

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

50. ročník časopisu VTEI

V letošním roce završí časopis Vodohospodářské technicko-ekonomické informace již 50 let svého působení. Do vínku dostal úkol pomáhat odborníkům z oblasti vodního hospodářství orientovat se v nové technice a umožňovat širokou výměnu zkušeností mezi pracovníky výzkumu a praxe.

Z počátku vycházel jako čtvrtletník, později jako dvouměsíčník a od roku 1964 jako měsíčník. Časopis přinášel informace o výsledcích československého výzkumu, technickém rozvoji, vynálezech a zlepšovacích návrzích, o tematických úkolech a jejich řešení, informace ze zahraničí i zprávy o konferencích a sympoziiích.

K výrazné změně pak došlo v roce 1999, kdy se vydavatel časopisu – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka – rozhodl včlenit časopis VTEI jako přílohu do našeho nejvýznamnějšího periodika pro oblast vodního hospodářství, kde vychází dosud, přičemž od letošního jubilejního ročníku přechází opět na formu dvouměsíčníku.

Současně se změnilo i poslání a náplň časopisu, který se daleko více zaměřil na činnost a výsledky VÚV T.G.M. jako střediska a největšího pracoviště výzkumu ve všech oblastech, které se týkají vody, jejího užití a ochrany i ochrany proti ní. Stále častěji se objevují i příspěvky s tématy, jako voda v krajině, vliv odpadů a způsobů nakládání s nimi na vody apod.

Výrazně se na tváři časopisu podílela jeho redakční rada, která se vždy snažila o zajištění aktuálních článků s významem pro praxi. Za 50 let vydávání časopisu se jeho přípravu zúčastnila celá řada lidí, kteří se do jeho historie významně zapsali. Lze uvést např. prvního předsedu redakční rady J. Bednáře (1959–1973) či Ing. J. Beneše, který byl předsedou v letech 1974–1989, dále Ing. A. Mansfelda, CSc., Ing. L. Žáčka, DrSc., Ing. I. Korunu, CSc., v posledních letech pak Ing. L. Kašpárka, CSc.

Ze členů redakční rady nelze nezpomenout na Ing. A. Nejedlého, CSc., který pracoval v redakční radě časopisu plných 37 let, o pouhý rok méně působila v redakční radě RNDr. A. Sladká, CSc. V redakční radě se dále vystřídala řada odborníků z nejrůznějších vodohospodářských organizací. V posledních letech, kdy se časopis soustřeďuje na výzkumnou činnost VÚV T.G.M., tvoří redakční radu přední odborníci v jednotlivých oborech zastoupených v této instituci.

Na stránkách letošního ročníku časopisu VTEI by se výraznou měrou mělo projevit nejen to, že Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, je stále stabilní součástí výzkumného a odborného zázemí životního prostředí, vodního hospodářství i tradiční informační základnou, ale i to, že základem činnosti ústavu je směřování výzkumu k potřebám MŽP a zajišťování odborných činností v oblasti ochrany vod a nakládání s odpady. Zajištění těchto činností vyžaduje zachování celistvého pohledu na zájmovou oblast výzkumu, posílení environmentálního přístupu, prohloubení kombinace disciplín praktikovaných v ústavu, ale také ve větší míře zapojování do širších národních a mezinárodních projektů.

Přáním vydavatele, redakční rady a redakce je pokračovat i v dalším období v dobré tradici časopisu a seznamovat čtenáře především s poznatky z výzkumu v oblasti voda, ale dát prostor také diskusi, jiným pohledům a informacím.

Vážení čtenáři, dovolte na závěr, abychom Vám s novým jubilejním ročníkem časopisu popřáli v roce 2008 mnoho zdraví, spokojenosti a úspěchů v práci i osobním životě i zajímavé chvíle strávené nad stránkami časopisu.

Redakce

SYNTEKÉ MOŠUSOVÉ LÁTKY V POVRCHOVÝCH VODÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

Věra Očenášková, Danica Pospíchalová

Klíčová slova

povrchová voda, syntetické mošusové látky, galaxolide (HHCB), tonalide (AHTN)

Souhrn

Byly sledovány syntetické mošusové látky v povrchových vodách České republiky. Byla potvrzena plošná kontaminace povrchových vod těmito sloučeninami a vliv městských aglomerací na znečištění toků syntetickými mošusovými látkami.

V posledních letech se ve vodách začínají sledovat i jiné skupiny polutantů než známé polyaromatické uhlovodíky či polychlorované bifenylly. Jednou z takových skupin jsou polutanty skryté pod zkratkou PPCP (Pharmaceutical and Personal Care Products) neboli farmaka a přípravky pro osobní péči. Patří sem i syntetické mošusové látky (SML), které jsou součástí celé řady přípravků. Mezi nejběžněji používané SML patří Galaxolide® (HHCB) a Tonalide® (AHTN), popřípadě musk keton (MK) a musk xylen (MX).

Charakteristika syntetických mošusových látek

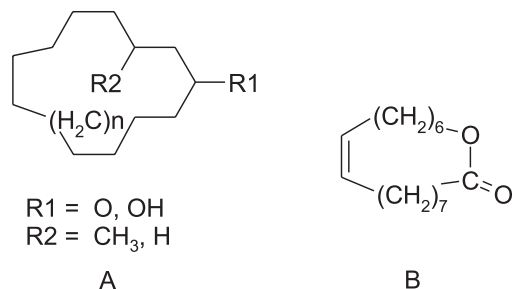
Přírodní pižmové (mošusové) látky jsou odedávna používány ve voňavkářství. Mohou to být buď produkty pachových žláz kabara pižmového (*Moschus moschiferus*), různých druhů cibetek (rod *Viverridae*) – vonnými složkami jsou makrocyclické ketony a alkoholy (obr. 1A), nebo extrakt z indického či afrického ibišku (rod *Malvaceae*), popřípadě angeliky lékařské (*Angelica officinalis*), kde vonnou složku tvoří cyclické laktony

(obr. 1B). Cena přírodního pižma je však velmi vysoká – ve středověku bylo pižmo vyvažováno zlatem – a tak již v roce 1888 byl poprvé syntetizován mošus-xylen, tj. 1-*terc*-butyl-3,5-dimethyl-2,4,6-trinitrobenzen, látka s podobným typem vůně a podobnými vlastnostmi, jako mají přírodní pižmové sloučeniny [1].

Podle chemické povahy můžeme syntetické mošusové látky rozdělit do tří skupin:

1. Nitromošusové sloučeniny – jsou to syntetické dinitro- a trinitrobenzeny s typickou pižmovou vůní a tvoří přibližně 35 % celosvětové roční produkce. Patří sem sloučeniny uvedené v tabulce 1. Nejrozšířenější jsou mošus xylen a mošus keton [2].
2. Polycyclické mošusové sloučeniny – jsou to substituované deriváty indanu a tetralinu uvedené v tabulce 2. Tvoří 61 % celosvětové roční produkce SML. K nejvýznamnějším patří Galaxolide® a Tonalide®, které se vyrábějí v tisících tun ročně [2].
3. Přírodním pižmovým sloučeninám jsou nejbližší svou strukturou makrocyclické mošusové látky. Jejich výrobní cena je však velmi vysoká a organoleptické vlastnosti horší než u předchozích skupin, a tak tvoří jen 3–4 % celosvětové produkce SML.

Teplá, smyslná a dlouhotrvající vůně, mimořádná chemická stabilita a přitom nízká cena většiny SML jsou důvodem, proč jsou tyto sloučeniny



Obr. 1. Přírodní pižmové látky

rozšířeny jak při výrobě luxusních parfémů, tak běžných kosmetických výrobků (krémy, pleťové vody a mléka, sprchové gely atd.), mýdel, pracích prášků, aviváží, čistících prostředků a řady dalších technických přípravků.

Všechny polycyklické mošusové vonné látky jsou mimořádně chemicky stabilní, mají velmi nízkou biodegradabilitu a jsou silně lipofilní.

První informace o nitromošusových látkách v hydrosféře se objevila v roce 1981. Japonští badatelé identifikovali mošus xylen a mošus keton v rybách z řeky Tama v Tokiu [3, 4]. Následně byly tyto sloučeniny nalezeny v povrchových vodách [5], mušlích [6] a garnátech [7], v lidské tukové tkáni a mateřském mléce [8, 9, 10]. Mohou se vyskytovat i v pitných vodách a ve vzduchu [2].

Stanovení syntetických mošusových látek

Při sledování výskytu syntetických mošusových látek v povrchových vodách byla použita následující metoda.

Syntetické mošusové látky byly vyextrahovány z 1 litru vzorku vody do 10 ml vhodného rozpouštědla (např. pentan, hexan). Extrakt byl vysušen bezvodým síranem sodným a zakonzentrován na přesný objem. Takto připravený vzorek byl analyzován metodou GC-MS v SIM modu.

Analýzy byly prováděny na plynovém chromatografu HP 5890 Serie II vybaveném hmotnostně selektivním detektorem 5971A, autosamplerem a vyhodnocovací PC jednotkou se softwarem ChemStation. Vlastní chromatografická analýza probíhala na křemenné kapilární koloně DB-XLB o délce 60 m, vnitřním průměru 0,25 mm a tloušťce filmu stacionární fáze 0,25 μm. Teplotní program byl upraven takto: počáteční teplota 60 °C (2 min), teplotní gradient 20 °C.min⁻¹ do 160 °C (0 min), 3 °C.min⁻¹ do 200 °C (0 min) a 20 °C.min⁻¹ do 250 °C (7 min). Teplota nástřiku byla 250 °C. Jako nosný plyn bylo použito helium o konstantním průtoku 1 ml.min⁻¹.

Mez stanovení (GC-MS) je pro nitromošusové látky 5 ng.l⁻¹ a pro polycyklické mošusové látky 2,5 ng.l⁻¹.

Výsledky sledování syntetických mošusových látek

Výskyt syntetických mošusových látek v povrchových vodách ČR je sledován v rámci dílčího úkolu VaV 650/03/00 [11]. Jako zástupci jednotlivých skupin SML byly vybrány musk xylen (MX) a musk keton (MK) ze skupiny nitromošusových látek a Galaxolide® (HHCB) a Tonalide® (AHTN) z polycyklických mošusových sloučenin.

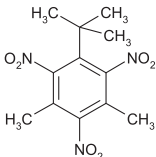
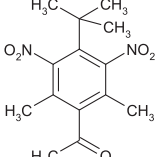
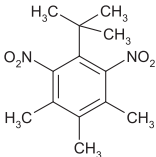
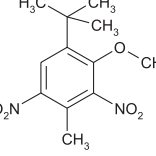
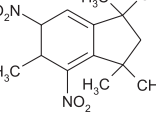
Musk xylen byl nalezen pouze ve vzorcích z řeky Bíliny v Ústí nad Labem, v ostatních vzorcích byl v některých případech v detekovatelném množství pod mezí stanovení.

Musk keton byl kvantifikován v téměř 50 % vzorků, jeho koncentrace, s výjimkou řeky Bíliny, nepřesahovala 10 ng.l⁻¹. V řece Bílině byla nejvyšší naměřená koncentrace 30 ng.l⁻¹.

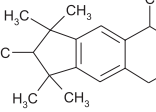
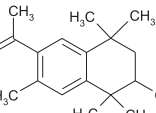
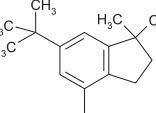
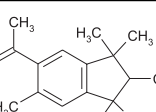
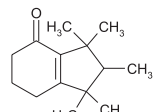
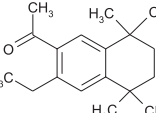
Polycyklické mošusové látky byly nalezeny ve všech analyzovaných vzorcích povrchové vody. Koncentrace HHCB se pohybovaly od 17 ng.l⁻¹ v řece Moravě, odběrné místo Lanžhot, do 551 ng.l⁻¹ ve vzorku z profilu Zelčín na řece Vltavě. V průměru nejvyšší byla koncentrace HHCB v Čechách v řece Bílině v Ústí nad Labem, na Moravě v řece Svatce v Rajhradě. Koncentrace AHTN byly řádově nižší, pohybovaly se od 3,7 ng.l⁻¹ v řece Moravě (profil Lanžhot) do 73 ng.l⁻¹ v řece Bílině v Ústí nad Labem.

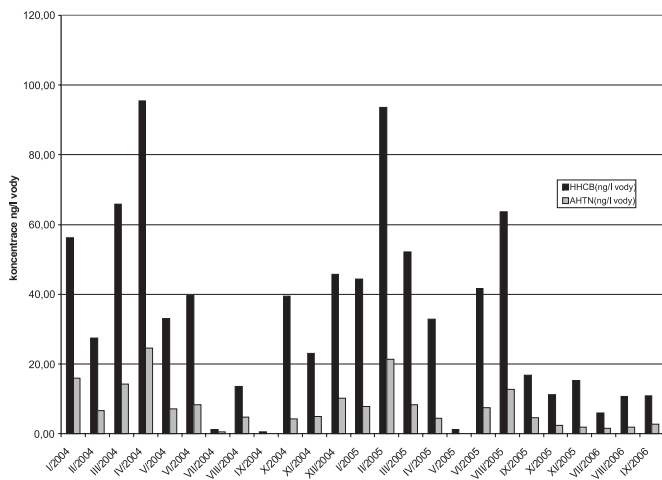
V dalších letech (2003–2006) byly syntetické mošusové látky sledovány ve vybraných profilech českých řek. Například v roce 2004 byla nejvyšší

Tabulka 1. Nitromošusové vonné látky

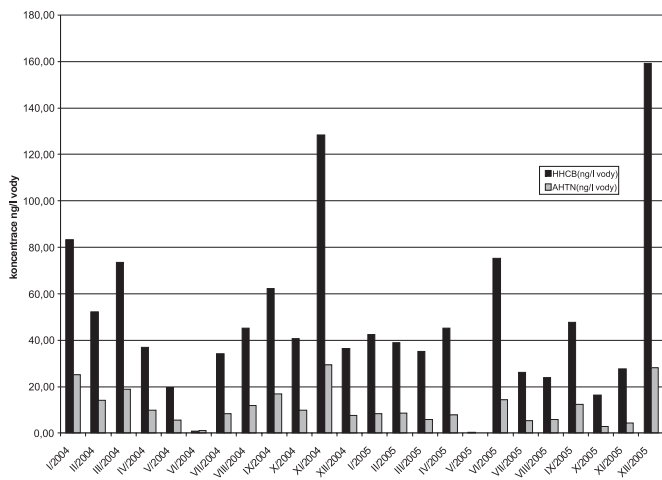
Strukturní vzorec	Sumární vzorec	Chemický název (Akronym)	Obchodní název	CAS No.
	C ₁₂ H ₁₅ N ₃ O ₆	1- <i>tert</i> -butyl-3,5-dimethyl-2,4,6-trinitrobenzen (MX)	Musk xylen	81-15-2
	C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O ₅	4-acetyl-1- <i>tert</i> -butyl-3,5-dimethyl-2,6-dinitrobenzen (MK)	Musk ketone	81-14-1
	C ₁₃ H ₁₈ N ₂ O ₄	1- <i>tert</i> -butyl-2,6-dinitro-3,4,5-trimethylbenzen	Musk tibetene	145-39-1
	C ₁₂ H ₁₆ N ₂ O ₅	1- <i>tert</i> -butyl-3,5-dinitro-2-methoxy-4-methylbenzen	Musk ambrette	83-66-9
	C ₁₄ H ₂₀ N ₂ O ₄	4,6-dinitro-1,1,3,3,5-pentamethylindan	Musk moskene	116-66-5

Tabulka 2. Polycyklické mošusové vonné látky

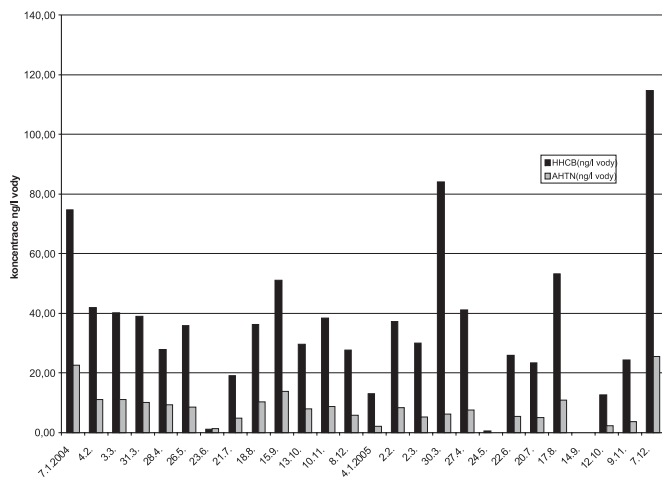
Strukturní vzorec	Sumární vzorec	Chemický název (Akronym)	Obchodní název	CAS No.
	C ₁₈ H ₂₆ O	1,3,4,6,7,8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta[g]-2-benzopyran (HHCB)	Galaxolide® Abbalide® Pearlide®	1222-05-5
	C ₁₈ H ₂₆ O	1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthalenyl)ethanone (AHTN)	Tonalide® Fixolide®	1506-02-1 21445-77-7
	C ₁₇ H ₂₄ O	1-[6-(1,1-dimethylethyl)-2,3-dihydro-1,1-dimethyl-1H-inden-4-yl]ethanone (ADBI)	Celestolide® Crysolide®	13171-00-1
	C ₁₇ H ₂₄ O	1-(2,3-dihydro-1,1,2,3,3,6-hexamethyl-1H-inden-5-yl)ethanone (AHDl)	Phantolide®	15325-35-0
	C ₁₄ H ₂₂ O	1,2,3,5,6,7-hexahydro-1,1,2,3,3-pentamethyl-4H-inden-4-one (DPMI)	Cashmeran®	33704-61-9
	C ₁₈ H ₂₆ O	1-(3-ethyl-5,6,7,8-tetrahydro-5,5,8,8-hexamethyl-2-naphthalenyl)ethanone (ATTN)	Versalide®	88-29-9



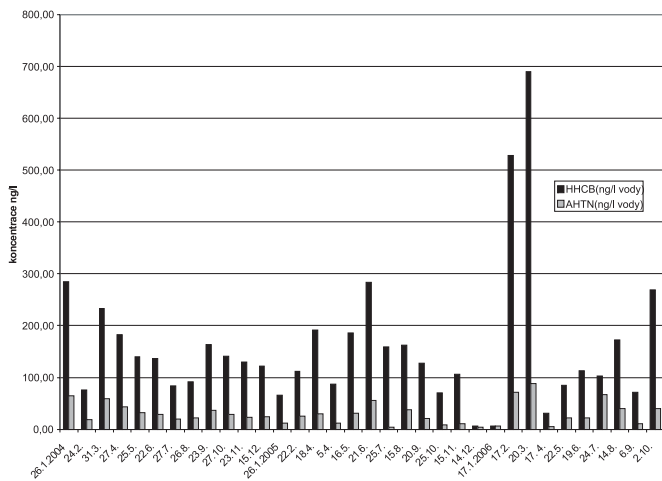
Obr. 2. Nález SML v profilu Lanžhot (Morava)



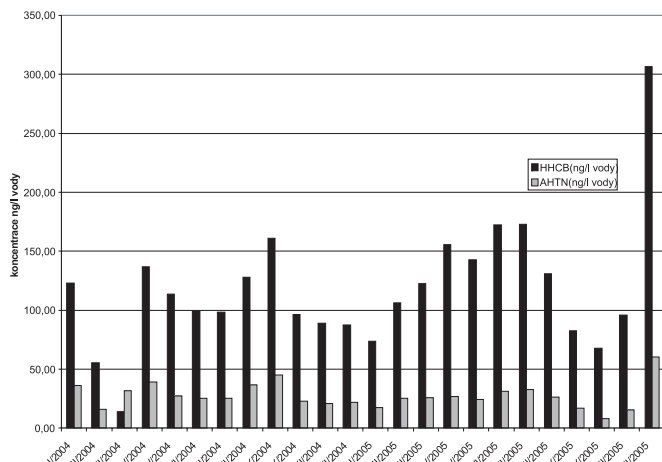
Obr. 3. Nález SML v profilu Libčice (Vltava)



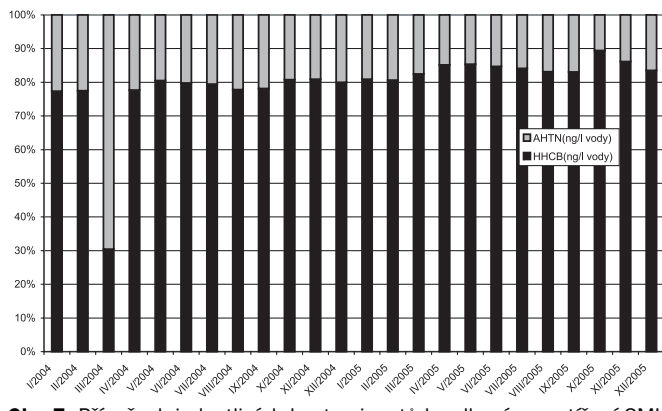
Obr. 4. Nález SML v profilu Zelčín (Vltava)



Obr. 5. Nález SML v profilu Ústí nad Labem (Bílina)



Obr. 6. Nález SML v profilu Rajhrad (Svratka)



Obr. 7. Příspěvek jednotlivých kontaminantů k celkovému zatížení SML v profilu Rajhrad (Svratka)

koncentrace galaxolidu nalezena v řece Bílině v profilu Ústí nad Labem (284 ng.l⁻¹), tonalidu v Labi v Děčíně (93 ng.l⁻¹) a musk ketonu rovněž v řece Bílině v profilu Ústí nad Labem (8,2 ng.l⁻¹). V roce 2005 byly nejvyšší koncentrace galaxolidu, tonalidu i musk ketonu nalezeny v řece Svratce v profilu Rajhrad (306 ng.l⁻¹, 60 ng.l⁻¹ a 19 ng.l⁻¹). Některé další výsledky jsou uvedeny na obr. 2–6.

Ze získaných výsledků je vidět plošné zatížení vodních toků polycyklickými mošusovými látkami (HHCB a AHTN). Příspěvek galaxolidu (HHCB) k celkovému znečištění povrchových vod SML je v průměru 80 %. Tento stav pro profil Rajhrad znázorňuje obr. 7. V ostatních profilech je situace obdobná. Nitromošusové sloučeniny se vyskytují spíše ojediněle, např. v profilu Ústí nad Labem na řece Bílině. To odpovídá i trendu v používání jednotlivých typů mošusových látek. Použití nitromošusových látek klesá; vzhledem ke svým vlastnostem (vysoký akumulační potenciál v biologických systémech [7, 12, 13]) jsou postupně nahrazovány polycyklickými mošusovými látkami. V Japonsku je jejich použití v kosmetice zakázáno. Ve Spojených státech amerických jsou nitromošusové látky stále použí-

vány, ale nesmějí být součástí přípravků, u kterých je nebezpečí orálního požití (např. rtěnky).

Syntetické mošusové látky jsou typickým představitelem komunálního znečištění vodních toků, někteří autoři je doporučují používat jako indikátor tohoto typu znečištění [14, 15]. Na jednotlivých tocích se výrazně projevuje vliv městských aglomerací. Vliv Prahy na znečištění Vltavy těmito polutanty lze zaznamenat ve vltavském profilu Libčice. Na Moravě se výrazně projevuje vliv městské aglomerace (Brno) na znečištění řeky Svratky v profilu Rajhrad.

Závěr

Syntetické mošusové látky, především galaxolid a tonalid, byly nalezeny až na výjimky ve všech analyzovaných vzorcích povrchových vod. Znečištění je v průměru z 80 % způsobeno galaxolidem (HHCB) a z 20 % tonalidem (AHTN). Příspěvek ostatních mošusových látek je zanedbatelný. V současné době jsou SML jedním z parametrů sledovaných v rámci Situačního monitoringu chemického a ekologického stavu povrchových vod.

Literatura

- [1] Baur, A. Studien über den künstlichen Moschus. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 24, 1891, 2823.
- [2] Gatermann, R., Hellou, J., Huehnerfuss, H., Rimkus, G., and Zitzko, V. Polycyclic and nitromusk in the environment: A comparison between Canadian and European aquatic biota. *Chemosphere*, 38, 1999, 14, 3431–3441.
- [3] Yamagishi, T., Niyazaki, T., Horii, S., and Kaneko, S. Identification of musk xylene and musk ketone in freshwater fish collected from the Tama river, Tokyo. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 26, 1981, 656–662.
- [4] Yamagishi, T., Niyazaki, T., Horii, S., and Akiyama, K. Synthetic musk residues in biota and water from Tama river and Tokyo bay (Japan). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 12, 1983, 83–89.
- [5] Hahn, J. Untersuchungen zum Vorkommen von Moschus-xylol in Fischen. *Deut. Lebensm.-Rundsch.*, 89, 1993, 175–177.
- [6] Gatermann, R., Huehnerfuss, H., Rimkus, G., Wolf, M., and Franke, S. The distribution of nitrobenzene and other nitroaromatic compounds in North Sea. *J. Mar. Pollut. Bull.*, 30, 1995, 221–227.
- [7] Rimkus, GG. and Wolf, M. Nitro musk fragrances in biota from freshwater and marine environment. *Chemosphere*, 30, 1995, 641–651.
- [8] Rimkus, GG., Rimkus, B., and Wolf, M. Nitromusk in human adipose tissue and breast milk. *Chemosphere*, 29, 1994, 421–432.
- [9] Liebl, B. and Ehrenstorfer, S. Nitro musks in human milk. *Chemosphere*, 27, 1993, 2253–2260.
- [10] Mueller, S., Schmid, P., and Schlatter, CH. Occurrence of nitro and non-nitro benzoid musk compounds in human adipose tissue. *Chemosphere*, 33, 1996, 1, 17–28.
- [11] Rimkus, GG., Butte, W., and Zeyer, HJ. Critical considerations on the analysis and bioaccumulation of musk xylene and other synthetic nitromusks in fish. *Chemosphere*, 35, 1997, 1497–1507.
- [12] VaV 650/03/00 Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR, dílčí úkol Výzkumný monitoring vybraných nebezpečných látek v povrchových a podzemních vodách ČR. Zadavatel: Český hydro-meteorologický ústav, Praha, 2003.
- [13] Rimkus, G., Brunn, H. Synthetische Moschusduftstoffe – Anwendung, Anreicherung in der Umwelt und Toxikologie – Teil 1. Herstellung, Anwendung, Vorkommen in Lebensmitteln, Aufnahme durch den Menschen. *Ernaehrungs-Umschau*, 43, 1996, 442–449.
- [14] Fromme, H., Otto, T., Pilz, K., and Neugebauer, F. Levels of synthetic musks, bromocyclene and PCB in eel (*Anguilla anguilla*) and PCBs in sediment samples from some waters of Berlin/Germany. *Chemosphere*, 39, 1999, 10, 1723–1735.
- [15] Heberer, T., Gramer, S., and Stan, HJ. Occurrence and distribution of organic contaminants in the aquatic system in Berlin. Part III: Determination of synthetic musks in Berlin surface water applying solid-phase microextraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Acta hydrochim. Hydrobiol.*, 27, 1999, 3, 150–156.

Poděkování

Data zpracovaná v tomto příspěvku byla naměřena pro ČHMÚ, kterému děkují za jejich poskytnutí.

Ing. Věra Očenášková, Ing. Danica Pospíchalová
VÚV T.G.M., v.v.i., Praha
vera_ocenaskova@vuv.cz, danica_pospichalova@vuv.cz
Lektoroval Ing. František Pudil, CSc., říjen 2007

Key words

surface waters, synthetic musk compounds, galaxolide (HHCB), tonalide (AHTN)

Synthetic musk compounds in surface waters in the Czech Republic (Očenášková, V., Pospíchalová, D.)

Occurrence of synthetic musk compounds in surface waters in the Czech Republic was confirmed. Synthetic musk compounds were found in most of the analysed samples of surface water. The highest levels of these contaminants were found in the waters below big towns.

REDUKCE MIKROBIÁLNÍHO ZNEČIŠTĚNÍ ALTERNATIVNÍMI ZPŮSOBY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Dana Baudišová

Klíčová slova

eliminace mikrobiálního znečištění, termotolerantní koliformní bakterie, enterokoky, *Escherichia coli*, stabilizační nádrže, kořenové čistírný odpadních vod, zemní filtry

Souhrn

Eliminace mikrobiálního znečištění alternativními způsoby čištění odpadních vod byla sledována na 11 lokalitách (šest biologických rybníků a stabilizačních nádrží, tři zemní filtry a dvě kořenové čistírny), které sloužily pro čištění odpadních vod v malých obcích (100–800 EO). Stanoveny byly termotolerantní koliformní bakterie, *E. coli* a enterokoky. Eliminace hygienicky významných mikroorganismů byla ve většině případů vyšší než 99 % a hodnoty mikroorganismů v odtocích byly v zásadě srovnatelné s hodnotami v odtocích z konvenčních ČOV o stejné velikosti. Nejlepší výsledky eliminace mikrobiálního znečištění byly dosaženy v letním období ve stabilizačních nádržích.

V rámci projektu „Možnosti využití extenzivních způsobů zlepšování kvality vod ke snížení znečištění v povodí“ byla studována možnost eliminace hygienicky významných bakterií v malých obcích (100–800 EO) alternativními způsoby čištění. Mezi tyto alternativní způsoby čištění odpadních vod patří kořenové čistírny odpadních vod, zemní filtry a stabilizační nádrže (biologické rybníky). Dosud jsou nejvíce studovány kořenové ČOV, ostatní způsoby čištění pak výrazně méně.

Sledování změn počtu hygienicky významných mikroorganismů se již postupně stává běžnou součástí hodnocení účinnosti čistírenských technologií. Cílem tohoto příspěvku není hodnotit účinnost čištění v jednotlivých lokalitách, ale ukázat možnosti eliminace mikrobiálního znečištění alternativními způsoby čištění odpadních vod. Součástí měření byly i analýzy fyzikální a chemické, souborné hodnocení bude provedeno v jiném příspěvku.

Biologické rybníky a stabilizační nádrže

Biologické rybníky a stabilizační nádrže se od ostatních čistírenských technologií liší zejména velkým vlivem činnosti mikroskopických řas, a proto se tyto procesy spíše podobají procesům samočištění ve znečištěných jezerech, nádržích apod. (Pearson, 2005). Zároveň jsou čistící procesy náročnější na prostor a čas a mnohem méně kontrolovatelné (hlavní vliv má teplota, predace prvoků a dalších organismů, sedimentace, UV záření atd.). Biologické rybníky a stabilizační nádrže bývají studovány především z hlediska dočištění odpadních vod (hygienizace odtoků). Experimentální práce (Barbagallo et al., 2003; Mascher et al., 2003) prokázaly, že největší vliv na eliminaci mikrobiálního znečištění má sluneční světlo (rychlost redukce se významně zvyšuje s intenzitou radiace). Srovnání účinnosti redukce mikroorganismů a parazitického prvoka *Giardia lamblia* v mechanicko-biologické komunální ČOV a v biologických rybnících předkládají němečtí autoři Tagliarini a Ecker (1997). Surová odpadní voda přitékající do mechanicko-biologické ČOV byla více kontaminována než odpadní voda přitékající do biologického rybníka, nicméně v obou případech byla zaznamenána redukce o dva až pět řádů.

Kořenové čistírny odpadních vod

Kořenové čistírny odpadních vod jsou z alternativních způsobů čištění odpadních vod studovány nejvíce. V Německu se mikrobiální diverzitou a přežíváním enterobakterií v šesti pilotních kořenových ČOV zabývali autoři Vacca et al. (2005). Zjistili snížení heterotrofních mikroorganismů a koliformních bakterií o 1,5 až 2,5 řádu. V Nizozemsku studovali kořenové ČOV s vertikálním prouděním autoři Meuleman et al. (2003). Systém obsahoval vegetaci *Phragmites australis* a čistil odpadní vody z rekreační oblasti. Během procesu byla eliminována téměř všechna *E. coli* a F-specifické RNA bakteriofágy (> 99 %). V další práci (Toet et al., 2005) jsou předloženy výsledky studia kořenové čistírny s povrchovým prouděním (*Phragmites australis* a *Typha latifolia*). Tento systém mokřadů redukoval 92 % fekálních koliformních bakterií. Ve Španělsku studovali HMAE systém (Hierarchical Mosaic of Aquatic Ecosystem), původně vyvinutý v Belgii, k čištění městských odpadních vod. Systém odboural kromě jiného i 99,99 % fekálních bakterií. Angličtí autoři Perkins a Hunter (2000) zjistili ve čtyřech paralelních kořenových ČOV s převažujícím porostem *Typha* sp. eliminaci střevních bakterií v 85–94 %.

V České republice se problematikou kořenových čistíren odpadních vod dlouhá léta zabývala pracovní skupina Ing. Vymazala (dnes firma ENKI). V letech 1996–1997 studovali (Vymazal aj., 2001a) tři kořenové ČOV s podpovrchovým horizontálním prouděním (komunální o velikosti

150, 200 a 300 EO). Detekovali více než 70 druhů bakterií, améb, sinic, řas a prvoků se saprobiologickou informací. V průběhu čištění se zlepšila kvalita o dva až tři řády. V roce 1998–1999 byla studována kořenová ČOV Nučice o velikosti 650 EO (Vymazal aj., 2001b) s nárůstem chrstice rákosovitě (*Phalaris arundinaceae*) a rákosu obecného (*Phragmites australis*). Tato ČOV odstraňovala mezofilní bakterie v 98,6 %, psychrofilní bakterie v 97,5 %, koliformní bakterie v 99,3 %, anaerobní bakterie v 98,3 % a fekální streptokoky (enterokoky) v 99,8 %. Bylo zjištěno, že hlavní krok odstraňování bakterií je v prvních metrech a že je více bakterií na kořenech *Phragmites* než *Phalaris*. Nebyly zaznamenány žádné významné sezonní výkyvy.

Čistírenské technologie založené na zemních filtrech

Publikací týkajících se technologie založené na zemních filtrech je velmi málo. Se samostatnou prací týkající se eliminace mikrobiálního znečištění pomocí této technologie jsme se dosud nesetkali.

Metody mikrobiologických analýz

Termotolerantní (fekální) koliformní bakterie byly stanoveny metodou podle normy TNV 75 7835 (mFC agar, kultivace 24 hodin při 44 °C), *Escherichia coli* byla stanovena mezi termotolerantními koliformními bakteriemi na základě aktivity enzymu β-D-glukuronidázy (fluorogenní substrát, norma TNV 75 7835) a intestinální enterokoky podle normy ČSN EN ISO 7899-2 (SB agar, kultivace 48 hodin při 37 °C, konfirmace na žluč-eskulin-azidovém médiu). Koliformní bakterie nebyly vzhledem k možnému pomnožení během 24 hodin ve vzorcích odpadních vod stanoveny.

Charakteristika studovaných lokalit

Pro stabilizační nádrže a biologické rybníky je charakteristika uvedena v tabulce 1, pro zemní filtry a kořenové čistírny odpadních vod v tabulce 2.

Výsledky stanovení

Na všech studovaných lokalitách bylo provedeno dvakrát 24hodinové sledování (vzorkování ve dvouhodinových intervalech) v různých ročních obdobích. Biologické rybníky a stabilizační nádrže byly vzorkovány v lednu až únoru 2006 („zima“) a v červenci 2006 („léto“), zemní filtry a kořenové čistírny odpadních vod byly kromě ČOV Vyskytná (rekonstrukce) vzorkovány v květnu 2006 („jaro“), v září až říjnu 2006 („podzim“) a v únoru 2007 („zima“). Nutno připomenout, že zimy roku 2006 a 2007 se výrazně lišily. Byly stanoveny hodnoty v přítoku (směsný vzorek), odtoku (prosté a směsné vzorky) a v dílčích (např. předčištění) mezistupních (pokud existují). Mimo to bylo v průběhu let 2006–2007 odebráno na každé lokalitě sedm až deset prostých vzorků z odtoku, což je dostatečný počet nezbytný pro hodnocení podle Přílohy A normy ČSN EN ISO 19458.

Průměrné hodnoty mikrobiologických ukazatelů v surové odpadní vodě (na přítoku) byly 10⁴ ktj.ml⁻¹ termotolerantních koliformních bakterií, 10³ ktj.ml⁻¹ *E. coli* a 10³ ktj.ml⁻¹ enterokoků, což je více než o řád méně, než jsou hodnoty zjištěné na přítocích velkých ČOV (Baudišová aj., 2007). Množství přítékajících odpadních vod významně ovlivňují balastní vody, kterých může být až 70 %. Dále bylo zjištěno, že předčištění má jen minimální vliv na redukci počtu hygienicky významných bakterií. Výsledky eliminace mikrobiálního znečištění a hodnoty mikrobiologických ukazatelů v odtocích jsou uvedeny v tabulkách 3–6.

Hodnocení výsledků a diskuse

I přes nižší počty hygienicky významných mikroorganismů v surové odpadní vodě byla zaznamenána jejich relativně vysoká eliminace (ve většině případů přes 99 %), což je ve shodě i s řadou autorů (viz úvodní kapitoly). Vzhledem

Tabulka 1. Stabilizační nádrže a biologické rybníky

	Počet připojených EO	Předčištění	Biologické čištění
Ločnice/Nesměň	110	prostá usazovací nádrž	biologický rybník
Soběnov	178	septiky u jednotlivých nemovitostí	biologický rybník
Kobylice	130	septiky u jednotlivých nemovitostí, zemní usazovací nádrž	biologický rybník, nebyl projektován jako SN, je pouze tak využíván
Malonty	868	lapák písku, štěrbínová nádrž	2krát stabilizační nádrž, povrchový aerátor
Český Rudolec (dále ČR)	785	štěrbínový lapák písku LPŠ s jemnými česlemi, štěrbínová nádrž ŠN 20/70	2krát stabilizační nádrž, aerace v 1. SN (v zimě mimo provoz)
Staré město pod Landštejnem (dále SMPL)	554	štěrbínový lapák písku ŠN 35/175	2krát stabilizační nádrž, plovoucí aerace

Tabulka 2. Zemní filtry a kořenové čistírny odpadních vod

	Počet obyvatel	Předčištění	Biologické čištění
Ládví	178	lapák písku, česle, štěrbínová nádrž	zemní filtr
Vyskytná	500	štěrbínová nádrž	zemní filtr
Sv. Jan	72	česle, štěrbínová nádrž	dvě kořenové pole zapojená paralelně; <i>Phalaris arundinaceae</i> , <i>Phragmites australis</i>
Tachov u Doks – KČOV	není k dispozici	česle, štěrbínová nádrž	kořenové pole; <i>Phalaris arundinaceae</i>
Tachov u Doks – ZF	62	lapák tuků, česle, štěrbínová nádrž	zemní filtr

k velkému ovlivňování surové odpadní vody balastními vodami a s tím souvisejícím kolísáním počtů hygienicky významných mikroorganismů na přítoku je pro srovnávání kvality čištění odpadních vod alternativními způsoby vhodnější sledovat počty mikroorganismů v odtocích než jejich relativní úbytek.

Počty hygienicky významných mikroorganismů v odtocích se na jednotlivých lokalitách výrazně lišily. Z biologických rybníků a stabilizačních nádrží byly nejlepší výsledky čištění dosahovány na lokalitách Český Rudolec (ČR) a Staré Město pod Landštejnem (SMPL); z druhého souboru lokalit (kořenové ČOV a zemní filtry) byly lepší výsledky zaznamenány u kořenových čistíren odpadních vod Tachov u Doks a Sv. Jan než u technologií založených na zemních filtrech (zejména na lokalitách Vyskytná a Tachov u Doks byly zaznamenány absolutně nejhorší výsledky). Pokud jde o srovnání kvality čištění odpadních vod na základě hodnocení počtů hygienicky významných mikroorganismů v odtocích, tak v případě, že vyloučíme obě extrémně špatné lokality Vyskytná a Tachov u Doks (zemní filtr), jsou výsledky dobře srovnatelné s klasickými ČOV o stejné velikosti (Baudišová a Hrubý, 2006; Baudišová aj., 2007), v některých případech jsou i výrazně lepší. Pro toto srovnání bylo sledováno šest čistíren s konvenční technologií (biologické čištění) o počtu napojených

Tabulka 3. Eliminace mikrobiálního znečištění v biologických rybnících a stabilizačních nádržích – 24hodinové analýzy; uvedeny jsou minimální a maximální hodnoty na odtocích během 24hodinového cyklu (v ktj.ml⁻¹), variační koeficient (relativní směrodatná odchylka) a relativní účinnost eliminace mikroorganismů

		Termotolerantní koliformní bakterie				Enterokoky			
		Min	Max	Varkoef	Účinnost	Min	Max	Varkoef	Účinnost
Ločnice	zima	220	410	18 %	70 %	120	240	20 %	32 %
	léto	139	329	23 %	> 99,9 %	40	192	37 %	77 %
Soběnov	zima	72	280	29 %	98 %	2	12	61 %	> 99,9 %
	léto	194	504	27 %	67 %	14	118	41 %	90 %
Kobylice	zima	60	180	36 %	^x	24	86	35 %	^x
	léto	0	5	364 %	> 99,9 %	0	20	120 %	99,75 %
Malonty	zima	784	1 072	10 %	98,14 %	292	528	17 %	91,82 %
	léto	0	2	234 %	> 99,9 %	0	12	346 %	99,75 %
ČR	zima	20	76	44 %	99,17 %	14	50	40 %	98,8 %
	léto	0	8	104 %	99,83 %	0	14	145 %	> 99,9 %
SMPL	zima	42	140	29 %	99,82 %	22	60	30 %	94 %
	léto	0	4	160 %	> 99,9 %	0	0	-	100 %

^x Nešlo stanovit, neboť byl velice ředěný přítok.

Tabulka 4. Výsledky stanovení indikátorů fekálního znečištění v odtocích z biologických rybníků a stabilizačních nádrží – prosté vzorky; uvedeny jsou minimální a maximální hodnoty, aritmetický průměr všech hodnot a hodnota mediánu (vše v ktj.ml⁻¹)

		Termotolerantní koliformní bakterie	Escherichia coli	Enterokoky
Ločenice	Min	110	44	1
	Max	3400	400	360
	Průměr	603	166	80
	Medián	250	100	18
Soběnov	Min	120	75	4
	Max	5400	4000	700
	Průměr	1274	884	162
	Medián	690	440	80
Kobylce	Min	0	0	0
	Max	680	320	260
	Průměr	201	91	61
	Medián	150	40	12
Malonty	Min	0	0	0
	Max	1300	700	360
	Průměr	272	149	89
	Medián	200	80	40
ČR	Min	0	0	0
	Max	260	160	100
	Průměr	58	36	18
	Medián	15	6,5	1
SMPL	Min	0	0	0,1
	Max	180	120	38
	Průměr	51	30	9
	Medián	24	6,5	4,5

Tabulka 5. Eliminace mikrobiálního znečištění v kořenových čistírnách a zemních filtrech – 24hodinové analýzy; uvedeny jsou minimální a maximální hodnoty na odtocích během 24hodinového cyklu (v ktj.ml⁻¹), variační koeficient (relativní směrodatná odchylka) a relativní účinnost eliminace mikroorganismů

		Termotolerantní koliformní bakterie				Enterokoky			
		Min	Max	Varkoef	Účinnost	Min	Max	Varkoef	Účinnost
Ládví	zima	26	74	33 %	98,75 %	82	190	31 %	98,44 %
	jaro	30	376	99 %	99,43 %	6	152	113 %	99,25 %
	podzim	4	1260	160 %	99,82 %	2	1040	185 %	99,5 %
Vyskytná	zima	1680	4600	32 %	98,45 %	460	2280	45 %	95,67 %
	podzim	1100	1400	9 %	99,82 %	270	790	32 %	96 %
Sv. Jan	zima	2	12	56 %	99,99 %	0	6	128 %	99,8 %
	jaro	0	12	104 %	> 99,9 %	0	8	143 %	> 99,9 %
	podzim	2	30	93 %	> 99,9 %	0	12	131 %	99,9 %
Tachov KČOV	zima	6	72	73 %	99,95 %	4	42	66 %	67 %
	jaro	20	75	58 %	99,88 %	85	200	22 %	99,86 %
	podzim	90	372	38 %	99,74 %	36	64	21 %	99,88 %
Tachov ZF	zima	136	7120	104 %	90 %	130	2930	98 %	94,46 %
	jaro	> 1160	> 1160	-	98,44 %	148	344	24 %	96,75 %
	podzim	414	3066	58 %	98,13 %	20	560	96 %	98,5 %

Tabulka 6. Výsledky stanovení indikátorů fekálního znečištění v odtocích z kořenových čistíren a zemních filtrů – prosté vzorky; uvedeny jsou minimální a maximální hodnoty, aritmetický průměr všech hodnot a hodnota mediánu (vše v ktj.ml⁻¹)

		Termotolerantní koliformní bakterie	Escherichia coli	Enterokoky
Ládví	Min	55	40	12
	Max	2800	1500	800
	Průměr	718	440	225
	Medián	335	175,5	50
Vyskytná	Min	140	100	90
	Max	28 000	28 000	9000
	Průměr	7349	4824	2044
	Medián	4000	1400	780
Sv. Jan	Min	3	2	0
	Max	80	70	460
	Průměr	29	21	51
	Medián	10	6,5	3
Tachov KČOV	Min	2	2	2
	Max	280	200	340
	Průměr	69	46	50
	Medián	18	12	13
Tachov ZF	Min	100	30	8
	Max	30 000	20 000	8800
	Průměr	7533	5749	1969
	Medián	3550	2500	490

EO od 205 do 748. Každá tato čistírna odpadních vod byla vzorkována třikrát (prosté vzorky). Eliminace jednotlivých indikátorů fekálního znečištění byla vždy větší než 99 % a průměrné hodnoty na odtocích byly 223 až 1260 ktj.ml⁻¹ (termotolerantní koliformní bakterie) a 64 až 120 ktj.ml⁻¹ (enterokoky).

Při analýzách prostých vzorků odebraných při sledování lokalit s alternativním způsobem čištění odpadních vod v průběhu 24hodinového sledování (po dvou hodinách) nebylo zaznamenáno žádné významné kolísání v průběhu 24 hodin a výsledky byly velmi homogenní (tabulka 3 a 5). Běžně bylo dosahováno variačního koeficientu (relativní směrodatná odchylka) mezi bodovými vzorky 30 %, vyšší variační koeficient se vyskytoval většinou v souvislosti s nízkými počty mikroorganismů (< 10 ktj).

V případě kořenových ČOV a zemních filtrů nebyly zaznamenány výrazné sezonní rozdíly, u biologických rybníků (stabilizačních nádrží) byly podle očekávání dosaženy lepší výsledky eliminace hygienicky významných mikroorganismů v letním období. V některých případech (Kobylce, Malonty, ČR, SMPL) se hodnoty termotolerantních koliformních bakterií, *E. coli* a enterokoků v odtocích pohybovaly dokonce pod hranicí meze detekce (5 ktj.ml⁻¹).

Zpracováno s podporou výzkumného záměru MZP0002071101.

Literatura

Ansola, G., Gonzales, JM., Cortijo, R., and de Luis, E. Experiment and full-scale pilot plant constructed wetlands for municipal wastewater treatment. *Ecological engineering*, 21, 2003, p. 43–52.

Barbagallo, S., Brissaud, F., Cirelli, GL., Consoli, S., and Xu, P. Modelling of bacterial removal in wastewater storage reservoir for irrigation purposes: a case study in Sicily, Italy. *Wat. Sci. Tech.: Water Supply* 3, 2003, No. 4, p. 169–175.

Baudišová, D., Benáková, A. a Kučera, T. Mikrobiologické analýzy odpadních vod a eliminace mikrobiálního znečištění biologickým čištěním.

In Růžičková, I. a Wanner, J. (eds) Sborník přednášek ze 7. mezinárodní konference a výstavy „Odpadní vody 2007“, Brno 18.–20. 9. 2007, s. 129–134. ISBN 978-80-239-9618-0.

Baudišová, D. a Hruby, T. Výsledky mikrobiologických měření na pražských čistírnách odpadních vod. In Zbořilová, J. aj. (eds) Sborník přednášek konference s mezinárodní účastí Optimalizace návrhu a provozu stokových sítí a ČOV Městské vody 2006, Kulturní dům Břeclav, 5.–6. 10. 2006, s. 327–330.

ČSN EN ISO (75 7801) Jakost vod – odběr vzorků pro mikrobiologickou analýzu, 2007.

Fleischer, J., Schlafmann, K., Otchwemah, R., and Botzenhart, K. Elimination of enteroviruses, other enteric viruses, F-specific coliphages, somatic coliphages and *E. coli* in four sewage treatment plants of southern Germany. *Journal of Water Supply: Research and technology – AQUA Online* /49.3/2000, p. 127–138.

Mascher, F., Deller, S., Pichler-Semmelrock, FP., Roehm, S., and Marth, E. The significance of sunlight for the elimination of indicator bacteria in small-scale bathing ponds in central Europe. *Wat. Sci. Tech.* 47, 3, 211–213, 2003.

Meuleman, AFM., van Logtestijn, R., Rijs, GBJ., and Verhoeven, JTA. Water and mass budgets of a vertical-flow constructed wetland used for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 20, 2003, p. 31–44.

Pearson, H. Microbiology of waste stabilisation ponds. In Shilton, A. Pond Treatment technology. IWA publ., 2005.

Perkins, J. and Hunter, C. Removal of enteric bacteria in a surface flow constructed wetland in Yorkshire, England. *Wat. Res.* 34, 2000, No. 6, p. 1941–1947.

Pundsack, J., Axler, R., Hicks, R., Henneck, J., Nordman, D., and McCarthy, B. Seasonal Pathogen Removal by Alternative On-Site Wastewater Treatment Systems. *Water Env. Research* 73, 2001, No. 2, p. 204–212.

Tagliareni, F. and Ecker, C. Mikrobielle Reinigungsleistung und Reduktion von Parasiten in einer mechanisch/biologischen Klaranlage und einer Teichklaranlage. *Wasser-Abwasser* 138, 1997, No. 5, p. 255–259.

Toet, S., van Logtestijn, RSP., Schreijer, M., Kampf, R., and Verhoeven, TA. The functioning of a wetland system used for polishing effluent from a sewage treatment plant. *Ecological Engineering* 25, 2005, No. 1, p. 101–124.

Vacca, G., Wand, H., Nikolausz, M., Kusch, P., and Kastner, M. Effect of plants and filter materials on bacteria removal in pilot-scale constructed wetlands. *Wat. Res.* 36, 2005, p. 1361–1373.

Vymazal, J., Sládeček, V. a Stach, J. Biota participating in wastewater

treatment in a horizontal flow constructed wetland. *Wat. Sci. Tech.* 44, 2001a, No. 11–12, p. 211–214.

Vymazal, J., Balcarová, J. a Doušová, H. Bacterial dynamics in the sub-surface constructed wetland. *Wat. Sci. Tech.* 44, 2001b, No. 11–12, p. 207–209.

Key words

elimination of microbial pollution, thermotolerant coliforms, enterococci, *Escherichia coli*, waste stabilisation ponds, constructed wetlands, land filter

Reduction of microbial pollution by alternative ways of wastewater treatment (Baudišová, D.)

The elimination of microbial pollution by alternative ways of was-

tewater treatment was tested at 11 localities (six waste stabilisation ponds, three land filters and two constructed wetlands), which served for the wastewater treatment at small villages (100-800 PE). Faecal (thermotolerant) coliforms, *Escherichia coli* and intestinal enterococci were detected. The elimination of hygienically important microorganisms was in most cases higher than 99% and the values of microorganisms in effluents were mostly comparable with the values in effluents from the conventional wastewater treatment plants (of comparable size). The best results were achieved in summer time in waste stabilisation ponds.

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D.

ÚV TG.M., v.v.i.

dana_baudišova@vuv.cz

Lektoroval Ing. Jan Vymazal, listopad 2007

ČESKO-POLSKÁ SPOLUPRÁCE NA HRANIČNÍCH VODÁCH

Jaroslava Procházková

Klíčová slova

vnitrosudetská pánev, přeshraniční útvar podzemních vod, proudění podzemní vody, monitoring podzemních a povrchových vod, matematické modelování proudění podzemní vody

Souhrn

V roce 1976 byla v rámci aparátu zmocněnců vlád ČR a PR pro spolupráci v oblasti vodního hospodářství na hraničních vodách ustavena dočasná čs.-polská pracovní skupina expertů pro hraniční podzemní vody. Během několikaletého průběhu prací bylo dosaženo úzké spolupráce, a to i přes rozdíly v názorech na možnosti vzájemného nepříznivého ovlivnění vodárenským využíváním podzemních vod na té či oné straně státní hranice. Práce zahrnovaly řešení geologické stavby, hydrogeologických a hydrologických poměrů, monitoring podzemních a povrchových vod, matematické modelování proudění podzemní vody, hydrologickou bilanci a návrh dalších prací pro efektivní využívání zdrojů vody a vymezení přeshraničních útvarů podzemních vod.

Podnětem k mezinárodní spolupráci na hraničních vodách v regionu vnitrosudetské pánve byla realizace „Regionálního hydrogeologického průzkumu Polické křídové pánve“, řešeného v letech 1972–1975, jehož finanční krytí bylo zajištěno ze státního rozpočtu (prostřednictvím sektoru vodního hospodářství). Zadaním řešené problematiky bylo přehodnocení hydrogeologických poměrů s cílem vyhodnotit využitelné zásoby podzemních vod do kategorie C1–B. Úkolem bylo doplnit síť hydrogeologických vrtů, provést podrobná hydrologická šetření a pro řešení bilanční otázky a ověření kvality podzemní vody realizovat dlouhodobou komplexní čerpací zkoušku v trvání šesti měsíců z vybraných hydrogeologických objektů v celé pánvi se zjištěním dosahu depresních účinků.

Studovaná oblast se rozkládá v polsko-českém pohraničním pásmu mezi Kamiennou Górą, Wałbrzychem a Kudowou na polské straně a Trutnovem, Broumovem a Náchodem na české straně. Zahrnuje centrální část vnitrosudetské pánve charakteristické příznivými podmínkami výskytu prostých i minerálních vod léčivého charakteru. Systém oběhu vod je v současnosti velmi ovlivněný již staletí fungujícím odvodněním wałbrzyšské a noworudské uhelné pánve na polské straně a dolu Kateřina v oblasti Žacléře na české straně, a mimo to i důsledky dlouholetého procesu využívání zdrojů podzemních vod k zásobování obyvatel pitnou vodou i průmyslovým účelům (výroba piva, stolních vod, nápojů a šťáv, textilní průmysl).

Rozhodující pro vymezení území průzkumu byla hydrogeologická a hydrologická problematika ochrany podzemních vod svrchní křídvy v prostoru polické pánve na české straně a kudovské kotliny, krzeszówské pánve a povodí Stěnavy na straně polské.

Zájmové území bylo stanoveno v oblasti Police nad Metují–Kudowa Zdrój (OPKu), Krzeszów–Adršpach (OKRa) a povodí horní a střední Stěnavy (OS).

Analýza hydrostrukturálního a hydrodynamického uspořádání prokázala, že jde o společnou polsko-českou přeshraniční strukturu podzemních vod, která je členěna zejména s ohledem na průběh státní hranice. Území průzkumů se nachází ve Středních Sudetech mezi horami Wałbrzyskimi a Stołowymi v Polsku a Jestřebími horami v Česku.

Polická křídová pánev (jak ji nazval O. Hynie, 1949), která je předmětem dlouhodobé mezinárodní spolupráce na hraničních vodách, se rozkládá v severovýchodních Čechách v Broumovském výběžku při česko-polské státní hranici a vyplňuje centrální část vnitrosudetské pánve. Křídové

sedimenty polické pánve se nacházejí při SV okraji rozlehlé české křídové pánve, od jejíhož hlavního sedimentačního prostoru jsou odděleny výchozy starších, paleozoických hornin – na západě permskými a karbonskými uloženinami Jestřebích hor a na jihu, již v Polsku, severními výběžky krystalinika Orlických hor. Dále se křídové sedimenty vyskytují v českém hronovsko-svatoňovickém příkopu a na něj k JV navazující polské kudovské pánvi v okolí města Kudowa Zdrój. V prostoru polické pánve přesahují křídové sedimenty českou státní hranici do Polska směrem k severu, kde se rozkládá krzeszówská pánev, a k jihovýchodu, kde přecházejí do kladské křídvy.

Přestože polická a krzeszówská pánev tvoří hydrogeologické strukturální jednotky se samostatnými zvodněními rozdělené rozvodím probíhajícím podél státní hranice, existuje možnost proudění a průtoků vody mezi těmito územími. V obou strukturách jsou hlavními cestami intenzivního proudění podzemních vod pásma tektonických poruch. Tato pásma se vyskytují jak v krzeszówské, tak i polické pánvi, přičemž jejich průběh v pásmu státní hranice není dostatečně dokumentován. Ke kontaktům podzemních vod může docházet v oblastech tektonických poruch regionu Łącznej a Zdoňovského potoka a v povodí Stěnavy v oblasti křížení koryta Stěnavy s tektonickým poklesem.

V jihovýchodní části prostoru společného polsko-českého průzkumu byly vymezeny dvě základní strukturálně tektonické jednotky:

- pánev policko-batorówská,
- kotlina kudovsko-hronovská.

Kapacita, průtočnost a především cirkulace podzemních vod jsou závislé na tektonických podmínkách.

S ohledem na odlišnou tektonickou predispozici existuje možnost hydraulických souvislostí mezi strukturami ležícími na polské a české straně. Preferovanými cestami podzemního odtoku jsou zejména pásma podél linií tektonických poruch hronovsko-poříčské, sedmákovického zlomu, žďárského zlomu, flexury Horní Kudowa–Žďárky–Hronov a kudovské kotliny.

Obě strany uznaly, že dosavadní průzkumy umožnily dostatečné poznání geologické stavby širšího zájmového území. K plně shodě však nedošlo při interpretaci geologických poměrů, tektoniky a hydrogeologických podmínek pohraničního pásma. Z toho vyplývá, že nezbytné budou i další vrtné průzkumné práce a podrobná analýza geologické stavby a hydrogeologických parametrů v této části území.

Bilančně řešený prostor na české straně spadá podle hydrogeologické racionace do tří hydrogeologických rajonů. Prvním je rajon 5161, 5162 Dolnoslezská pánev, druhým rajon 4110 Polická pánev a třetím je rajon 4210 Hronovsko-poříčská křídva.

Na polské straně to jsou Hlavní útvary podzemních vod (GZWP) 341 Pánev středosudetská-Kudowa Zdrój-Bystrzyca Kłodzka a 342 Pánev středosudetská-Krzeszów.

Krzeszówská pánev je tvořena komplexem pískovců a slepenců permu, triasu a křídvy, v nichž je formován útvar podzemních vod charakteru průlínovo-puklinového. Nejvýhodnější podmínky jsou v křídovém komplexu v propustných pískovcích cenomanu a turonu. Křídové horninové prostředí je charakterizováno dobrými hydraulickými parametry. Využitelné zásoby podzemních vod v krzeszówské pánvi činí 200 l.s⁻¹.

Polická pánev představuje centrální část rozlehlejší vnitrosudetské pánve, tvořené křídovými a permokarbonskými horninami. Jako celek je vysoce aktivní uzavřenou hydrogeologickou strukturou s významnými využitelnými zásobami podzemních vod. Na vytvoření jednotlivých zvodnění a na jejich charakter má vliv strukturální stavba, tektonika a litologický vývoj. Tyto vlivy způsobují, že v souvrstvích stratigraficky jednotných dochází k rozdílnému zvodnění. Důsledkem toho je, že kromě zákonitého vertikálního členění zde místy existuje i prioritní členění horizontální.

V křídových sedimentech polické pánve je možné definovat řadu hydrogeologických těles vázaných na jednotlivá souvrství s odlišnou litostratigrafií, a tedy i s rozdílnými základními hydrogeologickými vlastnostmi.

Oběh podzemní vody v polické pánvi vytváří trojrozměrný velmi komplikovaný systém, spočívající v kombinaci převážně horizontálního proudění jednotlivými kolektory a vertikálního přetékání napříč mezilehlými izolátory. Míra vertikálního přetékání je dána mocností a mírou nepropustnosti izolátorů a piezometrickými poměry v sousedních kolektorech. V rámci tohoto trojrozměrného proudění dochází k vertikálním „hydraulickým zkratům“ podél zlomů a zlomových zón. Podobný účinek mají i mnohé vrty propojující jednotlivé kolektory.

Charakter proudění podzemní vody v jednotlivých kolektorech i v různých částech polické pánve se liší. V zásadě lze rozlišit regionální a lokální proudění.

Regionální proudění podzemní vody je charakteristické pro rozlehlá území pánve a v jeho rámci lze dobře sledovat pohyb podzemní vody od infiltračních oblastí k zónám regionálního odvodnění (drenáže) podzemní vody. V rozsahu příslušných kolektorů pak existuje hydraulická souvislost, takže může docházet k vzájemnému ovlivnění podzemních vod na velké vzdálenosti.

K lokálnímu proudění podzemní vody dochází především v méně propustných křídových souvrstvích a dále v přípovrchové zóně zvětrávání a rozpuštění izolačních těles.

V polické pánvi je možno vymezit dva zvodněné systémy, tj. celky, v nichž dochází k víceméně uzavřenému cyklu proudění podzemní vody od infiltrace až po drenáž, a které tedy můžeme považovat z bilančního hlediska za prakticky uzavřené. Jsou to severní zvodněný systém, který zaujímá celou severní část polické křídové pánve k jihu až po skalský zlom, a jižní zvodněný systém, který zaujímá jižní část polické pánve, jižně od skalského zlomu. Hranici mezi oběma zvodněnými systémy tedy tvoří skalské poruchové pásmo.

K odvodnění v rámci regionálního proudění dochází v polické pánvi v několika zónách přírodní regionální drenáže podzemní vody. Nejvýznamnější je prostor v Teplicích nad Metují nad skalským zlomem, uplatňující se především jako oblast regionální drenáže bazálního křídového komplexu severního zvodněného systému. Rovněž v Teplicích nad Metují v území jižně od skalského zlomu dochází zřejmě k odvodnění severní části suchodolského zvodněného subsystému. Metujiskému subsystému přísluší dvě odvodňovací centra při JZ okraji polické pánve – při dolním toku Dřevčice a v širším okolí soutokové oblasti Metuje a Židovky. K významnému odvodnění jižní části suchodolského zvodněného subsystému dochází v prostoru Machova, v území přiléhajícím z východu k bělskému zlomu. Nezanedbatelný je prostor přírodního odvodňování do Ledhuye v Polici nad Metují.

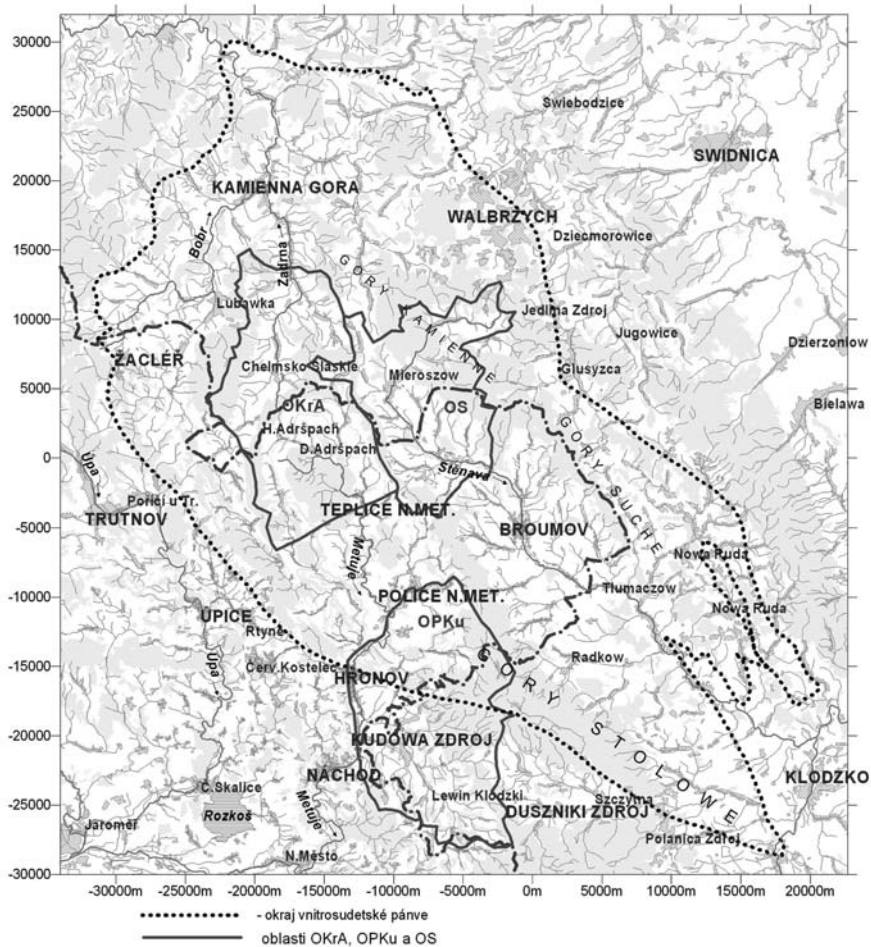
Průměrný dlouhodobý specifický odtok byl pro studované území stanoven J. Krásným (1982) na 5–7 l.s⁻¹.km². Přírodní zdroje podzemních vod pro polickou pánve byly vyčísleny na 1230 l.s⁻¹ (dlouhodobý průměr). Využitelné množství podzemních vod severního zvodněného systému bylo pro teplickou jímací oblast stanoveno Klasifikační komisí zásob v kategorii C1 na 240 l.s⁻¹. V jižním zvodněném systému byly přijaty hodnoty pro dřevčickou jímací oblast 60 l.s⁻¹, polickou jímací oblast 240 l.s⁻¹ a oblast Židovky 90 l.s⁻¹. J. Krásný (1996) doporučil stanovit hodnoty nižší.

Hronovská pánve tvoří téměř rovnostranný trojúhelník mezi Hronovem (Zbečnickem), Žďárkami a soutokem Brlenky a Metuje o délce strany asi 5 km. Na jihovýchodě sedimenty křída pokračují plynule na území Polska do Kudowské pánve. Omezení hronovské křída je na území ČR tektonické.

Nejvýznamnější zvodnění lze předpokládat v okolí okrajové poruchy na jihozápadě území. Podle dosavadních představ hlavní proud podzemní vody z jižního cípu polické pánve zhruba sleduje tok Metuje od soutoku se Židovkou ke Zbečnicku a dále přes Hronov, Velké a Malé Poříčí k Bělovsi. K tomuto hlavnímu proudu podzemní vody se mezi Velkým a Malým Poříčím víceméně kolmo napojuje proud podzemní vody, přitékající z prostoru Kudowa Zdroj.

Hydrogeologická rozvodnice mezi kudowskou a polickou pánví probíhá podél elevace svrchního karbonu po linii od Darnkova, přes obec Pstrážna, Sedmákovice a Zlíčko k Zálesí. Hydrogeologické podmínky jsou zde obdobné jako v pánvi krzeszówké, zvodnění je vázáno na celý komplex krystalinikum – permokarbon – trias – svrchní křída. Významnější je výskytem minerálních vod.

Hlavní hydrogeologické kolektory prostých i minerálních vod jsou



Obr. 1. Situace vnitrosudetské pánve

tvořeny útvary spodního turonu a cenomanu, nicméně v přímé závislosti na tektonickém porušení horninového prostředí.

Minerální vody Kudowské pánve tvoří samostatný útvar, jsou součástí obecného hydrodynamického systému zvodnění svrchní křída, jehož každé narušení povede k uvedeným kvalitativním a kvantitativním změnám prostých i minerálních a léčivých vod.

Odběry prostých vod na polské straně v oblasti Kudowy se v současné době pohybují ve výši cca 3,1 l.s⁻¹, zatímco minerálních vod kolem 4,7 l.s⁻¹.

Jednou ze základních disciplín, nezbytných pro poznání eventuálního vzájemného hydraulického vztahu mezi odběry podzemní vody na jedné straně a režimem podzemních a povrchových vod na straně druhé, je monitorování stavů hladin podzemní vody a průtoků v povrchových tocích.

Na území polické křídové pánve (tj. v České republice) probíhá monitoring kontinuálně od ukončení regionálního hydrogeologického průzkumu „Polické pánve“ od roku 1975, resp. 1976. Byl realizován v několika časových etapách, přičemž se měnil počet sledovaných objektů i frekvence měření.

Základním cílem společného polsko-českého monitoringu vod v příhraničním pásmu v oblastech OPKu, OKrA a OS je poznání vlivu nakládání s velkým množstvím podzemních vod na polské a české straně na kvantitativní a kvalitativní stav v přeshraniční nádrži podzemní vody, na zásoby a jakost minerálních vod s léčivými účinky v oblasti Kudowy, na průtoky v povrchových tocích a vydatnost pramenů, na hydrochemické změny prostých vod, které jsou zdrojem pro zásobování pitnou vodou, a také na přírodní ekosystémy, které jsou na vodě závislé.

Vzhledem k tomu, že hydrogeologické prostředí vnitrosudetské pánve je velmi heterogenní, byl monitoring zaměřen zejména na její hydroproduktivní části, tj. krzeszówskou pánve, polickou pánve a kotlinu Kudowy.

Prezentovaný monitoring patří v rámci Evropy k nejsofistikovanějším systémům pozorování podzemních vod v příhraničním pásmu. Zcela novým fenoménem bylo zavedení unifikace měřících a výpočetních metod, homologace měřících přístrojů, společných měření a cyklických pracovních schůzek skupin expertů, každoročních zpráv, hydrologické bilance a matematického modelování. Nejdůležitější závěry ročních zpráv jsou pravidelně předkládány zmocněncům vlád účastnických států pro otázky hraničních vod prostřednictvím vedoucího pracovní skupiny pro oblast hydrologie, hydrogeologie a povodňové ochrany (HyP).

Modelové řešení proudění podzemní vody je založeno na syntéze informací z oblasti geologie, hydrogeologie, hydrologie, klimatologie a geografie. Aplikace matematického modelu umožňuje na základě znalosti bodově změřených informací (hladin podzemní vody, průtoky v říční síti, odběry podzemní vody) interpretovat, popřípadě predikovat průběh hladin, směrů, rychlostí a velikostí proudění podzemní vody a průběh drenáže podzemní vody do toků.

Modelování proudění podzemní vody ve vnitrosudetenské pánvi je zpracováno ve formě stacionárních a transienčních simulací.

Přírodní zdroje podzemní vody v modelovém území vnitrosudetenské pánve (1663 km²) dosahují 8 791 m³·s⁻¹. Významná část přírodních zdrojů je přirozeně drénována a tvoří odtok v povrchových tocích. Odběry podzemní vody jsou realizovány zejména ze sedimentů křídly. Nejvíce exploatovanou oblastí je Krzeszówská pánev, odběr podzemní vody (100 l·s⁻¹) dosahuje cca 75 % přírodních zdrojů. Odběr v polické pánvi (průměr za rok 2002 je 200 l·s⁻¹) dosahuje pouze cca 12 % přírodních zdrojů.

Systém polsko-české spolupráce na hraničních vodách v oblasti vnitrosudetenské pánve je tvořen dvěma skupinami úkolů:

- základní úkoly v rámci běžného systému pozorování a měření a laboratorních rozborů vzorků vod (monitoring),
- doplňkové úkoly tvořené pracemi specialistů, vyplývající z dosavadního stavu poznání problematiky a změn legislativních předpisů obou zemí i Evropské unie.

Monitorovací průzkumy systému oběhu vody v příhraničním pásmu Polska a Česka na území vnitrosudetenské pánve zahrnují pozorování hladin podzemní vody (popř. tlaků), vodních stavů a průtoků povrchových vod, vydatností pramenů a také chemismu podzemních a povrchových vod a pramenů. Práce byly zahájeny v roce 1976, kdy na české straně byl ukončen regionální hydrogeologický průzkum polické křídové pánve a na polské straně byly dokončeny dokumentační práce související s výstavbou a uvedením velkých objektů pro jímání podzemních vod do provozu. Tehdy přijatý systém průzkumů je v obecném rozsahu realizován dodnes. K nevelkým změnám došlo vlivem přizpůsobení se požadavkům „Směrnice pro monitoring a hodnocení přeshraničních vod“, s přihlédnutím k implementaci směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice) na území České republiky a Polské republiky a k rozvoji výzkumných metod.

Podle míry angažovanosti české a polské strany a formy dokumentování výsledků prací je možné období společného sledování rozdělit na čtyři fáze:

- základní – podrobný hydrogeologický a hydrologický výzkum vodních zásob v oblasti OPKu (1976–1982) a v oblasti OchrA (1979–1989),
- kontrolních měření v problémových lokalitách a monitoringu vlivů odběrů vody (1983–1994),
- monitorování a společných systematických měření po obou stranách státní hranice (1996–2000),
- analýzy víceletého období monitorování – bilance oběhu vody a matematický model hydrodynamických poměrů (2000–2004).

Dílejší část dokumentačního procesu by bylo možno uzavřít pátou etapou, týkající se vodohospodářské bilance a podmínek užívání vod česko-polského pohraničního pásma a vymezení útvarů podzemních vod (GWB) včetně přeshraničních s jejich popisem a charakteristikou (do roku 2009).

Systém monitoringu přeshraniční vodonosné formace v polsko-českém pohraničí byl zaveden řadu let před vydáním příslušných směrnic EHK OSN i Rámcové směrnice. Vývoj systému průzkumů, podávání zpráv,

předávání výsledků, přijímání nápravných opatření a prostředků již v předstihu splňoval všechny jmenované cíle strategie monitoringu i hodnocení přeshraničních útvarů podzemních vod.

Monitoring podzemních a povrchových vod vnitrosudetské pánve v polsko-českém pohraničí pásmu splňuje několik mezinárodních a nadregionálních priorit, mj.

- je v souhrnu současných mezinárodních závazků ministrů životního prostředí a úkolů Státní hydrogeologické služby obou států,
- splňuje požadavky strategie Ministerstev životního prostředí ČR i PR v oblasti ochrany podzemních vod před znečištěním,
- nachází se v rámci metodických směrnic EHK OSN týkajících se přeshraničních podzemních vod,
- splňuje požadavky Konvence o ochraně vodních toků a mezinárodních jezer,
- spadá do oblasti působnosti dvou mezinárodních komisí: Mezinárodní komise pro ochranu Odry před znečištěním (MKOOpZ), Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL).

Uznáním účelového systému monitoringu je, že výsledky jsou akceptovány Mezinárodní komisí pro ochranu Odry před znečištěním i Mezinárodní komisí pro ochranu Labe a členové pracovní skupiny z české i polské strany se účastní na práci výše uvedených komisí.

Je třeba zdůraznit, že vypracovaný systém sledování přeshraničních povrchových a podzemních vod splňuje požadavky Komise přeshraničních akumulací podzemních vod (ISARM) při Mezinárodní hydrogeologické asociaci (IAH), kam by měl být tento problém ohlášen v souladu s doporučenou formulí a zveřejněn formou uvedené syntézy.

Literatura

Kašpárek, L., Kněžek, V., Nowacki, F., Procházková, J., Uhlík, J., Tyralski, M. a Serafín, R. Vodní zdroje vnitrosudetské pánve. Výsledky česko-polské spolupráce při monitoringu a modelování (1975–2004). Praha : VÚV T.G.M., 2006, 76 s.

RNDr. Jaroslava Procházková

VÚV T.G.M., v.v.i.

jaroslava_prochazkova@vuv.cz

Lektoroval RNDr. Jan Cepák, prosinec 2007

Key words

Intra-Sudeten Basin, transboundary groundwater body, groundwater circulation, monitoring of groundwater and surface water, mathematical modelling of groundwater flow

Czech-Polish Co-operation on the Transboundary Waters (Procházková, J.)

In 1976 a Czech-Polish working group of experts on transboundary groundwaters was formed. A close co-operation was achieved during several years of work, in spite of differences in views on the extent of mutual adverse effects caused by the use of groundwater for drinking water supply on either sides of the state border. The works performed offered solutions of problems concerning the geological construction, hydrogeological and hydrological relations, groundwater and surface water monitoring, mathematical modelling of groundwater flow, hydrological balance, and a proposal of further activities towards an effective utilization of groundwaters and surface waters, and towards defining the transboundary groundwater body.

ZKUŠENOSTI Z HODNOCENÍ MORFOLOGIE TOKŮ V ČESKÉ REPUBLICE „BAVORSKOU METODOU“

Milena Forejtníková, Pavel Horák

Klíčová slova

morfologie vodních toků, ekologický stav, vodní útvar, hodnocení stavu vodního útvaru

Souhrn

Příspěvek seznamuje s jednou z metod hodnocení morfologického stavu toků, která vznikla ještě před přijetím Rámcové směrnice EU v oblasti vodní politiky. Přesto je vhodná pro posuzování této složky ekologického stavu toků. Článek popisuje jednotlivé posuzované ukazatele a v souhrnu uvádí výsledky ze 466 dosud hodnocených lokalit. Podrobněji jsou rozebrány výsledky hodnocení z části povodí Odry. Na

základě dosavadních zkušeností navrhuje autoři hraniční hodnoty pro zařazení v souladu s Rámcovou směrnicí.

Úvod

Ochrana a zlepšení hospodaření s vodou se staly středem pozornosti odborníků od počátku sedmdesátých let minulého století. Bylo tomu tak i v České republice. Dlouhodobé sledování chemického stavu tekoucích povrchových vod se postupně rozrostlo do současné podoby, kdy v rámci státní sítě jakosti vody v tocích bylo sledováno na významných tocích cca 257 profilů, ve kterých se 12krát ročně odebírají vzorky vody pro základní analýzy, ve 44 z nich byla sledována kontaminace prioritními polutanty prostřednictvím komplexního monitoringu, a to včetně sedimentů, planin a biomasy. Specifické je sledování v síti 85 profilů pro provádění radiochemických rozborů. Od roku 1997 bylo v tomto systému zajišťovaném ČHMÚ zahájeno i systematické sledování vybraných biologických ukazatelů (makrozoobentosu a biosestonu – dvakrát ročně). Sledovaná síť se stabilizovanými monitorovacími programy dávala celkový přehled o stavu jakosti vod.

Od tohoto původního pojetí sledování jakosti vod došlo v posledních 15 letech k posunu a snahy odborníků se zaměřily na vodní toky jako životní

prostředí biologických společenstev, a to jak ve vlastní vodě, tak v okolí těchto vodotečí. Ukázalo se, že je účelné připravovat se na hodnocení tekoucích vod jako komplexního hydroekologického systému. V rámci Evropské unie bylo mnoho přínosného vykonáno zejména v některých spolkových zemích Německa. Velmi zajímavý a v praxi realizovatelný přístup k hodnocení a mapování struktury vod byl popsán v literatuře [1]. V praxi se ujal jeho označení „bavorská metoda“, i když jde o aplikaci přístupu používaného i v jiných zemích Německa.

Když byla v roce 2000 vydána směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (dále jen Rámcová směrnice nebo RS), ukázalo se, že mapování struktury vodních útvarů pomáhá vyjádřit i další složky užívané pro klasifikaci ekologického stavu povrchových vod – kontinuitu toku a morfologické podmínky a částečně i hydrologický režim.

Od 70. let zajišťuje brněnské pracoviště VÚV T. G. Masaryka (nyní v.v.i.) sledování jakosti vod na základě odběrů makrozoobentosu. Toto sledování saprobního stavu vod umožňuje systematicky podchytit dopad vypouštění odpadních vod ze všech významných zdrojů znečišťování i na velmi malých tocích. V současné době je registrováno 1745 profilů. Při každém odběru je v terénních protokolech zaznamenáván vizuální stav koryta vodního toku jako životního prostředí odebíraných bezobratlých živočichů. Tyto informace jsou v souladu s potřebami hydrobiologů velmi detailní. Již v roce 2000 se začalo uvažovat, zda by v této největší sledované síti vodních toků nebylo vhodné doplnit informace získávané v terénu i o vyhodnocení struktury vod, a to v praxi relativně snadno realizovatelným způsobem. Výsledkem bylo uplatnění výše zmíněné „bavorské metody“. V následujícím textu je podána stručná informace o poznatcích z aplikace tohoto způsobu hodnocení na brněnském pracovišti VÚV T.G.M.

Metoda hodnocení struktury vodního toku

Detaily zahrnující jak filozofii, tak i praktické postupy a následně aplikaci metody jsou uvedeny v práci [1]. Pro sjednocení subjektivních pohledů na řadu hodnotících parametrů je v příručce i mnoho fotografií, proto jsou zde stručně nastíněny jen základy metody.

Hodnocení dílčích ukazatelů probíhá v těchto hlavních skupinách:

1. Vývoj trasy toku – dílčí ukazatele: zakřivení trasy toku, eroze zakřivení/zákrutů, podélné lavice a zvláštní struktury toku (např. rozvětvení, ostrovy, mrtvé dřevo, traviny apod.);
2. Podélný profil – dílčí ukazatele: příčné stavby, příčné stavby – vzdutí, zatrubnění, příčné lavice, změny proudění a proměnlivost hloubek;
3. Struktura dna – dílčí ukazatele: substrát dna, zpevnění dna, rozdílnost substrátu a zvláštní struktury dna (např. peřeje, formy lavic, skalní výstupky, výmoly, tůně apod.);
4. Příčný profil – dílčí ukazatele: typ profilu, hloubka profilu, eroze šířky, změny šířky a zúžení/propustě;
5. Struktura břehů – dílčí ukazatele: břehový porost, opevnění břehů/svahů, zvláštní břehové struktury (např. kořeny stromů, skalnaté břehy, spadlé stromy, úkryty apod.);
6. Okolí vodního toku – dílčí ukazatele: využití plochy okolí, pásmo okraje toku a jiné struktury okolí (jde o jevy škodící, např. odpadky/těžební jámy, rybníky, dopravní stavby, násypy/skládky odpadů, stavby škodící vodám, ale i protipovodňové stavby – jsou taxativně stanoveny).

Kromě toho je třeba určit šířku toku/hladiny (rozhoduje o délce hodnoceného úseku toku, hodnotí se maximálně 400 m) a charakterizovat tvar údolí (rozhoduje o hodnotách přidělených bodů většiny dílčích ukazatelů), šířku koryta apod.

Pro potřebu praktického využití v terénu je v práci [1] připravena příloha s tabulkami pro záznam všech dílčích ukazatelů včetně hodnocení, až po výpočet výsledného indexu. Práce hodnotitele spočívá v podstatě v zaznamenání nevhodnějšího ukazatele a následně jeho bodové hodnoty. Je to zdánlivě jednoduché, přesto – jak plyne z literatury i praktických poznatků při této činnosti – je to práce pro erudovaného, zkušeného pracovníka. Nelze opomenout, že lze předpokládat jistou subjektivitu hodnocení. V zájmu zvýšení objektivnosti prováděli tyto zápisy pouze zaškolení odborní pracovníci, kteří spolu mnohokrát o problematice jednotného pohledu diskutovali, byly též provedeny srovnávací terénní testy. Protože metoda je určena především pro menší toky, nečlení se zápis na oddělené hodnocení pravé/levé části břehů, i když ho autoři metody umožňují. Tato možnost se týká hlavních skupin 5 a 6.

Vyhodnotit lze jednak všechny hlavní skupiny, smysl má i dílčí hodnocení v těchto třech oblastech:

- oblast dna (hlavní skupiny 1, 2 a 3),
- oblast břehů toku (hlavní skupiny 4 a 5),
- oblast okolí vodoteče (hlavní skupina 6).

Bodové hodnoty jsou stanoveny vždy v rozsahu 1 až 7 s tím, že nejnižší hodnota vyjadřuje nejlepší stav, nejvyšší pak stav nadměrného poškození. Některé dílčí ukazatele nemají bodové hodnocení v celém rozsahu 1–7, u některých ukazatelů je hodnota zahrnuta do výpočtu, jen pokud vede ke zhoršení bodového stavu. Výsledný index se stanoví výpočtem jako

vážený průměr, kde váha jednotlivých ukazatelů závisí na základní charakteristice toku. Podle výsledného indexu je možné vyhodnotit i celkovou třídu jakosti struktury vodního toku na základě této stupnice:

Bodová hodnota	1,0–1,7	1,8–2,6	2,7–3,5	3,6–4,4	4,5–5,3	5,4–6,2	6,3–7,0
Třída jakosti	1	2	3	4	5	6	7

Systematické mapování struktury vodních toků je obvykle založeno na rozčlenění toku na pravidelné úseky v délce adekvátní šířce toku. Doporučuje se i studium starších map umožňujících studium vývoje trasy toku, geologických a jiných poměrů.

Hodnocení prováděné naším pracovištěm je však doplňkovým hodnocením v síti lokalit jiného účelového monitoringu. Nemůže proto konkurovat systematickému zpracování celého podélného profilu. Navíc je třeba počítat s tím, že volba profilů saprobiologického systému vychází z podchytení všech významnějších znečišťovatelů vod, a tudíž jsou hodnocené profily často umístěny v úsecích horších, než je průměrný stav. Přesto se pro hodnocení poměrně značného počtu vodních útvarů dlouhodobě shromažďují cenné a kvalitní informace.

Hodnocení jednotlivých dílčích ukazatelů je v zásadě slovní. Například eroze zakřivení (často silná, ojediněle slabá, často slabá, ojediněle slabá, žádná) nebo příčné či podélné lavice (mnoho, několik, dvě, jedna, sklon k vytváření, žádná) a jiné jsou popsány odstupňováním stavu. Další se popisují věcně podle nabídky, např. příčné stavby, substrát dna, typ profilu, hrazení břehů. U některých se provádí odhad rozsahu nebo vzdálenosti, např. % zatrubnění, míra plochy využití okolí vodního toku nebo rozsah pásů na okraji toku apod. Hodnotí se úsek toku ve vztahu k šířce toku a okolí, které tok může ovlivňovat. Popisuje se vše viditelné v době zápisu. Zdánlivě jednoduché popisy stavu (vybrané indikátory) vycházejí z podrobných analýz vývoje vodního toku v různých podmínkách [1]. Viditelný stav je buď důsledkem činnosti člověka, nebo i samotné přírody. U některých dílčích ukazatelů se poměrně negativně hodnotí tok, který se nachází v roklí či kaňonu, takový tok se nemůže vyvíjet v údolní nivě a ztrácí svou volnost.

Ideální struktura toku

Při podrobném rozboru metodiky hodnocení jsme dále došli k poznatku, že tok může být hodnocen indexem blízcím se hodnotě 1, jestliže splňuje tyto podmínky:

- pro **dno**, tj. skupiny 1, 2 a 3: meandrující tok s relativně slabší erozí s mnoha podélnými i příčnými lavicemi, velkými změnami proudění v příčném profilu, s velkou proměnlivostí hloubek a rozdílností substrátu, bez příčných staveb, nezatrubněný a s výskytem mnoha zvláštních struktur;
- pro **břehy**: přírodní profil, mělký, jen se slabou erozí šířky a přitom velkými změnami šířky, nejlépe v lesním úseku nebo jiných přírodních podmínkách, břehy nehrazené, četné zvláštní břehové struktury jsou žádoucí;
- pro **okolí**: nejlépe souvislý les či biotopy blízké přírodě, bez jakýchkoliv škodlivých struktur (dopravních i protipovodňových staveb, skládek, ale i rybníků apod.).

Reálný tok tyto „kladné vlastnosti“ ve všech třech podskupinách nemůže současně nikdy splnit, proto hodnoty indexu blízké hodnotě 2 lze v našich podmínkách považovat za maximálně dosažitelné.

Pro ilustraci uvádíme dvě zcela rozdílné lokality, kde je možno ukázat citlivost hodnocení. **Obrázek 1** představuje lokalitu, jejíž výsledný index je vypočten jako 2,8. Vliv nádrže vzdálené asi 2 km se v hodnocení přímo neprojevil, odchylku od ideálu představují spíše drobnosti jako výsypka přirozených materiálů při pravém břehu, pro zlepšení výsledného indexu by bylo též potřebné více diverzifikované dno a břehy. **Obrázek 2** naopak zachycuje jednu z nejhůře hodnocených lokalit s výsledkem 6,1. Posun k horšímu stavu zapříčiňuje opevnění břehů místy charakterizované až jako dlažba, uměle vedená trasa koryta s hrázení, stejně jako obhospodařované břehy bez přirozené vegetace.

Aplikace metody na pracovišti VÚV T.G.M.

V počátečním období jsme v terénu pracovali s překlady originálních formulářů, jejichž rozsah byl čtyři strany. Ukázalo se, že jejich vyplnění v terénu je příliš složité, bylo třeba se stále rozhodovat, který sloupec je u každého ukazatele ten vhodný s ohledem na základní typ toku. Vyplnění zabralo hodně času a narušovalo hlavní účel monitoringu, tj. kvalitní odběr makrozoobentosu. V druhém roce byl proto vypracován pouze jednostránkový formulář a pro vlastní vyhodnocení jakostní třídy je používán speciální počítačový program EKOHDOTOK.

Hlavní charakteristiky (rozhodující o výběru sloupců) byly vyčleněny na začátek formuláře, v jeho závěru jsou nezbytné pokyny pro vyplnění některých dílčích ukazatelů (vzdálenost popisovaného okolí, škála pro ohodnocení ploch či vzdáleností apod., také soupisy možných zvláštních struktur toku a jeho břehů). Práce v terénu se tím výrazně zjednodušila a zrychlila, ne však na úkor kvality získaných informací.



Obr. 1. Morávka pod nádrží Morávka



Obr. 2. Jičínka 0,6 km nad ústím

Program EKOHOĐTOK umožňuje vyhodnocení třídy jakosti struktury toku. Je přístupný i na internetu. Pracuje se všemi databázemi saprobio-
logického systému, a je tak možno uvažovat o digitalizaci výstupů popisujících struktury toků i ve vazbě na získané výsledky biologického monitoringu (zoobentosu a fyto-
bentosu). Zjištění v terénu (obsah formuláře) jsou dlouhodobě archivována. Hodnotit lze i profily v hydrologických i jiných vazbách (např. podle nadmořských výšek, délky od pramene apod.). Všechny dokumentované profily jsou zaměřovány pomocí GPS.

Dosud získané výsledky

Do konce roku 2006 bylo touto metodou v ČR posouzeno 466 lokalit, pro které je současně hodnoceno společenstvo zoobentosu, v některých případech i fyto-
bentosu. V tabulce 1 je uveden počet lokalit podle jednotlivých povodí.

Tabulka 1. Přehled počtu hodnocených lokalit – zařazení do tříd

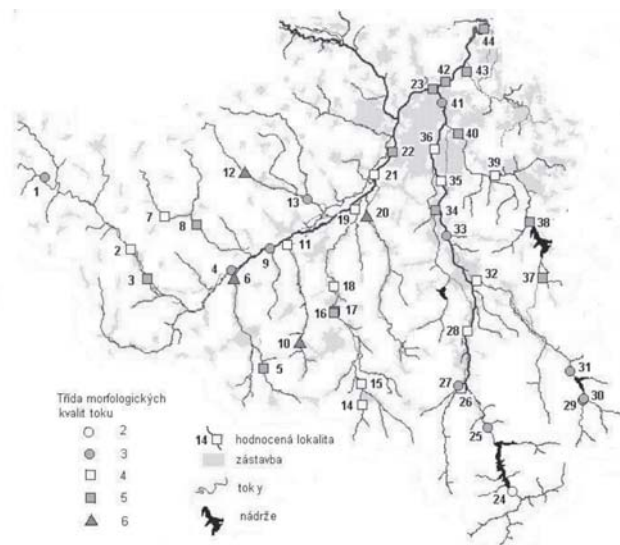
Povodí	Počet lokalit	Zařazeno do třídy						
		1	2	3	4	5	6	7
Labe	55	0	1	14	23	15	2	0
Vltava	189	0	11	50	74	39	15	0
Ohře	63	0	3	24	25	11	0	0
Odra	83	0	1	21	31	23	7	0
Morava	76	0	1	15	21	26	12	1
celkem	466	0	17	124	174	114	36	1

Vzhledem k poměrně značnému počtu zmapovaných míst jsme se zájmem sledovali diskusi ohledně výběru oficiální metody pro hodnocení hydromorfologické složky ekologického stavu vodních útvarů pro monitoring podle Rámcové směrnice. Různé metody se vzájemně liší spíše v detailech, zásadní bývá hlavně délka posuzovaného úseku. Zatímco některé systémy se váží při mapování ke standardní délce úseku, jiné popisují vzorový stav pro různé dlouhé úseky při každé výraznější změně. Námí využívaný způsob je v tomto směru vhodný pro daný účel, délka posuzovaného úseku se váže na šířku toku a zaznamenává tak jevy, které mohou přímo ovlivňovat hodnocené společenstvo.

Větší rozdíly mohou nastat při následném hodnocení zjištěných ukazatelů, při výpočtu výsledného indexu. Proto byla v rámci diplomové práce [4] ověřována vazba výsledků „bavorské metody“ na výsledky hodnocení podle AOPK [5], jak byla tato metoda uveřejněna na stránkách www.ochranavod.cz. I když stupnice dosažitelných hodnot jsou rozdílné, na všech souběžně hodnocených lokalitách Sázavy a Svatky se ukazuje zcela shodný průběh výsledných hodnot v podélném profilu obou toků.

Povodí Odry bylo vybráno k podrobnějšímu popisu tohoto hodnocení vzhledem k aktuálním údajům z monitoringu zoobentosu a fyto-
bentosu, pořízeným současně s vyplněním protokolu pro stanovení indexu morfologických kvalit toku. Současně byla pořizována i fotodokumentace popisovaného úseku pro případnou verifikaci výsledků. Výsledné třídy a indexy morfologické kvality jsou zachyceny na obr. 3 a v tabulce 2. Zkušenosti s hodnocením tohoto povodí vedly zpětně k drobným úpravám terénního protokolu, aby se zmenšil vliv subjektivity při zápisu a aby zápis lépe zohledňoval původní stav toků v našem prostředí.

Dále byly dávány do souvislosti biotické indexy bentosu a index morfologie toku. Rozbor výsledků ukazuje, že tento vztah je velmi volný. Je to pochopitelné, neboť právě saprobní index je spíše ukazatelem jakosti protékající vody než indikátorem stavu lokality. Jiná situace se projevuje ve vztahu morfologických kvalit a indexů diverzity, neboť sledovaný index morfologických kvalit do značné míry popisuje diverzitu podmínek a stano-



Obr. 3. Posuzované lokality z části povodí Odry

viš na sledované lokalitě. Výhodou systému morfologického hodnocení je, že z uloženého protokolu o lokalitě jsou v databázové podobě dosažitelné jednotlivé složky hodnocení, je možno tedy testovat např. vztahy mezi zastíněním toku a diverzitou společenstev, významnost úpravy břehů a dalších podmínek. Nalezení těchto vztahů a závislostí považujeme za velmi důležité, protože teprve tyto znalosti umožní využít výsledky monitoringu k návrhu relevantních opatření pro nápravu stavu.

Hodnocení stavu vodních útvarů v duchu Rámcové směrnice je v zásadě u všech složek zařazeno do pěti tříd: velmi dobrý, dobrý, střední, poškozený a zničený. Základním požadavkem Rámcové směrnice je dosáhnout u všech vod „dobrého stavu“, čili nejdůležitější hraniční hodnotou je pomezi druhé a třetí třídy podle Rámcové směrnice. Rovnoměrný převod sedmitřídní stupnice na pětitřídní neodpovídá podle našich dosavadních zkušeností slovnímu popisu požadavků na jednotlivé třídy. Proto navrhuje na základě rozboru dosavadních výsledků hodnocení následující převod:

Stav morfologie toku podle RS	I velmi dobrý	II dobrý	III střední	IV poškozený	V zničený
Bodová hodnota	1,0–2,6	2,7–3,5	3,6–5,3	5,4–6,2	6,3–7,0
Třída jakosti podle „bavorské metody“	1 a 2	3	4 a 5	6	7

Toto vyjádření bere v potaz obtížné dosažení třídy 1, jak bylo ukázáno výše, a také velmi rozšířené zařazení našich toků do třídy 4 a 5 – na jedné straně již nevyhoví popisu „dobrý stav“, ale narušení životního prostředí vodních společenstev nelze ještě jednoznačně označit jako „poškozené“.

Závěr

V tomto článku jsme popsali aplikaci jedné z mnoha metod mapování jakosti struktury vodních toků. Získané výsledky jsou podnětné, neboť

Tabulka 2. Index morfologických kvalit toků v části povodí Odry

Číslo lokality	Název toku	Název lokality	Číslo hydrologického pořadí	Index
1	Odra	nad Budišovkou	2-01-01-024	3,4
2	Odra	pod obcí Odry	2-01-01-042	3,9
3	Odra	nad obcí Odry	2-01-01-046	4,8
4	Odra	nad ústím Jičínky	2-01-01-068	3,0
5	Jičínka	nad N. Jičínem	2-01-01-069	4,5
6	Jičínka	ústí	2-01-01-077	6,1
7	Husí potok	nad Fulnekem	2-01-01-085	3,6
8	Husí potok	pod Fulnekem	2-01-01-093	4,9
9	Odra	nad Studěnkou	2-01-01-104	3,1
10	Sedlnice	pod Štramberkem	2-01-01-113	5,7
11	Sedlnice	ústí do Odry	2-01-01-113	4,0
12	Bílovka	nad Bílovcem	2-01-01-117	5,9
13	Bílovka	ústí	2-01-01-123	3,3
14	Lubina	pod Frenštátem	2-01-01-127	3,9
15	Lubina	nad Frenštátem	2-01-01-131	3,9
16	Lubina	nad Kopřivničkou	2-01-01-137	5,1
17	Kopřivnička	ústí	2-01-01-138	4,5
18	Lubina	pod Příborem	2-01-01-141	4,2
19	Lubina	ústí	2-01-01-145	4,4
20	Ondřejnice	ústí	2-01-01-151	5,4
21	Odra	pod Polankou	2-01-01-154	3,8
22	Odra	Ostrava-Zábřeh	2-01-01-156	5,1
23	Odra	nad Ostravicí	2-02-04-003/1	5,2
24	Ostravice	nad nádrží Šance	2-03-01-007	2,6
25	Ostravice	pod nádrží Šance	2-03-01-015	2,9
26	Čeladěnka	ústí	2-03-01-022	4,1
27	Frydl. Ondřejnice	ústí	2-03-01-023	3,2
28	Ostravice	pod Frydantem	2-03-01-027	3,6
29	Morávka	nad nádrží	2-03-01-036	2,7
30	Skalka	ústí	2-03-01-039	3,5
31	Morávka	pod nádrží	2-03-01-042	2,8
32	Morávka	nad Frydkem	2-03-01-050	3,6
33	Ostravice	pod Frydkem	2-03-01-055	3,1
34	Olešná	ústí	2-03-01-060	5,1
35	Ostravice	nad Paskovem	2-03-01-061	4,0
36	Ostravice	pod Paskovem	2-03-01-061	3,7
37	Lučina	Vojkovice	2-03-01-062	5,1
38	Lučina	pod nádrží	2-03-01-070	4,9
39	Lučina	pod Havřivovem	2-03-01-072	4,1
40	Lučina	ústí	2-03-01-082	4,7
41	Ostravice	ústí	2-03-01-083	2,9
42	Odra	nad Bohumínem	2-03-02-001	4,9
43	Stružka	ústí	2-03-02-008	4,9
44	Odra	Kopytov	2-03-02-013	4,5

jsou použitelné zejména při hodnocení vodních útvarů pro potřebu plánování v oblasti vod, kdy v této etapě plánů není ještě dostatek informací pro požadované hodnocení ekologického stavu vodních útvarů. Terénní práce a popis hodnocených úseků jsou natolik podrobné a datově přístupné, že v případě potřeby jsou tato data při kritickém pojetí využitelná i pro zpracování jiným obdobným hodnotícím systémem.

Jak se uvádí v literatuře [1], metoda je vyvinuta pro malé a střední toky. Lze ji aplikovat i pro zpracování větších vodních toků nebo použít postupy uvedené v pracích [2] a [3], které se zabývají většími splavněnými toky, zejména Labem. Spojení těchto metod je možné, neboť vše vede ke shodně koncipovanému přidělování bodů v intervalu 1 až 7 a shodně definovanému vyhodnocení do 7 tříd jakosti struktury, daných shodnými intervaly bodové hodnoty.

Zkušenosti z dosavadní aplikace metody a současné potřeby plánování v oblasti vod vedly i k návrhu převodu ze sedmimístného třídění podle „bavorské metody“ na hodnocení stavu podle požadavků Rámcové směrnice.

Literatura

- [1] Zumbroich, T., Müller, A. und Friedrich, G. Strukturgüte von Fließgewässern. Berlin/Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.
- [2] Metodika ekomorfoloického mapování pro vodní toky. Koblenz/Berlin : Spolkový ústav hydrologie, srpen 2000, překlad VÚV T.G.M., říjen 2000.
- [3] Zpracování metodiky a mapování ekomorfoloických struktur na českých a německých úsecích Labe. Společná zpráva VÚV T.G.M. a Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, leden 2001.
- [4] Novák, P. Hydromorfoloický stav toků ve vztahu k Rámcové směrnici (diplomová práce). Brno : VUT-FAST, 2007.
- [5] Demek, J., Vatoříková, Z. a Mackovčín, P. Hydromorfoloické hodnocení vodních toků. Manuál. Brno : Agentura Ochrany přírody a krajiny ČR, Úsek ekologie krajiny a lesa, leden 2006.

Ing. Milena Forejtníková, Ing. Pavel Horák, CSc.
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
pobočka Brno
tel. 541 126 324, milena_forejtnikova@vuv.cz
Lektorovala: Ing. Helena Králová, CSc., srpen 2007

Key words

watercourse morphology, ecological status, water body, water body status assessment

Experience of watercourse morphological status assessment by means of "Bavarian method" (Forejtníková, M., Horák, P.)

This contribution brings information about one of the possible methods for watercourses morphological status assessment. Despite the fact that this method was established before WFD 2000/60/EC adoption, suitability for recognition of morphology, as part of the ecological status of the stream, is evident. There are individual parameters and summarization of results of 466 localities, so far evaluated, presented. Results of one part of the Odra River basin are discussed in detail. On the basis of up to now experience authors proposed border values for ranging in accordance with the WFD.

Semináře VÚV T.G.M., v.v.i.

20. 3. 2008

L. Trdlica, P. Tušil, T. Mičaník: Účast VÚV T.G.M. v činnosti MKOO a ve skupině WFD (vymezování přeshraničních vodních útvarů)

17. 4. 2008

D. Sirotková: Základní popis odpadu
M. Kulovaná: Metodický pokyn ke vzorkování odpadů

15. 5. 2008

Výzkumný záměr pro oblast vody

19. 6. 2008

Výzkumný záměr pro oblast odpadů

Všechny přednášky se konají v kinosále Výzkumného ústavu vodohospodářského v uvedených termínech vždy od 14.00 h (čtvrky).

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Redakční rada: RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Václav Bečvář, CSc., Ing. Šárka Blažková, DrSc., Ing. Petr Bouška, Ph.D., RNDr. Blanka Desortová, CSc., Ing. Jana Hubáčková, CSc., RNDr. Josef Fuksa, CSc., Ing. Ladislav Kašpárek, CSc., Ing. Marie Kulovaná, RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D., Ing. Věra Očenášková, Ing. Dagmar Sirotková, RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Ing. Václav Štátný, Ing. Nada Wannerová, Mgr. Aleš Zbořil

Ročník 50

ISSN 0322 - 8916

Kontakt: Mgr. Sylva Garciová
 Tel.: 220 197 282, fax: 233 333 804
 e-mail: garciova@vuv.cz



**Výzkumný ústav
 vodohospodářský
 T. G. Masaryka,
 v. v. i.
 Podbabská 30
 160 62 Praha 6**