebo neměla žádný povrchový odtok. Vydatnost pramenů hlubších zvodní byla naopak často relativně stabilní po celý rok.

Vyhledávání a měření vydatnosti pramenů bylo prováděno tak, aby bylo pokud možno pokryto celé území zájmové oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Celkově bylo nalezeno a změřeno 160 pramenů, což převýšilo původní zamýšlený rozsah prací. Z celkového množství pramenů bylo nalezeno 51 na saském území a 1 pramen v bezprostřední blízkosti hranice. Celková suma průměrných vydatností (povrchový odtok) nalezených pramenů, která zahrnuje většinu pramenů v oblasti, se pohybovala v monitorovaném období okolo 65 l/s. Značná část pramenů byla změřena a popsána poprvé. Výsledky mapování pramenů jsou přehledně uvedeny v mapce na *obr. 2.*

Nejvydatnější prameny v zájmové oblasti se nacházejí v její západní části, protože zde dochází k odvodnění celé hlavní hydrogeologické struktury (hlavního turonského kolektoru). Velmi vydatné jsou prameny v údolí Dlouhé Bělé a Suché Bělé a prameny v údolí Koutského potoka. Velké množství relativně vydatných pramenů se nachází i na pravém břehu Kamenice. Na saském území byl jako nejvydatnější změřen pramen Ilmenquelle v osadě Schmilka, podle archivních údajů by měl být nejvydatnější nepřístupný pramen Spaltenquelle v Bad Schandau. V západní příhraniční části území se také nachází větší množství pramenů v okolí hory Grosser Winterberg, jedná se tu o prameny svrchních zvodní. Jejich vydatnost v průběhu roku silně kolísá.

Ve střední části zájmového území je, vzhledem k vysoké propustnosti zdejších pískovců, pramenů jen malé množství. Je tu také relativně málo stabilních menších vodních toků. Ve východní části zájmového území v blízkosti lužické poruchy existuje větší množství méně vydatných pramenů. To je dáno jak nižší propustností pískovců svrchní části jizerského souvrství, tak i výskytem dalších méně propustných hornin a složitější tektonickou stavbou území. U značné části těchto pramenů dochází během roku k významnému kolísání vydatnosti.

Celkově existuje v zájmovém území 13 pramenů s průměrnou vydatností přes 1 l/s, dva v saské a jedenáct v české části zájmového území. Z toho tři nejvydatnější mají odtok přes 10 l/s. Jedná se o prameny v údolí Koutského potoka (vydatnost průměrně 12,65 l/s), Spaltenquelle v Bad Schandau (vydatnost okolo 12 l/s) a pramen Pod Pravčickou bránou (průměrně 10,6 l/s).

Jen některé prameny jsou využívány k zásobování obyvatel pitnou vodou. V české části jde například o pramen Pod Pravčickou bránou a Pytlův pramen, které jsou využívány v rámci jímacího území Hřensko. V německé části území je například využívána část pramene Ilmenquelle v obci Schmilka a jako záložní zdroj též pramen Spaltenquelle v Bad Schandau.

Prameny vykazují v naprosté většině pH nižší než 7, tedy v mírně kyselé oblasti.

V jímacím území Hřensko jsou odebírány většinou vody velmi slabě mineralizované, jejich konduktivita je nižší než 100 µS/cm obdobně jako u většiny silně vydatných pramenů ve spodní části údolí Suché Bělé, Koutského potoka a Kamenice. Mezi 100 a 160 µS/cm se pohybuje konduktivita vody značného množství pramenů z křídových kolektorů. Vyšší konduktivitu – okolo 200 µS/cm mají vydatné prameny vyšší úrovně kolektoru 2 (podle německého členění) východně od Hřenska. Zvýšenou konduktivitu vody nad 240 µS/cm vykazují některé drobnější prameny prokazatelně ovlivněné terciérními vulkanity. Nejvyšší konduktivitu vody mají většinou prameny ovlivněné odpadními vodami nebo difuzním znečištěním z povrchu, kterých je naštěstí relativně malý počet – jedná se o oblast málo postiženou antropogenní činností.

Prameny zájmového území jsou převážně sestupné. Uplatňuje se vazba na méně propustné vrstvy pískovců, výraznou roli hraje i lokální rozpukání hornin. V celé oblasti je dlouhodobě pravidelně od šedesátých let minulého století až do dnešní doby sledována vydatnost jediného pramene – jde o pramen Suchá Bělá č. 3, pozorovaný ČHMÚ.

Výsledky vyhodnocení vývoje vydatnosti

Aktuální změřené výsledky vydatností jednotlivých pramenů a pramenných oblastí byly porovnávány s dostupnými historickými daty.

Při posuzování příčin vývoje vydatnosti byl brán v úvahu zejména časový vývoj srážkové činnosti, vývoj a rozmístění odběrů podzemních vod, stav a podchycení jednotlivých pramenů, roční kolísání vydatnosti pramenů, příslušný kolektor podzemní vody, spolehlivost jednotlivých archivních údajů a další nejistoty. V rámci studie byl vyhodnocen vývoj více než padesáti pramenů a pramenných oblastí.

Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí není v celé oblasti shodný, naopak regionálně se liší.

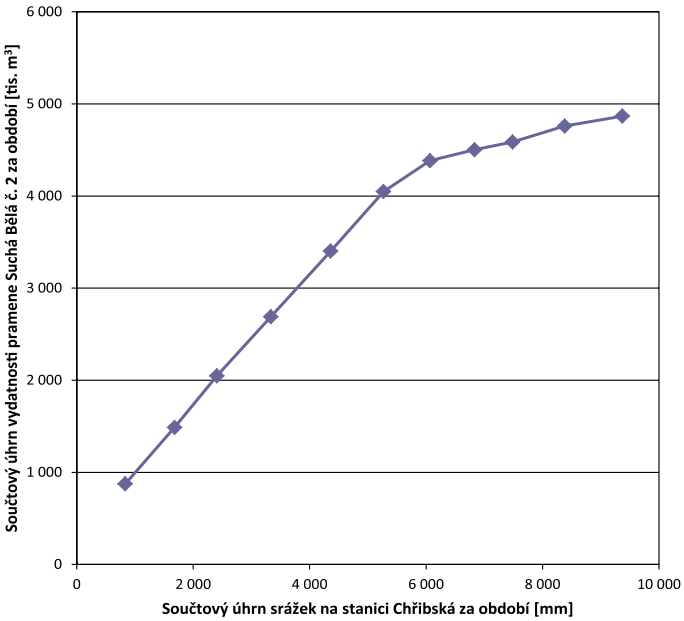
Velmi omezený je počet pramenů, u kterých se průměrná vydatnost proti historickým údajům výrazněji zvýšila. Jedná se například o saský pramen Zahn´s Born v údolí Labe. Příčinou vyššího povrchového odtoku je tu zřejmě rekonstrukce a lepší podchycení pramene, popřípadě i vyšší srážkové úhrny v posledních letech.

Naopak velmi časté je udržení obdobného stavu vydatnosti či pokles vydatnosti jednotlivých pramenů a pramenných oblastí.

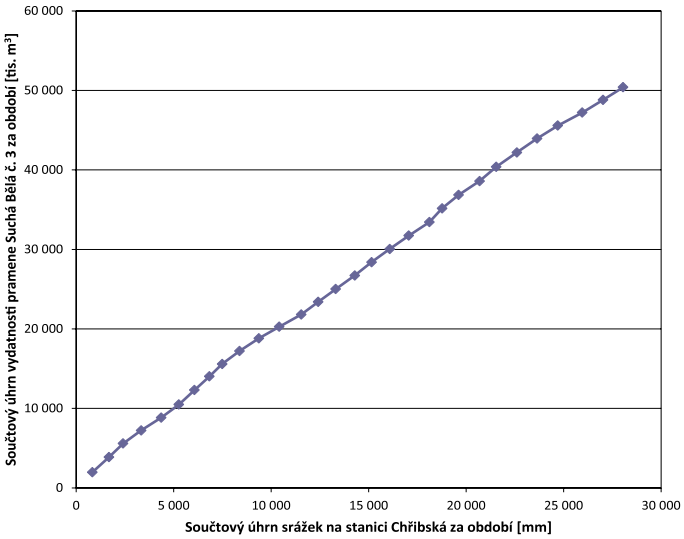
Na saské straně byl obdobný stav ve srovnání s historickými údaji vyhodnocen u pramenů na hoře Grosser Winterberg, u pramene Ilmenquelle ve Schmilce a podobně. Na české straně setrvává obdobný stav vydatnosti ve srovnání s historickými údaji ve střední a horní části povodí Suché Bělé, u pramenů v údolí Koutského potoka, u Hadího pramene, u pramene v Soudkovém dole, u pramene Šternberk, v pramenných oblastech u Kyjova a mnohých dalších.

Silné poklesy vydatností byly na české straně zaznamenány u pramenů v blízkosti Dlouhé Bělé, kde je situováno nejvýznamnější jímání podzemních vod oblasti – jímací území Hřensko. Došlo tu k zániku významného Panenského pramene. Poklesy vydatnosti postihly například pramen Pod Pravčickou bránou (o polovinu) a Pytlův pramen (o třetinu). Dále tu pokles postihl prameny v dolní části Suché Bělé, jako jsou sousedící prameny Suchá Bělá č. 3 (pokles vydatnosti o pětinu) a Suchá Bělá č. 2 (pokles v současnosti o dvě třetiny, v devadesátých letech až bez odtoku). V grafech na *obr. 3* a *4* jsou příklady použití metody dvojné součtové čáry pro uvedené dva prameny, patrné je silné ovlivnění pramene Suchá Bělá č. 2. Poklesy vydatnosti pramenů v této oblasti byly způsobeny zejména odběrem podzemních vod v rámci jímacího území Hřensko. Údaje o průtocích z let 1980–1990 na dolním úseku potoka Dlouhá Bělá ukazují, že pokles průtoku tu souvisí s předchozím zvýšením odebíraného množství podzemních vod. Zvýšením odběrů tehdy došlo postupně ke snížení hladin podzemních vod v okolí čerpání, k poklesu vydatnosti blízkých pramenů a také ke zvýšené infiltraci srážkových a povrchových vod v povodí Dlouhé Bělé. K poklesům vydatností místních pramenů i průtoku samotné Dlouhé Bělé přispěl i nepříznivý vývoj srážek. V posledních letech dochází opět k nárůstu průtoků v Dlouhé Bělé a u některých zdejších pramenů, což lze přičíst výskytu nadprůměrných srážek a snižování odebíraných množství podzemních vod.

Naopak poklesy vydatnosti pramenů v důsledku odběrů z jímacího území Hřensko se nepromítly do vydatnosti blízkých pramenů vyšších zvodní, jako jsou například prameny ve střední a horní části potoka Suchá Bělá, prameny v blízkosti Mezní Louky nebo prameny na hoře Grosser Winterberg.



Obr. 3. Vývoj srovnání součtů srážkových úhrnů a součtů úhrnů vydatnosti pramene Suchá Bělá č. 2 v hydrologických letech 1983–1993
Fig. 3. Development of comparison of sums of annual precipitation amounts and sums of annual spring-discharge of the Sucha Bela No. 2 spring in the hydrological years 1983–1993



Obr. 4. Vývoj srovnání součtů srážkových úhrnů a součtů úhrnů vydatnosti pramene Suchá Bělá č. 3 v hydrologických letech 1983 až 2012
Fig. 4. Development of comparison of sums of annual precipitation amounts and sums of annual spring-discharge of the Sucha Bela No. 3 spring in the hydrological years 1983–2012

Dále poklesy vydatnosti postihly skupinu většinou drobných upravených pramenů ze svrchního kolektoru 1 (podle německého členění, jedná se většinou o kolektor v pískovcích svrchní části jizerského souvrství), které jsou prakticky plošně rozmístěny po značné části zájmového území, jako jsou drobné saské prameny v povodí Křinice (Thorwaldquelle, Günther´s Börnel a další), pramen v Kyjově u kapličky, pramen ve Vysoké Lípě a některé české prameny severně od Křinice. Důvodem poklesu naměřené vydatnosti těchto pramenů je pravděpodobně zejména chátrání jejich podchycení. Dále lze uvažovat i o vyšší evapotranspiraci, a tedy i nižší infiltraci vody do svrchních zvodní. Odběry podzemních vod v jímacím území Hřensko tyto prameny neovlivňují.

V bezprostředním okolí výrazných odběrů podzemních vod pro saskou vodárnu Endlerkuppe u Křinice nebyly nalezeny žádné prameny z hlubších zvodní, nejbližším takovýmto pramenem z kolektoru 2

(podle německého členění) je Richter's Born, kde však pokles měřené vydatnosti souvisí spíše se stárnutím podchycení tohoto pramene.

U některých pramenů není vyhodnocení vývoje vydatnosti jednoznačné. Například nejvydatnější pramen v saské východní části zájmového území Marienquelle byl poklesem (cca na jednu pětinu měřené vydatnosti) postižen mezi lety 1913 a 1978, od konce sedmdesátých let se ale měřená vydatnost tohoto pramene opět mírně zvýšila.

Celkový trend vydatnosti pramenů zájmové oblasti není jednoznačný. Trend poklesu vydatnosti tu platí omezeně, zejména pro oblast dlouhodobě pravidelně sledovaných pramenů na českém území v blízkosti jímacího území Hřensko. Pokles hladin podzemních vod se potvrdil pouze v lokálním měřítku, nikoli ve větší části zájmové oblasti.

Závěry

- V oblasti bylo nalezeno a změřeno celkem 160 pramenů. Z toho 13 pramenů má vyšší průměrnou vydatnost než 1 l/s. Některé prameny jsou využívány pro zásobování obyvatel pitnou vodou.
- Aktuální vydatnost pramenů a pramenných oblastí je v mnoha případech obdobná s historickými údaji. Významný pokles vydatnosti se projevil u pramenů v těsné blízkosti jímacího území Hřensko v důsledku odběrů podzemních vod. Dále byly plošně zaznamenány poklesy vydatnosti některých malých upravených pramenů, důvodem je zřejmě chátrající podchycení těchto pramenů.
- Celkový trend vydatnosti pramenů zájmové oblasti není jednoznačný, silné odlišnosti se vyskytují jak regionálně, tak i vzhledem k původu vody pramenů z jednotlivých kolektorů. Obava z poklesu hladin podzemních vod v celé oblasti se tak nepotvrdila.
- Znalosti o vydatnosti pramenů jsou jedním z indikátorů pro posouzení dlouhodobého vývoje vodního režimu oblasti. Výsledky současných měření mohou být důležitou základnou pro identifikaci změn prostředí i do budoucna. Důležitý je přeshraniční charakter tohoto průzkumu a jeho návaznost na další aktivity projektu směřující ke společné strategii ochrany vodních zdrojů v oblasti.

Poděkování

Práce byly financovány převážně z Programu Cíl 3/Ziel 3 na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko Evropského fondu pro regionální rozvoj. Podporu projektu také poskytlo MŽP. Poděkování za spolupráci patří pracovníkům Národního parku České Švýcarsko, Severočeských vodovodů a kanalizací, a. s., a pracovníkům projektového partnera Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Literatura

[1] Eckhardt, P. (2013) Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Závěrečná zpráva. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, prosinec 2013, 95 s.

[2] Herčík, F., Herrmann, Z. a Valečka, J. (1999) Hydrogeologie české křídové pánve. Praha: Český geologický ústav.

[3] Beyer, O. (1913) Über Quellen in der Sächsisch-böhmischen Schweiz. Dresden: Buchdruckerei der Wilhelm und Berta v. Baensch Stiftung, 107 S.

Obr. 5. Jeden z pramenů na břehu Kamenice
Fig. 5. One of the springs on the Kamenice river-bank

[4] Filip, B. (1962) Podzemní vody a prameny v okolí Varnsdorfu na území listu speciální mapy Varnsdorf – 3653. Vodopis ČSSR – Řada VII – Sešit 12 – Svazek 172. Praha: VÚV, 93 s.

[5] Žitný, L. a Tůma, W. (1968) Hydrogeologická studie povodí Kamenice s ohledem na možnosti zachycení většího množství podzemní vody pro zásobování Děčína. Praha: Vodní zdroje, 36 s. textu.

[6] Valečka, J. et al. (1997) České Švýcarsko. Geologická a přírodovědná mapa, měřítko 1 : 25 000. Vydal Český geologický ústav ve spolupráci s Geoprintem Liberec, Správou CHKO Labské pískovce a MŽP, 1. vyd.

[7] Olmer, M. aj. (2006) Hydrogeologická rajonizace České republiky. Sborník geologických věd 23. Praha: Česká geologická služba, 32 s., 1. vyd.

[8] Rösner, S. et al. (2007) Gutachten Zustandüberwachung Grenzgrundwasser / Operatives Messnetz. G.E.O.S. Freiberg, 64 S.

Mgr. Pavel Eckhardt, Ing. Kateřina Poláková
VÚV TGM, v.v.i., Praha
Pavel_Eckhardt@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Development of spring-discharge in the Czech-Saxon Switzerland (Eckhardt, P.; Poláková K.)

Key words
spring – groundwater – groundwater protection

The article presents the results of research of springs in the cross-border area of the Czech-Saxon Switzerland. There were found and measured 160 springs, some of them for the first time. Some springs are used for drinking water supply. Development of spring-discharge differs locally in this area. Dips of spring-discharges due to pumping of groundwater have been recorded in the surroundings of Hřensko catchment area. A considerable number of other springs and spring areas have a similar spring-discharge as in the past. Monitoring of spring-discharge is one of the indicators of the potential threat of groundwater resources.

Projekt Protipovodňové vzdělávací a výzkumné centrum

Povodňová problematika je v posledních dvaceti letech vysoce aktuální téma. Škody na majetku fyzických i právnických osob, správců toků a technické infrastruktuře v území dosáhly od roku 1997 již více než 186 mld. Kč. A co víc, vyžádaly si minimálně 140 lidských životů. I když naše společnost je na události tohoto typu mnohem lépe připravena než v roce 1997 nebo 2002, což ukázaly i povodně v červnu 2013, je třeba stále zvyšovat informovanost veřejnosti o této problematice.

Jednou z cest je i projekt Protipovodňového vzdělávacího a výzkumného centra (CZ.1.07/2.4.00/17.0040), který vznikl jako multioborová platforma propojující tři odborné a vzdělávací instituce. Hlavním řešitelem projektu je Ekonomicko-správní fakulta Masarykovy univerzity, která přizvala ke spolupráci Fakultu stavební Vysokého učení technického v Brně a Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. (pobočka Brno), aby společně vytvořily podmínky pro neformální setkávání studentů a odborníků z praxe nad otázkami z vodohospodářské oblasti, ekonomiky a sociálních aspektů spojených s povodněmi.

Cílem projektu je především realizace odborných a vzdělávacích seminářů, workshopů, praxí a stáží pro graduální i doktorské studenty a pracovníky výše uvedených partnerů projektu.

Projekt začal v roce 2011 a končí v letošním roce. V průběhu realizace projektu bylo zorganizováno již více než 30 seminářů a workshopů, dvě konference a více než 18 exkurzí. Na brněnské pobočce Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., se uskutečnilo několik seminářů k aktuálním tématům ve spojení s povodněmi. V letošním roce to byl např. seminář Kulturní památky a povodně, v předcházejících letech pak byla prezentována problematika mapování povodňových rizik, různé postupy pro hydromorfologické hodnocení stavu vodních toků, mezinárodní spolupráce v povodňové ochraně apod. Pracovníci brněnské pobočky také měli možnost navštívit veletrh ENVIBRNO na brněnském Výstavišti a shlédnout praktické ukázky především mobilních protipovodňových opatření.

Záběry ze zahraničních exkurzí

S problematikou systému protipovodňové ochrany Pobečví se měli možnost seznámit přímo v terénu a v diskusi s pracovníky podniku Povodí Moravy, s.p., závod Olomouc. Členové řešitelského týmu pak získávali další poznatky v oblasti ochrany před povodněmi na několika zahraničních exkurzích směřovaných do Německa, Rakouska, Švýcarska, Belgie a na Slovensko. V jejich průběhu byla mimo jiné navštívena významná vědecká pracoviště, kde si účastníci exkurzí vyměňovali zkušenosti s místními odborníky.

Na konci března proběhla závěrečná konference projektu s názvem Protipovodňová ochrana 2014. Zazněly zde příspěvky předních odborníků, kteří se zabývají různými aspekty povodňové problematiky.

Pracovníci Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., měli nejen sami možnost získávat nové poznatky z oboru vodního hospodářství s důrazem na povodňovou problematiku, ale také se dělili o svoje zkušenosti z této oblasti. V brněnské pobočce za dobu trvání projektu absolvovalo stáže v délce tří až deseti dní celkem sedm studentů, především z Masarykovy univerzity.

Podrobné informace o uskutečněných a plánovaných akcích jsou k dispozici na webových stránkách projektu http://www.pvvc.cz/. Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

P. Štěpánková

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

STANOVENÍ DISTRIBUČNÍHO KOEFICIENTU PRO SORPCI UMĚLÝCH RADIONUKLIDŮ VE VODNÍM PROSTŘEDÍ

Eva Juranová, Eduard Hanslík

Klíčová slova
sorpce – radioaktivita – hydrosféra – sediment – nerozpuštěné látky – distribuční koeficient

Souhrn

Sorpce hraje důležitou roli při transportu radioaktivních kontaminantů v hydrosféře. Bývá popisována distribučním koeficientem, poměrem radioaktivity fixované na pevné fázi a rozpuštěné ve vodě za rovnovážného stavu. Práce se zabývá optimalizací, návrhem a ověřením metodiky pro stanovení distribučního koeficientu pro umělé radionuklidy v systémech sediment-voda a nerozpuštěné látky-voda pomocí vsádkových testů. Tato metoda umožní získávat reprezentativní a srovnatelné výsledky, které mohou být využity při hodnocení chování radionuklidů ve vodním prostředí.

1 Úvod

Při znečištění povrchové vody radioaktivními látkami ovlivňují jejich transport především fyzikální faktory – rychlost proudění toku a další. Radioaktivní kontaminanty se pohybují spolu s vodními masami a znečištění se šíří ve směru toku. V důsledku disperze a difuze dochází k rozmývání znečištění podélně i příčně mezi jednotlivými vodními masami. U radioaktivních látek hrají významnou roli sorpční procesy, kdy jsou radionuklidy fixovány na nerozpuštěné látky obsažené ve vodě, které později sedimentují, popř. jsou radionuklidy sorbovány již uloženými dnovými sedimenty. Sorpční procesy ovlivňují migraci radionuklidů v životním prostředí a jejich pronikání do potravních řetězců.

Sorpce bývá nejčastěji popisována distribučním koeficientem [1], který vyjadřuje rozdělení radionuklidu mezi vodnou a pevnou fázi v rovnováze:

$$K_d = \frac{q_e}{c_e} \qquad (1)$$

kde K_d je distribuční koeficient [l·g^{-1}],
q_e rovnovážná hmotnostní aktivita radionuklidu adsorbovaná na sedimentu [Bq·g^{-1}],
c_e rovnovážná objemová aktivita radionuklidu ve vodné fázi [Bq·l^{-1}].

Tento parametr, který vychází z předpokladu lineární závislosti sorbovaného a rozpuštěného množství radionuklidu, je pro svou jednoduchost používán často [2]. Za podmínky, že je koncentrace sorbované látky v systému nízká, jím lze popsat sorpci s vyhovující přesností.

Sorpce je složitý a komplexní proces, obecně závislý na množství faktorů. Významný vliv na sorpční vlastnosti sedimentů či nerozpuštěných látek má především jejich zrnitost a chemické složení a také jejich množství ve směsi. Sedimenty a nerozpuštěné látky jsou tvořeny převážně zvětralými jílovitými horninami (hlinitokřemičitany) s příměsí organické hmoty. V rozmezí pH přírodních vod hlinitokřemičitany sorbují převážně kationty [3].

Vlastnosti sorbované látky také značně ovlivňují její sorpční schopnosti, především je to chemická forma látky a velikost a náboj iontů. Forma výskytu látky i vlastnosti sedimentů závisí na okolním prostředí: na hodnotě pH, redoxních podmínkách a na přítomnosti dalších látek v roztoku. Stejná látka se může za různých podmínek vyskytovat v různých formách [3].

Rychlost sorpčního procesu je zpočátku poměrně velká, postupem času nabývají na významnosti pomalé děje. Rovnováha rychlých procesů může být dosažena již po několika hodinách kontaktu. Doba nutná k ustavení skutečné rovnováhy, zahrnující i pomalé procesy,

pak může činit i několik týdnů. Problematikou kinetiky sorpčních procesů a doby nutné k dosažení rovnováhy se zabýval Garnier [4]. Měřitelný vliv může mít i teplota.

Pro stanovení distribučních koeficientů jsou často používány vsádkové testy. Jejich výsledky jsou ale značně závislé na podmínkách stanovení, a proto výsledky zjištěné v různých studiích bývají jen obtížně srovnatelné. Stanovení distribučního koeficientu bylo popsáno v dokumentu americké agentury pro ochranu prostředí (EPA) [5] a v normě ASTM C1733-10 [6]. Obě tyto metody však nejsou specifické pro stanovení parametrů sorpce ve složkách hydrosféry. Jsou spíše obecnými návody, které nezohledňují specifika dnových sedimentů, sorpcí na nerozpuštěné látky se nezabývají vůbec.

V práci byla sestavena a testována metodika stanovení distribučního koeficientu v systémech sediment-povrchová voda a nerozpuštěné látky-povrchová voda pro umělé radionuklidy. Cílem bylo sjednotit metodiku stanovení distribučních koeficientů pro sorpci radioaktivních látek v hydrosféře tak, aby obdržené výsledky byly nejen porovnatelné, ale aby také co nejlépe odrážely situaci ve vodním prostředí.

2 Metodika

Protože sorpce zásadně závisí na mnoha faktorech, je důležité při laboratorních experimentech respektovat co nejvíce přírodní podmínky v místě, pro které je sorpční charakteristika stanovována. Zároveň je nutné zachovat jednoduchost experimentu tak, aby byl v laboratoři snadno proveditelný. Pro stanovení distribučních koeficientů pro sediment a nerozpuštěné látky byla použita metodika, která byla optimalizována na základě dříve provedených pokusů [7]. Experimenty byly prováděny za laboratorní teploty v oxických podmínkách.

2.1 Princip metody

Metodika využívá vsádkové uspořádání testů, kdy je do uzavíratelné plastové lahve nadávkována směs pevné a vodné fáze s přídavkem zájmových radionuklidů. Tento pokusný vzorek je promícháván do ustavení sorpční rovnováhy a poté jsou fáze odděleny vhodnou metodou. Potom je proměřeno rozdělení sledovaných radionuklidů mezi pevnou a vodnou fázi a je vyhodnocen distribuční koeficient.

2.2 Odběr a uchovávání vzorků

Pro experimenty v systému sediment-voda je použit vzorek sedimentu vždy s příslušným vzorkem povrchové vody, odebraným ve stejném profilu za podmínek, které se výrazně neliší. Pro stanovení sorpčních vlastností nerozpuštěných látek je nezbytné provést odběr vzorku povrchové vody (s nerozpuštěnými látkami) za normálních podmínek v toku, tj. nikoliv za zvýšených nebo naopak extrémně nízkých průtoků, které by mohly ovlivnit koncentraci nerozpuštěných látek a dalších ukazatelů ve vodě. Ideálně by měla odebraná voda mít obsah nerozpuštěných látek blízký průměrné hodnotě v daném profilu.

Pokud vzorky sedimentů a povrchových vod nejsou zpracovány ihned po převozu do laboratoře, je potřeba je uchovávat v chladničce, nejdéle však po dobu jednoho měsíce. Pokud je nezbytně nutné uchovávat sedimenty delší dobu, je možno je zmrazit. Před použitím je nutné je zvolna rozmrazit v chladničce.

2.3 Příprava pokusných vzorků – poměr pevné a vodné fáze

Pokud odebraný sediment obsahuje velmi hrubé částice (např. větší kameny nebo úlomky větví), které jsou větší než 4 mm, před experimentem je třeba je vyjmout. Jinak se sediment používá bez dalších úprav. Při dávkování do nádob je nutné sediment průběžně promíchávat, aby byly zajištěny homogenní vlastnosti materiálů v průběhu přípravy pokusných vzorků.

Před samotným zahájením experimentů je třeba u sedimentů stanovit obsah sušiny v odebraných vzorcích [8], [9]. Do pokusných nádob je pak dávkováno takové množství sedimentu ve vlhkém stavu, které odpovídá 100 g sušiny na jeden litr povrchové vody. Množství vlhkého sedimentu, které je potřeba dávkovat do pokusných vzorků, vypočítáme jako:

$$m = \frac{m_s}{w_{dm}} \cdot 100 \qquad (2)$$

kde m je dávkovaná hmotnost sedimentu ve vlhkém stavu [g],

m_s požadovaná hmotnost sušiny sedimentu v pokusném vzorku [g],

w_{dm} podíl sušiny sedimentu [%].

Voda obsažená v sedimentu se pak doplní na odpovídající množství odebranou povrchovou vodou. Množství povrchové vody, které je potřeba přidat do pokusné směsi, se vypočítá jako:

$$m_w = m_l - m + m_s \qquad (3)$$

kde m_w je dávkovaná hmotnost povrchové vody [g],

m_l požadovaná hmotnost vody v pokusném vzorku [g].

Ostatní symboly mají stejný význam jako v rovnici (2).

Například do lahví o objemu 1 l by byl, při doporučeném poměru m_s/m_l = 100 g·l^{-1}, dávkován sediment v množství 90 g sušiny, tedy čerstvý sediment o obsahu sušiny 50 % v množství 180 g. Obsah vody v pokusné směsi by měl být 900 ml, je tedy nutné přidat ještě 810 ml povrchové vody.

Při pokusech pro stanovení sorpčních charakteristik nerozpuštěných látek je nutno předem stanovit obsah nerozpuštěných látek v odebrané povrchové vodě [10]. Zjištěná hodnota by pak měla být posouzena vzhledem k obvyklé hodnotě tohoto ukazatele v příslušném profilu, pokud jsou taková data k dispozici. Pro sorpční experimenty je pak vhodné použít tuto povrchovou vodu s přirozeným obsahem nerozpuštěných látek bez dalších úprav. Stejně jako v případě sedimentů, povrchovou vodu je potřeba při dávkování do nádob průběžně promíchávat, aby byl zajištěn homogenní obsah nerozpuštěných látek v průběhu přípravy pokusných vzorků.

Celkový objem pokusných vzorků je volen s ohledem na množství vzorku potřebné pro analýzu při stanovení obsahu sledovaných radionuklidů v oddělených fázích.

2.4 Příprava pokusných vzorků – sledované radionuklidy

Výběr i aktivita sledovaných radionuklidů by měly být určeny s ohledem na účel stanovení distribučního koeficientu. Dávkované množství radionuklidů by mělo vycházet z předpokládaných objemových aktivit v systému a série experimentů by měla, pokud je to možné, obsahovat pokusné nádoby s několika počátečními aktivitami podle očekávaného rozsahu hodnot. Stanovení distribučního koeficientu na základě pouze jedné počáteční aktivity je nutno považovat pouze za odhad tohoto parametru.

Pracovní roztoky přidávaných radionuklidů mají být připraveny tak, aby jejich přídavek k pokusné směsi neznamenal významnou změnu objemu směsi nebo jejích vlastností (pH, obsah iontů).

2.5 Promíchávání směsi

Po přípravě pokusných vzorků jsou lahve uzavřeny a promíchávány stanovenou dobu na překlopné třepačce. Často sorpce probíhá velmi rychle a rovnováhy bývá dosaženo již během několika hodin. Jako nejvhodnější doba promíchávání byla vyhodnocena doba 24 h, která je v literatuře doporučována a používána nejčastěji. Interval 24 hodin poskytuje dostatečnou rezervu na ustavení rovnováhy v naprosté většině případů a je také výhodný z hlediska provozu laboratoře. Při příliš dlouhých dobách promíchávání, v řádu několika dnů, může docházet k nežádoucím biologickým změnám na sedimentech v průběhu pokusu [4].

2.6 Separace pevné a vodné fáze

Po uplynutí určeného časového intervalu je potřeba oddělit pevnou a vodnou fázi. Při stanovení sorpčních vlastností nerozpuštěných látek je vhodnou metodou vakuová filtrace.

Při stanovení distribučního koeficientu v systému sediment-voda většinou nelze dosáhnout dostačující filtrační rychlosti pouhou vakuovou filtrací, je tedy nutné předřadit před filtraci ještě centrifugaci. Po oddělení sedimentu a vody centrifugací je fugát nutno filtrovat. Doba filtrace by neměla překročit 1 hodinu.

2.7 Měření radionuklidů

Sledované radionuklidy by měly být změřeny v obou fázích, tedy jak ve vodné, tak i v pevné fázi. Tím se eliminuje vliv sorpce sledovaných radionuklidů na stěny pokusných nádob a aparatury. Na základě provedených experimentů byla prokázána nezanedbatelná sorpce na aparaturu pro některé radionuklidy, hlavně v případě nerozpuštěných látek. Může to být způsobeno tím, že obsah sorbentu, nerozpuštěných látek, je v případě povrchových vod za

normálních (nepovodňových) podmínek velmi nízký, koncentrace nerozpuštěných látek v odebraných povrchových vodách se pohybuje většinou v jednotkách mg·l^{-1}. U sedimentů, které se dávkují do pokusné směsi v množství 100 g·l^{-1}, byla sorpce na aparatuře zanedbatelná, jak bylo potvrzeno experimentálně. V tomto případě by bylo možné měřit obsah radionuklidů pouze v jedné z fází, jejich množství ve druhé fázi pak dopočítat z aktivity radionuklidu, dávkované do směsi na počátku pokusu:

$$q = \frac{A_0 - c_e \cdot m_l}{m_s} \quad (4)$$

popř.

$$c = \frac{A_0 - q_e \cdot m_s}{m_l} \quad (5)$$

kde A_0 je počáteční aktivita radionuklidu, dávkovaná do pokusné směsi [Bq], další symboly mají stejný význam jako v rovnicích (1), (2) a (3).

V případech, kde není prokázáno, že sorpce na nádobách je zanedbatelná, je vždy nutné proměřit obsah radionuklidů v obou oddělených fázích.

Výběr metody a podmínky měření radionuklidů v jednotlivých oddělených fázích závisí na druhu sledovaných radionuklidů.

2.8 Vyhodnocení dat

Pokud byl stanovován odhad distribučního koeficientu na základě jedné počáteční aktivity, je možno jej vypočítat na základě aktivit naměřených v pevné a vodné fázi z rovnice (1). Nejistota stanovené hodnoty distribučního koeficientu se vypočítá jako kombinovaná nejistota stanovení radionuklidu v obou fázích.

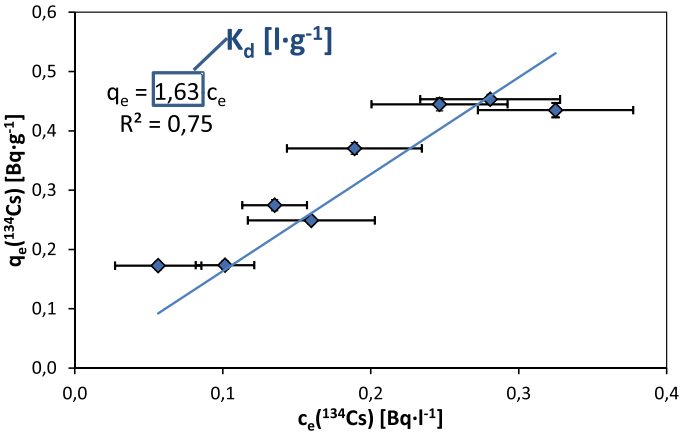
Při stanovení distribučního koeficientu na základě hodnot zjištěných pro několik počátečních aktivit je distribuční koeficient roven směrnici přímky lineární regrese dat, kdy regresní přímka prochází počátkem soustavy souřadnic. Nejistota hodnoty distribučního koeficientu pak odpovídá nejistotě regresního koeficientu nalezeného lineární regresí. Pro vyhodnocení dat lze využít programu MS Excel, popř. jiných programů pro statistickou analýzu dat.

2.9 Použité parametry metody

Pro ověřování metody byly odebrány vzorky sedimentů a povrchových vod v profilech na řece Vltavě. Při práci v laboratoři VÚV TGM, v.v.i., byly použity parametry metody uvedené v *tabulce 1*.

Tabulka 1. Parametry metody použité v laboratoři VÚV TGM, v.v.i., pro ověření metodiky
Table 1. Parameters of method used in the TGM WRI, p.r.i., laboratory for the method verification

	Sediment-voda	Nerozpuštěné l.-voda
Uchování vzorku	v chladničce	čerstvý, v chladničce
Množství sedimentu (sušina) [g]	75	–
Množství vody [ml]	750	2000
Dávkované radionuklidy (přibližné rozmezí počátečních objemových aktivit [Bq·l^{-1}])	^{60}Co (1,5–5,0)	^{60}Co (1,0–5,0)
	^{85}Sr (1,5–5,0)	^{85}Sr (1,0–5,0)
	^{131}I (30–100)	^{131}I (20–100)
	^{133}Ba (30–100)	^{133}Ba (20–100)
	^{134}Cs (15–50)	^{134}Cs (10–50)
	^{139}Ce (1,5–5,0)	^{139}Ce (1,0–5,0)
	^{241}Am (1,5–5,0)	^{241}Am (1,0–5,0)
Počet úrovní počátečních objemových aktivit	4	4
Počet opakování jedné úrovně	2	2
Doba promíchávání [h]	24	24
Centrifugace: doba [min], otáčky [min^{-1}]	30, 8000	–
Vakuová filtrace: velikost pórů filtru [µm]	1,5	0,45
Analytická metoda	gamaspektrometrie	gamaspektrometrie
Vyhodnocovací program	MS Excel	MS Excel



Obr. 1. Vyhodnocení naměřených dat a stanovení distribučního koeficientu pro sorpci ^{134}Cs na sediment z profilu Vltava-Štěchovice
Fig. 1. Evaluation of measured data and determination of the distribution coefficient for sorption of ^{134}Cs on sediment from the Vltava-Štěchovice profile

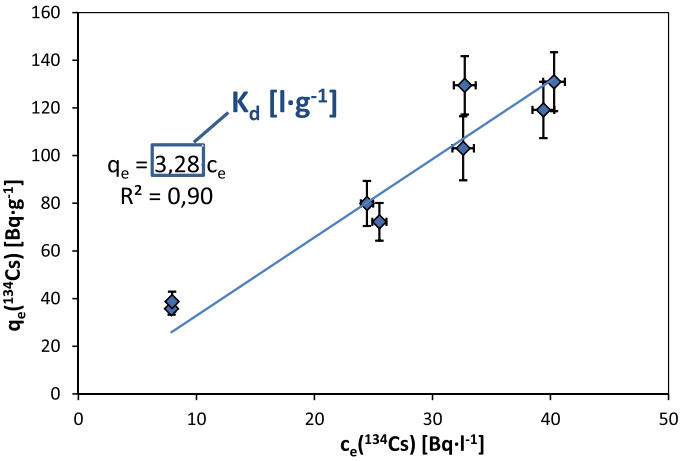
3 Výsledky a diskuse

Výše uvedená metoda je dále ověřována na reálných vzorcích. Příklad stanovení distribučního koeficientu pro sediment a pro nerozpuštěné látky je uveden na *obr. 1* a *obr. 2*.

Zjištěné distribuční koeficienty se značně lišily pro jednotlivé radionuklidy, a to i o několik řádů. Distribuční koeficienty se pro sedimenty převážně pohybovaly v rozmezí od desítek do stovek l·kg^{-1}, vyšší hodnoty, které překročily tisíc l·kg^{-1}, byly zjištěny pro ^{134}Cs v profilech Vltava-Slapy a Štěchovice. Naopak nejnižší zjištěná hodnota distribučního koeficientu byla zjištěna pro ^{131}I v profilu Vltava-Solenice. Lze konstatovat, že hodnoty distribučních koeficientů v systému sediment-voda pro sledované radionuklidy mají sestupný trend v pořadí: ^{134}Cs > ^{133}Ba > ^{139}Ce > ^{60}Co > ^{241}Am > ^{85}Sr > ^{131}I.

Variabilita mezi hodnotami distribučních koeficientů pro stejný radionuklid v různých profilech byla méně výrazná. Tyto odchylky jsou způsobeny rozdílnou kvalitou sedimentů ve sledovaných profilech.

Distribuční koeficienty pro nerozpuštěné látky v povrchové vodě se převážně pohybovaly v rozmezí od jednotek do stovek l·g^{-1}. Lze říci, že hodnoty distribučních koeficientů K_d v systému nerozpuštěné látky-voda jsou v případě ^{60}Co, ^{139}Ce a ^{241}Am významně vyšší než pro ^{131}I, ^{133}Ba a ^{134}Cs. U radionuklidu ^{85}Sr nebyl distribuční koeficient K_d vyčíslen. Blíží se nulové hodnotě, protože aktivita sorbovaná na pevné fázi byla velmi nízká, za podmínek experimentu neměřitelná.



Obr. 2. Vyhodnocení naměřených dat a stanovení distribučního koeficientu pro sorpci ^{134}Cs na nerozpuštěné látky z profilu Vltava-Štěchovice
Fig. 2. Evaluation of measured data and determination of the distribution coefficient for sorption of ^{134}Cs on suspended solids from the Vltava-Štěchovice profile

Stejně jako u sedimentů byly i u nerozpuštěných látek zjištěny rozdíly mezi hodnotami distribučních koeficientů pro stejný radionuklid v různých profilech. Tyto hodnoty se lišily až o jeden řád. Zjištěné hodnoty přibližně odpovídají distribučním koeficientům ve sladkovodních ekosystémech, které uvádí IAEA [2].

4 Závěr

Byla vypracována a ověřena metodika stanovení distribučních koeficientů pro umělé radionuklidy v hydrosféře, a to v systémech sediment-povrchová voda a nerozpuštěné látky-povrchová voda. Sjednocení metodiky stanovování těchto sorpčních charakteristik je nezbytné pro získávání reprezentativních a srovnatelných výsledků tak, aby mohly být dále využity. Je důležité si uvědomit, že naměřené distribuční koeficienty jsou vždy specifické pro danou sorbovanou látku a konkrétní systém (sediment-voda, nerozpuštěné látky-voda). Zobecňování stanovených hodnot může být zavádějící, stejně jako aplikace distribučních koeficientů na jiný odběrový profil.

Poděkování
Tato práce byla provedena v rámci projektu VG20122015088, podpořeného Ministerstvem vnitra České republiky.

Literatura

[1] Mundschenk, H. Occurence and behaviour of radionuclides in the Moselle River – Part II: Distribution of radionuclides between aqueous phase and suspended matter. *Journal of Environmental Radioactivity,* vol. 30, No. 3, p. 215–232, 1996.
[2] IAEA. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Vienna: IAEA, 2010.
[3] Pitter, P. Hydrochemie. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999.
[4] Garnier, J.-M., Ciffroy P., and Benyahya, L. Implications of short and long term (30 days) sorption on the desorption kinetic of trace metals (Cd, Zn, Co, Mn, Fe, Ag, Cs) associated with river suspended matter. *Science of The Total Environment,* vol. 366, No. 1, p. 350–360, 2006.
[5] EPA. Batch-type procedures for estimating soil adsorption for chemicals (Technical Resource Document), 1991.
[6] ASTM C1733-10. Standard Test Method for Distribution Coefficients of Inorganic Species by the Batch Method. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2002.
[7] Hanslík, E., Juranová, E. a Ramešová, L. Chování radioaktivních látek v hydrosféře – podmínky laboratorního stanovení distribučního koeficientu. In *Sborník konference Radiologické metody v hydrosféře 13*, Semtín, 2013.
[8] ČSN ISO 11465 (83 6635) Kvality půdy – Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy – Gravimetrická metoda. 1998.
[9] ČSN EN 15934 (838125) Kaly, upravený bioodpad, půdy a odpady – Výpočet podílu sušiny po stanovení zbytku po sušení nebo obsahu vody. 2013.
[10] ČSN EN 872 (757349). Jakost vod – Stanovení nerozpuštěných látek – Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken. 2005.

Ing. Eva Juranová
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
Ústav pro životní prostředí PřF UK
e-mail: eva_juranova@vuv.cz, tel.: +420 220 197 335
Ing. Eduard Hanslík, CSc.
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
e-mail: eduard_hanslik@vuv.cz, tel.: +420 220 197 269
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Determination of distribution coefficient for sorption of artificial radionuclides in water environment (Juranová, E.; Hanslík, E.)

Key words
sorption – radioactivity – hydrosphere – sediment – suspended solids – distribution coefficient

Sorption plays an important role in transport of radioactive contaminants in hydrosphere. It is usually described with distribution coefficient; a ratio of radioactivity fixed on solid phase and dissolved in water in equilibrium. This study is concerned with optimization and verification of a method for determination of the distribution coefficient for artificial radionuclides in systems of sediment-water and suspended solid-water, using batch tests. This method will facilitate gaining representative and comparable results, which can be used for assessment of radionuclides behaviour in water environment.

ASIMILOVATELNÝ ORGANICKÝ UHLÍK V SYSTÉMECH VÝROBY A DISTRIBUCE PITNÉ VODY

Dana Baudišová, Miroslav Váňa, Zdenka Boháčková, Zdeňka Jedličková, Andrea Benáková

Klíčová slova
asimilovatelný organický uhlík – pitná voda – heterotrofní mikroorganismy – celkové počty bakterií – úpravny vody

Souhrn

Příspěvek je zaměřen na stanovení asimilovatelného organického uhlíku (AOC) ve čtyřech úpravnách vody různé velikosti (vzhledem ke kapacitě vyráběné pitné vody), s různými zdroji surové vody a různými technologiemi úpravy. Kromě AOC byly stanoveny heterotrofní mikroorganismy (kultivovatelné mikroorganismy při 22 a 36 °C a plísně), celkové počty bakterií a další fyzikální a chemické ukazatele. Průměrné hodnoty AOC v surové vodě se pohybovaly od 70 do 127 µg/l, poznatky o vlivu technologického procesu na změny koncentrace AOC byly ve shodě s dalšími autory (ozonizace obsah AOC zvyšuje, písková filtrace a GAU filtry naopak snižují). V jedné ze studovaných úpraven vody byla ve všech vzorcích zjištěna hodnota AOC pod 20 µg/l. Nebyla zaznamenána významná závislost mezi koncentrací AOC a dalšími chemickými, fyzikálními a mikrobiologickými ukazateli.

Úvod

Pitná voda odchází z úpraven vody hygienicky zabezpečená (dezinfikovaná např. chlórem nebo jeho sloučeninami), obsah dezinfekčních činidel pak postupně v distribuční síti klesá. V případě poklesu pod určitou mez může dojít k sekundárnímu rozvoji heterotrofní mikroflóry v distribučních řadech a ke zhoršení organoleptických vlastností vody. V případě, že je voda „biologicky stabilní", další nárůst mikroflóry je omezen a lze použít i menší množství dezinfekčních látek. Jedním z nejvýznamnějších ukazatelů biologické stability vody je asimilovatelný organický uhlík (AOC). Jde o část rozpuštěného organického uhlíku, která je asimilovatelná do biomasy mikroorganismů a představuje poměrně malý díl celkového organického uhlíku (0,1–9,0 % DOC) a většinou se uvádí v jednotkách µg/l. Na obsahu AOC se podílejí především malé molekuly. Vodu o nižším obsahu AOC, než je 20 µg/l, lze považovat za biologicky stabilní.

Surová voda může obsahovat různé množství AOC. Obecně lze konstatovat, že v povrchové vodě je více AOC než ve vodě podzemní, a byly zaznamenány i sezonní rozdíly během roku. Pro úpravu vody na vodu pitnou se v České republice používají povrchové a podzemní zdroje. Jejich poměr je zhruba 1 : 1. Průměrná hodnota AOC v surové vodě pocházející z vodárenské nádrže Fláje (Česká republika, Krušné hory) byla 24,5 µg/l, v upravené vodě byla průměrná hodnota 9,43 µg/l (Baudišová a Lochovský, 2005). Významným podílem organických látek v této lokalitě byly huminové kyseliny 60–85 % (Lochovský et al., 2004; Lochovský, 2005). V surové vodě z řeky Úhlavy byly zjištěny hodnoty AOC od 25 do 120 µg/l (Dolejš et al., 2008). Van der Kooij (1990) uvádí hodnoty AOC v surové vodě z nádrží v rozmezí 30–100 µg/l. Hem a Efraimsen (2001) zjistili o 50–100 % vyšší obsah AOC v surové vodě pocházející z bažin než u vody z jezer.

Ze současných používaných vodárenských technologií významně ovlivňuje množství AOC proces ozonizace, kdy vzorky po ozonizaci mívají vyšší obsah AOC než vlastní surová voda. Zároveň se zvyšuje poměr (procentuální zastoupení) AOC a DOC (van der Kooij et al., 1982). Hodnoty AOC se snižují koagulací a rychlou filtrací, popř. nanofiltrací. Filtry GAU (granulované aktivované uhlí) mohou snížit obsah AOC až o 60 % (Liu et al., 2002). Zvýšení obsahu AOC po ozonizaci o 127 % (ze 70 µg/l na 148 µg/l) zjistili Escobar a Randall (2001). Negativní vliv pH, obsahu vápníku a hořčíku (tzv. tvrdosti vody) a iontové síly upravené vody na odstraňování AOC byly potvrzeny v práci Escobar et al. (2000). Lehtola et al. (2002) studovali změny koncentrace AOC během provozu ve vodárnách (úpravnách vod) s podzemními i povrchovými zdroji surové vody. Ozonizace obsah AOC výrazně zvýšila, filtrace přes aktivní uhlí odstranila 85 % AOC, úprava pH a zvyšování tvrdosti vody zvýšily koncentraci AOC o 26 %. Z experimentálních prací se dále stanovením AOC zabývali Liu et al. (2002), kteří zkoumali AOC na pěti úpravnách vody v Číně. Jenom 4 % vzorků upravené vody mělo menší obsah AOC než 100 µg/l a 50 % vzorků menší než 200 µg/l. V případě, že byla použita jako surová voda podzemní voda, byly výsledky lepší než u povrchové vody. Polanska et al. (2005) naměřili hodnoty AOC na úpravnách vody, kde nebyla prováděna chlorace, kolem 50 µg/l. Hodnoty AOC u upravené, hygienicky zabezpečené vody byly průměrně 72 µg/l. Ozonizace (bylo dosaženo hodnoty AOC až 519 µg/l, přičemž více se zvyšovala složka stanovená pomocí kmene NOX oproti P17) a chlorace (o 60 %) zvyšovaly koncentraci AOC, granulované aktivní uhlí ji snižovalo. UV záření nemělo na koncentraci AOC vliv. Koncentrace AOC byla největší v létě a nejnižší v zimě. V létě může být zvýšená koncentrace AOC způsobena rozvojem řas (Kim et al., 2011).

Cílem našeho výzkumu bylo zjistit obsah asimilovatelného organického uhlíku ve vodárenských provozech úpraven vod s různými technologiemi úpravy vody (a s různým typem hygienického zabezpečení), změny během technologické úpravy a případnou vzájemnou závislost mezi asimilovatelným organickým uhlíkem a dalšími ukazateli (kultivovatelné a nekultivovatelné bakterie, mikromycety, TOC, pH, konduktivita, tvrdost vody).

Metodika

Asimilovatelný organický uhlík byl stanoven kultivační metodou na základě stanovení růstového výtěžku (van der Kooij et al., 1982; van der Kooij, 1990) za použití referenčních kmenů *Pseudomonas fluorescens* P-17. Tato metoda zahrnuje pasterizaci vzorků v demineralizovaných vzorkovnicích, inokulaci referenčního kmene, kultivaci vzorků při 15 °C a výsev narostlého kmene na neselektivní kultivační médium. Kultivovatelné mikroorganismy při 22 a 36 °C byly stanoveny metodou podle ČSN EN ISO 6222, mikromycety kultivací na Czapek Dox agaru (kultivace 5 dní při 25 °C) a celkové počty bakterií metodou fluorescenční mikroskopie (barvivo 4,6-diamino-2-phenylenindol – DAPI). Nejistota stanovení AOC kultivační metodou je srovnatelná s mikrobiologickými kultivačními metodami, tj. 35 %. Fyzikálně-chemické ukazatele byly stanoveny standardními metodami používanými v laboratoři VAS, a.s. Odběry vzorků byly provedeny v únoru, květnu, srpnu, říjnu a listopadu 2013, tj. celkem pětkrát, u ÚV 2 to bylo vzhledem k převedení do stavu záložního zdroje jen čtyřikrát. Výsledky jsou diskutovány v porovnání s výsledky analýz provedených v roce 2012 (Baudišová et al., 2013). Vzorky byly zpracovány do 24 hodin po odběru, dechlorace vzorků na stanovení AOC byla provedena až před jejich zpracováním, aby dezinfekční činidlo mohlo případně změnit jeho obsah ve vzorku. Seznam sledovaných úpraven vody, jejich charakteristika a odběrová místa jsou v *tabulce 1*.

Výsledky a diskuse

Výsledky stanovení kultivovatelných mikroorganismů při 22 °C a při 36 °C, celkových počtů bakterií, celkového organického uhlíku (TOC), pH, tvrdosti vody a elektrické konduktivity v jednotlivých úpravnách vody a odběrových místech jsou uvedeny v *tabulce 2*. Jedná se o aritmetický průměr.

Výsledky neukázaly žádné překvapivé hodnoty. Významně největší oživení vykázala surová voda z úpravny 2, zdrojem surové vody byl

Tabulka 1. Seznam sledovaných úpraven vody (dále ÚV)
Table 1. The list of water treatment plants (TP)

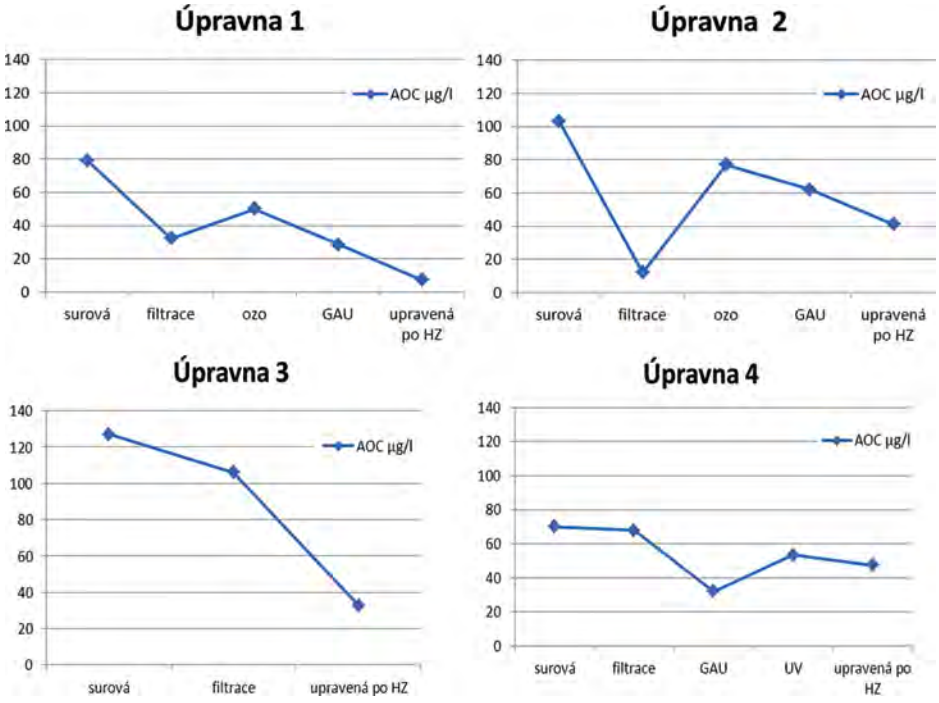
Označení úpravny	Velikost (množství vyráběné vody)	Zdroj surové vody	Odběrová místa	Hygienické zabezpečení (HZ)
1	více než 150 l/s	povrchová voda – údolní nádrž	surová, po filtraci, po ozonizaci, odtok z GAU filtrů, upravená po HZ	ClO_2
2	méně než 50 l/s	povrchová voda – potok	surová, po filtraci, po ozonizaci, odtok z GAU filtrů, upravená po HZ	Cl_2
3	méně než 50 l/s	prameniště + vrt	surová, po filtraci, upravená po HZ	NaClO
4	více než 150 l/s	povrchová voda – údolní nádrž	surová, po filtraci, odtok z GAU filtrů, po UV záření, upravená po HZ	NH_2Cl

Tabulka 2. Celkové počty bakterií (CPB), kultivovatelné mikroorganismy při 22 °C (kult 22) při 36 °C (kult 36), celkový organický uhlík (TOC), pH, tvrdost vody (TV) a elektrická konduktivita (KOND) – n = 5 (ÚV2 n = 4)
Table 2. Total bacterial counts (CPB), counts of cultivable microorganisms in 22 °C (kult 22) and 36 °C (kult 36), total organic carbon (TOC), pH, hardness of water (TV), and electric conductivity (KOND) – arithmetic average of results; N = 5 (TP 2 N = 4)

Označení úpravny	Odběrové místo	Kult 22	Kult 36	CPB	TOC	pH	TV	KOND
		KTJ/ml	KTJ/ml	n/ml	mg/l		mmol/l	mS/m
1	surová	192	40	1 164 000	6,1	6,6	0,8	19,4
	po filtraci	34	5	662 000	2,4	8	1,2	28,3
	po ozonizaci	18	4	454 000	2,7	8,2	1,2	28,4
	odtok z GAU filtrů	17	3	632 000	2,2	8,3	1,2	28,4
	upravená po HZ	62	7,8	576 000	2,2	7,7	1,2	28,5
2	surová	4 695	1 098	1 712 500	7,4	6,9	1,2	34,9
	po filtraci	28	8,25	450 000	2,7	9	1,7	46,3
	po ozonizaci	514	301	450 000	2,6	8,3	1,7	45,6
	odtok z GAU filtrů	874	40	530 000	2,4	8,2	1,7	45
	upravená po HZ	25	10	407 500	2,2	7,8	1,5	44,8
3	surová	68	7	762 000	1,5	6,3	0,9	20,3
	po filtraci	59	5	418 000	1,2	7,3	1,3	29
	upravená po HZ	30	6	384 000	1,2	7,2	1,4	28,7
4	surová	340	206	1 460 000	7,6	7,2	1,2	29,6
	po filtraci	22	8	454 000	4,4	7,8	1,5	36,3
	odtok z GAU filtrů	13	31	580 000	3,4	7,5	1,5	36,1
	po UV	19	8	696 000	3,4	7,4	1,5	36,3
	upravená po HZ	34	4	478 000	3,4	7,2	1,5	34,2

potok. Mikromycety byly zjištěny v řádech jednotek KTJ/ml a byly zaznamenány běžné rody vyskytující se v ovzduší (*Penicillium* spp., *Cladosporium* spp. apod.). V případě surové vody z úpravny 2 byly plotny i ve vyšším ředění přerostlé doprovodnou mikroflórou. Indikátory fekálního znečištění (koliformní bakterie, *Escherichia coli* a *Clostridium perfringens*) byly rovněž detekovány v nejvyšších počtech v surové vodě na úpravně vody 2. Ve všech úpravnách se jejich počty v průběhu technologické linky snižovaly a upravená voda po hygienickém zabezpečení vykazovala již nulové hodnoty (KTJ/100 ml).

Výsledky stanovení asimilovatelného organického uhlíku na jednotlivých úpravnách vody během technologické úpravy jsou uvedeny na *obr. 1–4*. Jedná se o průměrné hodnoty (aritmetický průměr) po vyloučení extrémních hodnot. V úpravně 1 nebyla vyloučena žádná hodnota (počet odběrů 5), v úpravně 2 (počet odběrů 4) byly vyloučeny hodnoty z jednoho (posledního) odběru u vzorků po filtraci, po GAU a v upravené vodě po HZ, u ÚV 3 (n = 5) nebyla vyloučena žádná hodnota a u ÚV 4 (n = 5) byla vyloučena jednou hodnota vzorků po filtraci a jednou po GAU.



Obr. 1–4. Výsledky stanovení AOC na jednotlivých úpravnách vod během technologické úpravy vod

Fig. 1–4. Assimilable organic carbon in water treatment plants during technological processes

Hodnoty asimilovatelného organického uhlíku v surové vodě se v průběhu roku lišily, variační koeficienty mezi výsledky z jednotlivých odběrů byly 128 % (úpravna 1), 69 % (úpravna 2), 103 % (úpravna 3) a 59 % (úpravna 4), nebyly však zaznamenány přímo sezonní trendy. Z tohoto důvodu nejsou výsledky diskutovány s biologickými ukazateli (mikroskopický obraz), neboť ty jednoznačný sezonní průběh vykazují. Absolutní hodnoty koncentrace AOC v surových vodách odpovídají literárním údajům (Dolejš et al., 2008; van der Kooij, 1990 apod.). Byly zaznamenány obdobné hodnoty jako v loňském roce, kdy však byly provedeny pouze dva odběry (Baudišová et al., 2013). Nejvyšší hodnoty byly zjištěny v úpravně vody 3, kde jsou zdroji surové vody prameniště a vrt.

Změny koncentrace asimilovatelného organického uhlíku během technologické úpravy byly v souladu s odbornou literaturou. Písková filtrace i GAU filtry koncentraci asimilovatelného organického uhlíku snižovaly (podobně jako uvádějí Liu et al., 2002; van der Kooij et al., 1982), ozonizace jeho obsah naopak zvyšovala (ve shodě s Escobar a Randall, 2001; Polanska et al., 2005; van der Kooij, 1982 apod.). Na rozdíl od výsledků, předložených v práci Polanska et al. (2005), došlo k určitému zvýšení koncentrace asimilovatelného organického uhlíku po aplikaci UV záření (úpravna 4). Upravená voda měla nejnižší hodnotu AOC, hygienické zabezpečení (na každé úpravně vody jiné, viz *tabulku 1*) koncentraci AOC nezvyšovalo (referenční kmen P-17). Hodnoty AOC pod 20 µg/l vždy vykazovala upravená voda z úpravny 1, stejně jako v roce 2012 (Baudišová et al., 2013). Hodnoty AOC pod 50 µg/l vykazovaly všechny upravené vody. Zhoršené výsledky na úpravně 2 oproti loňskému roku byly způsobeny tím, že v průběhu roku byla úpravna zakonzervována a nadále bude sloužit jako záložní zdroj. Jednotlivé hodnoty asimilovatelného organického uhlíku dobře dokreslovaly aktuální stav na úpravnách vody – např. ucpané odběrové kohouty, stav GAU filtrů apod.

Nebyla zjištěna statisticky významná závislost mezi koncentrací asimilovatelného organického uhlíku a dalšími ukazateli (heterotrofní mikroorganismy, konduktivita, pH, TOC). Určitá souvislost se může jevit mezi koncentracemi AOC a TOC, neboť i hodnota TOC se po ozonizaci může mírně zvyšovat (viz úpravnu 1), významná korelace mezi těmito dvěma ukazateli však prokázána nebyla.

Závěr

Stanovení asimilovatelného organického uhlíku je důležitý parametr, charakterizující biologickou stabilitu vody. Jeho význam se ukazuje především pro kontrolu funkce technologických linek na úpravnách vod. Významná závislost mezi mikrobiologickými a fyzikálně-chemickými ukazateli nebyla zaznamenána.

Literatura

Baudišová, D. a Lochovský, P. (2005) Stanovení biologicky dostupného uhlíku ve vodách povodí vodárenské nádrže Fláje (Krušné hory). In *Ambrožová, J. Vodárenská biologie 2005. Sborník konference. Praha, 2. 2. 2005*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, s. 131–133.

Baudišová, D., Benáková, A., Váňa, M. a Jedličková, Z. (2013) Asimilovatelný organický uhlík v systémech výroby a distribuce pitné vody. In *Ambrožová, J. Vodárenská biologie 2013. Sborník konference. Praha, 6. 2. 2013*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, s. 112–113.

Dolejš, P., Dobiáš, P. a Baudišová, D. (2008) Změny koncentrace asimilovatelného organického uhlíku (AOC) podél technologické linky s ozonizací a filtrací aktivním uhlím. In *Kalousková, N. a Dolejš, P. Pitná voda 2008. Tábor, 2. 6. 2008.* České Budějovice: W et ET Team, s. 107–112.

Escobar, I.C., Hong, S., and Randall, A.A. (2000) Removal of assimilable organic carbon and biodegradable dissolved organic carbon by reverse osmosis and nanofiltration membranes. *Journal of Membrane Science*, 175, 1–17.

Escobar, I.C. and Randall, A.A. (2001) Assimilable organic carbon (AOC) and biodegradable dissolved organic carbon (BDOC): complementary measurements. *Wat. Res.*, 35(18), 4444–4445.

Hem, L.J. and Efraimsen, H. (2001) Assimilable organic carbon in molecular weight fraction of natural organic matter. *Wat. Res.*, 35(4), 1106–1110.

van der Kooij, D., Visser, A., and Hijnen, W.A.M. (1982) Determining the concentration of easily assimilable organic carbon in drinking water. *Research and Technology, Journal American Water Works Assotiation*, 540–547.

van der Kooij, D. (1990) Assimilable organic carbon (AOC) in drinking water. In *McFeters, G.A. (ed.) Drinking Water Microbiology*. New York: Springer, 1990, p. 57–87.

Kim, J.H., Kim, Y.J., Qureshi, T.I. (2011) Assimilable organic carbon generation from algogenic organic matter in drinking water. *Turk. J. Chem.*, 35, 245–253.

Lehtola, M.J., Miettinen, I.T., Vartiainen, T., and Martikainen, P.J. (2002) Changes in content of microbially available phosphorus, assimilable organic carbon and microbial growth potential during drinking water treatment processes. *Wat. Res.*, 36, 3681–3690.

Liu, W., Wu, H., Wang, Z., Ong, S.L., Hu, J.Y., and Ng, W.J. (2002) Investigation of assimilable organic carbon (AOC) and bacterial regrowth in drinking water distribution system. *Wat. Res.*, 36, 891–898.

Lochovský, P., Svobodová, A. a Baudišová, D. (2004) Occurence and composition of humic substances in waters of the catchment area of Fláje Reservoir. In *Geller, W. et al. 11th Magdeburg Seminar on Waters in Central and Eastern Europe: Assessment, Protection, Management. Leipzig, 18. 10. 2004*. Leipzig: UFZ Bericht, 261–262.

Lochovský, P. (2005) Charakterizace organických látek ve vodě vodárenské nádrže Fláje z hlediska její upravitelnosti na vodu pitnou. *Vodní hospodářství*, 55(2), 11–13.

Polanska, M., Huysman, K., and van Keera C. (2005) Investigation of assimilable organic carbon (AOC) in flemish drinking water. *Wat. Res.*, (39), 2259–2266.

Poděkování
Zpracováno s podporou projektu Technologické agentury České republiky – T02020621.

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.[1],
Ing. Miroslav Váňa[1], RNDr. Zdenka Boháčková[2],
Ing. Zdeňka Jedličková[2],
RNDr. Andrea Benáková, Ph.D.[1]
[1]Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
[2]VAS, a.s. Brno
dana_baudisova@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.

Key words
assimilable organic carbon – drinking water – heterotrophic microorganisms – total bacteria counts – water treatment plants

Assimilable organic carbon in systems of production and distribution of drinking water (Baudišová, D.; Váňa, M.; Boháčková, Z.; Jedličková, Z.; Benáková, A.)

The aim of this study was the detection of assimilable organic carbon (AOC) at four water treatment plants of different sizes, source waters and technologies. Besides AOC, detection of heterotrophic microorganisms (heterotrophic plate count at 22 and 36 °C, moulds), total bacterial counts, and basic chemical parameters were performed. The average values of AOC in source waters were from 70 to 127 µg/l. The influence of technological processes to concentration of AOC was in agreement to other authors (ozonization increases the level of AOC, sand filtration and GAU filtration decrease it). In one of the water treatment plants studied, the concentration of AOC was always below 20 µg/l. No correlation between AOC concentration and other chemical, physicochemical and microbiological parameters was found.

ZMĚNY EKOSYSTÉMU STABILIZAČNÍ NÁDRŽE VENKOVSKÉ ČISTÍRNY PO APLIKACI BIOTECHNOLOGICKÉHO PŘÍPRAVKU

Ladislav Havel, Blanka Desortová

Klíčová slova
čistírna odpadních vod – stabilizační nádrž – biotechnologický přípravek – ekosystém – hydrobiologické sledování

Souhrn

V rámci řešení výzkumného projektu TA ČR „Výzkum intenzifikace venkovských a malých ČOV neinvestičními prostředky" probíhalo v letech 2011 až 2013 (v návaznosti na hydrochemický monitoring) i hydrobiologické sledování usazovací nádrže a stabilizační nádrže, které tvoří systém čištění odpadních vod v menší obci.

Odběr vzorků pro hydrobiologické analýzy (koncentrace chlorofylu-a, abundance zooplanktonu) byl vždy spojen s měřením základních fyzikálně-chemických ukazatelů *in situ* (průhlednost, teplota, pH, koncentrace rozpuštěného kyslíku, nasycení kyslíkem).

Rok 2011 je považován za referenční (nebyly aplikovány biotechnologické přípravky). Z výsledků je zřejmé, že oproti roku 2011 došlo v letech 2012 a 2013 (aplikace biotechnologických přípravků) k výrazným změnám ve vzhledu stabilizační nádrže, výskytu makrofyt, koncentraci rozpuštěného kyslíku, koncentraci chlorofylu-a a kvalitativním složení zooplanktonu. V případě koncentrace chlorofylu-a a složení zooplanktonu byl oproti roku 2011 zaznamenán v průběhu vegetačních sezon v letech 2012 a 2013 odlišný vývoj.

Úvod

Hydrobiologické sledování extenzivní venkovské ČOV je součástí řešení výzkumného projektu TA ČR „Výzkum intenzifikace venkovských a malých ČOV neinvestičními prostředky". Jeho cílem je prokázat, zda lze pomocí systémového využití biotechnologických přípravků zlepšit stav a funkci malých ČOV a zároveň stanovit optimální postup sledování aplikace a účinku biotechnologických přípravků na ČOV a vodní ekosystém.

Biotechnologické přípravky (většinou na bázi směsi nepatogenních bakterií a enzymů) jsou jejich výrobci často prezentovány jako „univerzální řešení" pro řadu aplikací od zahradních bazénů přes různé typy povrchových vod, kanalizačních systémů až po čistírny odpadních vod. V odborné literatuře ale není mnoho dostupných a použitelných údajů o složení těchto přípravků (většinou jde o firemní tajemství) a jejich účinnosti (Wanner a Mlejnská, 2010; Mlejnská, 2013). Zároveň neexistují relevantní údaje o jejich dlouhodobém vlivu na příslušný ekosystém (Duras et al., 2008).

Příspěvek navazuje na článek Beránkové et al. (2013), který prezentuje výsledky sledování vybraných hydrochemických ukazatelů ($CHSK_{Cr}$, BSK_5, NL, P_{celk}) stejné venkovské čistírny odpadních vod se stabilizační nádrží v menší obci (parametry čistírny jsou ve výše uvedeném článku) za stejných podmínek aplikace biotechnologických přípravků:
– 2011 bez aplikace biotechnologických přípravků;
– 2012 a 2013 s aplikací biotechnologických přípravků.

Příspěvek odpovídá i na některé z podnětů uvedených v diskusi k článku (Dusílek, 2013).

Metodika

Vzorky pro hydrobiologické analýzy byly odebírány ze tří profilů: zemní usazovací nádrž (pouze vzorky pro stanovení fytoplanktonu), stabilizační nádrž-přítok, stabilizační nádrž-odtok (schéma odběrových profilů je na *obr. 1*). Četnost vzorkování byla mimo vegetační sezonu (listopad až únor) čtyřtýdenní, ve vegetační sezoně (březen až říjen) čtrnáctidenní. V prvním roce řešení projektu (2011) byl odběr vzorků zahájen až ve druhé polovině dubna.

Odběr pro stanovení hydrobiologických vzorků byl vždy spojen s *in situ* měřením základních fyzikálně-chemických ukazatelů (průhlednost, teplota, pH, koncentrace rozpuštěného kyslíku, nasycení kyslíkem) a fotodokumentací sledovaných lokalit.

V hydrobiologické laboratoři VÚV TGM, v.v.i., byly analyzovány ukazatele:
– biomasa fytoplanktonu (vyjádřená jako koncentrace chlorofylu-a v µg/l) a jeho kvalitativní složení,
– abundance zooplanktonu (počet jedinců v 1 litru) a jeho kvalitativní složení.

Obr. 1. Schéma lokality, profily odběru vzorků hydrobiologie (B)
Fig. 1. Locality scheme, sampling profiles – hydrobiology (B)

Vzorky byly odebrány a zpracovány podle příslušných platných norem a metodik (ČSN 75 7712; ČSN ISO 10260; ČSN EN 15110; Komárková, 2006; Přikryl, 2006).

Výsledky

Vzhled stabilizační nádrže, výskyt makrofyt

Ve vegetační sezoně 2011 byla hladina stabilizační nádrže přibližně z 90 % pokryta okřehkem (*Lemna* sp.) – *obr. 2*; dno (především v odtokové zóně) bylo zarostlé submerzními makrofyty (dominoval růžkatec *Ceratophyllum demersum*).

V letech 2012 a 2013 došlo k zásadní změně: emerzní (okřehek) ani submerzní makrofyta (růžkatec) nebyla přítomna (*obr. 3*).

Degradace makrofyt ve druhé polovině léta 2011 vedla nejen k podstatným změnám ve sledovaných hydrobiologických ukazatelích (společenstva fytoplanktonu a zooplanktonu), ale nepochybně se výrazně podílela na zvýšení koncentrace $CHSK_{Cr}$ a BSK_5 v tomto období (viz Beránková et al., 2013; *obr. 4* a *5*).

Koncentrace rozpuštěného kyslíku

V letech 2012 a 2013 došlo oproti roku 2011 k výrazné změně v koncentraci rozpuštěného kyslíku v odtokové části stabilizační nádrže.

V roce 2011 bylo analyzováno 11 vzorků; minimální zjištěná koncentrace rozpuštěného kyslíku byla 0,23 mg/l, maximální 8,86 mg/l. Koncentrace < 1 mg/l se vyskytla v sedmi vzorcích (63,6 % vzorků).

V roce 2012 bylo analyzováno 12 vzorků; minimální zjištěná koncentrace rozpuštěného kyslíku byla 0,56 mg/l, maximální 17 mg/l. Koncentrace < 1 mg/l se vyskytla v jednom vzorku (8,3 % vzorků).

V roce 2013 bylo analyzováno 15 vzorků; minimální zjištěná koncentrace rozpuštěného kyslíku byla 1,6 mg/l, maximální 19,95 mg/l. Koncentrace < 1 mg/l nebyla zjištěna v žádném vzorku.

Fytoplankton

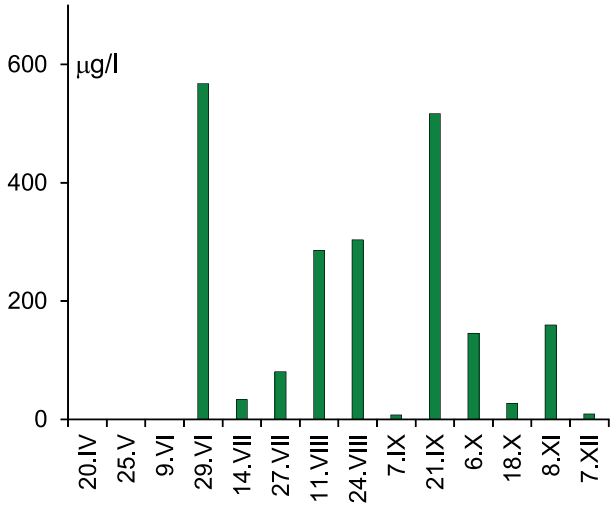
Vývoj koncentrací chlorofylu-a v zemní usazovací nádrži v průběhu vegetačních sezon v letech 2011 a 2013 nevykazoval významné rozdíly (lišily se pouze jejich absolutní hodnoty). Nejvyšší koncentrace se pravidelně vyskytovaly v letním období (*obr. 4–5*).

Ve stabilizační nádrži se sezonní průběh koncentrací chlorofylu-a v roce 2011 oproti rokům 2012 a 2013 výrazně lišil. V roce 2011 (*obr. 6*) rozvoj fytoplanktonu ovlivnil výskyt emerzních a submerzních makrofyt (zastínění, konkurence o živiny) – ke zvýšení koncentrací chlorofylu-a došlo až po degradaci makrofyt, maxima dosahovaly na podzim a v zimě. Lze předpokládat i přítomnost jarního maxima fytoplanktonu (před rozvojem makrofyt), ale to nebylo vzhledem k pozdnímu začátku sledování zachyceno. Koncentrace chlorofylu-a v letech 2012 a 2013 měly značně odlišný průběh (*obr. 7* a *8*). Po vysokých hodnotách v období březen–duben (stovky µg/l) se po zbytek roku (až na ojedinělé výjimky) udržovaly pouze v jednotkách µg/l. Důvodem byl predační tlak velkého filtrujícího zooplanktonu (*Daphnia magna*).

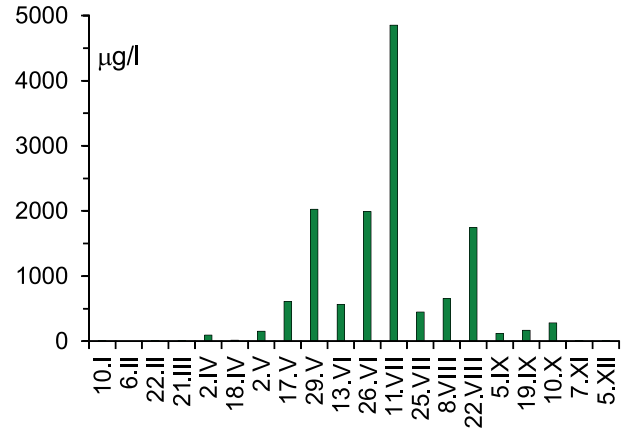
Kvalitativní složení fytoplanktonu bylo po celé sledované období 2011 až 2013 ve všech třech sledovaných profilech obdobné. Dominovali drobní zelení bičíkovci r. *Chlamydomonas* a zástupce skupiny krásnooček *Euglena viridis*. Pouze výjimečně se ve větším množství ve stabilizační nádrži vyskytli zástupci kokálních zelených řas rodů *Chlorella*, *Kirchneriella*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Scenedesmus* (říjen,

Obr. 2. Stabilizační nádrž, léto 2011
Fig. 2. Stabilization pond, summer 2011

Obr. 3. Stabilizační nádrž, léto 2012 a 2013
Fig. 3. Stabilization pond, summer 2012 and 2013



Obr. 4. Usazovací nádrž; koncentrace chlorofylu-a (µg/l), 2011
Fig. 4. Sedimentation pond; chlorophyll-a concentration (µg/l), 2011



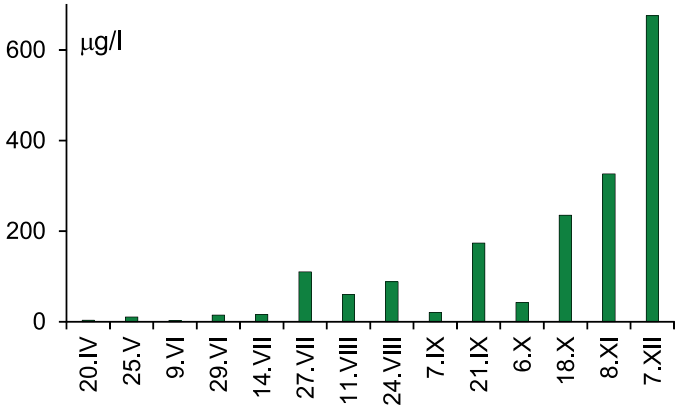
Obr. 5. Usazovací nádrž; koncentrace chlorofylu-a (µg/l), 2012
Fig. 5. Sedimentation pond; chlorophyll-a concentration (µg/l), 2012

listopad 2011) a jednorázově další zástupce skupiny krásnooček *Colacium cyclopicola* (červen 2012).

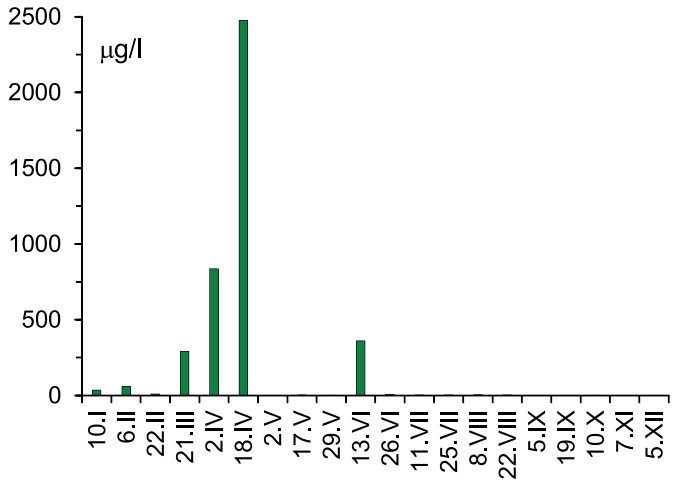
Zooplankton stabilizační nádrže

V abundanci zooplanktonu (počet jedinců v 1 litru) ani v jejím sezonním průběhu není patrný rozdíl mezi rokem 2011 a roky 2012 a 2013. Ve srovnatelném období vzorkování (duben–prosinec) byla nejvyšší hodnota (3 800 jed./l) zjištěna v roce 2013, nejnižší (2 400 jed./l) v roce 2012; nejvyšší průměrná abundance na vzorek (770 jed./l) v roce 2011, nejnižší (500 jed./l) v roce 2012 (obr. *9–11*).

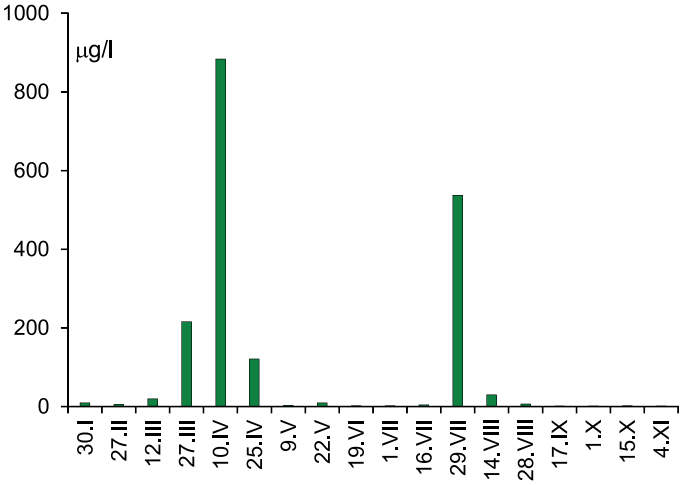
Oproti roku 2011 došlo v roce 2012 k výrazné změně v kvalitativním složení zooplanktonu, která přetrvala i v roce 2013. Z *obr. 12* a *13* je zřejmé, že v roce 2011 byl zooplankton tvořen především malými druhy, zatímco v letech 2012 a 2013 převažovaly velké perloočky (Cladocera) *Daphnia magna*. Procentuální podíl jednotlivých



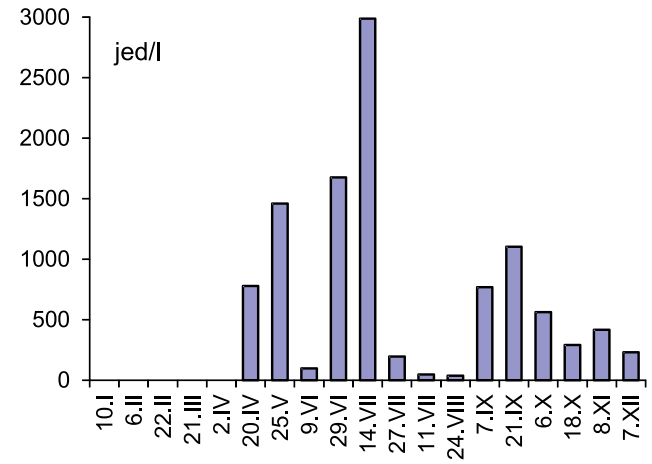
Obr. 6. Stabilizační nádrž; koncentrace chlorofylu-a (µg/l), 2011
Fig. 6. Stabilization pond; chlorophyll-a concentration (µg/l), 2011



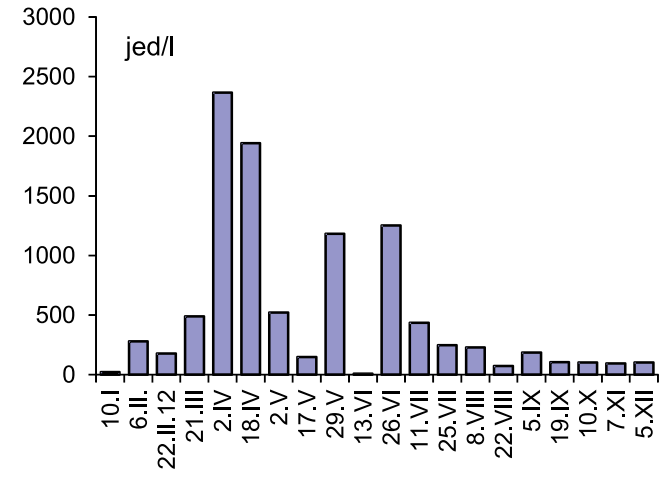
Obr. 7. Stabilizační nádrž; koncentrace chlorofylu-a (µg/l), 2012
Fig. 7. Stabilization pond; chlorophyll-a concentration (µg/l), 2012



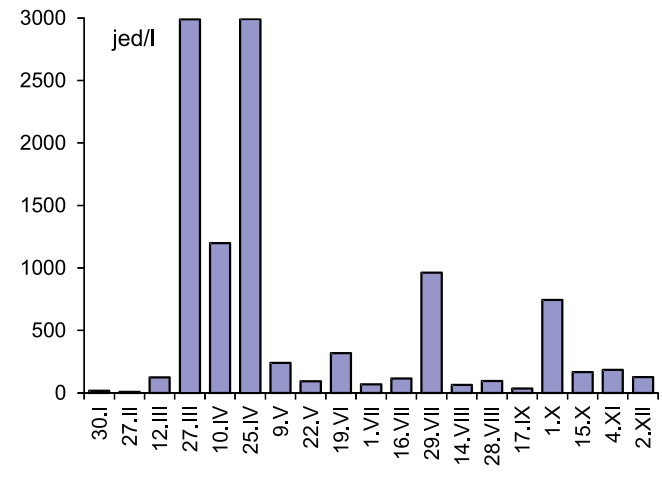
Obr. 8. Stabilizační nádrž; koncentrace chlorofylu-a (µg/l), 2013
Fig. 8. Stabilization pond; chlorophyll-a concentration (µg/l), 2013



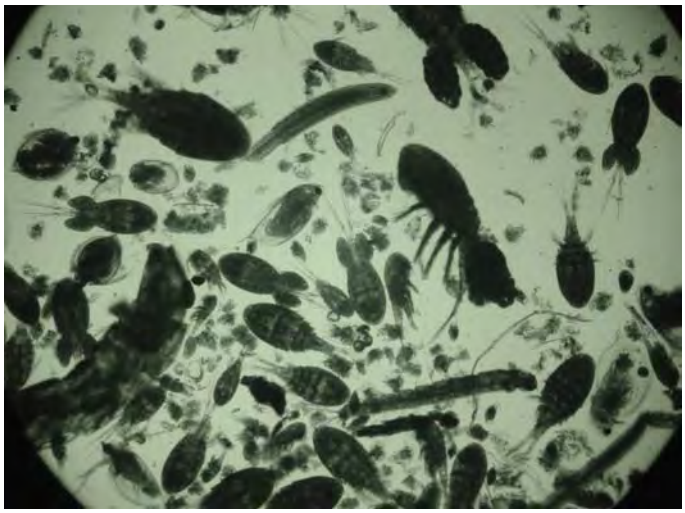
Obr. 9. Stabilizační nádrž; abundance zooplanktonu (jed./l), 2011
Fig. 9. Stabilization pond; zooplankton abundance (ind./l), 2011



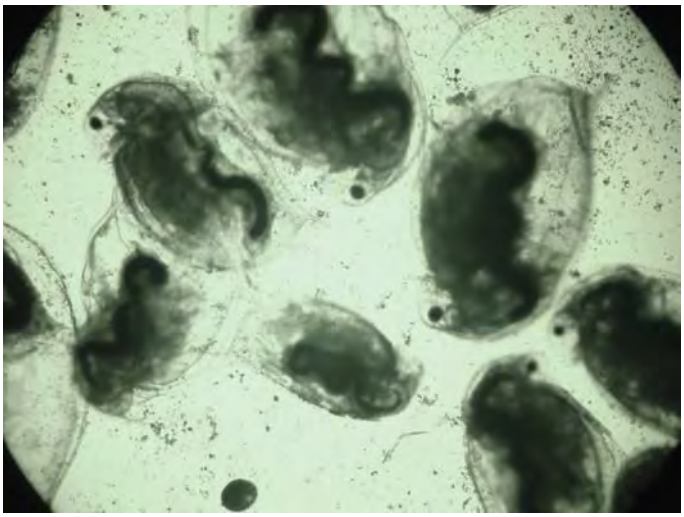
Obr. 10. Stabilizační nádrž; abundance zooplanktonu (jed./l), 2012
Fig. 10. Stabilization pond; zooplankton abundance (ind./l), 2012



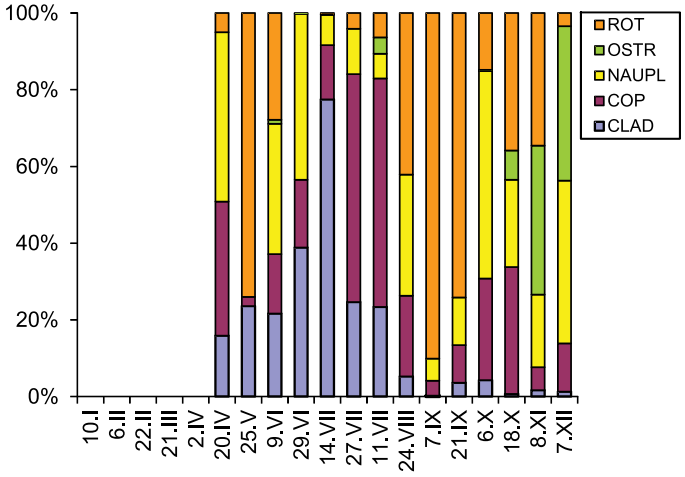
Obr. 11. Stabilizační nádrž; abundance zooplanktonu (jed./l), 2013
Fig. 11. Stabilization pond; zooplankton abundance (ind./l), 2013



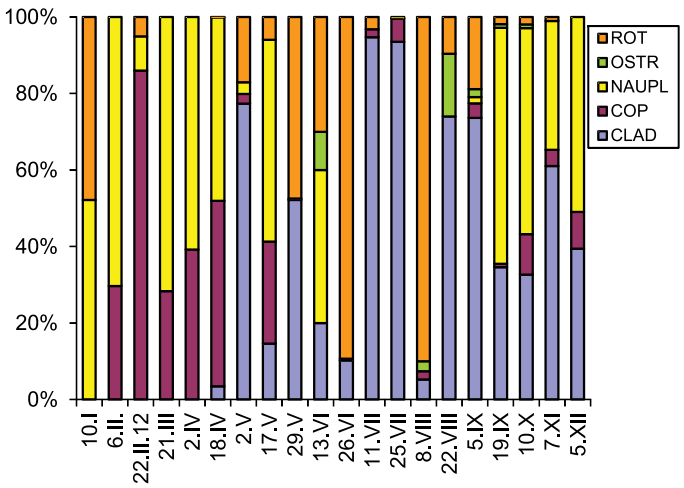
Obr. 12. Zooplankton stabilizační nádrže, 2011
Fig. 12. Zooplankton of stabilization pond, 2011



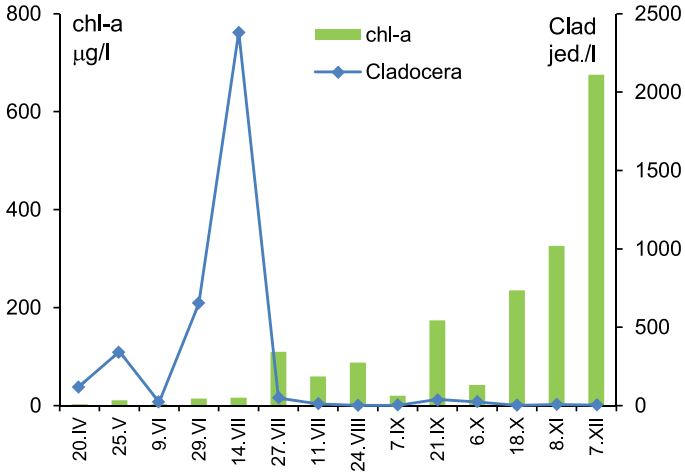
Obr. 13. Zooplankton stabilizační nádrže, 2012 a 2013
Fig. 13. Zooplankton of stabilization pond, 2012 and 2013



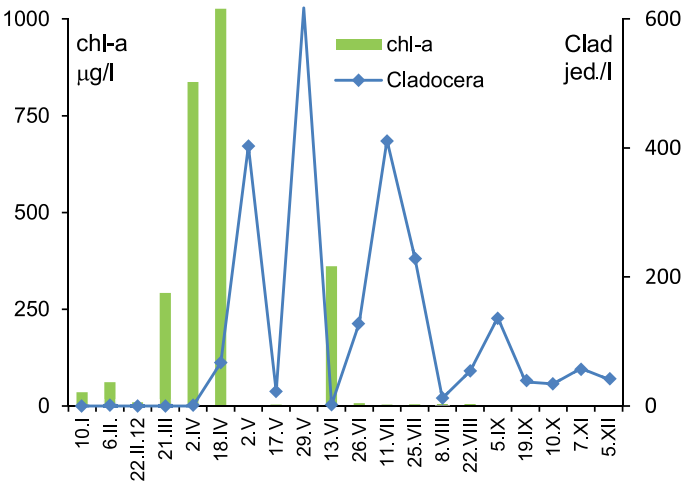
Obr. 14. Podíl (%) jednotlivých skupin zooplanktonu na celkové abundanci, 2011 (ROT – Rotatoria, OSTR – Ostracoda, NAUPL – nauplia, COP – Copepoda, CLAD – Cladocera)
Fig. 14. The shares (%) of individual zooplankton groups in total abundance, 2011 (ROT – Rotatoria, OSTR – Ostracoda, NAUPL – nauplii, COP – Copepoda, CLAD – Cladocera)



Obr. 15. Podíl (%) jednotlivých skupin zooplanktonu na celkové abundanci, 2012 (ROT – Rotatoria, OSTR – Ostracoda, NAUPL – nauplia, COP – Copepoda, CLAD – Cladocera)
Fig. 15. The shares (%) of individual zooplankton groups in total abundance, 2012 (ROT – Rotatoria, OSTR – Ostracoda, NAUPL – nauplii, COP – Copepoda, CLAD – Cladocera)



Obr. 16. Vztah mezi abundancí perlooček (jed./l) a koncentrací chlorofylu-a (µg/l), 2011
Fig. 16. The relationship between cladoceran abundance (ind./l) and chlorophyll-a concentration (µg/l), 2011



Obr. 17. Vztah mezi abundancí perlooček (jed./l) a koncentrací chlorofylu-a (µg/l), 2012
Fig. 17. The relationship between cladoceran abundance (ind./l) and chlorophyll-a concentration (µg/l), 2012

skupin zooplanktonu (Cladocera, Copepoda, nauplia, Ostracoda, Rotatoria) v jednotlivých odběrech v roce 2011 a 2012 (rok 2013 vykazoval obdobný průběh jako rok 2012) je na *obr. 14* a *15*. V roce 2011 (*obr. 14*) dominovali ve většině odběrů vířníci (Rotatoria), drobné buchanky (Copepoda) a jejich naupliová stadia. Perloočky (především *Ceriodaphnia*, *Simocephalus*, *Bosmina*, Chydoridae a ojediněle v letních měsících *Daphnia pulex*) se ve významnějším zastoupení vyskytovaly v období duben až polovina července. Po degradaci makrofyt až do konce roku jejich podíl v celkovém zooplanktonu nepřekročil 5 %. V roce 2012 (*obr. 15*) i v roce 2013 až do dubna v zooplanktonu převažovaly buchanky a naupliová stadia, od května po zbytek roku byly (až na výjimky) významně zastoupeny perloočky.

Podíl skupiny Cladocera na celkové abundanci zooplanktonu:

- stabilizační nádrž-přítok 2011: 17 % (malé druhy),
- stabilizační nádrž-přítok 2012 (odpovídající období): 53 % (*Daphnia magna*),
- stabilizační nádrž-přítok 2013 (odpovídající období): 51 % (*Daphnia magna*),
- stabilizační nádrž-odtok 2011: 17 % (malé druhy),
- stabilizační nádrž-odtok 2012 (odpovídající období): 45 % (*Daphnia magna*),
- stabilizační nádrž-odtok 2013 (odpovídající období): 31 % (*Daphnia magna*).

Vliv zooplanktonu na biomasu fytoplanktonu ve stabilizační nádrži

Příklady vzájemného vztahu koncentrace fytoplanktonu a podílu perlooček v abundanci veškerého zooplanktonu v průběhu sezon 2011 a 2012 (v roce 2013 byl vztah obdobný) jsou na *obr. 16* a *17*.

Je však málo pravděpodobné, že v první polovině roku 2011 mohly perloočky vzhledem ke svému druhovému složení (malí, málo účinní filtrátoři – *obr. 12*) mít tak značný vliv na koncentraci fytoplanktonu (*obr. 16*). Rozhodující měrou se na jeho nízké biomase v tomto období podílel rozvoj makrofyt (zastínění, konkurence o živiny).

V roce 2012 došlo k výrazné změně v kvalitativním složení perlooček, která přetrvala i v roce 2013. Drobné druhy byly nahrazeny velkým účinným filtrátorem *Daphnia magna* (*obr. 13*), což vedlo k výraznému nárůstu biomasy zooplanktonu. *Daphnia magna* se pak vyskytovala po celé vegetační období a množství fytoplanktonu dokázala výrazně ovlivnit (*obr. 17*).

Závěr

Venkovská čistírna odpadních vod (zemní usazovací nádrž, stabilizační nádrž) byla z hydrobiologického hlediska sledována v období 2011 až 2013 ve dvou režimech: bez aplikace biotechnologických přípravků (rok 2011) a za aplikace biotechnologických přípravků (roky 2012 a 2013).

Zemní usazovací nádrž byla po celé sledované období významným zdrojem živin a inokula fytoplanktonu pro stabilizační nádrž.

Ve stabilizační nádrži došlo v letech 2012 a 2013 (aplikace biotechnologických přípravků) oproti roku 2011 (bez aplikace biotechnologických přípravků) k výrazným změnám:

- ve vzhledu stabilizační nádrže: volná hladina, snížení zápachu,
- ve výskytu makrofyt (*Lemna*, *Ceratophyllum*): v letech 2012 a 2013 nebyla přítomna,
- v koncentraci rozpuštěného kyslíku: minimální i maximální koncentrace se zvýšily, hodnoty < 1 mg/l byly zjištěny ojediněle,
- v koncentraci chlorofylu-a a jejích změnách v průběhu vegetační sezony: po jarním maximu se jeho koncentrace (až na výjimky) udržovala na hodnotách v jednotkách µg/l,
- v kvalitativním složení zooplanktonu a jeho změnách v průběhu vegetační sezony: nahrazení drobných druhů zooplanktonu velkými perloočkami (*Daphnia magna*), schopnými svojí filtrační činností účinně kontrolovat nadměrný rozvoj fytoplanktonu.

Vzhledem k tomu, že ve stabilizační nádrži nejsou ryby, vztah zooplankton-fytoplankton vykazuje typický „top-down" efekt: velcí filtrátoři (zde *Daphnia magna*) dokáží účinně kontrolovat (snižovat) biomasu fytoplanktonu, a tím ovlivnit jeden z negativních důsledků eutrofizace povrchových vod.

Dosud získané výsledky řešení projektu ukazují, že dlouhodobý hydrobiologický monitoring musí být bezpodmínečnou součástí hodnocení vlivu aplikace biotechnologických přípravků na vodní ekosystémy.

Řešení projektu bude pokračovat i v roce 2014, kdy biotechnologický přípravek nebude do systému čištění dávkován. Následně bude celkově zhodnocen vliv aplikace biotechnologického přípravku na hydrobiologické a hydrochemické charakteristiky sledovaného systému venkovské čistírny odpadních vod.

Literatura

Beránková, M., Valdmanová, J., Šťastný, V., Taufer, O. a Marek, V. (2013) Sledování funkce venkovské a domovní čistírny s použitím biotechnologických přípravků. *VTEI*, roč. 55, č. 6, s. 10–13, příloha *Vodního hospodářství* č. 12/2013.

ČSN 757712. (2013) Kvalita vod – Biologický rozbor – Stanovení biosestonu. Ústav pro technologickou normalizaci a státní zkušebnictví.

ČSN EN 15110. (2007) Jakost vod. Návod pro odběr vzorků zooplanktonu ze stojatých vod. Ústav pro technologickou normalizaci a státní zkušebnictví.

ČSN ISO 10260. (1996) Jakost vod. Měření biochemických ukazatelů. Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a. Ústav pro technologickou normalizaci a státní zkušebnictví.

Duras, J., Maršálek, B., Kosour, D., Rederer, L., Klouček, V. a Janeček, E. (2008) Ekotechnologické zásahy ve prospěch jakosti vody v Česku – stručný přehled. *Sborník konf. Vodárenská biologie*, s. 73–80, Vodní zdroje Ekomonitor, ISBN 978-80-86832.

Dusílek, P. (2013) Diskuse k článku. *VTEI*, roč. 55, č. 6, s. 13–14, příloha *Vodního hospodářství* č. 12/2013.

Komárková, L. (2006) Metodika odběru a zpracování vzorků fytoplanktonu stojatých vod. VÚV TGM, 11 s.

Mlejnská, E. (2013) Vyhodnocení in-situ aplikace bakteriálně-enzymatického preparátu do kolmatovaných kořenových čistíren. *VTEI*, roč. 55, č. 5, s. 1–4, příloha *Vodního hospodářství* č. 10/2013.

Přikryl, I. (2006) Metodika odběru a zpracování vzorků zooplanktonu stojatých vod. VÚV TGM, 14 s.

Wanner, F. a Mlejnská, E. (2010) Uvolnění zakolmatovaného lože zemního filtru in-situ aplikací enzymů. *Vodní hospodářství*, roč. 52, č. 12, s. 15–18.

Poděkování

Příspěvek vznikl s podporou Technologické agentury České republiky v rámci řešení výzkumného projektu TA01021419 „Výzkum intenzifikace venkovských a malých ČOV neinvestičními prostředky"

RNDr. Ladislav Havel, CSc., RNDr. Blanka Desortová, CSc.
VÚV TGM, v.v.i., Praha, ladislav_havel@vuv.cz

Příspěvek prošel lektorským řízením.

The changes in the ecosystem of a rural waste water treatment plant stabilizing pond after the biotechnological agent application (Havel, L.; Desortová, B.)

Key words

waste water treatment plant – stabilizing pond – biotechnological agent – ecosystem – hydrobiological monitoring

The hydrobiological monitoring of the sedimentation and stabilizing ponds as parts of the sewage treatment system in a small village, was conducted within the project "Research of intensification of rural and small waste water treatment plants through the non-investment funds" supported by Technology Agency of the Czech Republic from 2011 to 2013.

The sampling for analyses of hydrobiological indicators (chlorophyll-a concentrations, zooplankton abundance) has always been carried out together with in-situ basic physical and chemical indicators measurements (water transparency, temperature, pH, dissolved oxygen concentrations, oxygen saturation).

The year 2011 has been set as a referential one since no biotechnological agents were applied that year. The results clearly showed that compared to 2011 (no biotechnological agent applied), significant changes took place in 2012 and 2013 (biotechnological agent application), regarding visual characteristics of the stabilizing pond, macrophyte presence, dissolved oxygen concentrations, chlorophyll-a concentrations, its changes during vegetational seasons and a quality of zooplankton composition and its changes during the vegetational seasons.

Z historie výzkumu v oblasti jakosti vod

Jednou z oblastí výzkumu řešeného ve Výzkumném ústavu vodohospodářském již řadu let je problematika jakosti vody. Začala se v ústavu řešit ve 40. letech 20. století, a to především zásluhou RNDr. Bohumila Cyruse, prof. Záviše Cyruse a RNDr. Jiřího Šrámka-Huška. Ve spojitosti s ní nabývalo na významu také analytické zpracování vzorků, a to jak v oblasti chemické, tak mikrobiologické, hydrobiologické i radiologické.

95 let
1919-2014

Laboratoře pracující v rámci různých organizačních útvarů byly v roce 1985 sloučeny pod samostatný obor Jakost vody a procesy jejích změn (Ing. Eduard Hanslík, CSc.). V roce 1990 pak byla jednotlivá oddělení osamostatněna na úroveň odborů: hydrochemie (Ing. Bedřich Uchytil, CSc.), mikrobiologie (RNDr. Jiří Häusler, DrSc.), hydrobiologie (RNDr. Blanka Desortová, CSc.) a radioekologie (Ing. Eduard Hanslík, CSc.). V návaznosti na aktuální úkoly, zejména monitoring, byla oddělení znovu soustředěna pod samostatnou sekci Jakosti vod a ochrany ekosystémů 1997–2007 (Ing. Pavel Franče, CSc.), později **Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů** 2008–2013 (Ing. Věra Očenášková, v současnosti Ing. Eva Mlejnská). V roce 2005 se laboratoře přestěhovaly ze stísněných prostor do nové budovy, která byla postavena a vybavena řadou nových přístrojů. V současnosti mají laboratoře špičkové vybavení na evropské úrovni a škála analyzovaných látek a vzorků z různých matric je velmi široká. Většina příspěvků v tomto čísle vychází ze současného výzkumu prováděného v rámci Referenční laboratoře složek životního prostředí a odpadů.

Chemie

Zpočátku se analytickou chemií zabývali přímo řešitelé úkolů (Ing. Ladislav Hauser, Ing. Daniel Zubčenko aj.). V padesátých letech se chemické laboratoře staly součástí jednotlivých útvarů – provozní laboratoř v útvaru povrchových vod např. vedl Jiří Pelz, další laboratoře vznikly při útvarech zabývajících se technologiemi úpravy vody a čištěním odpadních vod. Práce v oblasti analytické chemie řídil až do konce 50. let RNDr. Miloslav Kohout.

Od konce 50. let vznikla v ústavu pracovní skupina s analytickým zaměřením, jež pod vedením RNDr. Pavla Hofmanna řešila výzkumné i metodické úkoly, např. metody polarografického stanovení stopových kovů, dusičnanů či organických látek. V 60. letech se ústav významně podílel ve spolupráci s odborníky z oblasti hygieny a školství na sestavení Jednotných metod chemického rozboru vod včetně jejich zavádění v rámci mezinárodní spolupráce v RVHP a v 70. letech pak i na tvorbě souboru ČSN pro chemický a fyzikální rozbor pitných, povrchových a odpadních vod.

Od poloviny 60. let byly ve spolupráci s Chemoprojektem Satalice a Mikrotechnou Praha vyvíjeny automatické analyzátorové stanice pro zjišťování složení vod (RNDr. Pavel Hofmann, CSc., a RNDr. Josef Schindler, CSc.), tyto stanice se uplatnily především v zahraničí. Další vývoj byl zaměřen např. na stavbu analyzátoru kyslíku, BSK_5, toxicity či automatizovanou chemickou laboratoř pro rozbor vod.

V letech 1982–83 proběhla rekonstrukce laboratoří s cílem vybudování Centrálních chemických laboratoří pro resort vodního hospodářství v ČSSR. Vzápětí došlo ke specializaci na laboratoře základních chemických rozborů, speciální minerální analýzy (dnes speciální anorganické analýzy) a speciální organické analýzy.

V 80. letech byly laboratoře vybaveny špičkovou analytickou technikou, což jim kromě specializovaného výzkumu umožnilo mj. i podílet se na organizaci mezilaboratorních porovnávání zkoušek (dříve okružní rozbory) včetně jejich vyhodnocení. Ve 2. polovině 90. let byla databáze laboratoří aktivně zúčastněných v projektech MPZ jednou z největších v Evropě.

Po roce 1989 se významně rozšířily možnosti sledování doposud neanalyzovaných chemických látek (kovů, PCB, PAU, ale také pesticidů a dalších). Kvalitativní skok představovaly pro laboratoře nové analytické přístroje z projektu Phare a přístroje získané v rámci česko-německých bilaterálních projektů, které probíhaly ve VÚV od roku 1994 ve spolupráci s Forschungszentrum Karlsruhe GmbH.

V letech 1997–2003 byly normy ČSN řady 83 postupně nahrazovány normami ISO a EN. Velmi významnou činností v tomto období byly práce na vývoji a prověřování metod pro sledování hydrosféry v oblasti základního chemického rozboru, speciální anorganické analýzy a speciální organické analýzy, zavádění nových metod do praxe, byla připravována školení a semináře pro pracovníky hydroanalytických laboratoří.

Kromě rozšiřování škály analyzovaných ukazatelů jakosti vody bylo v laboratořích VÚV postupně zaváděno i sledování parametrů v pevných matricích (říční sedimenty, bionárosty, čistírenské kaly, rybí tkáně a další). V rámci řešení řady drobných úkolů byly optimalizovány vhodné analytické postupy pro sledování polutantů pro Mezinárodní komisi pro ochranu Labe – způsoby odběru vzorků, jejich předúprava (sítování, mletí, rozklad apod.), stabilizace, analýza. Tyto postupy jsou používány dodnes.

Pracovníci všech oddělení se v letech 2007–2008 podíleli na situačním monitoringu povrchových vod a monitoringu referenčních podmínek. Po náhlém ukončení analýz pro tento monitoring se laboratoř podílela na řešení subprojektů v rámci výzkumných záměrů Voda a Hospodaření s odpady. K významným projektům řešeným v posledních letech patří projekty zabývající se sledováním nezákonných drog v komunálních odpadních vodách.

Hydrobiologie

V souvislosti se zaměřením na jakost vod byly v ústavu ve 2. polovině 20. století řešeny v rámci různých útvarů také hydrobiologické problémy. K nejvýznamnějším pracovníkům zabývajícím se touto problematikou patřila např. RNDr. Věra Rozmajzlová, která se podílela na řešení řady problémů týkajících se jakosti vody z pohledu hydrobiologie, a to včetně matematického modelování jakosti vody především v říčních profilech.

Teprve se změnou organizační struktury ústavu vzniklo na počátku devadesátých let minulého století samostatné oddělení hydrobiologie, jehož součástí bylo též pracoviště ichtyologie, které se v roce 2008 oddělilo do samostatného Odboru aplikované ekologie.

Kmenovými pracovníky oddělení hydrobiologie (bez ichtyologie) jsou od počátku RNDr. Blanka Desortová, CSc., a RNDr. Ladislav Havel, CSc. Výzkumné aktivity pracovníků oddělení hydrobiologie byly a jsou zaměřeny na výzkum biologických složek ekosystémů vnitrozemských vod, na posuzování dopadu antropogenních vlivů na vodní biocenózy, hodnocení vztahu biotických složek vodních ekosystémů ke kvalitě vody a na problematiku eutrofizace a její projevy.

Mezi významné řešené projekty patřilo např. Hodnocení dopadu antropogenních faktorů na vybrané složky biocenóz povrchových vod, jež bylo zaměřeno na aplikaci nových přístupů k využití, hodnocení a interpretaci výsledků sledování biotických složek ekosystémů povrchových vod. Byly sledovány dlouhodobé trendy vývoje fytoplanktonu v tekoucích vodách a akumulace škodlivin (kovy, specifické organické látky) v biomase mlže *Dreissena polymorpha*. Vyhodnocení trofie vybraných toků a nádrží na základě změn biomasy fytoplanktonu bylo podkladem pro vytvoření prvních map „Stav trofie významných toků a nádrží v ČR" v letech 1999–2000.

V rámci oddělení byl dlouhodobě garantován úkol zaměřený na vývoj, zavádění a prověřování metod pro sledování hydrosféry, který nejprve zajišťoval RNDr. Pavel Punčochář, CSc., a po něm RNDr. Ladislav Havel. Významná byla účast pracovníků oddělení hydrobiologie na Projektech Labe I–V, dále na řešení problematiky zatápění zbytkových jam po těžbě hnědého uhlí a také subprojektů výzkumného záměru „Voda" se zaměřením na sledování vlivu extrémní antropogenní zátěže na kvalitu vody a biocenózu vodních ekosystémů v modelovém povodí Bíliny a v tocích severočeské pánevní oblasti ovlivněné průmyslovou výrobou a těžebními procesy a v povodí Lužnice jako oblasti s intenzivním rybníkářstvím a zemědělskou výrobou nebo na výzkum vlivu variability hydrologických a chemických parametrů na dynamiku společenstva fytoplanktonu v tekoucích vodách aj.

V současnosti se pracovníci oddělení podílejí na vypracování metod hodnocení ekologického stavu tekoucích vod podle jednotlivých biologických složek stanovených Rámcovou směrnicí EU o vodní politice nebo na řešení projektu, který se zabývá vlivem biotechnologických přípravků na účinnost malých čistíren odpadních vod aj.

Obdobně jako ostatní součásti odboru má i hydrobiologická laboratoř dlouhodobě zaveden systém jakosti a vlastní Osvědčení o správné činnosti laboratoře. Ve spolupráci s ASLAB se pracovníci

oddělení podílejí na přípravě vzorků a vyhodnocení výsledků pro zkoušení způsobilosti z oblasti hydrobiologických metod. Součástí pracovních aktivit bylo a je posuzování norem z oblasti hydrobiologie a zajišťování expertizní a poradenské činnost v oboru hydrobiologie.

Mikrobiologie

Šetření jakosti vody bylo nemyslitelné bez mikrobiologického rozboru, což se projevilo zejména v souvislosti s přípravou výstavby vodárenské nádrže Želivka počátkem 60. let – projektu řízeného Dr. Ing. Jaroslavem Bulíčkem. Ten inicioval vypracování Jednotných metod bakteriologického rozboru vod a pověřil jím RNDr. Jiřího Häuslera, CSc., a Adrienu Borovičkovou. Od té doby byly bakteriologické rozbory zaváděny i do dalších výzkumných projektů. Pro vodohospodářské účely bylo nutno také vyvinout některé nové mikrobiologické metody, čímž se zabývali mikrobiologové zařazení v různých oborech ústavu. V 80. letech se podařilo sjednotit mikrobiology do jednoho útvaru pod vedením RNDr. Pavla Punčocháře, CSc., což přineslo zkvalitnění a zefektivnění práce.

Kromě zkoumání jakosti vody se mikrobiologové podíleli i na dalších úkolech, např. na identifikaci autochtonní mikroflóry mikroskopickou metodou (RNDr. Jiří Häusler), problematice morfologie vloček aktivovaného kalu a vláknitých mikroorganismů (RNDr. Alena Sladká, CSc.), výzkumu výskytu a funkce mikromycet ve vodách (Jana Häuslerová, prom. biol.) a na mnohých dalších.

V první polovině devadesátých let byl v jednotné mikrobiologické laboratoři, pod vedením RNDr. Dany Baudišové, Ph.D., zaveden systém jakosti a spolu s ostatními referenčními laboratořemi odboru bylo získáno Osvědčení o správné činnosti laboratoře. Oddělení se zaměřilo na mikrobiologické analýzy povrchových, podzemních, pitných a odpadních vod, kalů, biofilmů a dalších složek hydrosféry. V 90. letech lze za nejvýznamnější činnosti oddělení pokládat vývoj, zavádění a prověřování mikrobiologických metod a jejich zavádění do praxe hydroanalytických laboratoří (především v souvislosti s přechodem na mezinárodní normy z řad ISO a EN), včetně školení pracovníků z hydroanalytické praxe, technickou přípravu mezilaboratorních porovnávání zkoušek (organizovaných ASLAB), posuzování a podíl na tvorbě nových norem apod. Byly též získány významné poznatky z oblasti validace a verifikace mikrobiologických metod a využití referenčních materiálů.

Vlastní výzkumná činnost oddělení se rozvíjela především od roku 2000, se zaměřením především na mikrobiální znečištění vod antropogenního i zemědělského původu, eliminaci mikrobiálního znečištění biologickým čištěním i extenzivními způsoby čištění a charakteristiky mikrobiálních společenstev. Významnou činností oddělení je i studium nových, nestandardních metod, jako je stanovení fylogenetických skupin bakterií metodami FISH (fluorescenční in situ hybridizace), nebo stanovení patogenních mikroorganismů. V posledních letech byla výzkumná problematika zaměřena především na studium mikrobiální kontaminace povrchových vod ke koupání a na výzkum asimilovatelného organického uhlíku ve vodárenských systémech.

Radioekologie

Problematice radioaktivních látek v životním prostředí a technologiích je ve VÚV dlouhodobě věnována soustavná pozornost. Již v letech 1957–64 sledovali Dr. Ing. Jaroslav Bulíček a Jan Pazderník, p.ch., množství odtékajících důlních vod z těžby uranu. Po evidenci zdrojů radioaktivního znečištění následovaly práce zabývající se vlivem vypouštění důlních vod na jakost vody v povodích Ohře, Mže, Litavky, Berounky, Nežárky a Ploučnice (Ing. Adolf Mansfeld, CSc., RNDr. Jaromír Justýn, CSc., Ing. Eduard Hanslík, CSc., Jan Pazderník, p.ch.). Dále se výzkum soustředil na radioaktivitu vod vodárenských nádrží i radioaktivitu podzemních vod. Sledované ukazatele byly celková objemová aktivita beta, objemová aktivita radia 226, radonu 222 a koncentrace uranu.

V 60. letech bylo pod vedením Ing. Adolfa Mansfelda, CSc., vytvořeno samostatné oddělení, jež se zabývalo vývojem nových metod, přípravou jednotných předpisů, normotvornou činností i metodickým řízením laboratoří. V dalších letech se výzkum zaměřil na chování radioaktivních látek ve vodním prostředí i problematiku radioekologie vodních organismů (RNDr. Jaromír Justýn, CSc.).

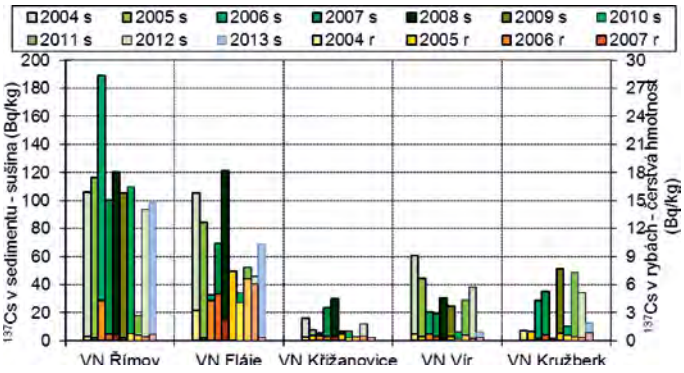
V osmdesátých letech přistoupil ústav v souvislosti s připravovanou výstavbou jaderných elektráren a zároveň i ochranou vodních zdrojů k podrobnému průzkumu jakosti povrchových, podzemních a srážkových vod, dnových sedimentů a biomasy vodních rostlin a ryb. V lokalitě plánované jaderné elektrárny Temelín se touto problematikou zabývali zejména Ing. Eduard Hanslík, CSc., Ing. Adolf Mansfeld, CSc., RNDr. Jaromír Justýn, CSc. Vlivem této elektrárny na vodní prostředí i prognózou vlivu její dostavby se ústav zabývá dodnes.

Postupně byl rozsah sledovaných ukazatelů rozšiřován a po havárii jaderného reaktoru v Černobylu byla radiologická laboratoř dovybavena moderní přístrojovou technikou, zejména gamaspektrometrií pro stanovení přírodních i umělých radionuklidů emitujících záření gama a kapalinovou scintilační spektrometrií v nedávné době doplněné ještě o možnost elektrolytického zakoncentrování vzorků tritia.

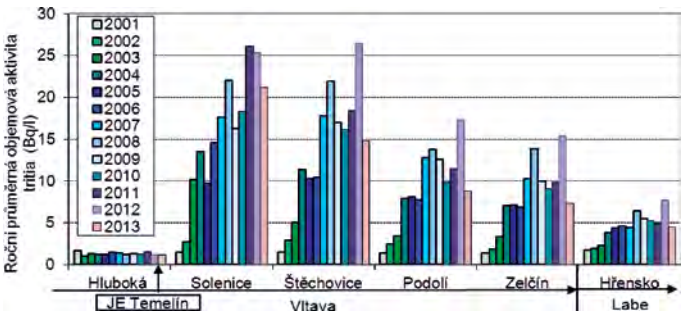
Pro potřeby vlastní i vodohospodářských laboratoří státních podniků Povodí jsou vyvíjeny a ověřovány metody stanovení radioaktivních látek. Pracovníci oddělení se podílejí na tvorbě ČSN/ /TNV. V oddělení se připravují podklady pro zavádění ukazatelů radioaktivity a jejich hodnot v hydrosféře do právních předpisů aj.

Laboratoř je dále zapojena do Radiační monitorovací sítě ČR (RMS). Na základě smluvních vztahů mezi Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, Ministerstvem životního prostředí a VÚV TGM, v.v.i., zajišťuje ve spolupráci s podniky Povodí činnost stálé a pohotovostní složky RMS. Zjištěné výsledky sledování reziduální kontaminace hydrosféry umělým radionuklidem cesiem 137 na příkladu ryb a dnových sedimentů jsou na *obr. 1*.

Systematicky je sledován výskyt a chování radioaktivních látek v životním prostředí. Obsah přírodních radioaktivních látek byl na řadě lokalit dlouhodobě ovlivňován těžbou a zpracováním uranových rud. V případě umělých radionuklidů jde hlavně o reziduální znečištění po atmosférických testech jaderných zbraní, havárii v Černobylu, přeshraniční přenos radioaktivních látek z jaderných zařízení ve světě, dále o výpusti radioaktivních látek z jaderných elektráren na našem území – JE Temelín a JE Dukovany a o užívání radionuklidů v průmyslu, lékařství, výzkumu a dalších odvětvích. Je třeba znát výskyt a úroveň takto uvolněných radioaktivních látek do prostředí, a to pro možné hodnocení vlivů nových zdrojů znečištění, zejména uvažovaného rozšíření, popř. výstavby nových jaderných elektráren u nás i v zahraničí. Vývoj objemové aktivity tritia v podélném profilu Vltavy a Labe pod zaústěním odpadních vod JE Temelín je na *obr. 2*.



Obr. 1



Obr. 2

Na základě povolení SÚJB provádí laboratoř měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitných vodách podle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb., v platném znění. U zdrojů podzemních vod se zvýšeným výskytem přírodních radionuklidů jsou navrhována opatření radiační ochrany pro zásobované obyvatelstvo a obsluhu úpraven. Laboratoř je též držitelem povolení pro nakládání se zdroji ionizujícího záření. Laboratoř dlouhodobě spolupracuje se Střediskem pro posuzování způsobilosti laboratoří ASLAB, pro které zajišťuje přípravu vzorků pro zkoušení způsobilosti. Laboratoř se zúčastňuje nezávislých zkoušek způsobilosti v zahraničí, např. pod záštitou Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni.

Výzkum v oblasti hospodaření s vodou a informatiky

Odbor je nejzřetelnějším nástupcem někdejšího úseku Hospodaření s vodou, který jako úsek rozvoje vznikl koncem šedesátých let minulého století v rámci podniku Vodohospodářský rozvoj a výstavba. V roce 1976 pak byl jako celek delimitován do VÚV a zde, po spojení se Střediskem pro řízení rozvoje vodního hospodářství, působil již pod názvem Úsek hospodaření s vodou. Až do počátku devadesátých let sídlil především na detašovaném pracovišti na Rohanském ostrově. Toto období lze charakterizovat především zpracováním Směrného vodohospodářského plánu (SVP), který byl vydán v roce 1975, a jeho postupnými aktualizacemi až do roku 1995 a dále odbornou podporou činností odboru rozvoje vodního hospodářství, odboru technickoprovozní činnosti a odboru ekonomiky tehdejšího Ministerstva lesního a vodního hospodářství. V 90. letech byla činnost úseku hospodaření s vodou ukončena a jeho náplň rozdělena do několika sekcí, z nichž sekce hospodaření s vodou a sekce informatiky pak byly v roce 1999 sloučeny do sekce, později **odboru ochrany vod a informatiky.**

Ve vedení úseku stáli jako náměstci ředitele postupně Ing. František Medelský, CSc., Ing. Josef Buřita, Ing. Dobroslav Novák, Ing. Miroslav Král, CSc., který se současně významně podílel na zpracování Směrného vodohospodářského plánu, a také Ing. Vladimír Čížek, který se též zabýval Státní vodohospodářskou bilancí. Vedoucími odborů v rámci úseku byli Ing. Břetislav Lank, jehož činnost se soustřeďovala také na Státní vodohospodářskou bilanci a navrhování a řízení vodohospodářských soustav, dále Ing. Miroslav Kubíček, Ing. Zdeněk Švec, jenž se zabýval též Směrným vodohospodářským plánem, Ing. Vladimír Götz se zaměřením na problematiku provozu Vodovodů a kanalizací, Ing. Milan Sýkora, CSc., a Ing. Jan Zolman.

V 90. letech se vedoucími sekcí postupně stali Ing. Miroslav Král, CSc., RNDr. Miroslav Procházka, CSc., který se v rámci odborné činnosti zabýval vodohospodářskými soustavami a stochastickou hydrologií, dále Ing. Jaroslav Veselý, CSc., Ing. Václav Zeman s odborným zaměřením na vodohospodářské soustavy a hydroekologický informační systém, Ing. Václav Bečvář, CSc., který se zabýval jak vodohospodářskými soustavami a vodohospodářskými opatřeními v severočeské hnědouhelné pánvi, tak i Směrným vodohospodářským plánem, a Mgr. Aleš Zbořil se zaměřením na technologie GIS a kartografii.

Na činnosti úseku se v různých obdobích do devadesátých let významně podíleli Ing. Oldřich Vitha, DrSc. (koncepce vodohospodářských opatření v severočeské hnědouhelné pánvi, vodohospodářské zabezpečení JE Temelín), Ing. Milan Doležal, CSc. (Směrný vodohospodářský plán, koncepce rozvoje vodního hospodářství), Ing. Quido Partl, CSc. (vodohospodářské soustavy), Ing. Zdeněk Kos, CSc. (stochastická hydrologie, vodohospodářské soustavy), Ing. Vladimír Lampa (vodohospodářská kartografie), Ing. František Šedivý (Směrný vodohospodářský plán, Státní vodohospodářská bilance), Ing. František Tuček (technicko-ekonomické hodnocení vodních nádrží), Ing. Jiří Mikšovský a Ing. Marie Michalová (koncepce zásobování pitnou vodou), Ing. Miroslav Olmer, RNDr. Zdeněk Anton a RNDr. Karel Růžička (hodnocení přírodních zásob podzemních vod a inženýrská geologie), Ing. Václav Maťa (Státní vodohospodářská bilance), Ing. Ivan Nesměrák a Ing. Ivan Špička (modelování a hodnocení jakosti vod), Ing. Jan Škoda (stochastická hydrologie, jakost srážkových vod), Ing. Miroslav Laužanský, Ing. Vít Smékal a Ing. Jana Valentová (ekonomika vodního hospodářství), Ing. Jan Pometlo, CSc., a Ing. Milena Doubková (Státní vodohospodářská bilance), Ing. Jana Pfauserová (koncepce rozvoje vodního hospodářství), Ing. Arnošt Kult (vodohospodářská problematika rozvoje jaderné energetiky), Ing. Petr Vyskoč (vodohospodářské soustavy, hydroekologický informační systém), RNDr. Hana Prchalová (podzemní vody), Ing. Václav Kolář (technologie GIS), Ing. Marie Kalinová (ochrana jakosti vod) a mnozí další.

Odbor dlouhodobě zajišťuje pro MŽP odbornou podporu spolupráce na hraničních vodách s Německem, Polskem, Rakouskem a po rozdělení Československa i se Slovenskem (Ing. Marie Kalinová). Od roku 2007 se činnost dělí na jednotlivé úkoly podle hraničních úseků; na pracovišti v Praze je zajišťována spolupráce na hraničních vodách s Německem, úkoly týkající se dalších hraničních úseků byly předány na pobočky v Brně a Ostravě. Pracovníci odboru se také podílejí na spolupráci v rámci Mezinárodní komise pro ochranu Labe, zejména na akčních programech a zprávách o jejich plnění (v letech 2003–2006), po restrukturalizaci komise pak v expertní skupině Povrchové vody, kde přispívají ke zpracování Plánu povodí za mezinárodní oblast povodí Labe.

Dlouhodobou činností je i poskytování odborné podpory pro změny v legislativě v návaznosti na vodní zákon i pro tvorbu metodických pokynů a doporučení. Byla to např. ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod, která vyšla v roce 1998, nebo podklady k novele nařízení vlády č. 61/2003 Sb., a to nařízením vlády č. 229/2007 Sb., a metodický pokyn k němu z roku 2007. Hlavním a stále aktuálním cílem je uspokojivá transpozice evropské legislativy v oblasti voda do národních předpisů.

Do okruhu úkolů zabývajících se informatikou patří zpracování vektorových tematických vrstev Základní vodohospodářské mapy 1 : 50 000, Evidence vodních toků ČR, HEIS VÚV a koordinace projektů HEIS ČR. Pracovníci odboru se podíleli také na vzniku databáze starých ekologických zátěží (Ing. Václav Kolář).

V roce 2001 dochází (v souladu s dohodou o spolupráci mezi Zeměměřickým úřadem, VÚV TGM a ČHMÚ) k přechodu na aktualizaci vrstvy vodních toků a hydrologického členění na podkladě ZABAGED® jako součást digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) a v roce 2003 byla vytvořena metodika tvorby kartografických výstupů z digitálních podkladů, která byla v následujících letech aplikována při vydání kartografických děl: Atlas záplavového území 1 : 10 000 a Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000 (Mgr. Aleš Zbořil).

Nejvýznamnějším projektem odboru je HEIS VÚV, jehož historie sahá do počátku devadesátých let. V té době se VÚV TGM stal koordinačním pracovištěm pro budování HEIS ČR a v rámci této činnosti byly zahájeny práce na HEIS VÚV, spolu s pracemi na informačních systémech dalších zúčastněných subjektů. Projekt HEIS ČR probíhal pod patronací Ministerstva životního prostředí. Kromě VÚV TGM se na něm dále podílel Český hydrometeorologický ústav a tehdy akciové společnosti Povodí. Při budování systému se od samého počátku stala partnerem společnost Hydrosoft Veleslavín, s.r.o. V důsledku postupného vývoje představ řešitelů, změn podmínek v oblasti legislativního prostředí ve vodním hospodářství a v neposlední řadě výrazného rozvoje informačních technologií se od původního návrhu centrálního informačního systému s jednou společnou databází dospělo „pouze" ke společným datovým standardům pro zajištění převodu dat mezi dílčími informačními systémy. V konečné podobě tedy myšlenka HEIS ČR zajišťovala kompatibilitu informačních systémů zmíněných institucí definováním společných datových struktur a vlastní informační systémy pak byly budovány odděleně tak, aby co nejlépe plnily potřeby jednotlivých subjektů.

V současné době je systém více než třináct let v rutinním provozu a poskytuje služby interním i externím uživatelům. V závislosti na změně požadavků na systém probíhá i další rozvoj HEIS VÚV, jenž spočívá zejména v rozšiřování a úpravách datového modelu a následně i celého informačního systému a jeho funkcí tak, aby pokrýval co největší rozsah rostoucích uživatelských požadavků a nároků. Nedílnou součástí tohoto vývoje je tematické rozšiřování obsahu databáze o nové atributy a také aplikace nových technologií, zaměřené zejména na rozšiřování možností přístupu k datům a na práci s daty pro koncové uživatele. Dalším úkolem je agenda související s Informačním systémem veřejné správy. Vyhláška č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání

a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy, stanovuje celkem dvacet sedm evidencí. Vedením deseti z nich je pověřen VÚV TGM a HEIS VÚV zajišťuje jejich vedení a zároveň rozhraní mezi VÚV TGM a ostatními subjekty ISVS. Poskytuje data evidencí ISVS vedených VÚV TGM ostatním subjektům a naopak řešitelům úkolů zprostředkovává data z evidencí vedených jinými subjekty.

Výzkum v oblasti hospodaření s odpady

Rozhodně nelze tvrdit, že odpady jsou problematickou záležitostí pouze současné doby. Větší pozornost jako oboru je jim však věnována až od konce 20. století.

Koncem 90. let minulého století, kdy se na Ministerstvu životního prostředí začalo diskutovat o zřízení pracoviště zabývajícího se nakládáním s odpady, nabídl ředitel VÚV TGM Ing. Václav Vučka, CSc., propojení činností ochrany vody s nezbytnou ochranou životního prostředí při nakládání s odpady a umístění nově zřizovaného výzkumně odborného zázemí ministerstva pro oblast odpadů do prostor VÚV TGM. V ústavu v té době již fungovalo v rámci sekce technologie vody oddělení, které se odpady zabývalo. Navíc bylo zřejmé, že připravované pracoviště bude pro svou činnost potřebovat laboratorní zázemí, které mu ústav mohl poskytnout. Na základě rozhodnutí ministra životního prostředí a formou vydání opatření ke zřizovací listině ústavu bylo ustaveno v roce 2001 **Centrum pro hospodaření s odpady (CeHO).**

Vedoucí centra se stala Ing. Dagmar Sirotková, která je řídí doposud. Po odborné stránce se centrum v začátcích opíralo zejména o odbornice na kaly a odpadní vodu Ing. Jiřinu Barchánkovou a Ing. Marii Michalovou.

Mezi hlavní úkoly CeHO patřila analytika a hodnocení odpadů, nakládání s kaly z ČOV, problematika PCB a vytváření a fungování databáze technologií úprav odpadů.

Od ledna 2002 se CeHO stalo samostatnou sekcí (nyní odborem) ústavu. Došlo ke spojení s Informačním centrem pro odpady Českého ekologického ústavu (ČEÚ). Byla převzata i databáze odpadového hospodářství (dříve ISO, posléze ISOH) včetně odborníků, kteří stáli u jejího zrodu a rozvoje – Ing. Jaroslavy Mlnaříkové a Ing. Pavla Vejnara, CSc. Databáze ISOH, která obsahuje data od roku 1994 a je i v rámci EU ojedinělou, byla vedena do r. 2007. Výstupy z ní sloužily jako podklady pro plnění dalších úkolů v oblasti hodnocení, statistiky i reportingu a také pro řešení řady projektů. Součástí ISOH bylo i vedení evidence uskutečněných dovozů a vývozu odpadů v ČR.

Pracoviště se dále rozšířilo i o činnosti více teoretické a administrativní – evidence přeshraniční přepravy, strategie a plány odpadového hospodářství apod. Tyto činnosti posléze zahrnovaly výstupy pro ročenky, reportingová hlášení pro EU, OECD apod. V European IPPC Bureau byly formulovány tzv. BREF dokumenty pro hodnocení nejlepších dostupných technologií (BAT) pro nakládání s odpady. Ceho se podílelo na jejich zavádění v ČR. V r. 2002 bylo pracoviště rozšířeno o další významné odborníky: pro oblast analýzy odpadů v souvislosti s hodnocením odpadů Ing. Marie Kulovaná, na problematiku autovraků a elektroodpadů Ing. Věra Hudáková a RNDr. Dragica Matulová, CSc., pro oblast biologicky rozložitelných odpadů.

Do této slibně se vyvíjející doby vtrhla devastující povodeň, která zaplavila celý areál ústavu. Prostory, které mělo CeHO k dispozici, byly prakticky zcela zničeny. Po působení v provizorních prostorech se na jaře 2003 pak pracovníci mohli vrátit opět do VÚV TGM.

Činnosti CeHO lze rozdělit jednak na výzkum a jednak na odborné práce pro podporu výkonu státní správy. Nedílnou součástí byla spolupráce na přípravě právních předpisů v oblasti odpadového hospodářství.

Na základě zákona o obalech přijatého v roce 2001 byla řešena i rozsáhlá problematika obalů a odpadů z obalů včetně databázového informačního systému o obalech a odpadech z obalů. Řešení této problematiky bylo od r. 2008 převedeno na Českou informační agenturu životního prostředí CENIA.

Základ výzkumu v oblasti hospodaření s odpady tvořily výzkumné záměry. Týkaly se problematiky kalů z ČOV, metodiky stanovení škodlivých látek v odpadech, otevření výzkumu chování jednotlivých složek odpadů v souvislosti s mísitelností na skládkách, atmogeochemie ve vztahu k monitoringu skládek a starých zátěží a problematiky PCB.

V letech 2005 až 2011 byl v CeHO řešen výzkumný záměr „Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje (prevence a minimalizace vzniku odpadů a jejich hodnocení)", který byl již cíleně zaměřen na problematiku nakládání s odpady. Příkladem propojení tematických oblastí voda a odpady bylo např. řešení projektu vědy a výzkumu „Využití vodní dopravy v odpadovém hospodářství", jehož spoluřešitelem byla i firma Vodní cesty, a. s. Projekt zhodnotil možnosti postupného přesunu přepravy odpadů a druhotných surovin ze silnice na labsko-vltavskou vodní cestu.

Činnost CeHO lze dále rozdělit do mnoha tematických okruhů v oblasti nakládání s odpady. Jedním ze stěžejních řešených okruhů je nakládání s biologicky rozložitelnými odpady (patří mezi ně i kaly z čistíren odpadních vod). V této oblasti proběhla kromě sledování vlastností, složení a využití kalů např. spolupráce s firmou AGRO-EKO, spol. s r.o., zaměřená na ověřování funkčnosti nově vyvíjeného fermentačního zařízení na zpracování kalů a biomasy. Aerobní fermentor EWA získal v roce 2007 na veletrhu Envi Brno Zlatou medaili.

Odpadní materiály mohou být pro své vlastnosti náhradou běžně používaných přírodních materiálů. Dosud však nejsou k dispozici předpisy, které upřesňují hodnocení výrobků z odpadů z hlediska ochrany zdraví a životního prostředí. U výrobků z odpadů byly proto ověřovány jejich vlastnosti a připraven postup jejich hodnocení. Důležitou oblastí hodnocení je stanovení ekotoxikologických vlastností odpadu.

Při implementaci právních předpisů EU v oblastech nakládání s autovraky a elektroodpadem spolupracovali pracovníci CeHO s odborem odpadů MŽP. U odpadů z autovraků byl sledován obsah olova, rtuti, kadmia, šestimocného chromu. V odpadech z elektrozařízení byl sledován i obsah polybromovaných bifenylů, polybromovaných difenyletherů, později i arzenu, berylia, antimonu a selenu.

Trvalá pozornost je věnována starým ekologickým zátěžím jako pozůstatku nesprávného nakládání s odpady, především nebezpečnými.

Důležitou součástí činnosti CeHO bylo vedení evidencí a přehledů v různých oblastech nakládání s odpady – např. přehled zařízení a technologií pro biologicky rozložitelné odpady nebo databáze technologií úprav odpadů. Byly vydány přehledné publikace: Atlas zařízení pro nakládání s odpady 1. díl – skládky nebezpečných odpadů, 2. díl – skládky ostatních odpadů a 3. díl – skládky inertních odpadů a spalovny odpadů. Aktualizované verze publikací z roku 2010 jsou dostupné na www.ceho.cz.

Posuzování životního cyklu výrobku nebo činností je důležitým informačním nástrojem environmentální politiky. Umožňuje zhodnotit jednak spotřeby energií a materiálů a jednak dopady na lidské zdraví a zdraví ekosystému v různých fázích existence výrobku a následně jako odpadu. Studie na toto téma byla dokončena v r. 2008.

Od počátku existence CeHO bylo jedním z hlavních úkolů zajištění procesu inventarizace zařízení a látek s obsahem polychlorovaných bifenylů (PCB).

Zajišťování odborného zázemí ministerstvu pro oblast odpadů bylo ukončeno 1. 1 . 2008 a činnost CeHO je od té doby financována pouze prostřednictvím řešení vysoutěžených výzkumných projektů a veřejných zakázek.

V současné době je pozornost zaměřena na dokončení dvou výzkumných projektů. Cílem projektu řešeného v rámci bezpečnostního výzkumu ČR s názvem „Možnosti využití informací a zdrojů dat z oblasti nakládání s odpady jako nástroje identifikace a řešení neoprávněného nakládání s odpady" je poukázat na možnosti efektivní spolupráce jednotlivých orgánů státní správy podílejících se na odhalování a řešení neoprávněného nakládání s odpady. Pro využití pracovníky kontroly přeshraniční přepravy odpadů byly zpracovány dvě příručky – „Přeshraniční přeprava odpadů" a „Manuál pro zařazování odpadů do Zeleného seznamu", které jsou dostupné i na internetových stránkách CeHO.

Další aktuální projekt je „Analýza materiálových toků odpadních elektrozařízení a možností navýšení jejich recyklace, využití a opětovného použití".

Redakce

Pracovní jubileum Ing. E. Hanslíka, CSc.

Když nastoupil Eduard Hanslík jako čerstvý absolvent Průmyslové školy jaderné techniky v Praze (obor radiochemie) 1. srpna 1959 do Výzkumného ústavu vodohospodářského, jistě si jeho spolupracovníci, ale asi ani on nepředstavovali, že na tomto pracovišti stráví neuvěřitelných 55 let.

Začal pracovat jako technik pod vedením p.ch. J. Pazderníka. V prvních letech spolupracoval také s Dr. Ing. J. Bulíčkem, v pozdějších letech s RNDr. J. Justýnem, CSc., a zejména Ing. A. Mansfeldem, CSc. Jeho pracovní schopnosti a zájem o obor jej dovedly ke studiu při zaměstnání na Vysoké škole chemicko-technologické. V letech 1964 až 1969 vystudoval obor technologie vody a na téže instituci obhájil v roce 1980 i vědeckou aspiranturu. Absolvoval také hydrologický kurz UNESCO na Lomonosovově univerzitě v Moskvě.

Celý svůj profesní život se věnuje jakosti povrchových, ale i podzemních vod, jmenovitě radioekologii. V roce 1985 se stal vedoucím oddělení Jakosti povrchových vod, v roce 1987 vedoucím odboru Procesů změn jakosti vod a od roku 1991 je vedoucím útvaru Radioekologie, který byl následně včleněn do sekce Jakosti vod a ochrany ekosystémů, nyní Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů.

V oblasti výzkumu se v počátcích svého působení ve VÚV podílel na řešení otázek přirozených radionuklidů v systému podzemních a důlních vod, jejich rozšíření a vzájemných vztahů.

Spolu s Ing. A. Mansfeldem, CSc., a RNDr. J. Justýnem, CSc., se v 70. letech zaměřil na chování radioaktivních látek ve vodním prostředí i problematiku radioekologie vodních organismů. Šlo především o výzkum sorpce a migrace vybraných přirozených a umělých radionuklidů ve vodním prostředí, vliv přírodních činitelů, terénního smyvu a odpadních látek na jakost vody v tocích a nádržích a vliv těžby radioaktivních surovin na jakost povrchových vod.

Od osmdesátých let je v souvislosti s výstavbou jaderných elektráren a zároveň i ochranou vodních zdrojů stěžejním bodem činnosti oddělení radiologie podrobný průzkum jakosti povrchových, podzemních a srážkových vod, dnových sedimentů a biomasy vodních rostlin a ryb. Ing. Eduard Hanslík, CSc., a další se soustředili především na lokalitu plánované jaderné elektrárny Temelín, jejímž vlivem na vodní prostředí i prognózou vlivu její dostavby se zabývá dodnes. V souvislosti s její výstavbou a provozem byla řešena řada projektů zabývajících se možnými vlivy provozu elektrárny na životní prostředí: Výzkum vlivu jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru a další složky životního prostředí, Výzkum vlivu jaderně energetických zařízení na životní prostředí, Koncepce a metodologie komplexního studia dlouhodobých trendů vývoje krajiny v užším a širším zázemí jaderné elektrárny Temelín a dále Program sledování a hodnocení vlivu jaderné elektrárny Temelín na životní prostředí a Sledování pro ČEZ, a. s. – jaderná elektrárna Temelín. Byla získána více jak dvacetiletá řada výsledků, které byly průběžně zpracovávány a publikovány. Do roku 2000 se práce soustředily na hodnocení „předprovozního stavu", tj. hodnocení referenčních úrovní. Od roku 2001 je hlavním cílem prací hodnocení možného vlivu JE Temelín na životní prostředí, resp. hydrosféru.

Se svými spolupracovníky se zabýval a zabývá i řadou dalších odborných problematik. Byla to např. kontaminace životního prostředí v důsledku havárie jaderného reaktoru v Černobylu se zaměřením na kontaminaci povrchových toků a dnových říčních sedimentů, odstraňování radionuklidů úpravárenskými postupy a v poslední době především hodnocení jakosti vody v tocích – kontaminace hydrosféry radioaktivními látkami nebo migrace škodlivých látek v povodí Labe (s využitím tritia jako stopovací látky).

Ing. Eduard Hanslík, CSc., řídí subkomisi č. 4 Radiologické metody, která je součástí Technické normalizační komise č. 104 a podílí se na tvorbě ČSN/TNV. Dále je členem odborné skupiny Odpadní vody a čištění vod ČVTVHS, členem Konzultační rady ASLAB a Mezirezortní radonové komise. Od roku 2007 je také již druhé volební období členem Rady Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i.

V jím řízeném oddělení jsou pro potřeby vlastní i vodohospodářských laboratoří státních podniků Povodí vyvíjeny a ověřovány metody stanovení radioaktivních látek. Připravují se podklady pro zavádění ukazatelů radioaktivity a jejich hodnot v hydrosféře do právních předpisů. Odborně jsou garantovány celostátní konference se zahraniční účastí Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství (1958–2014) a Radiologické metody v hydrosféře (2003–2013). Ve spolupráci s VÚVH Bratislava jsou každoročně pořádány Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří (1991–2013).

Obsáhlá je také publikační činnost Ing. Hanslíka. Jde o desítky příspěvků na semináře a konference v ČR i zahraničí, desítky článků v tuzemských, ale i zahraničních časopisech – např. International Journal of Nuclear Energy Science and Engineering, Journal of Hydro-Environment Research, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry nebo Journal of Environmental Radioactivity, ale i řadu odborných monografií. Z nich lze jmenovat např.:

Hanslík, E., Mansfeld, A.: Tritium v odpadech jaderného palivového cyklu (1983)
Mansfeld, A., Hanslík, E.: Radium-226: Content reduction in waters used for drinking purposes (1990)
Hanslík, E.: Vliv jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru a další složky životního prostředí (1994)
Hanslík, E.: Vliv jaderné elektrárny Temelín na hydrosféru (1996)
Hanslík, E.: Impact of Temelín power plant on hydrosphere (1997)
Hanslík, E. a kol.: Vliv těžby uranových rud na vývoj kontaminace hydrosféry Ploučnice v období 1966–2000 (2002)
Barnet, I., Hanslík, E., Marešová, D. aj.: Radioaktivní látky v životním prostředí (2012)
Hanslík, E., Hlavač, J., Ambrožová, J. aj.: Příručka provozovatele úpravny vody (2012)
Hanslík, E., Marešová, D.: Kapitola in: Tritium in Fusion: Production, Uses and Environmental Impact. Tosti, S., Ghirelli, N. (eds) New York: Nova Publ. (2013).

Jeho odbornost a profesionální přístup k problematice přispívají k vynikající spolupráci s řadou institucí v oboru, ať už jde o radiologické laboratoře státních podniků Povodí, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Státní ústav radiační ochrany, Ústav jaderného výzkumu v Řeži či výrobní podniky apod. Své odborné znalosti předává spolupracovníkům a vychoval řadu odborníků v oboru. Je také školitelem a vedoucím diplomových a doktorských prací pro PřF UK.

Po celou dobu jeho působení ve VÚV si ho spolupracovníci nesmírně váží nejen pro odborné znalosti a vysokou profesní úroveň, ale také pro srdečnou a milou povahu, noblesní přístup ke spolupracovníkům i odborné veřejnosti. Všichni doufáme, že se ještě řadu let budeme těšit ze spolupráce s ním a pobytu v jeho přítomnosti.

Spolupracovníci z VÚV TGM

VTEI 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.

Redakční rada: RNDr. D. Baudišová, Ph.D., Ing. Š. Blažková, DrSc., Ing. P. Bouška, Ph.D., prof. Ing. A. Grünwald, CSc., doc. Ing. A. Havlík, CSc., prof. Ing. P. Pitter, DrSc., prof. RNDr. A. Sládečková, CSc., prof. Ing. J. Zezulák, DrSc.

Ročník 56

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

VÚV TGM

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30
160 00 Praha 6
IČO 00020711

Kontakt: Mgr. S. Garcíová
tel.: 220 197 282, e-mail: garciova@vuv.cz

Hydrex

HYDREX výrobky pro čištění zásobníků a nádrží na pitnou vodu

Chemické přípravky Hydrex™ v produktové řadě 5000 jsou určeny pro údržbu. Zvláště vhodná aplikace v podmínkách České republiky je na mytí tanků a zásobníků pro pitné vody.

Sítě a zařízení na skladování pitné vody je potřeba čistit, opláchnout a dezinfikovat před uvedením do provozu.

Nádrže namontované na těchto sítích a zařízeních musí být vyprázdněny, vyčištěny, opláchnuty a dezinfikovány v časových intervalech dle místních regulačních nařízení.

Přípravky řady Hydrex™ dokáží odstraňovat ulpělé nečistoty na bázi vodního kamene, manganu, rzi, biologických nánosů – mikro a makro organismů.

Přípravky dle vyjádření MZ ČR – č.j. 42109/2013 – OVZ -32.7.-18.10.13 možno používat pro čištění tanků a reservoárů na pitnou vodu.

Vyjádření Ministerstva zdravotnictví ČR

Jedná se o chemické produkty řady Hydrex, které se používají k čištění a údržbě tanků a reservoárů na pitnou vodu. **Jejich funkcí je „očistné“ působení na povrchy** těchto zařízení a po jejich použití musí být ošetřené plochy oplachovány a voda z nich odčerpávána tak dlouho, dokud jsou zbytky přípravků ve vodě obsaženy. Vodu s obsahem přípravku nelze považovat za vodu pitnou a nesmí být dodávána pro účely zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Za předpokladu splnění této podmínky **není z hygienického hlediska důvod použití těchto přípravků ve vodárenství omezovat.**

Nejčastější aplikace

– **Nasazení přípravků k odstranění nánosů vodního kamene**

Na tyto aplikace jsou nasazovány přípravky řady 5000, konkrétně **Hydrex 5212**.

Tento chemický přípravek je na bázi povrchově aktivních látek a směsí organických a anorganických kyselin.

Pro určení spotřeby je vhodné nejprve posouzení odstranění úsad pomocí krátkého testu na omytí vybraného místa s přesně definovanou plochou.

Pokud je místo přístupné a lze předpokládat aplikaci houbičkou, pak je možné tento test provést ručně. Pokud budou čištěná místa nepřístupná, je možno provedení testu pomocí rozstřiku chemického přípravku na vybrané místo a následného oplachu.

Spotřeby chemikálií si lze jednoduše stanovit dle přiloženého návodu, nebo dle domluvy se specializovaným technikem společnosti VWS MEMSEP.

– **Nasazení přípravků pro odstranění nánosů kovů**

Ve vodárenství v ČR, kde dochází k výskytu znečištění tanků a reservoárů od úsad **manganu**, lze efektivně využít chemický přípravek z řady Hydrex 1000

Přípravek **Hydrex 1311** velice účinně váže kovy a oxidy kovů ulpělé na stěnách. Přípravek je na bázi organických látek.

Spotřeby a účinek chemikálií je možno vyzkoušet také jako u přípravku Hydrex 5212 krátkým simulačním testem na konkrétním zaneseném místě.

– **Další aplikace jsou určeny zvláště pro desinfekci od mikro a makroorganismů a odstranění biofilmů.**

Mikroorganismy se rády rozmnožují v podmínkách znečištěných stěn od vodního kamene, či kovů. Proto je vždy vhodné pojmout čištění tanků a reservoárů komplexně, nejprve dočista očistit úsady a až čistý povrch desinfikovat.

Snadná aplikace

Přípravky Hydrex reagují nejen s nečistotami. Při aplikaci je nutno dbát na veškerá pravidla pro práci s chemickými přípravky.

Velice snadná je práce při možnosti ruční aplikace na houbičku, či hadřík, v případě nedostupných míst je možno chemikálie rozstřikovat na zanesená místa teleskopickým rozstřikovačem a po aplikaci vždy opláchnou na čistý povrch stěny tanku či zásobníku. Po ošetření ploch bývá zpravidla nutnost stěny opláchnout a zreagovanou špínu s chemií zneutralizovat, nejlépe pomocí Hydrex 5961 – alkalického činidla.

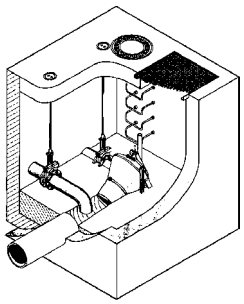
Vodárnám je možno dodat i vybavení k čištění – tlakové čerpadlo, teleskopické rozstřikovače, ochranné pomůcky pro pracovníky.

Ing. Milan Janouch
Chemik specialista
VWS MEMSEP s.r.o.
milan.janouch@memsep.cz

MEMSEP

Společnost VWS MEMSEP se v únoru 2014 přestěhovala na novou adresu:

Sokolovská 100/94
Meteor Center Office Park B
186 00 Praha 8
Tel.: +420 251 561 468
Fax: +420 251 561 469,
E-mail: vwsmemsep@memsep.cz
www.memsep.cz



Vírový ventil v suché šachtě *FluidCon*

PFT
Prostředí
a fluidní technika, s.r.o.
Nad Bezednou 201, 252 61 Dobrovíz
telefon: 233 311 302, 233 311 389
fax: 233 311 290
www.pft-uft.cz
e-mail: pft@pft-uft.cz

Dodavatel vystrojení kanalizačních objektů

- regulace odtoku z odleh. komor
- automat. stírané česle GIWA
- řídící kanal. systémy AQASYS
- pneu. ČS splašků GULLIVER

VEOLIA VODA

Pražské vodovody a kanalizace, a. s.
Pařížská 11, 110 00 Praha 1
Pracoviště: Na Rozhraní 1, 180 00 Praha 8

Ing. Michal Dolejš, tel.: 602 278 306, e-mail: michal.dolejs@pvk.cz
Ing. Petr Sýkora, tel.: 602 667 223, e-mail: petr.sykora@pvk.cz

Expertní činnost při návrhu měrných objektů průtoku odpadních vod, kalibrace a kontroly měřících systémů průtoku odpadních vod (zákon č. 254/2001 Sb.), měření hydraulických veličin v objektech stokové sítě, pasportizace objektů na stokové síti a ČOV, měření srážek, odběr vzorků odpadních vod, prohlídky stokové sítě i domovních přípojek a vyhledávání průběhu kanalizace televizním inspekčním systémem, odborné zpracování výsledků.

Česká membránová platforma o. s.

Dana Černínová, Blanka Košťálová

Česká membránová platforma (CZEMP) sdružuje odborníky a významné instituce zaměřené na výzkum, vývoj, realizaci a využití membránových technologií v širokém spektru výrobních odvětví. Největší uplatnění nacházejí membránové procesy v průmyslu chemickém, farmaceutickém, potravinářském, při čištění odpadních vod, v ochraně životního prostředí, energetice a v mnoha dalších oblastech. Hlavní činností platformy je propagace a popularizace membránových procesů, vzdělávání laické i odborné veřejnosti nebo vydávání odborných publikací a zpracovávání odborných studií. Významná je spolupráce se subjekty využívajícími membránové procesy v oblasti výzkumu, vývoje a aplikací s důrazem na inovace, transfer technologií a spolupráci mezi průmyslovou a akademickou sférou.

V současné době Česká membránová platforma úspěšně realizuje projekt v rámci OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost pod názvem ***Akcelerace rozvoje membránových procesů prostřednictvím spolupráce v tematicky orientované síti*** (ARoMem – CZ.1.07/2.4.00/17.0095) zaměřený na vzdělávání a propagaci membránových procesů. Jednou z klíčových činností pro podporu vzdělávání v oboru je příprava studijních materiálů o základních membránových procesech a jejich aplikacích. Tyto studijní podklady jsou využívány při vzdělávacích akcích CZEMP, jakými jsou tematicky zaměřené odborné semináře, workshopy či konference a zejména pak při systematizaci výuky membránových procesů na vybraných vysokých školách formou tzv. výukového modulu membránových procesů. Jedná se o cyklus přednášek, zaměřených na klíčové procesy a jejich aplikace. S přípravou základních studijních materiálů úzce souvisí i vydání odborných monografií o membránových procesech, jimž byla v uplynulém roce věnována velká pozornost. První monografie, pojednávající o ***tlakových membránových procesech***, byla vydána na konci roku 2013, monografie o ***membránovém dělení plynů a par*** byla vydána počátkem roku 2014 a monografie o ***elektromembránových procesech*** bude vydána v polovině letošního roku. Uvedené publikace tematicky navazují na publikaci ***Membránové procesy***, vydanou v roce 2011, a jsou určeny všem pracovníkům, kteří se zabývají možnostmi využití membránových procesů v nejrůznějších oblastech lidské činnosti a studentům přírodovědných a technických studijních oborů.

Další z významných forem podpory studentů vysokých škol je jejich seznámení se s praktickým využitím membránových procesů prostřednictvím odborných praxí či stáží u členských subjektů CZEMP. Česká membránová platforma nabízí v rámci projektu ARoMem zajištění krátkodobých stáží pedagogických, výzkumných a vývojových pracovníků na pracovištích partnerských subjektů CZEMP, a to jak v ČR, tak na zainteresovaných pracovištích v zahraničí. Cílem těchto stáží je zvyšování kvalifikace jednotlivých pracovníků a zlepšování vzájemné informovanosti členských subjektů v membránovém oboru. Další, velice ceněnou a žádanou aktivitou je podpora V&V pracovníků prostřednictvím odborných zahraničních stáží na významných evropských univerzitách a výzkumných pracovištích.

Vyvrcholením studijního programu je prezentace výsledků uskutečněných praxí/stáží na ***Workshopu studentských prací***, jehož druhý ročník se bude konat ve dnech 25.–26. 9. 2014 v MIC MemBrain ve Stráži pod Ralskem. V rámci workshopu studenti představí formou ústních prezentací a posterů výsledky, kterých dosáhli v průběhu studentského programu. Kvalitu prací bude hodnotit komise složená z odborníků z oblasti membránových procesů. Hlavním přínosem pro účastníky workshopu bude zkušenost s prezentací a obhájením výsledků své práce před odborným publikem, navázání nových kontaktů a nabytí zkušeností s V&V a s aplikacemi v oboru. Propagace výsledků prací tak přispívá k popularizaci a rozvoji membránového oboru a k podpoře mladé generace v oblasti studia technických oborů.

V průběhu roku 2013 byla zahájena příprava ***mezinárodní konference MELPRO*** (www.melpro.cz), která se uskuteční 18.–21. 5. 2014 v Praze. Konference MELPRO bude nejvýznamnější událostí v oblasti membránových procesů konaných v České republice. V roce 2014 bude její příprava nadále pokračovat a CZEMP, jako jeden z hlavních organizátorů konference, se na ní bude významně podílet.

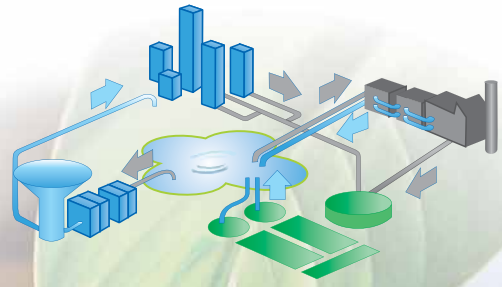
Zájemcům o informace z oblasti membránových procesů a technologií nabízí CZEMP uspořádání semináře či odborné přednášky, včetně zajištění prostor, projekční techniky, pozvánek apod. V případě zájmu nás kontaktujte na **info@czemp.cz.** Aktuální informace o činnosti CZEMP a její nabídce najdete na **www.czemp.cz.**

Česká membránová platforma o.s.
U Synagogy 3001
470 01 Česká Lípa
e-mail: info@czemp.cz

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
CZEMP
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

kemira

Where water meets chemistry™



APLIKACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

- úprava pitných a technologických vod
- adsorpce arzenu a dalších kovů z vody
- odkyselování a ztvrzování pitné vody
- Lake Restoration – obnova eutrofizovaných vodních nádrží
- bazénové technologie
- chemické srážení odpadních vod
- eliminace fosforu a organického znečištění v odpadních vodách
- potlačení vláknitých bakterií
- podpora denitrifikační aktivity a produkce bioplynu
- Odour Control – monitoring a regulace zápachu
- Scale Control – eliminace tvorby vodního kamene
- Foam Control - odpěňovací procesy
- DesinFix - dezinfekce odpadních a provozních vod
- zpracování kalů

PRODUKTY

- anorganické koagulanty na bázi železa a hliníku
- vysoce bazické polyaluminiumchloridy
- organické polymerní flokulanty a koagulanty
- speciální a směsné chemikálie
- odpěňovače, externí substráty, dezinfekční chemikálie
- antiinkrustanty, filtrační materiály
- krystalický mramor, vápenné mléko

TECHNOLOGICKÝ A TECHNICKÝ SERVIS

- laboratorní a provozní koagulační testy
- logistika
- skladovací a dávkovací zařízení
- odborné konzultace

KEMWATER PROCHEMIE
www.prochemie.cz

KEMIFLOC
www.kemifloc.cz

KEMIFLOC SLOVAKIA
www.kemifloc.cz

PROJEKTOVÁ A INŽENÝRSKÁ SPOLEČNOST

AQUA® PROCON

> Kompletní **projektová dokumentace kanalizací, čistíren odpadních vod** a **zásobování pitnou vodou**
> Komplexní příprava projektů podporovaných z finančních zdrojů z ČR a EU
> Návrh možností **financování** přípravy a realizace projektů
> **Generely** vodovodů a kanalizací (dynamické modelování)
> **Monitoring** a **měření** na stokových a vodovodních sítích
> **Studie proveditelnosti** včetně finančních analýz
> Poradenská a **konzultační činnost**
> **Řízení** investičních projektů
> Autorský a stavební dozor

Podíleli jsme se na přípravě vodohospodářských projektů podporovaných z dotačních fondů EU v celkových nákladech cca 14 mld. Kč.

Sídlo Brno
AQUA PROCON s.r.o.
Palackého tř. 12,
612 00 Brno
+420 541 426 011
fax: +420 541 426 012
info@aquaprocon.cz.

Divize Praha
AQUA PROCON s.r.o.
Dukelských hrdinů 12,
170 00 Praha
+420 220 879 819
fax: +420 226 712 140
info.praha@aquaprocon.cz

Středisko Olomouc
AQUA PROCON s.r.o.
Kosmonautů 6a,
772 11 Olomouc
+420 585 241 248
fax: +420 585 241 248
info.olomouc@aquaprocon.cz

www.aquaprocon.cz

20. MEDZINÁRODNÁ ŠPECIALIZOVANÁ VÝSTAVA VODNÉHO HOSPODÁRSTVA, HYDROENERGETIKY, OCHRANY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA, KOMUNÁLNEJ TECHNIKY A ROZVOJA MIEST A OBCÍ

aqua®

10. – 12. 6. 2014
Výstavisko Trenčín

EXPO CENTER a.s.
Pod Sokolicami 43, 911 01 Trenčín
tel.: +421-32-770 43 25
www.expocenter.sk

EXPO CENTER TRENČÍN

Nejen česle a mikrofiltry…

Ve výrobním sortimentu firmy FONTANA R, s.r.o., jsou zastoupeny i výrobky a doplňková zařízení, které jsou méně využívané, ačkoliv by si zasloužily větší pozornosti technologů, projektantů a provozovatelů. Jejich poměrně malá frekvence použití je způsobena převážně rozsahem dodávky, redukovaným omezenými financemi. Přesto jejich začlenění do ČOV zvyšuje úroveň technologie a užitnou hodnotu stávajících výrobků.

Touto informací jim věnujeme alespoň dílčí pozornost.

Zařízení pro těžení štěrku a písku moderní koncepce, s hydraulicky ovládaným drapákem zavěšeným na strojně otočném výložníku, si nachází stále častěji své místo jako první strojní výrobek začleněný do ČOV, který ochraňuje další návazná zařízení hrubého předčištění a čerpadel (viz foto na obálce).

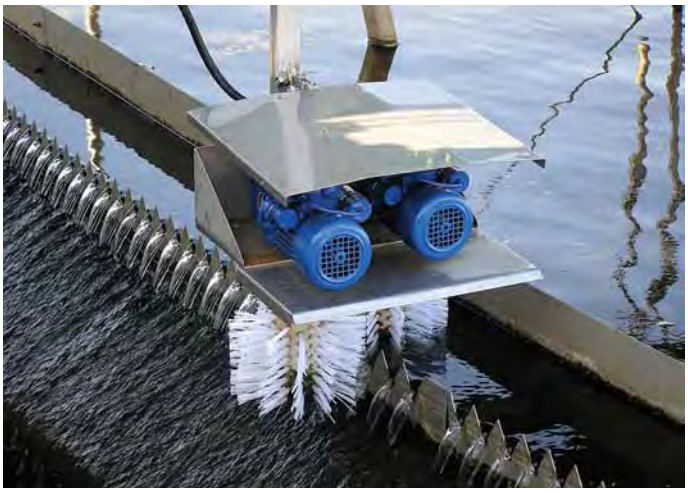
Separátory obsahu tlakových vozů k rychlému vyprázdnění tlakových fekálních vozů od hydrosměsi po vyčerpání kanalizačních řadů, šachet a jímek. V separátoru dochází k oddělení štěrku a písku od tekuté fáze, která následně prochází čistírenským procesem.

Mobilní hygienizace kalů vápnem; sestava dopravníků zajišťující dávkování práškového CaO do odvodněného kalu, umístěná na mobilním podvozku. Její převoz umožňuje používání postupně na více čistírnách.

Kolejová doprava s elektricky ovládanými podvozky pro mechanizovanou manipulaci s kontejnery shrabků nebo kalu.

Shrnování pěny z odplyňovacích nádrží pojezdovým mostem se zavěšenými stěrači.

Čistění přepadových hran kruhových usazováků a dosazováků; zařízení zavěšené na pojezdových mostech vybavené rotačními kartáči s vlastním elektropohonem.



Čištění pojezdových drah usazováků a dosazováků; rotující kartáče s vlastním pohonem a regulací záběru zbavují pojezdové dráhy od sněhu.

Fekální stanice, sestavená z nerezového žlabu s vestavěnými samočisticími česlemi, případně i s lisem, k předčištění odpadních vod přivážených fekálními vozy.

fontanar@fontanar.cz
www.fontanar.cz

IFAT 2014 Mnichov

IFAT je největší světový odborný veletrh pro odpadové hospodářství, veletrh inovací a služeb v sektorech voda, odpadní vody a recyklace.

Odvětví vody a odpadních vod je plné nápadů

Získávání pitné vody, zpracování odpadních vod, jakožto transport, management, kontrola, jsou hlavními tématy blížícího se světového veletrhu odpadového hospodářství – IFAT, který se bude konat ve dnech 5.–9. května 2014 na mnichovském výstavišti. Veletrh bude obzvláště letos plný inovací, které vystavovatelé již s předstihem představili na takzvaném Medien Dialogu ve dnech 7. a 8. ledna.

Odvětví vody a odpadních vod se neustále vyvíjí vpřed a inovativní produkty nahrazují již zastaralá řešení. Určité organizační novinky jsou patrné i u firem, například společnost Siemens prodala vloni na podzim jedno své odvětví, tzv. „Water Technologies“, zabývající se systémy na vodu a odpadní vody.

Právě veletrh IFAT bude pro tuto společnost ideálním místem, aby ukázala svoji koncentraci na automatizační, řídicí a pohonná řešení pro průmysl a obce. Mimo jiné zde také Siemens představí svůj nový software Siwa, díky němuž se simuluje a optimalizuje provoz rozsáhlých sítí vod a odpadních vod.

Modul „Leak“ umožní například po zadání údajů zjistit úniky vody a určit místo úniku.

Bohatý odborný doprovodný program veletrhu, jako i snadné vyhledávání vystavovatelů dle abecedního nebo oborového seznamu najdete na www.ifat.de

Nadcházejícího ročníku veletrhu se zúčastní rekordních 2900 vystavovatelů z 54 zemí na ploše 230 000 m², z toho veletrh registruje 50 národních expozic! Očekává se přes 120 000 návštěvníků z celého světa. Veletrh je několik měsíců před svým začátkem beznadějně vyprodaný.

A vystavovatelé z ČR? Na veletrh je přihlášeno 40 vystavovatelů z ČR na výstavní ploše 1400 m². Těžisko nabídky českých vystavovatelů je v oblasti ochrany vody, odpadového hospodářství a komunální techniky.

Neváhejte a navštivte ve dnech 5.–9. května tento významný světový veletrh konaný na moderním mnichovském výstavišti. Veškerý návštěvnický servis poptejte online přes www.expocs.cz.

Ing. Jaroslav Vondruška
EXPO-Consult+Service, spol. s r.o.

Poznámky k péči o břehové porosty ve vztahu k morfologickému stavu vodních toků

Tomáš Just

Motto: „Potok není potrubí“

Břehové porosty ne vždy zaujímají ve správě vodních toků místo, které by odpovídalo jejich ekologickému a vodohospodářskému významu. A často se s nimi špatně zachází. Diskusi na toto téma se snaží formou dílčích poznámek podpořit následující příspěvek. Vychází z referátu, který autor přednesl na semináři k problematice břehových porostů, pořádaném v Průhonicích na sklonku roku 2013 Výzkumným ústavem Silva Tarouccy pro krajinu a okrasné zahradnictví.

Význam stromů v břehové (hladinové) čáře vodního toku

Z hlediska morfologicko-ekologického stavu, vodohospodářských funkcí, stability a vývoje vodního toku jsou nejdůležitější ty dřeviny, které rostou v březích v blízkosti hladiny, často s kořenovými pletenci sahajícími do vody. Jsou významné hlavně v následujících aspektech:

- Jejich kořenové pletence se významně podílejí na tvarové a hydraulické členitosti vodního toku. Jako stanoviště a úkryty vodní živěny nemají adekvátní náhradu. Kmeny rozčleňují povodňové proudění.
- Podporují dynamickou stabilitu koryt. Stabilizují základní průběh břehových linií, ale zároveň umožňují a vlivem na proudění i podporují detailní stranový vývoj koryta. (Dynamicky stabilní koryto se mění přenášením splaveninového materiálu a vývojem do stran, ovšem jeho základní charakteristiky a funkce zůstávají stálé. Jako nestabilní se obvykle označuje koryto, které se celkově zahlubuje.)
- Podporou členitosti koryta mohou tyto dřeviny přispívat k samovolné renaturaci úseků koryt potoků a řek, které byly v minulosti degradovány technickými úpravami. Ostatně, i výsadby dřevin poblíž hladiny střídavě do levého a do pravého břehu mohou být využívány jako podpůrné revitalizační opatření, jehož efektem by mělo být rozvlnění proudnice a podpora vymílání břehů mezi jednotlivými stromy či keři.
- Dřeviny mohou zpomalovat povodňové proudění, podporovat tlumivý povodňový rozliv do nezastavěných nivních území a zachycovat spláví, jehož zachycování jinde by mohlo působit problémy. Tyto efekty působí příznivě ve významné části úseků vodních toků mimo zastavěná území.
- Tyto dřeviny jsou hlavním zdrojem ekologicky významné dřevní hmoty, přítomné v korytě. „Mrtvé dřevo“ v korytě může v některých situacích nevhodně ovlivňovat průtočnost, na druhou stranu však je důležitým prvkem členitosti koryta, vytváří povrchy, stanoviště a úkryty nenahraditelné pro oživení vodního toku.

Hlavně u menších vodních toků s vlnitou či meandrující trasou koryta lze často pozorovat vztah mezi základní geometrií koryta a rozmístěním těch přirozeně rostoucích stromů, které vzhledem ke své poloze mohou ovlivňovat proudění. Stromy často stabilizují sled oblouků, resp. tůní a brodů v korytě. Kořenové systémy a zádrže spláví na jednotlivých stromech nebo mezi blízkými stromy mohou podporovat morfologicky vhodný vývoj koryta do stran a zároveň je chránit před nepříznivým zahlubováním. Koryta, která byla nevhodnými zásahy v minulosti nevhodně zahloubena, mají často tendenci k dalšímu samovolnému zahlubování. Pokud je příroda schopna tomuto nepříznivému vývoji čelit, pak nejspíše právě splávím, které se zachytí mezi stromy napříč koryta.

V dřevinách rostoucích poblíž vodní hladiny bývá spatřováno největší „*ohrožení průtokových poměrů*“ – jak zní ona floskule, používaná někdy dost problematicky v úsecích vodních toků ve volné krajině, kde ve skutečnosti „správné průtokové poměry“ představuje malá kapacita mělkého a členitého koryta, podporující rozlivy do nivy. Správci vodních toků mají někdy sklon tyto dřeviny přednostně odstraňovat, aniž by dostatečně rozlišovali, kde je to skutečně potřeba, a kde nikoliv. V pozadí těchto přístupů je nedostatečné rozlišování úseků vodních toků různého charakteru (volná krajina x zastavěná území) a zkreslující vykládání povinností ve správě vodních toků. Z odstavce (2) § 47 zákona o vodách bývá vyvozována povinnost odstraňovat z koryt vodních toků vlastně jakékoliv překážky a udržovat jakousi největší možnou průtočnost. Přitom zákon takto nehovoří. Jeho logický výklad zní tak, že **odstraňovány mají být ty předměty, které skutečně nepříznivě působí jako překážky a objektivně něčemu vadí, a udržována má být taková průtočnost, jaká je v tom kterém úseku či místě vodního toku odůvodněně potřebná**. (Což je logické do jisté míry vztahovat i na ty úseky vodních toků, které jsou zatíženy vodními díly v podobě podélných technických úprav… pokud připustíme, že skutečný rozah naplňování teoretické představy udržování „kolaudačních parametrů“ těchto vodních děl by měl být řízen zdravým rozumem.)

Stromy a keře odstraňované z dolních částí břehů bývají nahrazovány takzvaně bezpečnými výsadbami. Ty jsou umísťovány ve větší vzdálenosti od koryta, obvykle v liniích s pravidelnými rozestupy, někdy v podivné druhové a typové skladbě, která má často málo společného s přirozenými poměry daného stanoviště. *Dnes jsou například z nějakých zvláštních důvodů oblíbené javorové sazenice typu „dlouhé bidlo“, někdy bývají prodávány pod označením a za ceny tzv. alejových sazenic, ve skutečnosti jde někdy o druhořadé, nepřiměřeně vytáhlé špičáky bez zapěstované koruny.* Stabilizace těchto sazenic kůly a ochrana před zvěří bývají chatrné a u části sazenic předčasně pozbývají funkci. Významná část sazenic do několika let od vysazení uhyne, je zničena nebo poškozena zvěří, vyvrátí se větrem, povodní nebo vlastní vahou. U přeživších stromů zůstává nejspíš natrvalo otazník

Pro ekologické i vodohospodářské funkce vodního toku jsou nejdůležitější dřeviny, rostoucí v březích, v blízkosti hladiny. Vytvářejí členitost koryta, podporují jeho dynamickou stabilitu, ovlivňují povodňové proudění a chod spláví.

Kořenové pletence představují nenahraditelný prvek podrobné členitosti koryta, stanoviště a úkryty vodních organismů. Strojem lze pletenec zničit ve chvíli, jeho rovnocenná náhrada se však vyvíjí desítky let.

kolem tvaru koruny a stability. Takové ubohé výsadby ovšem neplní ekologické a vodohospodářské funkce, odpovídající přirozeným břehovým porostům, a nemohou být jejich rovnocennou náhradou.

Přirozená obnova porostů versus výsadby

Porosty dřevin mohou vznikat výsadbami nebo přirozenou obnovou – semenným náletem či náplavem, pařezovou obnovou nebo zakořeňováním naplaveného živého dřeva. Výsadby by měly být spíš doplňkem přirozené obnovy a jejich rozsah by měl být volen podle podmínek konkrétního stanoviště. V praktické správě vodních toků je ale někdy přirozená obnova podceňována a vysazené porosty jsou pokládány za hodnotnější, než porosty vznikající samovolně („*vždyť je to jenom nálet*“). Souvisí to jistě i s tím, že výsadby žádají vklad práce a peněz a jsou předmětem fakturace. Někdy jsou výsadby vnímány jako jediná „správná“ forma obnovy a přirozeně se obnovující části porostů jsou dokonce záměrně potlačovány ve prospěch výsadeb. Praktická zkušenost ale potvrzuje spíš přednosti samovolné obnovy. Úspěšnost a následnou funkčnost prováděných výsadeb často omezují různá pochybení – nejasné představy o cílech a problematický koncept ozelenění, nevhodný návrh skladby, pochybná volba typů výsadbového materiálu, nekvalitní dodávka materiálu, špatná práce s tímto materiálem, nedostatečné zajištění ochrany výsadeb, nevyhovující následná péče. Každý jeden z těchto nedostatků stačí k tomu, aby výsledek sázení nebyl dobrý. Ovšem i dobře navržené a provedené výsadby se jen do určité míry přibližují optimu, které představují porosty vzniklé v málo narušených přírodních podmínkách přirozeným vývojem. Nerušený vývoj rostlin od semene a síla přirozeného výběru dávají přírodním porostům vitalitu a přizpůsobení místním podmínkám, jakých člověkem prováděné výsadby nemohou dosáhnout. (Optimu by se mohlo přibližovat zakládání porostů výsevem semen, to však není v břehových porostech běžně uplatňováno.) Významnou předností přirozené obnovy porostů jsou nulové primární náklady a většinou málo náročná další péče.

Přirozené struktury koryta a jeho vegetačního doprovodu představují živý systém podléhající z našeho pohledu pomalému vývoji. Nedokážeme je v krátkém čase odpovídajícím způsobem replikovat, a to ani při dobře koncipovaných revitalizacích. Ty produkují přinejlepším jakýsi polotovar pro další samovolný vývoj. I kdybychom byli schopni věrohodně popsat hydraulické, geometrické a geobotanické vztahy mezi porostem a korytem, nenahradíme čas potřebný pro přirozený vývoj a výběr, působící při vzniku přírodních porostů. Strom a jeho kořenový systém dokážeme s dnešní technikou zničit během několika minut, nevytvoříme ale jeho funkčně rovnocennou náhradu. Strom prostě „nedokážeme vyrůst“, musíme se spoléhat na přirozený proces, žádající desítky let. (Pohádkovému výrazu „vyrůst strom“ se vzdáleně přibližuje třeba osazování břehových linií jinde získanými živými pařezy vzrostlých vrb. Jde však o postup náročný, s nejistou úspěšností.)

Je rozumné chránit přirozeně se vyvíjející porosty a při vytváření nových porostů co nejvíce využívat přirozené obnovy. Výsadeb lze používat přiměřeně v situacích, kde nějaké nepříznivé vlivy omezují přirozenou obnovu. Takovými vlivy mohou být nepřítomnost místního semenného či vegetativního materiálu, ruderalizace břehů vodního toku, tlak invazních rostlin. V případě ruderalizace je třeba zvažovat, zda by v daném místě nebylo vhodné nejprve odstranit svrchní vrstvy úživných zemin a přirozenému semennému náletu či naplavování vegetativního materiálu vystavit neúživné štěrky, jíly, … Výsadby se mohou často dobře uplatnit jako doplňkové opatření k obohacení porostů o prvky, které se v daném místě v přirozené obnově nevyskytují či neprosazují. Vhodné bývají zejména přísadby dlouhověkých dřevin, jako jsou duby nebo jilmy. V přirozených porostech mohou být následně prováděny vhodné pěstební probírky.

Rozdílné požadavky na břehové porosty ve volné krajině a v zastavěných územích

Technické úpravy koryt uvedly velkou část našich potoků a řek do morfologicky degradovaného stavu. Jednou z velkých chyb úpravářské praxe bylo nedostatečné rozlišování mezi podmínkami volné krajiny a zastavěných území. V dnešní době, především v souvislosti s povodněmi, si více uvědomujeme, že tato prostředí se liší tím, jaké cílové stavy vodních toků bychom v nich měli očekávat a jakými metodami můžeme k těmto cílům směřovat. Ve volné krajině by měl být preferován přírodě blízký stav vodního toku s přirozeně málo kapacitním a členitým korytem, podporujícím tlumivé rozlivy povodní do okolního nivního území. Naproti tomu v zastavěném území je prioritou ochrana zástavby – přírodě blízká členitost koryta je žádoucí, ale je podřízena požadavkům průtočné kapacity a většinou stability. Tato diferenciace se promítá i do požadavků na břehové porosty. Ve volné krajině by měly být spíš podporovány porosty blízké přírodě, přirozeně obsazující i břehy v blízkosti hladinových čar, druhově, tvarově a věkově členité. V zastavěných územích se pak ve větší míře uplatní intenzivněji ošetřované, dobře průtočné porosty typu „povodňový park“. Rozdíly se promítají i do metod a nákladnosti péče o porosty. Povodňový park v exponovaném prostředí zastavěného území samozřejmě vyžaduje náročnější a nákladnější údržbu než porost ve volné krajině. Je třeba hledat vhodné modely rozdělení péče mezi správce vodního toku a obce, které by měly nějakým způsobem nést břemeno intravilánového nadstandardu.

Údržba porostů – přiměřené probírky versus souvislejší mýcení

Požadavek přírodě blízkého charakteru porostů obecně neznamená bezzásahový režim. Ten se může týkat spíš úzkého rozsahu některých zvláště chráněných území. Přírodě blízké porosty naší kulturní krajiny jsou tradičně udržovány probírkami, které z říčního

Mnohé člověkem prováděné výsadby dřevin jsou nekvalitní. Ovšem ani dobře provedená výsadba nemůže co do vitality a přizpůsobení stanovišti konkurovat samovolné obnově porostu.

Souvislé smýcení břehového porostu obvykle znamená nepřiměřeně razantní, poškozující zásah do prostředí vodního toku. Dochází ke skokové ztrátě tvarové a věkové členitosti porostu a rozkolísání vlivu porostů na povodňové proudění. Z hlediska předpisů o ochraně přírody se jedná o zřetelně rušivý zásah do významných krajinných prvků vodní tok a niva, případně o narušení krajinného rázu.

území činí zdroj palivového a v jistém rozsahu i konstrukčního dřeva. Hospodáři minulosti měli zájem udržovat zdroj dřeva průběžně dostupný, obvykle neměli zapotřebí břehové porosty nárazově zpustošit. Nejspíš prováděli **probírky**, které bychom zřejmě z dnešního pohledu mohli vnímat jako ekologicky přijatelné a udržitelné. Udržitelnost probírkového režimu spočívá v přiměřenosti, jednotlivé zásahy by neměly skokově měnit charakter a funkce porostů. (Odchylky od tohoto pravidla mohou nastávat ve zvláštních případech, kdy záměry obnovy porostů zdůvodňují důraznější zásahy. To ale bude nejčastěji případ nějak silně narušených porostů – s velkým podílem stanovištně nevhodných dřevin, případně porostů ve výrazně špatném zdravotním stavu…, kde ovšem přinese důraznější zásah nějaké zřejmé efekty, což nemusí být pravidlem.) Probírky porostů ve volné krajině by měly zachovávat přirozenou tvarovou a věkovou členitost, podporovat přirozenou druhovou skladbu, vytvářet příležitosti pro přirozenou obnovu porostů a tu vhodně usměrňovat. Mohou sledovat více dílčích cílů, jako:

- omezování výskytu kultivarů (zejména topolových) a invazních dřevin
- přiměřené zvýhodňování kvalitních, dlouhověkých dřevin
- racionální omezování výskytu nemocí dřevin
- v odůvodněném rozsahu omezování vodohospodářských apod. rizik (odůvodněné udržování průtočnosti a omezování vzniku rizikového spláví, zejména v tzv. nebezpečných místech a úsecích vodních toků)
- přiměřené udržování vitality porostů pařezovou obnovou
- odůvodněné odstraňování povodňových jevů
- získávání palivového, případně konstrukčního dříví, přiměřené zvýhodňování jedinců s technicky kvalitním dřevem.

Za přijatelné bývá obvykle pokládáno odstranění jednorázově 10 až 20 % kmenů, při zachování souvislosti porostní kulisy. Důraznější zásahy mohou být přijatelné v porostech více ovlivněných invazními druhy dřevin, kultivary, nemocemi dřevin. Ovšem čím důraznější je zásah do vzrostlých dřevin, tím šetrněji by se mělo zacházet s těmi částmi podrostu, z nichž bude vycházet samovolná obnova porostu v žádoucí skladbě. Probírka by neměla být zaměřena výběrově na staré a netvárné dřeviny nebo na některé druhy domácích a stanovištně vhodných druhů dřevin. Je třeba odložit pochybné vodohospodářské pověry, které vedou k nepřiměřenému odstraňování vrb nebo dřevin, vyrůstajících z blízkosti hladinové čáry. Razantnější zásahy, výrazněji zaměřené na rizikové typy dřevin, mohou být přijatelné v úsecích a místech, kde je třeba dbát velké povodňové průtočnosti, v blízkosti komunikací, mostů atp. Naopak ve volné krajině, v úsecích, kde je cílem přírodní či přírodě blízký stav vodního toku, by měly být probírky přiměřeně umírněnější.

Provádění probírek narušuje půdní povrch v březích koryta a v jeho okolí. To nemusí být vždy jen nepříznivé, v řadě situací může narušení povrchu naopak příhodně podporovat rozvoj přirozenějších porostů. V některých výrazně degradovaných úsecích, kde jsou břehy pokryté nepřirozeně úživnými zeminami a porůstají buření, mohou dobře působit i dost razantní zásahy, sahající až po odstranění svrchního zeminového krytu. Ovšem narušení povrchů může v některých případech podpořit naopak další zabuřeňování nebo šíření stanovišť nevhodných, popřípadě invazních rostlin. Tyto záležitosti nelze postihnout nějakými univerzálními návody, každou konkrétní situaci je třeba posuzovat jednotlivě, se znalostí místních podmínek a přírodovědných aspektů. Nesmí se samozřejmě zapomínat, že vodní toky jsou významnými krajinnými prvky a zasahování do jejich koryt podléhá jistému právnímu režimu.

Odlišným přístupem oproti probírkám je **souvislejší mýcení břehových porostů**. Ve Středočeském kraji jsme se v posledních letech v oblasti správy vodních toků setkali s několika případy, které měly charakter nepřiměřeného poškození říčního prostoru. Při těchto zásazích byly úseky břehů v souvislých délkách ve stovkách metrů až v kilometrech souvisle zbaveny břehových porostů. Mezi důvody těchto zásahů bylo uváděno udržování povodňové průtočnosti (zejména tzv. „špatný technický stav porostů“ s velkým podílem vrb), omezování chorob dřevin, vytlačování topolových kultivarů a omezování možných rizik souvisejících s pádem stromů. Tyto důvody však byly uplatňovány bez odpovídajícího rozlišování úseků, kde omezení průtočnosti porostem může působit nepříznivě, a kde nikoliv, a bez uvážení reálných přínosů kácení pro omezování infekčních chorob. Na jednom potoce bylo souvislé kácení břehových porostů správcem vodního toku následně zdůvodňováno i potřebou předcházet požadavkům na kompenzace škod, působených záplavami, ze strany majitelů zemědělské půdy. Toto zdůvodnění ovšem bylo dosti problematické. Jednalo se o neupravený, přírodní vodní tok a není jasné, na základě čeho by mohla být vymáhána nějaká náhrada v případě, že takový tok za povodně vybřeží. Navíc v celém dosti dlouhém postiženém úseku nivy onoho potoka se v současné době nevyskytuje žádná oraná plocha…

Se souvislejším mýcením břehových a doprovodných porostů mohou být spojena významná negativa:

- Razantní nepříznivý zásah do přírodního prostředí četného hmyzu, ptactva…, zásah poškozující biodiverzitu. Obvykle i rušivý zásah do prostředí výskytu zvláště chráněných druhů živočichů nebo rostlin. Z administrativního hlediska rušivý zásah do významných krajinných prvků vodní tok a niva.
- Ztráta tvarové a věkové členitosti porostu.
- Výrazná změna světelných a teplotních poměrů ve vodním toku, která může být v řadě aspektů nepříznivá.
- Poškození pohledově významného prvku krajiny, někdy lze hovořit o nepříznivém ovlivnění krajinného rázu ve smyslu zákona č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- Výkyvy v působení porostů na průtokové poměry. Smýcením se nejprve omezuje příznivý tlumivý vliv porostů na povodňové průtoky a chod spláví, s jistým časovým odstupem pak může průtočný profil naopak výrazně zarůstat stejnověkým mladým porostem z pařezové obnovy.
- Poměrně rozsáhlé odstranění dosavadní dřevinné vegetace, spojené s necíleně provedeným a dalšími opatřeními neošetřeným

Je užitečné rozlišovat úseky vodních toků ve volné krajině a v blízkosti zastavěných území. Ve volné krajině mají místo přirozeně málo kapacitní a výrazně členitá koryta s přírodě blízkými břehovými porosty. Tato tvářnost koryt a porostů podporuje tlumivé rozlivy povodní do nivních území.

Obvykle přijatelnou formou nakládání s břehovými porosty jsou probírky. Neměly by působit zásadní změny tvarů a funkcí porostů. Probírka na tomto obrázku, v úseku vodního toku ve volné krajině, v lukách, však byla nepřiměřeně razantní. Odstranila najednou zhruba polovinu kmenů, soustavně likvidovala kmeny staré, netvárné a naklánějící se do koryta, vyjednocovala polykormony. Nadměrně omezila členitost porostů a jejich biotopní funkce.

Polykormon, soukmení, je přirozenou růstovou formou zejména olší a vrb, což jsou nosné dřeviny právě břehových a nivních porostů. Jde o více kmenů téhož biologického jedince. Mánie „vyjednocování“ polykormonů je problematická z hlediska vzhledu i statiky porostů. Řezný zásah může podpořit vstup infekce, která zahubí celého jedince.

Břehové porosty jsou podezřívány jako zdroj nebezpečného povodňového spláví. Skrumáže povodňového spláví ale často tvoří hlavně materiál, kterému do vodních toků pomohla lidská ruka – dříví a řezivo ze složišť na březích, zbytky různých staveb a jiné předměty a odpady, které se nalézaly v dosahu povodně. Udržování pořádku v blízkosti vodních toků v obcích by zřejmě pomohlo ochraně před povodněmi víc, než nepřiměřené mýcení břehových porostů.

narušením půdního povrchu břehů, může podpořit další ruderalizaci břehů a šíření invazních rostlin.

Oproti přiměřeně prováděným probírkám je třeba souvislejší mýcení břehových a doprovodných porostů obvykle vnímat jako rizikové až poškozující, tedy v praxi ekologicky orientované správy vodních toků spíše nežádoucí.

Staré, poškozené a netvárné stromy, mánie potlačování vrb, vyřezávání kmenů nakloněných do koryta a „vyjednocování“ polykormonů

Přírodě blízký porost podél vodního toku ve volné krajině je potřeba udržovat jinak než park v obci nebo hospodářský les. Někdy se na to zapomíná a z porostů jsou systematicky odstraňovány prvky, které neodpovídají představám o „plně kontrolovaném“ říčním koridoru – průtočném, průchodném, průhledném a produkujícím jenom rovné kmeny,….. snad vhodné pro výrobu prken. Projevuje se sklon soustavně odstraňovat staré, poškozené a netvárné stromy a kmeny nakloněné do koryta a prořezávat polykormony. „Závady“ jsou často shledávány u vrb, které se pak ve větší míře stávají předmětem dřevorubeckého úsilí. Cílem je chránit velkou průtočnost koryta a omezovat rizika související s možným padáním dřeva do průtočného profilu. Tato snaha může být v některých situacích, hlavně v zástavbě, odůvodněná. Často ale rámec rozumného odůvodnění přesahuje a stává se projevem jakési uklízečské či přímo planýrovací mánie… nebo projevem zaměňování péče o břehové porosty s výrobou dříví v hospodářském lese.

Staré, poškozené, nahnuté a netvárné (atypické či v pěstitelském smyslu defektní tvary kmenů a korun) dřeviny mají velký význam pro ekologické funkce vodního toku a celého říčního prostoru. Vedle toho, že se významně podílejí na již zmiňované členitosti a na ovlivňování velkých průtoků, nabízejí velké množství stanovišť a úkrytů pro živěnu. Tuto funkci plní vestoje a posléze i vleže, v živém i mrtvém stavu. Bez významu není ani podíl těchto dřevin na zajímavém vzhledu říčního území. Odůvodněné probírky porostů by tedy neměly být selektivně zaměřené na tyto kategorie. Neměly by nepříznivě ovlivňovat vlastnosti porostu jako celku – porost by například neměl být nárazově zbaven většiny starých doupných stromů.

Vrby většiny u nás se vyskytujících druhů jsou za dostatku světla a vláhy velmi vitální. Jejich obnovovací schopnost se pojí s přirozeným sklonem k tvorbě soukmení a nachýlených kmenů a k jejich poměrně brzkému rozpadávání. V tom je shledávána hrozba pro povodňovou průtočnost říčních koridorů. Opět se tu často zapomíná, že v rozsáhlých úsecích toků mimo zastavěná území mohou být požadavky na průtočnost jiné než v zastavěných územích, že velká tvarová členitost těchto porostů je naopak předností, že rozpadající se části vrb a dalších dřevin jsou přirozeným jevem, významným pro biodiverzitu v říčních koridorech. V současné době by vrby měly být lépe vnímány mimo jiné v souvislosti s obtížemi, které infekční nemoci působí jiným dřevinám, hlavně olším.

Problematické je tzv. vyjednocování polykormonů (soukmení – jedinec, tvořený několika kmeny, vyrůstajícími z jedné báze) na jednotlivé kmeny. Polykormony jsou přirozenou růstovou formou zejména olší a vrb, což jsou nosné dřeviny právě břehových a nivních porostů. Nutkání polykormony prosvětlovat nebo vyřezávat tak, aby zůstal jenom jeden „pěstitelsky vhodný“ kmen, postihuje při zásazích do břehových porostů nejčastěji olše. Zvláště za současného velkého tlaku houbových infekcí jsou takové zásahy rizikové – řezným zásahem do polykormonu se otvírá cesta infekci, která celého jedince zničí.

Zasahování do koryt vodních toků ve vztahu k šíření infekčních nemocí dřevin

Zatím zřejmě nejsou k dispozici jednoznačně účinná doporučení, jak bránit šíření phytophthorových (fytoftorových) nákaz olší, které v současné době silně postihují i břehové porosty. Je pravděpodobné, že mýcení viditelně napadených stromů již výrazné efekty nepřináší. Naopak nelze vyloučit, že šíření infekce do jisté míry podporuje, například plavením infekčního odpadu z kácení po vodním toku. Fytoftorové nákazy vstupují do spodních částí dřevin, do kořenů a bází kmenů. Poškození těchto částí vstupu infekcí pomáhají. Rizikové jsou tedy řezy do dřevin a různé zásahy do koryt vodních toků, při nichž dochází k poškozování kořenů a bází. Typicky jde o tzv. pročišťování koryt, ať již se provádí v rámci běžné údržby nebo po povodních. (Ne nadarmo se říkává, že větší ekologické škody než samotná povodeň často vodnímu toku přináší až následné tak zvané „odstraňování povodňových škod“, byť toto rčení se týká primárně morfologie a oživení koryt.) Rušivé zásahy do koryt a do dřevin je podle všeho vhodné omezovat.

Břehové porosty jako zdroj rizikového povodňového spláví

Představa volně rostoucích stromů a jejich částí, kterých se zmocňuje povodeň a následně jimi ucpává mosty a boří domy, je hlavním důvodem obav z břehových porostů. Přitom ve skrumážích povodňového spláví bývá často jen málo kusů dřeva, které se z porostů do vody mohly dostat bez přičinění lidské ruky… v obrovských množstvích řeziva či prostě kusů dřev, které byly odděleny řezem, různých odpadků a jiných předmětů lidského původu. Břehové porosty jistě nejsou zcela bez rizik, ale je až příliš snadné je obviňovat. Naproti tomu není bez nepříjemností vytýkat občanům, voličům, že na plochách v blízkosti vodních toků vytvářejí složiště dříví a řeziva, budují všelijaké odplavitelné stavby, často velmi pochybné kvality, a vůbec ukládají všelijaký materiál, který se následně snadno stává povodňovým splávím. Kdyby se udržování pořádku v obcích stalo pravidelnou součástí protipovodňové prevence, tlak na břehové porosty by se třeba dostal do rozumnějších mezí.

Porosty podél zesplavněných řek

Stále udržovaný koncept plavebních úprav Vltavy a našeho Labe je značně obstarožní. Mimo jiné ve vztahu k břehovým porostům… se kterými v podstatě nepočítá. Byť se již takový stav naštěstí nedaří udržovat všude zcela důsledně, stále žije představa, že porosty dřevin mají zůstávat v podstatě vně koryta, kterým vede plavební dráha. V tomto

Obr. 10. Zásahy, konané při správě vodních toků, je vhodné prověřovat kontrolními otázkami. V této situaci se budeme tázat: Vadí někomu nebo něčemu, že v tomto přírodním úseku vodního toku, v lese, vznikají v břehovém porostu skrumáže povodňového spláví a že se koryto samovolně vyvíjí vymíláním břehů?

Obr. 11. Labe pod Kolínem, 2013. Je přiměřené, kvůli beztak nepříliš prosperující plavbě, udržovat naši největší řeku v takto morfologicky degradovaném stavu, a k tomu ještě likvidovat jakoukoliv dřevinnou vegetaci, která se vyskytne v korytě pod horní břehovou hranou?

pojetí jsou pak dosud příležitostně prováděny zásahy, spočívající v ničení veškerého dřevinného porostu mezi hladinovou čárou a horní hranou upraveného koryta. Někdy je tento postup tvrzen i strháváním drnu z opevněných svahů břehu; v posledních letech se tak dělo například v některých úsecích Labe na Kolínsku. Takové zásahy asi mají stále ještě právní oporu v udržování kdysi kolaudovaných vodních děl, z věcného hlediska i z hlediska vynakládaných prostředků však lze velmi vážně pochybovat o jejich účelnosti a vhodnosti. Nepřiměřeně poškozují přírodu a krajinu, zřetelně nemají takový význam pro udržování povodňové průtočné kapacity říčního koridoru, jaký jim je někdy připisován, a pro fungování plavební cesty nejsou nezbytné.

Velké téma, zda je do budoucna vůbec únosné udržovat naše velké řeky v morfologicky degradovaném stavu kvůli plavbě, o kterou není valný zájem, zde nevyřešíme. Ovšem potřeba brzkého ekologicky příznivého posunu v nakládání s existujícími vodními cestami je zjevná. K tomu patří i revize přístupu k břehovým porostům. Pakliže je v říčním profilu vymezena jistá plavební dráha, je třeba hledat přijatelné šířky hladiny po stranách této dráhy, do nichž mohou zasahovat koruny dřevin, rostoucích v březích. Lze mít za to, že takový přístup není v rozporu s moderním pojetím vodních cest na evropských řekách.

Ing. Tomáš Just
Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
Krajské středisko Praha a Střední Čechy
a správa CHKO Blaník
tel.: 251 101 678
E-mail: tomas.just@nature.cz

technology investment environment

urbis technologie
Mezinárodní veletrh komunálních technologií a služeb

URBIS INVEST
Mezinárodní veletrh investičních příležitostí, podnikání a rozvoje v regionech

envi brno
Mezinárodní veletrh techniky pro tvorbu a ochranu životního prostředí

www.bvv.cz/urbis-technologie www.bvv.cz/urbis-invest www.bvv.cz/envibrno

23.–26. 4. 2014
www.bvv.cz Brno - Výstaviště

Souběžně probíhají:
STAVEBNÍ VELETRHY BRNO 2014

Central European Exhibition Centre

BVV Veletrhy Brno

Ochrana životního prostředí na brněnském výstavišti

Od 23. do 26. dubna se uskuteční další ročník veletrhu URBIS INVEST, který je zaměřen na prezentaci investičních a podnikatelských příležitostí v jednotlivých regionech. Součástí nabídky jsou také informace o aktuálních dotačních titulech. Souběžně konané veletrhy URBIS TECHNOLOGIE a ENVIBRNO doplňují tuto problematiku o nabídku komunální techniky a ochrany životního prostředí. Ve stejném termínu se koná také Mezinárodní stavební veletrh IBF, který rozšiřuje nabídku o stále aktuální aspekty stavebnictví a technického zařízení budov.

Nové zdroje financování pro rozvoj krajů

Nabídku vystavovatelů veletrhů doplňuje odborný doprovodný program, který se koná pod záštitou a ve spolupráci s odbornými asociacemi a svazy. Mezi nová aktuální témata, která budou na veletrhu prezentována, patří například aktuální model čerpání evropských dotací pro období od roku 2014. S tímto tématem souvisí také prezentace projektů financovaných z fondů Evropské unie – ať již realizovaných v období minulém, či teprve plánovaných k realizaci v rámci nadcházejícího dotačního období. Tradiční součástí budou také světově unikátní praktické ukázky protipovodňových opatření v bazénu před pavilonem Z.

Podpora podnikání v České republice na konferenci agentury CzechInvest

Agentura pro podporu podnikání a investic CzechInvest ve spolupráci s Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR uspořádá na veletrhu Urbis Invest 2014 konferenci na aktuální téma podpory podnikání v České republice. Vedle informací o podpoře podnikání ze Strukturálních fondů EU v nadcházejícím programovém období 2014 až 2020 zde zazní také informace o podpoře pro začínající podniky, programu CzechAccelerator 2011–2014, který vysílá české start-upy za zkušenostmi do zahraničních podnikatelských inkubátorů, nebo CzechEkoSytem, který podporuje začínající podnikatele formou specializovaného poradenství.

Inovace a technologie v rozvoji regionů

V rámci doprovodného programu se uskuteční také seminář Inovace a technologie v rozvoji regionů – pořádá Asociace inovačního podnikání ČR ve spolupráci s Českou asociací rozvojových agentur (ČARA). Pozornost bude věnována zejména přípravě regionálních inovačních strategií RIS krajů ČR a RIS3 ČR, budou prezentovány zkušenosti krajů Královéhradeckého a Olomouckého. Dále bude předložena informace o projektu Czech Local Visibility Events.

Progresivní řešení energetické hospodárnosti budov a provozoven služeb

V rámci doprovodného programu veletrhu se uskuteční odborná konference z cyklu Energie pro budoucnost, která se bude věnovat progresivnímu řešení energetické hospodárnosti budov a provozoven služeb. Jedním z témat bude například využití moderních prostředků založených na integraci elektrotechniky, elektroniky a komunikační techniky do budov a provozoven služeb za účelem efektivního využívání energie. Konference je určena především odborníkům zabývajícím se technickými zařízeními budov, na své si přijdou také zástupci příslušných odborů veřejné správy.

Facility management na veletrhu IBF

Letošní novinkou v doprovodném programu veletrhu IBF je problematika Facility managementu, který je velmi úzce spjat se stavebnictvím, ať již v době plánování, realizace či při samotném provozu budov. První část semináře se bude věnovat otázce, jak může Facility management přispět k efektivitě veřejné správy, zejména pak v oblasti správy měst a obcí. Základní témata se budou věnovat těmto okruhům: strategie podpůrných služeb v oblasti správy měst a obcí a veřejných institucí, jak lze sjednotit evidenci majetku státu a obcí a jak toto využít pro sjednocení podpůrných služeb, nebo na efektivní formu zajištění podpůrných služeb Facility managementu. Druhý blok se bude věnovat tématu technického Facility managementu a jeho zajištění, jedná se například o technickou správu budov a areálů, energetické zajištění provozu, správu odpadu a médií, tzv. tvrdých Facility management služeb.

ODPADY 2014 a jak dál?

Tradiční součástí doprovodného programu je také seminář ODPADY 2014 a jak dál?, který pořádá STEO. Ministerstvo průmyslu a obchodu se ve své přednášce bude věnovat problematice energetického využívání odpadů, Ministerstvo životního prostředí se pak zaměří na aktuální postoj k energetickému využívání odpadů v ČR. Další přednášky dopoledního bloku se pak budou věnovat energetickému využívání odpadů v regionu Schwandorf nebo nové technologické lince v ZEVO Berlín. Odpolední blok pak přiblíží zkušenosti ZEVO Bitterfeld se spalováním vysoko výhřevné frakce z procesu mechanicko-biologické úpravy. Stranou pozornosti nezůstane ani mechanicko-biologická úprava a spolu spalování a jeho ekonomika. Odpolední blok zakončí problematika významu energetického využívání odpadů pro teplárenství.

Nová otevírací doba veletrhů

Nejenom pro návštěvníky je připraveno mnoho zajímavých novinek, které přispějí ke zvýšení jejich spokojenosti. Nově se veletrh koná od středy do soboty, od 10.00 do 18.00 hodin. Návštěvníky jistě potěší také zvýhodněná cena vstupného ve všední den od 15.00 a po celou sobotu.

Více informací naleznete na webových stránkách www.bvv.cz/envibrno.

Jana Tyrichová
manažer reklamy a PR
Stavební veletrhy Brno

ENVIBRNO

Představení projektu InterSucho aneb proč je sucho aktuální problém

Miroslav Trnka

Projekt InterSucho probíhá od srpna roku 2012 a lze jej považovat za odpověď na rostoucí riziko výskytu sucha ve střední Evropě, které je v posledních letech s velkou pravděpodobností nejvyšší za posledních 130 let. Řada nejen našich studií, jejichž výsledky byly nedávno publikovány, ukazuje na fakt, že dochází k postupnému snižování disponibilní vody v půdě. Je tomu tak zejména v období od dubna do června, což je s ohledem na intenzivní růst rostlin a v podstatě celkovou závislost našeho zemědělství (resp. krajiny) na pravidelně rozložených srážkách velmi nepříznivá zpráva. I když odhlédneme od aktuální nepříznivé situace (tj. stav v polovině března tohoto roku), bude sucho téměř nepochybně jedním ze základních problémů, které sebou přinese na naše území změna klimatu. Velmi dobře ilustruje důsledky klimatické změny na půdně vlhkostní (hydrický) režim sada map na **obr. 1**. Ty ukazují stav pro referenční období 1961–1990 a dále pro změnu globální průměrné teploty o +1 °C při koncentraci CO_2 445 ppm a o +2 °C při koncentraci CO_2 554 ppm, a to vždy pro tři uvažované globální cirkulační modely. I když existují výjimky (mezi nimi model CSMK3), většina modelů globální cirkulace předpokládá takové klimatické podmínky na našem území, které povedou k nárůstu podílu sušších půdně vlhkostních režimů (např. tempustický). Současně lze očekávat dramatický úbytek půdně klimatických režimů, které jsou dnes typické pro pramenné oblasti (perudický až typicky udický).

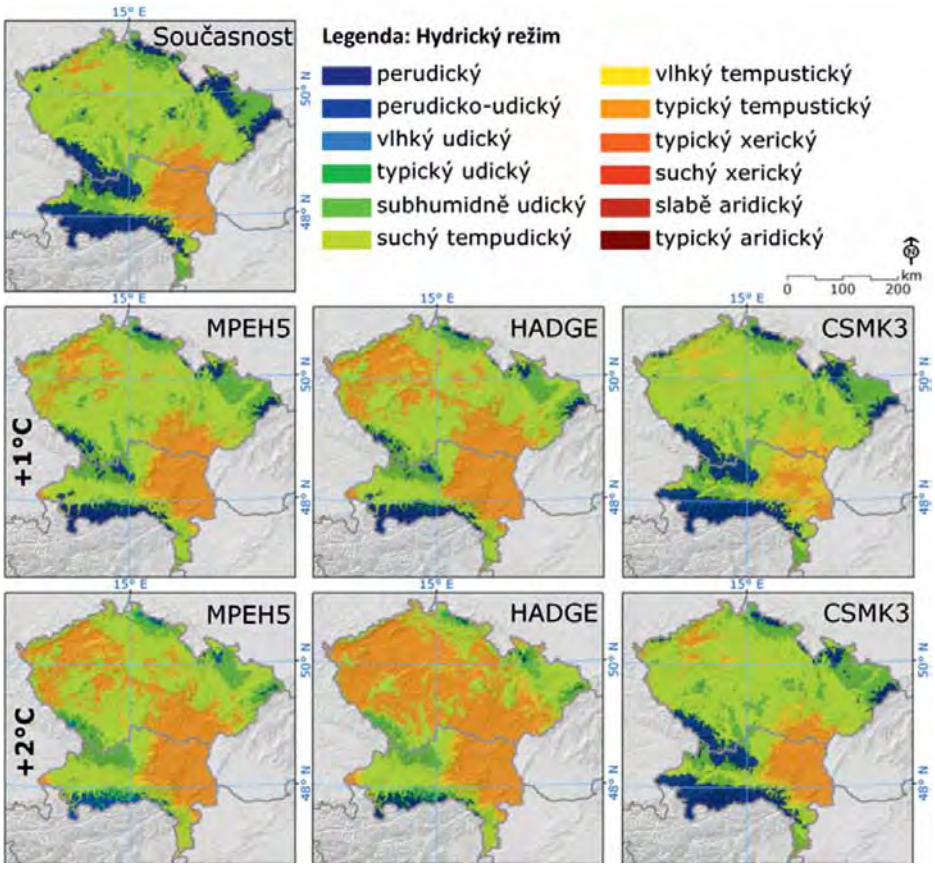
Sucho a jeho dopady

Změna klimatu bude s vysokou pravděpodobností také znamenat zvýšení klimatické variability spojené s **výskytem delších a intenzivnějších epizod sucha**, což ale bohužel neznamená snížení rizika povodňových situací. To co ukazují naše výpočty je mimořádně znepokojivé. Ukázali jsme v několika studiích publikovaných v renomovaných odborných časopisech na to, že zcela reálně (alespoň v některých letech) hrozí výskyt vlhkostních režimů v půdě, které si v současnosti spojujeme s oblastí Středozemního moře. Mezi takto postižené oblasti České republiky patří např. jižní Morava, která už v dnešní době patří mezi naše regiony nejvíce a nejčastěji ohrožené nedostatkem vláhy. Hlavním specifikem jižní Moravy jsou nižší srážkové úhrny, které jsou srovnatelné se Žateckem, a to v kombinaci s vyšší potenciální potřebou vody díky teplejšímu a relativně slunečnému počasí. Na rozdíl od podobných oblastí v Dolním Rakousku či Slovensku **jižní Moravě chybí výrazný zdroj vody**, a tak navzdory poměrně dobrým půdním podmínkám jde o region mimořádně zranitelný. Kromě problémů s rentabilitou pěstování běžných polních plodin bude jižní Morava a další oblasti ČR velmi pravděpodobně ohrožena i vyšším rizikem výskytu lesních požárů a eroze. Vyšší teplota a nižší průtoky povedou podle našich odhadů ke zhoršení podmínek pro chov ryb. Hydrologické dopady na území nejsou bezezbytku prozkoumány, ale je evidentní, že hrozí vyšší rozkolísanost průtoků a není vyloučeno ani ohrožení zásobování pitnou vodou ze zdrojů, které jsou bezprostředně ovlivňovány sezónními výkyvy.

Cíle projektu

Naší ambicí je analyzovat výskyt sucha v minulosti, vyvinout kvalitativně nové metody pro jeho monitoring, ale také odhadnout a popsat trendy vývoje suchých epizod v budoucnosti. Protože jde o mezioborový projekt, tak se na jeho řešení podílejí meteorologové, odborníci na fyziku atmosféry, klimatologové, specialisté na historickou klimatologii, bioklimatologové, dendrochronologové, ekofyziologové, historici, archiváři či socio-ekonomové ve spolupráci s experty, kteří zpracovávají a interpretují družicová data. Tým doplňuje programátor a specialista na využití geografických informačních systémů. Navíc v rámci konkrétních studií spolupracujeme s řadou pracovišť v ČR a zahraničí. Nedávno se díky úsilí prof. Brázdila a doc. Dobrovolného (Masarykova univerzita) podařilo zmapovat výskyt sucha na našem území od roku 1500 do současnosti na základě dokumentárních pramenů (např. historických listin, kronik, novinových zpráv atd.) a raných přístrojových pozorování. Z přístrojových pozorování, o která se můžeme opřít, vyniká unikátní řada údajů o teplotách a srážkách, jež byla kolegy z Masarykovy univerzity sestavena pro město Brno, a která v některých ohledech překonává daleko známější řadu z pražského Klementina. V současné době pracujeme na ambiciózním záměru rekonstrukce suchých epizod pro část vegetačního období s využitím letokruhů dubu. Ty mohou potenciálně posloužit k rekonstrukci výskytu suchých epizod od roku 630 a v případě rozšíření nálezů tzv. subfosilních dřev i dále do minulosti. Historickou perspektivu extrémních projevů sucha na našem území považujeme za mimořádně důležitou pro posouzení současného stavu, a proto jí věnujeme takovou pozornost.

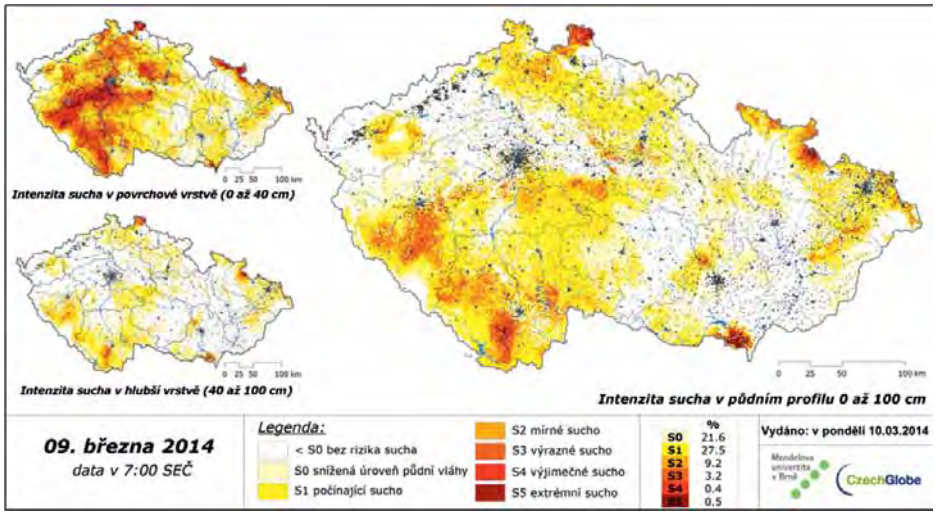
Projekt samotný je řešen ve spolupráci vědců z Centra výzkumu globální změny Akademie věd České republiky (CzechGlobe), Mendelovy univerzity v Brně a Masarykovy univerzity, ale podílejí se na něm i pracovníci Českého hydrometeorologického ústavu z poboček v Brně a agrometeorologické observatoře v Doksanech. Poměrně specifická je i úzká vazba na potenciální uživatele výsledků, od vedoucích pracovníků ministerstva zemědělství přes jednotlivé zemědělské a lesní podniky až po širokou veřejnost. Naším záměrem, na kterém právě pracujeme, je na webu **(www.instersucho.cz)** zveřejňovat nejen aktuální informace o intenzitě sucha na našem území, ale také závěry klíčových studií projektu v českém jazyce tak, aby byly přístupné všem zájemcům.



Obr. 1. Odhad zastoupení hydrických režimů (klasifikace USDA) půd v ČR a v severní části Rakouska v období 1961–1990 (současnost) a pro situaci nárůstu globální teplot o +1 °C a +2 °C.

Velký důraz je kladen na výchovu doktorandů a mladých vědeckých pracovníků, kterým jsou umožněny stáže na špičkových pracovištích po celém světě. Současně jsou členy týmu i dva významní světoví vědci: dr. Ulf Büntgen ze švýcarského National Centre of Competence in Research (NCCR) a Swiss Federal Research Institute for Forest, Snow and Landscape (WSL), a dr. Michael Hayes z USA, ředitel National Drought Mitigation Centre. I díky nim získávají mladí i zkušení vědci možnost seznámit se s know-how úspěšných zahraničních institucí a také jsou konfrontováni s jejich nároky. Snažíme se založit tradici letních škol a workshopů zaměřených právě na problematiku sucha, a po prvním ročníku letní školy v Telči (**obr. 2**) a workshopu zaměřeném na aplikaci družicových dat ve studiu sucha proběhne druhá letní škola v tomto roce v Mikulově.

Obr. 2. Účastníci letní školy (převážně z řad týmu projektu InterSucho) zaměřené na problematiku sucha konané v červnu 2013 v areálu Konviktu Svatých Andělů v Telči



Obr. 3. Ukázka mapy intenzity sucha z www.intersucho.cz charakterizující situaci na počátku března roku 2014

Dosavadní výsledky

Jedním z prvních hmatatelných výsledků projektu je již zmíněná webová stránka www.intersucho.cz, kde uživatel najde pravidelný servis o aktuálním stavu půdní vlhkosti a intenzitě sucha (např. **obr. 3**) včetně odhadu vývoje pro nejbližší týdny. Jak čtenáři dozajista ví, panovala v měsíci březnu v povrchové vrstvě půdy (do 40 cm) na většině území snížená dostupnost půdní vláhy. To se týkalo zejména západní poloviny území, jižní Moravy a severu Slezska. Situaci mírně zlepšily srážky, které se vyskytly v druhé poloviny března, nicméně výhled na nejbližší týdny prozatím neslibuje návrat do normálních hodnot. Pokud vyjdeme z analýzy stavu v polovině března 2014 a pozorovaného průběhu počasí mezi léty 1961–2013, pak se jako zvláště zajímavá jeví situace v západní části Jihomoravského kraje, kde existuje poměrně vysoká pravděpodobnost (>70%), že nižší než normální zásoba vody v půdě bude panovat i v první polovině května, tedy v době rozhodující pro formování výnosu většiny plodin. Prozatím se nejedná o kritickou situaci a je stále možné, že se dočkáme srážkově bohatšího období, které zásoby půdní vláhy (i podzemních vod) opět doplní. Pokud se tak ale nestane, v krajině není momentálně dostatek vláhy, která by umožnila úspěšné překlenutí běžné vegetační sezóny, a škody by tak mohly být značné.

Potřeba spolupráce

Přestože je projekt InterSucho velmi komplexní a mezioborový projekt, je patrná absence hydrologického úhlu pohledu. To je dáno především naší snahou věnovat pozornost nejprve těm epizodám sucha, které postihují zemědělství, případně lesní výrobu a které se obvykle projevují již po několika týdnech nedostatku vláhy a které jsou na našem území častější. Současně ani nebylo z finančních důvodů možné jedním projektem obsáhnout sucho v celé jeho šíři. S ohledem na dosavadní výsledky (např. **obr. 1**) je evidentní, že studium tzv. hydrologického sucha by mělo být v nejbližší budoucnosti prioritou, a **věříme, že navážeme plodnou spolupráci s hydrology, které bychom tímto chtěli ke spolupráci vyzvat**. Domníváme se, že jen ve spolupráci odborníků zabývajících se negativními důsledky sucha z různých oborů, je možné navrhnout smysluplná řešení. Toho by šlo dosáhnout například formou společných projektů v nejbližší budoucnosti.

Miroslav Trnka, Rudolf Brázdil, Martin Možný, Petr Štěpánek, Petr Hlavinka, Zdeněk Žalud a kolektiv týmu InterSucho
e-mail: mirek_trnka@yahoo.com

VÝVOJ - VÝROBA - DODÁVKY - MONTÁŽE - SERVIS
• magneticko-indukčních a ultrazvukových průtokoměrů
• ultrazvukových hladinoměrů
• elektrodových systémů
Sokolova 32, 619 00 Brno
tel.: 543 214 755, 543 214 782, fax: 543 214 755
E-mail: info@elabrno.cz, http://www.elabrno.cz

fontana®
VÝROBCE ZAŘÍZENÍ PRO ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD
• Přizpůsobíme se Vašim potřebám
• Vhodná zařízení pro ČOV všech velikostí
• Vysoké parametry za příznivou cenu
• Dodávky včetně návrhu, montáže a servisu
Mini česle s lisem
TISÍCE VÝROBKŮ PO CELÉM SVĚTĚ
FONTANA R, s.r.o.; Příkop 4, 602 00 Brno; tel.: +420 545 175 (850 - 855)
fax: +420 545 175 (851, 852), Servis: +420 737 288 407
e-mail: fontanar@fontanar.cz, web: http://www.fontanar.cz/

VODAŘ
ZPRÁVY ČESKÉ VĚDECKOTECHNICKÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ SPOLEČNOSTI

Ohlédnutí za Seminářem Adolfa Patery 2013

Seminář Adolfa Patery 2013 navázal na tradici odborných setkání, kterou založil v roce 1999 prof. Adolf Patera. Seminář se konal dne 13. listopadu 2013 v Klubu techniků na Novotného lávce. Byl organizován Českou vědeckotechnickou vodohospodářskou společností a Českým vysokým učením technickým v Praze, Fakultou stavební, ve spolupráci se státním podnikem Povodí Vltavy. O účast na semináři byl poměrně velký zájem a účastnilo se ho celkem 85 účastníků z České republiky a ze Slovenska. Tato okolnost je dána jednak stále velmi aktuální tematikou extrémních hydrologických jevů a jednak pozitivním ohlasem u odborné veřejnosti. Odbornými garanty semináře byli prof. Miloš Starý (VUT v Brně), prof. Ján Szolgay (STU v Bratislavě), doc. Pavel Fošumpaur a doc. Ladislav Satrapa (ČVUT v Praze). Organizačními garanty byli Ing. Václav Bečvář (ČVTVHS) a Ing. Petra Kopecká (ČVUT v Praze).

V prvním bloku semináře byly zařazeny vyzvané přednášky s tematikou červnové povodně 2013, které připravili významní odborníci a současně přímí účastníci povodňových událostí. První předběžné vyhodnocení povodně s ohledem na její meteorologické příčiny, hydrologický průběh a porovnání s historickými povodněmi představil RNDr. Jan Daňhelka (ČHMÚ). Nejpostiženějším územím v průběhu červnové povodně bylo bezpochyby povodí řeky Vltavy. O účinnosti realizovaných protipovodňových opatření v povodí Vltavy podrobně informoval RNDr. Petr Kubala (Povodí Vltavy, s. p.). V následujícím příspěvku referoval Ing. Tomáš Berit o funkci Vltavské kaskády při povodni z pohledu centrálního vodohospodářského dispečinku Povodí Vltavy, s. p. O kritické situaci během povodně 2013 na dolním Labi informoval Ing. Lukáš Drahozal (Povodí Labe, s. p.), který se ve své přednášce zaměřil na funkci protipovodňového systému města Mělník. Roli vodního díla Nechranice v průběhu povodně na dolní Ohři a zejména v oblasti soutoku Ohře a Labe vysvětlili Ing. Michal Tanajewski a Ing. Martin Matula (Povodí Ohře, s. p.), kteří současně referovali o úspěšné funkci právě dokončovaných PPO Terezín a Bohušovice nad Ohří. Blok vyzvaných přednášek ukončil příspěvek Ing. Ladislava Kašpárka (VÚV T.G.M., v.v.i.), který se hlouběji zabýval fenoménem častějšího výskytu extrémních povodní v České republice ve vazbě na přirozené geofyzikální jevy a na historické zkušenosti.

V následujících dvou přednáškových blocích zaznělo dalších osm přednášek, které se věnovaly **problematice hydrologických extrémních jevů z pohledu vývoje a ověřování nových metodologických postupů z oblasti aplikované hydrologie a řízení nádrží a vodohospodářských soustav**. Příspěvky se zabývaly nejenom problematikou povodní, ale rovněž metodami pro analýzu hydrologického sucha. Po obědě v restauraci Klubu techniků následovala posterová sekce, ve které bylo prezentováno celkem 15 dalších příspěvků formou diskuse s autory.

Z pohledu organizátorů je možné konstatovat, že Seminář Adolfa Patery 2013 byl úspěšný a osvědčila se rovněž jeho forma, kdy poskytl zázemí pro odborné setkání zkušených odborníků a zástupců praxe s výzkumnou sférou a mladými vědci. Cílem tohoto formátu semináře bylo zprostředkovat vazby mezi oběma skupinami, které umožní mladým vědcům cílenější orientaci výzkumu na potřeby praxe a naopak zástupcům provozní sféry získat nové poznatky, které jsou potenciálně vhodné pro implementaci na jejich pracovištích.

Příští ročník Semináře Adolfa Patery se bude konat na podzim 2014 opět ve své domovské scéně v Klubu techniků na Novotného lávce v Praze. V té době již budou k dispozici finální závěry vyhodnocení povodně z června 2013. Významným tématem pro seminář bude role nádrží a vodohospodářských soustav při zvládání extrémních hydrologických situací ve vazbě na současnou zvýšenou společenskou poptávku po posilování jejich retenčního potenciálu. V rámci tohoto tématu budou diskutovány možnosti a podmínky pro případné změny ve využití vodních nádrží formou změn manipulačních řádů a parametrů funkčních objektů přehrad a postupy pro kvantifikaci spolehlivosti jednotlivých účelů.

Pavel Fošumpaur
ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Katedra hydrotechniky
e-mail: fosumpaur@fsv.cvut.cz

Seminář Havarijní stavy na povrchových a podzemních vodách

Dne 11. prosince 2013 se konal v rámci programu odborných akcí ČVTVHS seminář na uvedené téma. Jednalo se o první akci tohoto zaměření a potvrdilo se, že se jedná o aktuální problematiku. Přes pozdní termín semináře byl zájem o něj tak velký, že jsme museli přemístit pořádání do sálu s větší kapacitou, kam se vešlo 120 přihlášených. Polovina účastníků byla z vodoprávních úřadů pověřených měst a krajských úřadů.

Program semináře byl sestaven ve spolupráci s pracovníky ČIŽP a odborem ochrany vod MŽP tak, že informoval účastníky o prevenci, monitoringu havarijního znečištění, organizaci zásahů při ochraně vod při haváriích čistoty a byly uvedeny příklady způsobu odstraňování následků kontaminace životního prostředí.

Jednotlivé přednášky jsou obsahem sborníku, ve kterém nebyla zahrnuta z technických důvodů dvě vystoupení a to přednáška Ing. Bohumíra Duška z MŽP a Mgr. Luďka Sisra, Ph.D., z organizace Dekonta. Obě prezentace však byly uvedeny na webových stránkách naší společnosti (www.cvtvhs.cz).

O právních normách k této problematice (vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků a §39 zákona o vodách č. 254/2001 Sb.) informoval pracovník MŽP Ing. Bohumír Dušek. Vysvětlil základní pojmy o druzích závadných látek, jejich rozdělení podle stupně nebezpečí, zacházení s nimi a skladování těchto látek s ohledem na zabezpečení životního prostředí. Z diskuse vyplynul problém finančního zajištění vynaložených nákladů na odstraňování následků havarijního znečištění při kontaminaci půdy a ohrožení kvality podzemních vod v případech, kdy viník je neznámý nebo insolventní. Zkušenosti pracovníků vodoprávních úřadů svědčí o neochotě příslušných orgánů krajských úřadů uvolnit finanční prostředky k tomu určené.

O havarijních plánech v praxi a náměty na novelizaci havarijní vyhlášky referoval Ing. Jaroslav Růžička, který se dlouhodobě věnuje problematice havarijních znečištění. Zaměřil se na posuzování nebezpečnosti závadných látek a doporučuje větší škálu stupňů než současně užívané dva. Uvedl další náměty na definice těchto látek. Zabýval se kvalitou zpracování havarijních plánů a upozornil na potřebu neustálé aktualizace u nebezpečných a zvlášť nebezpečných látek. Doporučil zjednodušit havarijní plány v případech, kdy není ohrožení kvality vod významné. V příspěvku jsou uvedeny i další zkušenosti a poznatky z praxe při řešení havarijních epizod.

Prevencí závažných havárií se zabývala paní Ing. Martina Pražáková z Výzkumného ústavu bezpečnosti práce. Informovala o směrnici parlamentu EU 2012/18/EU ze dne 4. 7. 2012 označené jako Seveso III. Vy-

cházela z události v městě Seveso v roce 1976, kdy došlo k rozsáhlému úniku jedovatých látek do ovzduší. Směrnice EU byla vydána v roce 1982 a upravena v letech 1996 a 3. verze v podobě Seveso III. v roce 2012. V ČR platí pro prevenci závažných havárií zákon č. 59/2006 Sb., jehož novela má vyjít v polovině roku 2015. Zákon se zabývá mírou rizik u závažných havárií, upravuje nakládání s látkami nebezpečnými životnímu prostředí. Na něj navazují metodické pokyny, které vydává a zveřejňuje ve Věstníku MŽP. Referát se zabývá zákonem č. 59/2006 Sb. a informuje o připravovaných úpravách.

O havarijních plánech a činnosti podniků Povodí při haváriích referoval Ing. Jindřich Hönig z Povodí Ohře, s.p. Popsal skladbu havarijního plánu podniku a tří závodů a přiblížil fungování organizace při haváriích. Uvedl přehled evidovaných havárií za období 2001–2012, ze kterého vyplývá, že na území podniku Povodí Ohře se vyskytuje ročně 23–47 havárií, z nichž bylo v roce 2012 (počet 40) způsobeno 51 % ropnými látkami, 24 % chemickými látkami a zbytek jsou „ostatní".

Příspěvek o úloze Hasičského záchranného sboru při likvidaci havárií přednesla paní Ing. Petra Najmanová, která se v HZS problematikou havárií zabývá. Uvedla přehled havárií za období let 2000–2012, ze kterého vyplývá nárůst počtu mimořádných událostí s výskytem nebezpečných látek. Zatímco v roce 2000 bylo registrováno 3 768 úniků nebezpečných chemických látek, z toho 3 141 ropné povahy, bylo maximum těchto případů v roce 2007, a to celkem 6 377, z toho 5 235 ropných. Nárůst byl způsoben zejména nesprávným skladováním nebezpečných látek. Od roku 2008 dochází k trvalému mírnému poklesu, takže v roce 2012 bylo celkem 6 106 případů, z toho 3 990 ropných. Dále se příspěvek zabýval právními předpisy dotýkajícími se havarijních úniků chemických látek jak ve vodním hospodářství, tak v požární ochraně. Fungování jednotek požární ochrany závisí na stupni ohrožení, když v integrovaném záchranném systému jsou rozlišovány 4. stupně ohrožení. Čtvrtý stupeň – zvláštní, je nejvyšší a při jeho vyhlášení koordinuje činnost krizový štáb kraje, případně starosta ORP jmenovaný příslušným hejtmanem kraje.

O činnosti a povinnostech ČIŽP při haváriích a evidenci havárií za období 2008–2012 informoval ve své prezentaci Ing. Břetislav Crha z ČIŽP OI Ostrava. Ve svém příspěvku informoval o platných právních předpisech a činnosti ČIŽP při haváriích na vodách. Zmínil se i o problematice odstraňování závadných stavů v horninovém prostředí vyvolaných činností před rokem 1990. Z centrální evidence havárií na vodách vyplývá nárůst počtu případů v období 2008–2012 o 44 % (ze 136 na 196), přičemž u ropných havárií činil nárůst víc jak dvě třetiny (ze 63 na 106). V těchto případech provádí ČIŽP šetření a dokumentuje rozsah havárie a účastňuje se jednání havarijních komisí. Důležitou činností je i kontrola a prevence vzniku havárií.

O spolupráci na hraničních vodách ve věci havárií na vodách se sousedními státy referoval Ing. Vladimír Zdráhal z Povodí Odry, s. p. Přiblížil problematiku česko-polské spolupráce v povodí řeky Odry. Kromě dohody o vodách existuje i dohoda o spolupráci hasičských sborů obou zemí. Pro dlouhodobé sledování vývoje kvality vody v povodí Odry s ohledem na ovlivnění Severního moře je zřízena stálá Mezinárodní komise pro ochranu Odry. Ing. Zdráhal popsal úlohu a činnost Povodí Odry při zabezpečení kvality vody v Odře a v jejím povodí.

Pan RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., z VÚV Praha, pobočka Ostrava, informoval o vývoji programu NAVARO sloužícího ke včasnému varování a reagujícímu na znečištění prakticky okamžitě při výskytu malého množství závadných látek. Příspěvek se zabývá problematikou kontinuálního monitoringu biologických vlastností vod a místem a časem vnosu znečišťujících látek. Jako detektory jsou používány monitorovací organismy, reagující na biologické účinky toxických látek. V současné době je zkoušen přístroj Daphnia Toximeter německé firmy bbe Moldaenke pro kontinuální monitoring v české části povodí Odry. Ve svém příspěvku autor podrobně popsal systém sledování a prezentoval konkrétní výstup. Možnosti systému předvedl na profilu z Holandska, monitorovaném prostřednictvím internetu.

Na závěr semináře informoval pan Mgr. Luděk Sisr, Ph.D., z firmy Dekonta, a. s., o rozsáhlé sanaci území podél toku po dlouhodobém úniku motorové nafty v areálu depa ČD v Trutnově. V prezentaci přiblížil postup při dekontaminaci území a nasazení sil a prostředků. Tento příspěvek je na webových stránkách ČVTVHS (www.cvtvhs.cz) a dobře přiblíží složitost zásahu a zřejmé vysoké náklady na sanaci.

Závěrem lze konstatovat, že zájem o seminář prokázal, že se jedná o živou problematiku. Přednesené příspěvky byly kvitovány potleskem a také na závěr účastníci zatleskali. Všechny přednášky zaujaly a zejména příspěvek o monitorování biologických vlastností vody v tocích on-line pomocí citlivých mikroorganismů se jeví jako zajímavá možnost okamžitého zjištění toxických látek ve vodě, s indikací znečišťovatele a možnosti operativního zásahu požárních jednotek nebo správy toku. Příslušný příspěvek by měl být zveřejněn v časopisu Vodní hospodářství.

Z jednání vyplynula i potřeba stanovit návod na montáž záchytných plovoucích stěn, které by byly účinné s ohledem na hydrauliku vodního toku.

Ing. Bohumil Müller
člen výboru ČVTVHS

Seminář *Podzemní voda ve vodoprávním řízení X*

Dne 9. října 2013 se konal v Klubu techniků v Praze na Novotného lávce seminář *Podzemní voda ve vodoprávním řízení X*, pořádaný odbornou skupinou podzemní vody České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti ve spolupráci s ministerstvem zemědělství a Global Water Partnership.

Cílem semináře bylo seznámit pracovníky vodoprávních úřadů, správců povodí, Vodovodů a kanalizací, hydrogeologů a vodohospodářských projektantů s odbornými aspekty, názory a zkušenostmi odborníků v problematice podzemních vod, vodního hospodářství a vodního práva, s praktickými aplikacemi ustanovení zákona o vodách a s ním souvisejících vyhlášek, nařízení, metodických pokynů, norem a informacemi o dalších vodohospodářských a hygienických aspektech, které by měli při svých činnostech brát v úvahu. Pozornost přenášek byla zaměřena na nakládání s vodami a ochranu podzemních vod. Seminář navazuje na semináře, které se konají každoročně od roku 2004. Diskuse na seminářích, dotazníky vyplněné účastníky na seminářích i zaslané dotazy upozornily na další okruhy otázek, které je třeba objasňovat. Ty byly zahrnuty do programu tohoto semináře.

V první části přednášky RNDr. Jitka Novotná z GEOtestu, a. s., z Brna *Možné negativní dopady budování kanalizací na hydrogeologické poměry – doporučení vodoprávním úřadům* byly zrekapitulovány legislativní požadavky na předcházení drenážnímu efektu kanalizací, vycházející ze zákonů 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a 254/2001 Sb., o vodách. Podrobně byly vysvětleny příčiny vzniku privilegovaných cest pohybu podzemní vody při budování kanalizací a drenážního účinku kanalizací při zachycení srážkových vod v půdním profilu. Obojí vznikají účinkem vyhloubeného výkopu vyplněného na dně propustným obsypem potrubí, v důsledku čehož se výrazně zvětšuje propustnost zemin, v nichž je potrubí uloženo, s následným snížením hladiny podzemní vody v okolí kanalizací. Dopady drenážního vlivu kanalizací byly rozděleny na ovlivnění režimu podzemní vody při výstavbě a na trvalé ovlivnění režimu podzemní vody (negativní ovlivnění zdrojů podzemní vody), základových poměrů objektů v okolí kanalizace, dopady na vegetaci a na zrychlení odtoku vody z horninového prostředí s podílem na negativních následcích sucha. Byly uvedeny doporučené postupy při realizaci kanalizace a doporučení pro eliminaci negativního vlivu kanalizace na podzemní vodu:

- minimalizace čerpání podzemní vody při stavebních pracích,
- důsledná likvidace případné drenáže pod vlastním kanalizačním potrubím po výstavbě,
- budování nepropustných přepážek na trase výkopů, které by měly přerušit štěrkový podsyp kanalizačního potrubí. Tím se vytvoří hydrogeologický izolátor přerušující privilegovanou cestu proudění podzemní vody.

Dopady kanalizací na režim podzemních vod je nutno řešit v rámci projektu ve spolupráci projektanta a hydrogeologa. Mezi nezbytné údaje náleží zjištění stavu lokality před zahájením stavby a ověření stavu po ukončení stavby. Rizika ovlivnění režimu podzemní vody vznikají i při rekonstrukci kanalizace.

RNDr. Ladislav Bíža, OSVČ, seznámil přítomné s nedostatky v hydrogeologických posudcích pro povolení nakládání s vodami a pro posouzení účinků projektovaných staveb a objektů na režim podzemních vod. Upozornil zejména na nepřesné údaje a formulace v posudcích a jejich dopady na výsledky soudních sporů.

Ing. Jan Klír, CSc., a Ing. Lada Kozlovská z Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i., v Praze Ruzyni přednesli přednášku *Ochrana vod při zemědělském hospodaření a úloha vodoprávních úřadů*. V první

části byly zrekapitulovány povinnosti zemědělských subjektů vyplývající z právních předpisů. Byly uvedeny nebezpečné závadné látky, s nimiž se zachází v zemědělství, základní povinnosti pro uživatele závadných látek v zemědělství, požadavky na používání závadných látek v zemědělství, problematika skladování závadných látek, kontrolní systém, zkoušky těsnosti, havarijní plány včetně procesu schvalování havarijních plánů a doporučení pro obsah provozních deníků. Plnění požadavků nitrátové směrnice tzv. akčního programu je povinné na území tzv. zranitelných oblastí (povrchové a podzemní vody, zejména využívané nebo určené jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace přesahují koncentraci dusičnanů 50 mg/l). Prováděcím předpisem k § 33 vodního zákona (zranitelné oblasti) je nařízení vlády 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. Požadavky nitrátové směrnice vztahující se ke konkrétním blokům jsou převedeny do LPISu (Land Parcel Identification Systém, česky Systém evidence užívání půdy pro zemědělce) a zpřístupněny na Portálu farmáře. Obsahují zákazy hnojení, omezení letně-podzimního hnojení, limity k plodinám, omezení hnojení na travních porostech, maximální limit organického dusíku, omezení hospodaření na svažitých pozemcích a u vody, skladování statkových hnojiv, vhodnost uložení statkových hnojiv a tekutá statková hnojiva. Plnění požadavků podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC – Good Agricultural and Environmental Conditions), mezi něž patří ochrana vod, je součástí Kontroly plnění (Cross Compliance). Hospodaření v souladu se standardy GAEC je jednou z podmínek pro poskytnutí dotace pro zemědělce.

V návaznosti na přednášku *Ochrana vod při zemědělském hospodaření a úloha vodoprávních úřadů* podal Ing. Pavel Novák, CSc., z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd, v. v. i., ve Zbraslavi informaci o mapách zranitelnosti půd, z nichž je možno zjistit informace o rizikových místech pro aplikaci hnojiv a budování hnojišť.

Problematice právních nástrojů ke zvládání sucha byla věnována přednáška Jaroslavy Nietscheová, prom. práv., a Ing. Hany Jouklové z Povodí Vltavy, s. p., kterou přednesla Ing. Jouklová. Předchozí právní úpravy vycházely ze zásady, že vody je dostatek a sucho je jen přechodný a lokální problém, řešitelný náhradní dodávkou vody. V poslední novele zákona o vodách bylo zakotveno: přispívat k zajištění obyvatelstva pitnou vodou. V mimořádných situacích při nedostatku vody nebo zhoršení kvality vody, vyžaduje-li to veřejný zájem na zajištění zásobování vodou, může vodoprávní úřad svým rozhodnutím nebo opatřením obecné povahy omezit nebo i zakázat nakládání s vodami podle platného povolení k odběru podzemní vody z vodního zdroje. Jestliže jsou vážně ohroženy veřejné zájmy omezením nebo znemožněním povolených odběrů povrchové nebo podzemní vody, má vodoprávní úřad povinnost zajistit opatření k nápravě. Může stanovit povinnost konkrétní osobě zajistit náhradní zásobování vodou. Náklady spojené s takto uloženými opatřeními hradí buď vodoprávní úřad, nebo je může požadovat po tom, kdo mimořádnou situaci způsobil. Kompetence vodoprávních úřadů, případně orgánů krizového řízení by měly být rozšířeny o možnost vyhlásit mimořádnou situaci – sucho. Z hlediska nebezpečí dlouhodobého sucha je třeba rizika dlouhodobého sucha zpracovávat a promítnout je do krizových plánů jako významné krizové riziko.

Ing. Radomír Muzikář, CSc., OSVČ, a Ing. Eva Soukalová, CSc., z pobočky Brno ČHMÚ přednesli přednášku *Hydrologické sucho a příprava opatření pro zásobování obyvatelstva podzemní vodou v období sucha*. V úvodu bylo zdůrazněno, že výskyt povodňových stavů se řeší systematicky, zatímco výskyt sucha se řeší nesystematicky, většinou okrajově. Byly uvedeny důsledky sucha jak pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, tak i pro dodávky vody pro průmysl, závlahy a další účely a dále byla zmíněna i ekologická rizika. Sucho je extrémním přírodním jevem, který nastupuje pozvolna, zasahuje rozsáhlé plochy a mívá dlouhé trvání. Na pomoc pro řešení problematiky sucha v podzemních vodách byly uvedeny zákonitosti režimu podzemních vod se zdůrazněním výskytu nízkých hladin podzemní vody, údaje o sezónní a víceleté periodicitě nízkých hladin podzemní vody a prognózy minimálních hladin podzemní vody. Byly uvedeny příklady předpovědí ročních průměrných hladin pro rok 2012, které byly srovnány se skutečnými ročními průměrnými hladinami. Přesnost předpovědí byla uspokojivá. Uvedené předpovědi se vztahují k monitorovaným vrtům. Byla uvedena doporučení pro plošnou extrapolaci. Na pobočce Brno ČHMÚ se řeší projekt interního výzkumného záměru, který je zaměřen na předpovědi hladin podzemních vod. Kromě jiného jsou testovány předpovědi hladin podzemní vody pro vybrané objekty v měsíčním kroku. Na závěr byl uveden příklad stupňů mimořádných stavů sucha v podzemních vodách, zpracovaných pro jímací území Litá. Stupně mimořádných stavů sucha zpracovali hydrogeologové, pracovníci ČHMÚ a Vodovodů a kanalizací. Indikační hladinou je hladina v neovlivněném vrtu státní monitorovací sítě. Pro mimořádné stavy sucha v podzemních vodách byla navržena opatření.

Zkušenosti a doporučení pro zpracování řádu jímací oblasti a jeho praktické využití přednesli Mgr. Jana Vrbová a RNDr. Svatopluk Šeda z Orlické hydrogeologické společnosti s. r. o. v Ústí nad Orlicí. Řád jímací oblasti není používán. V podstatě se jedná o obdobu provozního řádu vodovodu, jen s tím rozdílem, že se zaměřuje na samu podstatu vodárenství, tj. na podzemní vodu a území její tvorby, oběhu a akumulace, zatímco provozní řády vodovodu řeší problematiku technického způsobu jímání a rozvodu vody. Řád jímací oblasti v podstatě nahrazuje dosavadní systém sběru dat o jímacím území, který je v řadě vodohospodářských společností často ve značném rozsahu prováděn, ale zpravidla není dostatečně funkční. Sbíraná data jsou obvykle pouze zakládána. Většinou nejsou průběžně vyhodnocována a v důsledku toho není možno včas odhalit chyby nebo poruchy záznamového zařízení, specifikovat příčiny změn, předávat pokyny k optimalizaci jímání, atd. Správně nastavený režim sledování stavu hladiny podzemní vody, vývoje jakosti vody v jímacím území i v předpolí, pochopení zákonitostí oběhu a tvorby podzemní vody spolu s pravidelným vyhodnocováním účinnosti ochranných opatření a interpretací získaných dat naopak všechny nedostatky současného systému odstraňuje. Umožňuje řídit odběr vody z jímacího území tak, aby byl efektivní a zároveň šetrný k okolnímu životnímu prostředí, a navíc umožňuje rychleji a pružněji reagovat na potenciální hrozby. Z pohledu potřeb celé společnosti je pak řád jímací oblasti významným příspěvkem k eliminaci často antagonisticky vnímaného vztahu vodárenství – ekologie, poněvadž pomocí získávaných dat v řádu jímací oblasti je v řadě případů možno objektivně stanovit koexistenci odběru vody a výskytu vzácných druhů rostlin nebo živočichů. K tomu je však třeba znát širší souvislosti, které má k dispozici řád jímací oblasti

Přednáška RNDr. Svatopluka Šedy a Mgr. Tomáš Novotného z Orlické hydrogeologické společnosti s. r. o. v Ústí nad Orlicí a RNDr. Martina Milického a Mgr. Ondřeje Zemana z PROGEO s. r. o. v Roztokách u Prahy *Modelová simulace vlivu odběru podzemní vody na stav lužních lesů v CHKO Litovelské Pomoraví* uvedla problematiku vzájemných souvislostí mezi odběry podzemní vody a lesními porosty v CHKO Litovelské Pomoraví. V CHKO Litovelské Pomoraví, která je zařazena do seznamu významných mokřadů Ramsarské konvence, situované v údolní nivě Moravy, je těsná souvislost ekosystémů a vodního režimu krajiny. V území se nachází významné jímací území. V důsledku odběrů podzemní vody dochází ke střetu zájmů mezi ochranou přírody a vodárenským využíváním podzemní vody. CHKO požadovala pro souhlasné stanovisko k prodloužení platnosti povolení nakládání s vodami zpracování bilanční studie pro stanovení limitů čerpání podzemních vod v jímacích územích Čerlinka a Přovice – Březové s cílem ochrany unikátního biotopu. Předmětem studie bylo:

- hodnocení proudění a odběrů podzemní vody pomocí modelových simulací,
- hodnocení stavu lužních lesů a stanovení optimální hladiny podzemní vody pro jednotlivé typy porostů.

Hydrogeologické práce realizovali hydrogeologové z OHG, modelové simulace modeláři z PROGEO a hodnocení stavu lužních lesů specialisté z Lesoprojektu Východní Čechy s. r. o. Modelové řešení proudění podzemní vody zahrnovalo kromě jiného:

- prognózní modelové simulace proudění podzemní vody s:
  - maximálními povolenými odběry podzemní vody (povolené roční maximum odběrů),
  - maximálními odběry podzemní vody (povolené měsíční maximum odběrů),
  - prognózními (optimalizovanými) odběry podzemní vody – 1. varianta.
- porovnání výsledků „modelů“ se stanovenou úrovní hladiny podzemní vody z pohledu ekofyziologie rostlin,
- zpracování závěrečné (prognózní) modelové simulace proudění podzemní vody s „optimálními“ odběry podzemní vody, výpočet snížení hladin podzemní vody,
- zhodnocení nejistot modelových výsledků, prezentace výsledků.

Pro simulace proudění podzemní vody byl použit program MODFLOW v modelovacím prostředí Groundwater Vista. Z výsledků „lesnické části“ studie vyplývá, že tolerance lužních lesů k vodnímu režimu není příliš velká. Superpozicí výsledků hydrogeologické a lesnické části bilanční studie byly vytvořeny mapy znázorňující stupeň ohrožení lesních porostů změnou stavu hladiny podzemní vody při

variantních velikostech odběru vody z jednotlivých jímacích území. Byly vytipovány stupně ohrožení pro několik maximálních ročních limitů podle ekologických kritérií: jejich stanoviště a dále věková a druhová skladba. I zdánlivě malé poklesy hladiny podzemní vody, pokud jsou dlouhodobé, ohrožují lesní porost, konkrétně lužní les. Z hlediska druhové a věkové skladby se maximální přípustný pokles hladiny pohybuje od 0 až 10 cm pro lesy I. stupně ohrožení. Do nejvyššího I. stupně ohrožení z hlediska druhové a věkové skladby náleží až 17% území lesů v CHKO, do nejvyššího I. stupně ohrožení z hlediska stanoviště náleží až 45 % z celkové plochy cca 5 300 ha. Z teoretické části bilanční studie vyplývá, že pro lesy je výrazně rizikový i déletrvající vzestup hladiny podzemní vody. Optimálním řešením koexistence odběru vody a vodního režimu nezbytného pro zachování lužních lesů je institut minimální hladiny podzemní vody. Ve studii byl předložen metodický postup pro jeho stanovení v místech střetů zájmů ochrany přírodních ekosystémů a odběru vody. Je založen na statistickém zpracování dlouhodobých časových řad stavů hladiny podzemní vody a přípustných limitních snížení hladiny, zajišťujících příhodné podmínky existenci lužního lesa, případně jiných přírodních ekosystémů závislých na vodním režimu. Z hlediska práva jde o využití § 37 zákona č. 254/2001 Sb. uplatněného při povolování odběru vody dle § 8 stejného zákona. Navržený systém ochrany ekosystémů účinkem odběrů podzemní vody bude nutno průběžně aktualizovat. Přednesená přednáška zasahuje do problematiky vztahu podzemní vody a ekosystémů, které byly většinou řešeny odděleně. Teprve v posledních letech se přistupuje ke společnému řešení, zejména v Austrálii a Španělsku.

Přednášky byly uvedeny ve sborníku, který účastníci semináře obdrželi. Z hodnocení dotazníků, vyplněných účastníky semináře, vyplynulo, že podle 88 % vyplněných dotazníků splnil seminář očekávání a podle 98 % bylo doporučeno pokračování cyklu seminářů. Náměty, stížnosti a doporučení uvedené v diskusi a popsané výše řeší výbor České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti ve spolupráci se SOVAK. O výsledcích bude podána informace na dalších seminářích ČVTVHS, případně v dalších číslech přílohy Vodního hospodářství VODAŘ.

Ing. Radomír Muzikář, CSc.,
garant semináře
a předseda odborné skupiny podzemní vody ČVTVHS
e-mail: radomir.muzikar@karneval.cz

Přehrady v Sýrii

Článek obsahuje podrobné informace o zdrojích vody v Sýrii přes fáze historického vývoje s podrobným vysvětlením nejdůležitějších přehrad a nádrží, včetně jejich rozměrů a objemu, a rovněž se dotýká současné krizové situace v Sýrii z hlediska ekonomického tlaku a jeho vlivu na vodní zdroje a odstavení některé z přehrad. Věnuje se také riziku prolomení přehrady kvůli kontrole islámských ozbrojených skupin.

Úvod

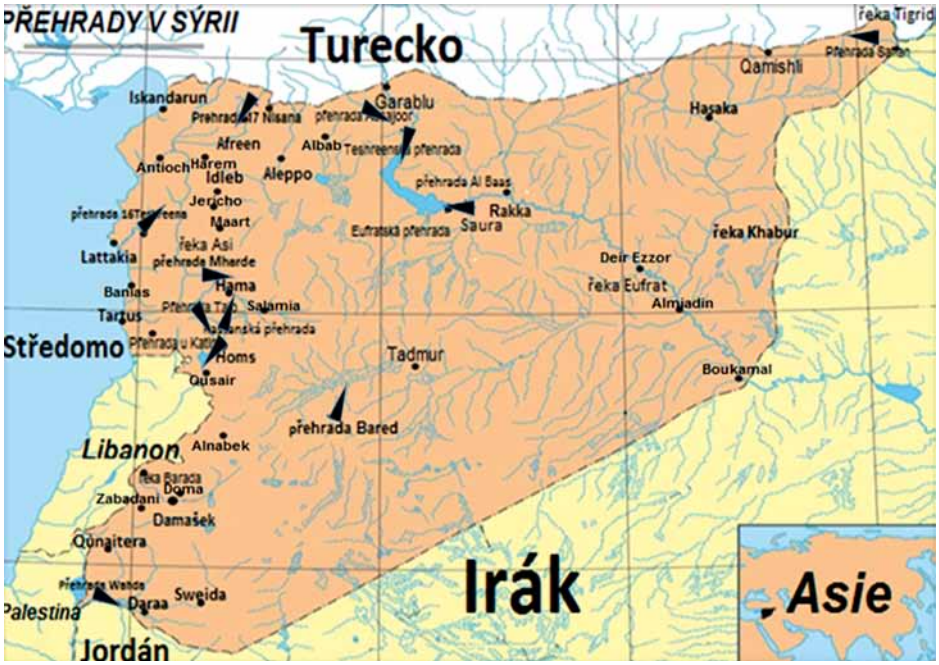
Sýrie, s oficiálním názvem Syrská arabská republika (**obr. 1**), je stát v jihozápadní Asii, řazený k zemím Blízkého východu. Spadá jak do území Mezopotámie, tak do území Levanty. Zemí protéká řeka Eufrat a částečně i hraniční řeka Tigris. Sýrie na severu a severozápadě hraničí s Tureckem (délka hranice 822 km), na východě s Irákem (délka hranice 605 km) a na jihu s Jordánskem (délka hranice 375 km). S Palestinou sousedí na jihozápadě (délka hranice 76 km) a s Libanonem na západě (délka hranice 375 km). Menší část západní hranice je omývána Středozemním moře. Podle odhadů z roku 2011 žije v Sýrii 23 milionu obyvatel. Sýrie je považována za polosuchou až suchou zemi s omezenými vodními zdroji. Vodní zdroje se dělí do osmi hlavních sektorů, které se liší zdrojem vody a svým pokrytím. Počet přehrad v Sýrii v roce 2006 dosáhl počtu 160. V Sýrii je 9 nejdůležitějších vodních nádrží a jejich celková plocha je 1174 km^2 [1].

Historie syrských přehrad

Stavba přehrad v Sýrii má dlouholetou tradici sahající až do Římského období, kdy byla vytvořena řada přehrad v různých regionech Sýrie a některé přehrady z tohoto období jsou v provozu i nyní. Například přehrada Bared nacházející se v Syrské poušti je vysoká 20,5 m a její hráz je v koruně 360 m dlouhá. Dále pak malé vodní nádrže nedaleko města Palmyra (Tadmur) a také římský vodohospodářský systém na hoře Sis, který se rovněž nachází v Syrské poušti. V období islámského šíření byl vyvinut systém zavlažování a systém přepravy vody na horské zemědělské pozemky. Jako příklad může posloužit systém na řece Barada, který zásobuje vodou město Damašek a jeho přilehle okolí. Za zmínku stojí i vodohospodářský systém na řece Al-Asi, kde je použito historické vodní kolo ve městě Hama pro zásobování vodou měst Hama a Homs. V době osmanské (do konce 1. světové války) a francouzské okupace Sýrie došlo k zastavení všech projektů týkajících se vodního hospodářství, ale už počátkem roku 1946 Syřané začali opět obnovovat tradice svých předků v oblasti vodního hospodářství. Do minulého roku žila Sýrie v duchu instalací a budování nových systémů ve vodním hospodářství a zavlažovacích systémů. Nyní tento rozkvět ukončila občanská válka. Jak již bylo uvedeno, mezník v rozvíjení vodního hospodářství je možné zaznamenat v roce 1946. Už v roce 1947 na řece Eufrat v oblasti Jusef Basha byla postavena přehrada a počátkem padesátých let byly vytvářeny studie pro vybudování nových přehrad v Sýrii. Tyto studie našly svou cestu k realizaci a do dnešního dne jsou uplatňovány pro zabezpečení na odpovídající úrovni ve sféře soběstačnosti Sýrie [2].

Vodní hospodářství v Sýrii

Sýrie je spíše suchou zemí a zejména v poslední době zemí s razantním růstem populace. Tyto faktory měly velký dopad na kvalitu a množství rozdělení vody a vodního hospodaření. Rapidní růst populace vedl k tomu, že v některých oblastech Sýrie nastal vážný nedostatek vody, a to z důvodu omezenosti vodních zdrojů. Celkový objem obnovitelných vodních zdrojů v Sýrii ročně dosahuje průměrně 18,966.10^9 m^3 a objem vodních zdrojů, které mohou být použity, ročně dosahuje 15,965.10^9 m^3. Průměr na obyvatele v Sýrii představuje 700–900 m^3/rok, což je menší než celosvětový průměr pro vodou deficitní oblasti, který je 1 000 m^3/rok. Je důležité poznamenat, že tento průměr se časem snižuje z důvodu rostoucí populace v Sýrii. Dále je nutno dodat, že zemědělství v Sýrii přispívá kolem 25 % do HDP, což představuje také velké požadavky na vodní zdroje a jejich dostupnost. Plocha zavlažovaných pozemků v Sýrii dosahuje 1,5965.10^6 hektarů, tj. 7.5 % z celkové plochy syrského území. Zavlažované pozemky se hlavně nacházejí na východní a severovýchodní části Sýrie. Co se týká deštěm zavlažovaných pozemků, tyto pokrývají plochu 3,5.10^6 hektarů,



Obr. 1. Nejdůležitější přehrady v Sýrii [3]

což je cca 17,9 % z celkové plochy syrského území. Vypracovaná zpráva Ministerstva zemědělství a zavlažování ukázala na deficit vodních zdrojů, který dosahoval 1727.10^6 m^3 ročně, a to mezi léty 1990 a 2003. V roce 2005 tento deficit dosáhl 3 125.10^6 m^3 ročně. Tento skok je objasněn v rámci rozšíření zemědělské plochy, což přimělo k použití podzemních vod. Tato fakta vedla ke snížení hladiny podzemních vod v mnoha oblastech země [3].

Vodní bohatství Sýrie je rozděleno do osmi hlavních povodí, kde zdrojem vody bývá buďto déšť a sníh, jako například Huran a Damašek a jeho přilehlé okolí, nebo řeky, které se dále dělí na vnitrostátní a přitékající ze zahraničí. Tato povodí se dále liší počtem na nich postavených přehrad na jedné straně a také objemem vody na straně druhé.

Přehradní hráze a nádrže v Sýrii

Rozdělení přehrad v Sýrii je uvedeno v **tabulce 1**, vodní nádrže v Sýrii s největší plochou hladiny jsou v **tabulce 2**. Základní údaje o syrských vodních dílech jsou v **tabulce 3**.

Vybrané přehrady v Sýrii

Eufratská přehrada

Eufratská přehrada (**obr. 2**) patřící do oblasti Eufratu a Elepu (**tabulka 1**) – nádrž je jedním z nejdůležitějších vodních zdrojů v Sýrii, zvážíme-li množství vody, zajišťované řekou Eufrat od vstupu do syrského území u města Garablus, kde do něj přitékají řeky Assagur a Balikh. Vzhledem k tomu bylo postaveno několik přehrad, které měly za úkol jak výrobu elektřiny coby hydroelektrárny, tak byly určeny rovněž k zavlažování půdy a omezení povodní. Eufratská přehrada je považována za největší a nejdůležitější ze všech přehrad v Sýrii. Její projekt byl realizován západně od města Rakka u místa Tabka. Celková délka přehrady v koruně hráze dosahuje 4 500 m, výška hráze 60 m a šířka u základu 512 m, šířka v koruně hráze pak 19 m. Přehrada byla postavena ve výšce 308 m n. m. s objemem vody 14.10^9 m^3. Přehrazuje řeku Eufrat a vytváří tak vodní plochu nazývanou Al Assad dosahuje plochy 630 km^2 a má délku 80 km s průměrnou šířkou okolo 8 km. Eufratská přehrada zásobuje vodou celkově 640.10^3 ha zemědělské půdy a generuje elektřinu mezi 800 až 1 100 MW. Stavba této přehrady měla vliv na celý region, v důsledku čehož byly postaveny další přehrady a zahájeny projekty rozvoje typu Projekt Al Raed, což jsou nejdůležitější zemědělské projekty, protože poskytují vodu do všech oblastí, aby došlo k rekultivaci a podpoře. Dalším projektem, který byl ovlivněn stavbou Eufratské přehrady, byla přehrada Al Baas s objemem vody 90.10^6 m^3, nacházející se východně od Eufratské přehrady a města Al Saura. Dále byla postavena Teshreenská přehrada s celkovou plochou 166 km^2 a objemem 1,883.10^9 m^3.

Tigrid a Khabur

Jsou považovány za velmi důležité nejen v oblasti ekonomického rozvoje, ale také z hlediska sociálního. Mají velký význam v otázkách energetiky, snížení nezaměstnanosti v regionu a hlavně systematické a organizované spotřeby vody z řek Tigrid a Khabur, a to od města Raas Al Ain až do městečka Al Busaira. Na řece Al Khabur bylo postaveno dvanáct přehrad a další dvě přehrady jsou ve výstavbě. Tyto přehrady zásobují 109,025.10^3 ha zemědělské půdy.

Al Asi

Al Asi představuje důležitý vodní zdroj v srdci Sýrie. Řeka Al Asi proniká do syrského území nedaleko Homsu, pak Hama a Idleb a pak Iskandarun. Na řece Al Asi bylo postaveno 42 přehrad. Celkový objem vody dosahuje 947,72.10^6 m^3. Voda z nádrží zásobuje vodou celkem 123,680.10^3 ha zemědělské půdy. Na této řece se nacházejí přehrady Katina a Rastanská přehrada v Homsu a přehrada Mharde v Hama.

Tabulka 1. Rozdělení přehrad v Sýrii [3]

Oblast	Počet přehrad	Celkový objem vody [10^6 m^3]
Barada a Auaž	6 přehrad	8,282
Yarmuk	41 přehrad	206,2
Al Asi	42 přehrad	947,72
Pouštní oblasti	37 přehrad	69,59
Pobřeží	19 přehrad	552,92
Eufratu a Aleppu	3 přehrady	16 136
Tigridu a Khabur	12 přehrad	1 045,34

Tabulka 2. Vodní nádrže v Sýrii s největší plochou [3]

Nádrž	Umístění	Plocha [km^2]
Teshreen	u Aleppa	166
Assad	nedaleko Sauru	630
Gabul	nedaleko Aleppa	239
Katina	nedaleko Homsu	61
Baas	u Rakky	27
Atiba	u Damašku	11
Khatunie	u Hasake	3
Mzerib	u Dara	1
Masada u Kunaityry	u Kunaityry	1

Tabulka 3. Nejdůležitější vodní díla v Sýrii [3]

Přehrada	Umístění	Výška[m]	Šířka[m]	Celkový objem nádrže [10^6 m^3]	Hráz
Eufratská	u Rakky	60	4500	14100	Sypaná
Rastan	u Homsu	60	446	250	Sypaná
Katina	u Homsu	7,5	85	200	Sypaná
Taldo	u Homsu	8	1769	15,5	Sypaná
Mharde	u Homsu	52	230	50	Sypaná
Albaas	u Rakky	12	2650	90	Sypaná
Teshreen	u Aleppa	40	900	1883	Sypaná

Pobřeží

V oblasti pobřeží bylo postaveno 19 přehrad. Celkový objem vody dosahuje 552.10^9 m^3. Primárně jsou používány coby zdroj pitné vody, ale také slouží k výrobě elektrické energie. Tyto přehrady zásobují 39,019.10^3 ha zemědělské půdy z celého pobřeží od Latakii přes Gable až k Tartusu. Za hlavní přehrady na tomto úseku jsou považovány Velká severní přehrada a přehrada 16. Tishrina na řece Al Sun.

Pouštní oblast

Co se týká pouštních oblastí, bylo zde postaveno celkem 37 malých přehrad s celkovým objemem vody 69,59.10^6 m^3. Nádrže slouží hlavně jako zdroj pitné vody. Celková plocha zásobovaných pozemků dosahuje 950 ha.

Al Yarmuk

Jedná se o oblast, do které spadají oblasti Daraa, Sweida a Qunaitera. Zde bylo postaveno celkem 41 přehrad. Navíc probíhá výstavba

Obr. 2. Eufratská přehrada [3]

Obr. 3. Přehrada 17. Nisana [4]

přehrady Al Wahda mezi Sýrií a Jordánskem. Celkový objem vody těchto přehrad dosahuje 206,2.10^6 m^3. Nová přehrada Al Wahda, která má objem nádrže 225.10^{6}m^3 vody, tak významně zvýší celkový objem vody v nádržích v této oblasti. Tyto přehrady zásobují vodou plochu o výměře 13,640.10^3 ha. Přehrada Al Wahda by měla zásobovat vodou celkovou plochu o rozsahu 21,226.10^3 ha.

Barady a Al Auwag

V této oblasti bylo postaveno 6 přehrad, a to za účelem odvrácení nebezpečí povodní. Dalším účelem bylo zavlažování a použití přehrady jakožto zdroje pitné vody. Celkový objem vody těchto přehrad dosahuje 8,282.10^6 m^3 a zásobuje vodou plochu o celkové výměře 17 500 ha – zejména pak venkov Damašku.

Aleppo

Oblast u Aleppa je rozdělena do dvou částí – první se nachází na řece Kawik a druhá se rozkládá na Al Gabul. Zde byly postaveny dvě přehrady, Al Sazhur a přehrada 17. Nisana na řece Afreen (**obr. 3**)

Katastrofa přehrady Zayzoun

Jedná se o sypanou hráz s těsnicím jádrem. Jejíž délka hráze dosahovala 6.10^3 metrů. Její maximální výška je 42,5 metrů. Šířka od vrcholu přehrady měří 6 metrů a maximální šířka hráze je 200 metrů, celkový objem vody je 71.10^6 m^3. Práce na realizaci výstavby přehrady byly zahájeny roku 1989 a v roce 1995 byly dokončeny. Skutečné uvedení do provozu proběhlo v roce 1996. V roce 2002 došlo k prolomení přehrady (**obr. 4**).

Hlavní důvody prolomení jsou [5]:

- špatné provedení horní části tělesa hráze a nedodržení technické dokumentace,
- ukládání velkého množství vody, které převyšovalo teoretickou kapacitu přehrady,
- trhliny a průsaky v těle přehrady; místo přepadu vody bylo značně zaneseno částmi rostlin, půdy a kamení,
- kontrolní vrty v těle přehrady nebyly provedeny dle projektové dokumentace a tím pádem nesplňovaly svůj účel.

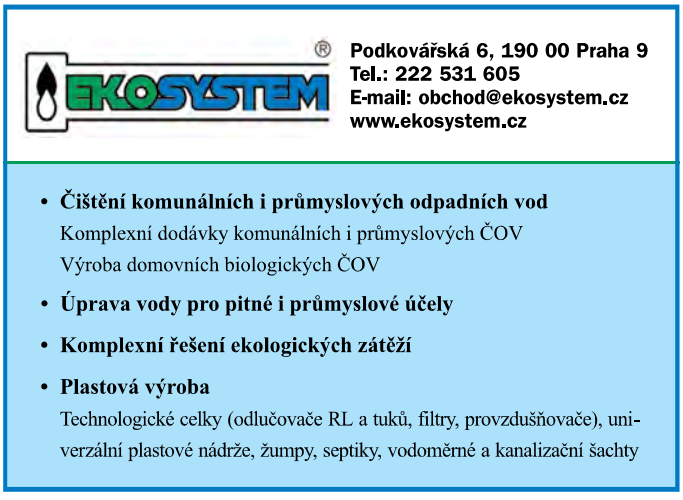
Prolomením přehrady vedlo k obrovským lidským a materiálním škodám, neboť způsobilo smrt dvaadvaceti lidí, z nichž čtyři osoby byly označeny za pohřešované. Rovněž bylo zničeno pět vesnic a zemědělská půda o rozloze 21.10^3 hektarů [5].

Obr. 4. Přehrada Zayzoun [5]

Současný stav přehrad v Sýrii

Vzhledem k závažným okolnostem v Sýrii, a to probíhající občanské válce a s ní spojeným špatným stavem bezpečnosti, je obtížné získat přístup k informacím týkajícím se navazujících prací a studia o přehradách. Situace je složitá zejména z důvodu kontroly ozbrojených sil opozice a radikálních islámských skupin nad místy, kde se nachází několik stěžejních přehrad jako Eufratská přehrada, která je strategická pro města Rakka, Albaasu a Teshreenu, kde proběhly krvavé boje mezi Syrskou armádou a džihádisty, v důsledku čehož vznikla v Eufratské přehradě trhlina o průměru 40 cm a území 2 km pod hrází bylo evakuováno [6].

V důsledku zničení této přehrady by přišlo o domov více než 3 miliony lidí. Experti varují, že zničení přehrady povede k zaplavení



měst Al-Rakka, Deir al-Zour a Abu Kamal. Toto zaplavení by zničilo veškerý život ve východní části Sýrie.

Také velká část irácké území (až do Al-Rmadi) je již nyní ohrožena a navíc zde hrozí zničení všech archeologických lokalit umístěných mezi městem Rikou a iráckou hranicí. V tomto archeologickém regionu se nacházejí nejvýznamnější památky v Sýrii [7].

Závěr

Z předpokladů plyne, že Sýrie se bude v brzké budoucnosti nacházet v obtížné situaci při zajišťování dostatečného objemu vody. Důvodem pro to bude omezenost vodních zdrojů a také rostoucí populace spojená s rostoucí poptávkou po potravinách. Vzhledem k této situaci je nutné hledat další možnosti a zdroje vody prostřednictvím výstavby dalších přehrad a nádrží povrchových vod. Stěžejní je rovněž vytvořit obecnou kulturu v oblasti vnímání vodního hospodaření samotných obyvatel. To by přispělo k racionalizaci nakládání s vodou [8].

Literatura

[1] Národní úřad geologie a nerostných zdrojů. Informace o Sýrii: Základní informace[online]. 2010 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: http://www.geology-sy.org/index.php?m=58

[2] Adel, Abdel Salam. Obecná Geografie Sýrie – Damašská Univerzita – 1990.

[3] Pravidelné brožury vydané Ministerstvem vodních zdrojů v Sýrii.

[4] Arabská Vědecká Encyklopedie, vodní zdroje v Sýrii.

[5] Kufah, Muhammed Hsian – Posouzení vodohospodářské situace v Sýrii – 2012.

[6] Mustafa, Ahmed Ghaith, Řízení poptávky po vodě v Sýrii.

[7] Al Safadi ,Mohammed Shafiq, Damašek je nejstarší město v historii – Seminář v knihovně Al Assad – Damašek 1991.

[8] Hassan, Ghanem. Stav vodohospodářství v Sýrii a očekávané výzvy – 2010.

Ing. Somia Bredy
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Ústav vodních staveb
Veveří 95
602 00 Brno
e-mail: jandora.j@fce.vutbr.cz

Významné životní jubileum Ing. Elišky Hynkové

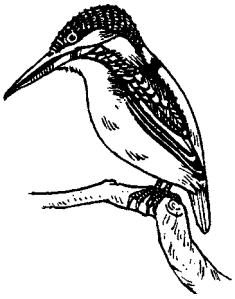
Ing. Eliška Hynková se narodila 28. února 1934 v Brně. Studium osmiletého gymnázia ukončila maturitou v červnu 1952 a studium hydrotechnické specializace vodohospodářského oboru dokončila v dubnu 1957 na Fakultě inženýrského stavitelství VUT v Brně. Od května 1957 pracovala ve SPÚ Vodoprojekt Praha, pob. Brno ve středisku čistírny, kde se podílela na projekčních pracích pro čistírnu odpadních vod v Brně a ochranné hráze pro ČOV v Praze. Po delimitaci Vodoprojektu do SPÚ Hydroprojekt přestoupila v září 1958 do střediska přehrad, kde již jako projektantka pracovala na projektech úpravy toku Odry, VD Morávka, VD Kunov, proVD Myslejovice projektovala sdružený objekt a podílela se na řadě dalších akcí.

V listopadu 1961 nastoupila jako odborná asistentka na Katedru hydrotechniky Fakulty stavební VUT v Brně (nyní Ústav vodních staveb), kde zpočátku externě vedla cvičení z předmětů Nádrže a přehrady a Vodní cesty. Během své dlouhodobé pedagogické činnosti pak vedla cvičení, konstruktivní projekty a posléze i přednášky z předmětů Přehrady, Nádrže, Využití vodní energie, Hydrotechnické stavby, Vodohospodářské stavby a dalších. Řadu let vedla konzultace dálkového studia. Vedla také kroužky Studentské tvůrčí činnosti, v nichž studenti řešili témata oboru. Každoročně se věnovala vedení diplomových prací studentů, od roku 1978 byla členkou komise pro státní závěrečné zkoušky na vodohospodářském oboru Fakulty stavební VUT v Brně a od roku 1992 po tři roky na Stavební fakultě STU v Bratislavě.

Od roku 1990 byla členkou a vedoucí oborové pedagogické komise na Fakultě stavební VUT v Brně, aktivně se podílela na tvorbě a úpravách učebních plánů. Byla členkou děkanovy komise pro distanční vzdělávání i garantem distančního vzdělávání na Fakultě stavební VUT v Brně. Po šest let se podílela na práci Akademického senátu Fakulty stavební VUT v Brně.

Ve vědecko-výzkumné práci řešila 15 státních, rezortních i fakultních výzkumných úkolů a více než 45 úkolů a odborných posudků podle požadavků praxe – výpočty stability sypaných hrází, řešení hydraulicky vhodných tvarů vtokových objektů malých vodních elektráren atd. V letech 1972–89 spolupracovala na řešení stability a zvyšování hrází odkališť Diamo v Dolní Rožínce. Podílela se také na vypracování řady expertizních posudků.

Publikovala více než 20 článků v odborných časopisech a ve sbornících, přednášela na konferencích, sympoziích, seminářích. Je autorkou tří skript předmětu Využití vodní energie. V úspěšné pedagogické praxi setrvala až do odchodu do důchodu v roce 1998.



Od roku 1958 aktivně pracovala v ČSVTS, patnáct let byla členkou a čtyři roky vedoucí odborné skupiny pro výchovu a vzdělávání výboru ČVTVHS, kde organizovala odborné akce a semináře. Sedm let byla předsedkyní a místopředsedkyní fakultní pobočky ČVTVHS na Fakultě stavební VUT v Brně. Za svou dlouhodobou práci získala několik ocenění astala se Čestnou členkou ČVTVHS.

Děkujeme jí za dlouhodobou odbornou i pedagogickou práci a k jejímu významnému životnímu jubileu přejeme klid, pohodu a zdraví!

Ing. Otto Podsedník, CSc.
doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

Redakční rada: prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc., Ing. Josef Bucek (předseda), Ing. Petr Maleček, Ing. Václav Stránský, Ing. Zlata Šámalová.
Adresa: ČVTVHS, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1, tel.: 221 082 386, http://www.csvts.cz/cvtvhs/

DUIS

DUIS s.r.o. se specializuje na problematiku kanalizačních sítí a čištění odpadních vod včetně řešení složitých hydrotechnických a technologických výpočtů pomocí tuzemského i zahraničního software.

- **Ochrana čistoty vod**
- **Odkanalizování a čištění odpadních vod**
- **Projektové dokumentace všech stupňů**
- **Optimalizace provozu ČOV**

DUIS s.r.o., Srbská 1546/21, 612 00 Brno, tel.: 541 244 197-8
fax: 541 248 192, e-mail: duis@duis.cz, www.duis.cz

Jako s.r.o.

aktivní uhlí, aktivní koks, antracit
UV-dezinfekce

tel.: 283 980 128, 603 416 043
fax: 283 980 127
www.jako.cz e-mail: jako@jako.cz

vodní hospodářství® water management®

4/2014 ◆ ROČNÍK 64

Specializovaný vědeckotechnický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v ČR a SR

Specialized scientific and technical journal for projection, implementation and planning in water management and related environmental fields in the Czech Republic and in the Slovak Republic

Redakční rada: prof. Ing. Jiří Wanner, DrSc., – předseda redakční rady, doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, PhD., doc. Ing. Igor Bodík, PhD., Ing. Jiří Čuba, Ing. Václav David, Ph.D., doc. Ing. Petr Dolejš, CSc., Ing. Pavel Hucko, CSc., Ing. Václav Jirásek, Ing. Tomáš Just, doc. Ing. Václav Kuráž, CSc., prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc., Jaroslava Nietscheová, prom. práv., prof. Vladimir Novotny, PhD., P. E., DEE, Ing. Bohumila Pětrošová, RNDr. Pavel Punčochář, CSc., prof. Ing. Jaromír Říha, CSc., doc. Ing. Nina Strnadová, CSc., Ing. Jiří Švancara, Ing. Hana Vydrová, Ing. Evžen Zavadil

Šéfredaktor: Ing. Václav Stránský
stransky@vodnihospodarstvi.cz, mobil 603 431 597
Redaktor: Stanislav Dragoun
dragoun@vodnihospodarstvi.cz, mobil: 603 477 517
Adresa vydavatele a redakce (Editor's office):
Vodní hospodářství, spol. s r. o., Bohumilice 89,
384 81 Čkyně, Czech Republic
www.vodnihospodarstvi.cz

Roční předplatné 966 Kč, pro individuální nepodnikající předplatitele 690 Kč. Ceny jsou uvedeny s DPH. **Roční předplatné na Slovensko** 30 €. Cena je uvedena bez DPH.

Objednávky předplatného a inzerce přijímá redakce.

Expedici a reklamace zajišťuje DUPRESS, Podolská 110, 147 00 Praha 4, tel.: 241 433 396.

Distribuce a reklamace na Slovensku:
Mediaprint–Kapa Pressegrosso, a. s., oddelenie inej formy predaja, P. O. BOX 183, Vajnorská 137, 830 00 Bratislava 3, tel.: +421 244 458 821, +421 244 458 816, +421 244 442 773, fax: +421 244 458 819, e-mail: predplatne@abompkapa.sk

Sazba: Martin Tománek – grafické a tiskové služby, tel.: 603 531 688, e-mail: martin@tomanek.cz.

Tisk: Tiskárna Macík, s.r.o., Církvičská 290, 264 01 Sedlčany, www.tiskarnamacik.cz

6319 ISSN 1211-0760. Registrace MK ČR E 6319.

© Vodní hospodářství, spol. s r. o.

Rubrikové příspěvky nejsou lektorovány
Obsah příspěvků a názory v časopise otištěné nemusejí být v souladu se stanoviskem redakce a redakční rady.
Neoznačené fotografie – archiv redakce.

Časopis je v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v České republice. Časopis je sledován v Chemical abstract.

NENECHTE si ujít

KVĚTEN

Čt 1 – Pá 2 – So 3 – Ne 4 – Po 5 – Út 6 – St 7 – Čt 8 – Pá 9 – So 10 – Ne 11 – Po 12 – Út 13 – St 14 – Čt 15 – Pá 16 – So 17 – Ne 18 – Po 19 – Út 20 – St 21 – Čt 22 – Pá 23 – So 24 – Ne 25 – Po 26 – Út 27 – St 28 – Čt 29 – Pá 30 – So 31

***5.–7. 5.* Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství.** Konference. České Budějovice. Info: becvar@csvts.cz

***14. 5.* Výpočty ve vodárenství – Vodárenská čerpadla a čerpací stanice.** Seminář. Brno VUT. Info: bilovska.j@fce.vutbr.cz.

***20.–21. 5.* Setkání vodohospodářů.** Konference. Kutná Hora. Info: iva.kupecka@seznam.cz.

***21.–22. 5.* Hydrochémia.** Konference. Bratislava. Info: Hucko@vuvh.sk.

***22. 5.* Krajinné inženýrství.** Konference. Praha. Info: vokurka@fsv.cvut.cz.

***23.–25. 5.* Venkovská krajina.** Konference. Hostětín. Info: katerina.fojtu@veronica.cz.

***26.–29. 5.* Pitná voda.** Konference. Tábor. Info: petr.dolejs@wet-team.cz.

***29.–30. 5.* ČOV pro objekty v horách.** Seminář. Ostravice. Info: czwa@czwa.cz.

Aby přehled akcí byl co nejpřehlednější, prosíme všechny organizátory různých konferencí, seminářů, školení, apod. týkajících se vodního hospodářství, aby nám o nich dali vědět na stransky@vodnihospodarstvi.cz.

ČERVEN

Ne 1 – Po 2 – Út 3 – St 4 – Čt 5 – Pá 6 – So 7 – Ne 8 – Po 9 – Út 10 – St 11 – Čt 12 – Pá 13 – So 14 – Ne 15 – Po 16 – Út 17 – St 18 – Čt 19 – Pá 20 – So 21 – Ne 22 – Po 23 – Út 24 – St 25 – Čt 26 – Pá 27 – So 28 – Ne 29 – Po 30

***10.–11. 6.* Národní dialog o vodě.** Konference. Medlov (Zdár nad Sázavou). Info: petr_bouska@vuv.cz

***10.–12. 6.* AQUA Trenčín.** Výstava. Info: masaryková@expocenter.sk.

***24.–26. 6.* Priehradné dni.** Konference. Horný Smokovec. Info: pd2014@svp.sk.

***24.–26. 6.* KALY A ODPADY 2014.** Konference. Brno. Info: czwa@czwa.cz, 543 235 303.

***24. 6.* Hospodaření se srážkovými vodami** (vsakování a retence srážkových vod, využití srážkové vody). Seminář. Praha, Dům ČKAIT. Info: praha@ckait.cz, 227 090 116

***24.–26. 6.* 15th International Freight Pipeline Society Symposium.** Praha. Info: IFPS15@ih.cas.cz

Kvetoucí vrby jsou v naší přírodě nenahraditelné!

Na začátku jara jsou vrby první a jedinou dřevinou, která má ve svých květech nejen pyl, ale také sladký nektar, nutný zdroj energie pro hmyz. Javory a ovocné stromy rozkvétají až za 2–4 týdny po době rozkvětu nejrannějších druhů vrb.

V předjaří rozkvétají i lísky, olše, osiky – jenže ty jsou přizpůsobené na opylování větrem. Proto mají ve svých jehnědách mnoho pylu, ale nektar pro hmyz žádný. Včely medonosné jsou jediným naším druhem opylovatele, který má v úlech zásoby medu z předchozího roku, a z těchto zásob získávají dostatek energie k tomu, aby mohly vyletovat ven. Včely medonosné proto můžeme vidět, jak sbírají pyl i na jehnědách větrosnubných rostlin.

Většina ostatních druhů hmyzu, které přezimují ve stadiu dospělců, se po svém probuzení ze zimního spánku musí co nejdříve nasát nektaru z květů. Samozřejmě se různé druhy hmyzu neprobouzí zjara ve stejný den, naopak i mezi jedinci stejného druhu bývá rozdíl i několik týdnů, a rozdíl mezi různými druhy je ještě větší. Např. u čmeláků se mohou jednotlivé druhy lišit v termínu probuzení po zimním spánku víc než o měsíc.

Právě vrby jsou rodem dřeviny, který vyniká pestrostí. Nejenže v ČR roste asi 20 našich původních druhů vrb, když nepočítám zahradnické kultivary, ale mnohé druhy vrb se dokážou mezi sebou křížit. Možnost vzájemného křížení mezi různými druhy vrb není neomezená, v české přírodě existuje pouze 6 dvojic, jejichž potomstvo je dál normálně plodné a může se v další generaci opět zkřížit s kterýmkoliv z rodičovských druhů anebo s jiným druhem vrby. Dále se volně v přírodě vyskytuje asi 24 dvojic druhů vrb, jejichž potomstvo je svými znaky zhruba uprostřed mezi rodičovskými druhy, ale další generativní rozmnožování už u toho potomstva není možné. Avšak těch 6 dvojic druhů vrb, jejichž potomstvo nemá omezenou plodnost, úplně stačí ke vzniku velké znakové proměnlivosti. Proto z vrbových semen nevyrůstají stejní jedinci, ale každý jedinec je originál, který se v něčem liší od ostatních semenáčků. Nejdůležitější na tom je, že se mohou lišit v termínu kvetení, některá vrba rozkvete o týden dřív než její sourozenci, jiná naopak rozkvete až mnohem později. Pro přírodu je totiž otázka **KDY?** mnohem důležitější než **CO A JAK?** Pokud se někde setkáme s vrbami, které vypadají jedna jako druhá úplně stejně, tak se jedná o zakořeněné pruty z původně jednoho jediného stromu. Může to být tím, že některé okrasné nebo užitkové kultivary rozmnožují lidi, nebo se často stává, že některou starou vrbu u potoka rozláme vítr, a jednotlivé ulomené větvičky nejdřív unáší voda dolů po proudu, a ty větvičky se následně zachytávají u břehů a tam zakořeňují. Někdy to pak vypadá, jako by každý potok měl kolem sebe svůj vlastní typ vrby.

Každá vrba je originál

Před pár roky se na internetu šířil text o tom, že kdyby vyhynuly včely medonosné, tak by následně nedocházelo k opylování rostlin, a lidstvo by vymíralo hladem. Není to pravda. Existuje mnoho druhů rostlin, které opyluje vítr, a mnoho druhů rostlin vytváří plody i bez opylení. A co hlavně – příroda není tak hloupá, aby byla závislá na jediném druhu opylovatele. Když někde v původní, lidmi neovlivněné přírodě, z jakéhokoliv důvodu nebyly včely medonosné, tak všechnu práci s opylováním květů zvládli čmeláci a samotářské druhy včel. Lidé si doposud těch samotářských včel málo všímají, ačkoliv jich máme v ČR běžně rozšířených asi stovku druhů. Jako samotářské včely jsou označované takové druhy blanokřídlých, jejichž larvy se vyvíjejí na potravě z nektaru a pylu z květů. Pro zajímavost doplním, že právě vrby mají pyl a nektar v květech tak mimořádně kvalitní, že několik druhů samotářských včel se začalo na vrby specializovat, a jejich larvičky už se nedokážou vyvíjet na ničem jiném než na pylonektarovém těstíčku z vrb. Ovšem i pro mnohé tzv. polylektické druhy samotářských včel, jejichž larvy nejsou potravně vázáné na pyl konkrétního druhu rostliny, jsou vrby důležité a nenahraditelné.

Pro zdravou krajinu je tedy velmi důležitá přítomnost časně kvetoucích druhů vrb. Pokud takové vrby někde chybí, o včely medonosné se v nouzi může postarat včelař. O čmeláky a časně jarní druhy samotářských včel se nepostará nikdo. Když se jim nepodaří najít si včas rozkvetlou vrbu, zeslábnou a umírají hladem.

Asi nejznámějším druhem vrby je jíva. Ta rozkvétá zjara velmi brzy. Tím je dobrá pro včely medonosné, ale v termínu jejího kvetení většina druhů hmyzu obvykle ještě spí zimním spánkem. Ovšem jíva se dokáže křížit s vrbou košíkářskou, s vrbou ušatou, nachovou, popelavou a s dalšími, a tito kříženci už mají termín kvetení posunutý na pozdější dny. Mezi včelaři je oblíbená vrba Schmithova (*Salix x smithiana*). Je to kultivar vzniklý zkřížením jívy a vrby košíkářské, rozmnožuje se (narozdíl od jívy) zakořeňováním větviček. Protože kvete asi o týden později než jívy, využívají její květy nejen včely medonosné, ale i čmeláci a samotářské druhy včel. Ze čmeláků je to v první řadě čmelák luční (*Bombus pratorum*). Probouzí se velmi brzy, a ačkoliv jde o drobnější druh čmeláka, je snad nejotužilejší ze všech našich druhů opylovatelů. V pozdější době je možno ho vidět pracovat na květech ovocných stromů i za tak špatného počasí, kdy žádný jiný druh hmyzu nelétá. Ovšem na vrbě Smithově už bývají k vidění i čmeláci zemní (*Bombus terrestris*), hájoví (*Bombus lucorum*) a rolní (*Bombus pascuorum*). Tedy pro přesnost – zjara se vždy jedná o paní čmeláčice, zakladatelky rodu. Vzhledově se velmi podobá malým čmelákům i samotářská včela pelonoska hluchavková (*Anthophora plumipes*), která se také zjara probouzí velmi časně. Jak její jméno napovídá, má ráda hluchavky. Jenže hluchavky v době jejího probuzení ze zimního spánku ještě nekvetou, proto nejdříve vyhledává časně kvetoucí druhy vrb, a později patří i k významným opylovatelům ovocných stromů.

Naopak vrba bílá rozkvétá až v době, kdy už kvetou i některé ovocné stromy a javor mléč. Vrba bílá je mnoha druhy hmyzu taky velmi vyhledávaná, ale je nahraditelná. Kdyby někde vrby bílé nebyly, hmyz si snadno najde náhradu na jiných kvetoucích dřevinách. Zato dříve kvetoucí vrby jsou pro přírodu velmi důležité a nenahraditelné. Samozřejmě někde bývají časně zjara rozkvetlé i drobné bylinky, jenže ty svojí maličkou produkcí květního nektaru nedokážou zachránit skoro nic. Rozkvetlý strom nebo keř má na stejné ploše stokrát víc květů. Dá se říci, že dřeviny mají v květech nesrovnatelně větší produkci nektaru než drobné jarní bylinky.

V následujících letech se nám snadno může stát, že se do Evropy zavleče nějaká nemoc včel medonosných, se kterou si lidi nebudou umět poradit, a včely medonosné z české krajiny zmizí. Ostatně na mnoha místech nejsou včely medonosné už teď, prostě proto, že stáří včelaři vymírají, a mezi mladými lidmi je málo nástupců. Tím více si musíme vážit čmeláků a dalších druhů hmyzích opylovatelů. To znamená dbát na to, aby všude kvetlo co nejpestřejší společenství různých časně zjara kvetoucích druhů vrb a jejich kříženců. Jinak se nám lidem podaří zlikvidovat si naše hmyzí pomocníky ještě dřív, než se objeví nedostatek včel medonosných, a pak už bude hledání nápravy velmi obtížné.

Ing. Hana Kříženecká
e-mail: vcelarka@gmail.com

Dodavatel technologických celků
čistíren odpadních vod a úpraven vody

envi-pur

Čiřiče EP-C a lamelová vestavba EP-K
Komplexní řešení separace a intenzifikace separačních procesů

Čiřiče EP-C vybavené lamelovou vestavbou EP-K jsou univerzálním zařízením pro kontinuální oddělování suspendovaných látek od kapalného prostředí.
Jejich aplikace zahrnují především:

Úpravny pitné a technologické vody
» Čiření povrchových vod
» Změkčování povrchových vod
» Změkčování podzemních vod
» Separace Fe a Mn z podzemních vod

Průmyslové čistírny odpadních vod
» Čištění odpadních vod čiřením a srážecími postupy

Městské čistírny odpadních vod
» Odstraňování fosfátů srážecími postupy

ENVI-PUR, s.r.o.
Sídlo společnosti:
Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6
envi-pur@envi-pur.cz

www.envi-pur.cz
Hlavní kancelář a výroba:
Wilsonova 420, 392 01 Soběslav
tel.: 381 203 211, fax: 381 251 739

Hakov, a.s.

- komunální a průmyslové ČOV
- úpravny vody
- čerpací stanice
- rekonstrukce a intenzifikace
- řídicí systémy
- vybavení pravoúhlých i kruhových dosazovacích nádrží
- návrhy vhodné technologie
- projekční a inženýrská činnost
- výroba, dodávka a montáž technologie
- uvedení do provozu
- záruční a pozáruční servis
- technologický dozor a konzultace, vyhodnocení provozu
- zajištění realizace stavby "NA KLÍČ"

Kontakt:

Hakov, a.s.
K Nádraží 256
Hranice IV – Drahotuše
PSČ 753 61 Hranice
Tel.: 581 698 881
Fax: 581 698 885
E-mail: hakov@hakov.cz

pracoviště Brno
Hakov, a.s.
Jugoslávská 102
613 00 Brno
Tel.: 545 210 345
Fax: 545 210 006
E-mail: brno@hakov.cz

hydrotech

HYDROTECH s. r. o. nabízí:

- Čištění splaškových a průmyslových odpadních vod
- Vysokoúčinné anaerobní technologie PAQUES
- Rekonstrukce a intenzifikace ČOV
- Řídící systémy a softwarové vybavení
- Vybavení pro pravoúhlé i radiální dosazovací nádrže
- Čerpací stanice a úpravny vody
- Navrhování technologie
- Projekční práce všech stupňů
- Výrobu, dodávku a montáž technologie
- Uvedení do provozu
- Záruční a pozáruční servis
- Sledování a vyhodnocování provozu
- Poloprovozní zkoušky
- Provozování ČOV
- Návrhy financování
- Konzultační a inženýrské služby
- Stavby na klíč

vracíme vodě život...

Sídlo společnosti
HYDROTECH s. r. o.
Kopečná 14
602 00 Brno
tel.: +420 543 243 430
fax: +420 543 243 426
e-mail: brno@hydrotech.cz

Obchodní oddělení
HYDROTECH s. r. o.
Třebohostická 14
100 31 Praha 10
tel.: +420 261 305 280
fax: +420 261 305 279
e-mail: praha@hydrotech.cz

Montážně-servisní oddělení
HYDROTECH s. r. o.
U Pivovaru 3
779 00 Olomouc
tel./fax: +420 585 413 010
tel.: +420 585 419 664
e-mail: olomouc@hydrotech.cz

www.hydrotech-group.com

KAPKA spol.s r.o.

Provádíme
- **Prodej, opravy a ověřování vodoměrů**
- **Rádiový systém pro odečet měřidel**
- **Metrologické služby příložným ultra-zvukový průtokoměrem**
- **Technická podpora a poradenská činnost v oboru.**

Bylany 85
(areál ÚV sv.Trojice)
284 01 Kutná Hora

T 327 512 918
F 327 511 648
E info@kapka-vodomery.cz
W http://www.kapka-vodomery.cz

Cello GSM Data Logger

Až osmi-kanálový SMS/GPRS Data Logger slouží k dálkovému sběru dat z různých druhů měření.

- měření tlaku
- měření kvality vody
- měření průtoku
- měření PRV stability
- měření výšky hladin
- kontrola energetického odběru čerpadel
- měření množství srážek
- energetický management

Cello 6W

Jednoduchý SMS/GPRS Data Logger určený pro dálkové odečty vodoměrů. Je kompatibilní s většinou vodoměrů.

- dálkový odečet vodoměrů

Cello Sewer Level Monitor

SMS/GPRS Data Logger určený k získávání dat o stavu hladin kanalizací.

- kontrola výšky hladin kanalizací

Regulo

SMS/GPRS Controler sloužící k dálkovému ovládání redukčních ventilů.

- dálkový ovladač redukčních ventilů

Ecowat

Stacionární Controler sloužící k ovládání redukčních ventilů.

- dvojstupňový ovladač redukčních ventilů - **stacionární**

Metrolog

Stacionární Data Logger vhodný pro měření výšky hladin, tlaku a jiných, 4 – 20 mA vstupů.

- měření výšky hladin – **stacionární**
- měření tlaku – **stacionární**

DISA s. r. o., Barvy 784/1, 638 00 Brno, tel.: 545 223 040, fax: 545 222 706, e-mail: info@disa.cz, www.disa.cz